

Desarrollo de un aplicativo web para la integración y uso del laboratorio remoto World

Pendulum Alliance - UNAD

Carlos Hernán Cruz López

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de

Ingeniero de Sistemas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Semillero de Investigación Mathphysics

Ingeniería de Sistemas

2022

Desarrollo de un aplicativo web para la integración y uso del laboratorio remoto World

Pendulum Alliance - UNAD

Carlos Hernán Cruz López

Director

Prof. Freddy Alexander Torres Payoma

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Semillero de Investigación Mathphysics

Ingeniería de Sistemas

2022

Página de Aceptación

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del director

Agradecimientos

Primeramente, agradezco al creador de todas las cosas quien permite todo, y me ilumino con sabiduría, inteligencia y mucha fortaleza para llevar adelante este proceso educativo, aún en los momentos difíciles.

A mi madre Flor Marina quien desde siempre ha estado junto a mi apoyándome y animándome para que no desfallezca, a mi padre Ruperto quien ya partió hacia la eternidad, pero sus enseñanzas y experiencias de vida aun me acompañan.

A mi compañera de vida Carol que incondicionalmente me apoya en todos mis esfuerzos y vivencias, a mis hijas Allison y Gabriela pues, son el motor que me impulsa siempre a ser mejor.

Y finalmente a mi profesor y amigo Freddy quien me llevo a este camino de conocimiento, apoyándome y orientándome constantemente.

Carlos

Resumen

El presente proyecto aplicado parte del diseño y desarrollo de la aplicación web PendUnad sobre un entorno virtual, cuyo objetivo se fundamenta en la realización de actividades prácticas de forma remota en el área de la física. El aplicativo ofrece la posibilidad de analizar el sistema físico del péndulo simple, mediante simulaciones interactivas desarrolladas con datos obtenidos en tiempo real de péndulos físicos ubicados en las instalaciones de la universidad y a nivel mundial. La importancia de este trabajo parte de la posibilidad de brindar a los estudiantes, docentes y cualquier persona interesada, una herramienta de apoyo al acceso remoto del proyecto World Pendulum Alliance-UNAD, cofinanciado por Erasmus+.

Palabras Claves: Laboratorios a distancia, Péndulo Remoto, Laboratorio Remoto, Simulación, aplicación web.

Abstract

This applied project is based on the design and development of the PendUnad web application on a virtual environment, whose objective is based on the realization of practical activities remotely in the area of physics. The application offers the possibility of analyzing the physical system of the simple pendulum, through interactive simulations developed with data obtained in real time from physical pendulums located in the university facilities and worldwide. The importance of this work is based on the possibility of providing students, teachers and anyone interested, a tool to support remote access to the World Pendulum Alliance-UNAD project, co-financed by Erasmus+.

Keywords: Remote Laboratories, Remote Pendulum, Remote Laboratory, Simulation, web application.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Planteamiento del Problema	4
Justificación	6
Glosario	8
Alcance	12
Limitaciones	13
Fortalezas	14
Marco Conceptual	15
Física del Péndulo	15
Teorema del Trabajo y la Energía	16
Energía Cinética	17
Energía Potencial	18
Energía Potencial Elástica	18
Energía Potencial Gravitacional	19
Teorema de Conservación de la Energía Mecánica	20
Fuerzas Conservativas	20
Potencia	21
Péndulo Simple	22
Conservación de la Energía en un Péndulo	22
Fórmulas Básicas para la Incertidumbre	25

Laboratorio Remoto World Pendulum Alliance-WPA.....	28
Instalación Péndulo Principal Sede Nacional José Celestino Mútis en Bogotá.....	29
Instalación Péndulo Secundario en el CEAD de la UNAD en Acacias - Meta	29
Conexión Remota por Secure Shell (SSH)	33
SAD (Sistema de Adquisición de Datos) Remota.....	34
Computación Numérica.....	34
Desarrollo Aplicativo Web en HTML5	35
Diagrama de Red Proyecto Aplicación Web PendUnad.....	36
Diseño y Desarrollo	38
Análisis de Datos MatLab con e-Lab.....	38
Aplicativo Web Metodología para el Desarrollo del Proyecto	38
Fase 1: Recolección de Información y Análisis de Requerimientos	38
Fase 2: Diseño de Software y Proyección Visual de los Requerimientos.....	38
Fase 3: Desarrollo de la Aplicación, Programación y Pruebas de Funcionamiento.....	39
Fase 4. Implementación y Puesta en Marcha del Aplicación Web	40
Fase 5. Evaluación y Verificación de Resultados.....	40
Cronograma de Actividades	41
Costos del Proyecto.....	41
Propósito.....	42
Ámbito del Sistema	42
Visión General del Documento	43
Requerimientos Funcionales del Sistema.....	43
Requerimientos No Funcionales	44
Diagrama de Casos de Uso General.....	46

Caso de Uso 1: Ingreso al Aplicativo por el Usuario	48
Caso de Uso 2: Ingreso al Aplicativo por el Administrador.....	49
Caso de Uso 3: Sistema guía el Desarrollo del Experimento	50
Caso de Uso 4: Sistema Guía a Usuario Para Obtención de Archivo .CSV.....	51
Caso de Uso 5: Sistema Permite Abrir y Cargar Archivo .CSV	52
Caso de Uso 6: Sistema Genera Gráficas del Experimento.....	53
Caso de Uso 7: Sistema Realiza Cálculos de Variables Físicas del Experimento	54
Caso de uso 8: Sistema Genera Reporte del Experimento	55
Diagrama de Secuencia	56
Diagrama de Despliegue	58
Diagrama de Paquetes	58
Diagrama de Actividades	59
Descripción del Sistema.....	61
Construcción.....	61
Prototipo del Sistema	61
Prototipo Inicio WPA.....	61
Prototipo Ingreso WPA.....	66
Prototipo Análisis WPA	69
Resultados.....	75
Programación y Codificación del Aplicativo Web PendUnad.....	75
Análisis Físico, Estadístico y Experimental.....	76
Cargue de Archivo .CSV.....	76
Selección del Péndulo	77
Valor de Desplazamiento	80

Tabla de Datos Análisis Estadístico	80
Tabla de Datos de Variables Físicas	82
Gráficas de las Variables Físicas del Experimento	83
Pdf con los Resultados de la Experiencia.....	84
Cálculos y Tratamiento de la Data de Variables Físicas	84
Conclusiones	87
Recomendaciones	89
Referencias Bibliográficas	90

Lista de Figuras

Figura 1 Conservación de la Energía en un Péndulo	23
Figura 2 Péndulo principal UNAD sede nacional José Celestino Mútiis	29
Figura 3 Péndulo secundario en el CEAD de la UNAD en Acacias - Meta	30
Figura 4 Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – apertura	31
Figura 5 Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – pre armado	31
Figura 6 Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – armado.....	31
Figura 7 Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – instalación	32
Figura 8 Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – configuración	32
Figura 9 Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – resultado.....	32
Figura 10 Diagrama de Red Genérico	37
Figura 11 Casos de uso general aplicativo web PendUnad	47
Figura 12 Diagrama de secuencia de acceso al aplicativo web PendUnad.....	57
Figura 13 Diagrama de secuencia ejecución del aplicativo web PendUnad.....	57
Figura 14 Diagrama de despliegue del aplicativo web PendUnad	58
Figura 15 Diagrama de paquetes del aplicativo web PendUnad.....	59
Figura 16 Diagrama de actividades aplicativo web PendUnad	60
Figura 17 Encabezado y barra de navegación, enlace Inicio WPA - PendUnad	62
Figura 18 Contenido e información del laboratorio remoto - PendUnad	63
Figura 19 Contenido y proceso de instalación del laboratorio WPA 1.....	63
Figura 20 Contenido y proceso de instalación del laboratorio WPA 2.....	64
Figura 21 Contenido y galería del laboratorio World Pendulum Alliance - UNAD	64
Figura 22 Contenido e información creadores PendUnad	65

Figura 23	Ventana de contacto con los responsables de PendUnad	65
Figura 24	Pie de página aplicativo web PendUnad	66
Figura 25	Encabezado y barra de navegación, enlace Ingreso WPA - PendUnad 1	67
Figura 26	Encabezado y barra de navegación, enlace Ingreso WPA - PendUnad 2	67
Figura 27	Enlace de redirección hacia java.com para actualizar de java.....	68
Figura 28	Enlace de redirección hacia Videolan.org para descarga de VLC	68
Figura 29	Enlace de redirección descarga de instalador del aplicativo e-lab	69
Figura 30	Encabezado y barra de navegación, enlace Análisis WPA - PendUnad	70
Figura 31	Encabezado y barra de navegación, enlace Análisis WPA - PendUnad	70
Figura 32	Ventana para lectura de plantilla .CSV - PendUnad	70
Figura 33	Ventana selector de péndulo y valor de desplazamiento - PendUnad.....	71
Figura 34	Tabla para datos de análisis estadístico - PendUnad	71
Figura 35	Tabla para datos de variables físicas - PendUnad	72
Figura 36	Contenedor gráfica variables físicas (temperatura °C) - PendUnad.....	72
Figura 37	Contenedor gráfica variables físicas (velocidad cm/s) - PendUnad.....	73
Figura 38	Contenedor gráfica variables físicas (temperatura vs. velocidad) - PendUnad.....	73
Figura 39	Contenedor gráfica variables físicas (muestra vs. periodo) - PendUnad.....	74
Figura 40	Botón para generar PDF de la experiencia - PendUnad	74
Figura 41	Logos lenguajes de programación utilizados en PendUnad	75
Figura 42	Fragmento de código de formulario “cargue de archivo .CSV” de PendUnad	76
Figura 43	Fragmento de código de etiqueta label con un select option de PendUnad	77
Figura 44	Fragmento 1 de código de función de JavaScript con switch case de PendUnad	78
Figura 45	Fragmento 2 de código de función de JavaScript con switch case de PendUnad	79

Figura 46	Fragmento de código de label con input para desplazamiento de PendUnad	80
Figura 47	Fragmento de código de table para datos y análisis estadístico de PendUnad	81
Figura 48	Fragmento de código table para valores de las variables físicas de PendUnad.....	82
Figura 49	Fragmento de código de contenedor y canvas para graficas de PendUnad.....	83
Figura 50	Fragmento de código de button para generar .pdf de PendUnad	84
Figura 51	Fragmento de código de función de cálculo para variables de PendUnad	85
Figura 52	Fragmento de código de función cálculo de medias de variables de PendUnad.....	86

Lista de Tablas

Tabla 1 Cronograma de Actividades Aplicativo Web PendUnad	41
Tabla 2 Costos Realización Aplicativo Web PendUnad.....	42
Tabla 3 Requerimientos funcionales de sistema.....	44
Tabla 4 Requerimientos no funcionales de interfaz.....	45
Tabla 5 Requerimientos no funcionales del hardware y software	46
Tabla 6 Descripción de caso de uso ingresar al aplicativo web por el usuario.....	48
Tabla 7 Descripción de caso de uso ingresar al aplicativo web por el administrador	49
Tabla 8 Descripción de caso de uso guía para el desarrollo del experimento	50
Tabla 9 Descripción de caso de uso obtención del archivo .CSV del experimento.....	51
Tabla 10 Descripción de caso de uso abrir y cargar el archivo .CSV.....	52
Tabla 11 Descripción de caso de uso generar gráficas con los datos del experimento	53
Tabla 12 Descripción de caso de uso cálculos de variables físicas datos del experimento	54
Tabla 13 Descripción de caso de uso generar reporte de gráficas	55
Tabla 13 Descripción de caso de uso generar reporte de gráficas	56

Introducción

En la actualidad, la informática y las ciencias de las tecnologías de la información permiten el desarrollo de soluciones tecnológicas para situaciones problemáticas de cualquier ámbito de la vida real de una manera eficaz (Henaó Calad & Arango Fonnegra, 2006, págs. 69-85). Entre tanto, el curso de Física General 100413 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, en sus estrategias pedagógicas han propuesto el uso de laboratorios remotos como opción a simulaciones y laboratorios in-situ (Torres Payoma & García Cruz, 2021). Actualmente, la UNAD es participante activo del proyecto internacional World Pendulum Alliance que es financiado por el programa ERASMUS+ de la Unión Europea (Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD, 2019). El proyecto tiene el propósito de instalar una red de péndulos remotos, cada experimento consiste en un montaje físico-mecánico de un péndulo simple gravimétrico, el cual a través de una conexión remota y sincrónica envía datos para procesarlos mediante la aplicación e-Lab desarrollada por Linkare®, la cual se encuentra conectada con la red de péndulos instalados a nivel mundial, dentro de los cuales está un péndulo principal ubicado en la sede principal de la Universidad en Bogotá y otros péndulos secundarios que se han instalado en diferentes puntos del país. (UNAD, 2021)

A partir de lo anterior, el desarrollo del aplicativo web PendUnad permitirá procesar los datos obtenidos del experimento del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance por parte de los estudiantes de la UNAD y externos, teniendo en cuenta variables y cálculos que podrán obtener de manera inmediata, y a su vez también permite obtener un imprimible que evidencia la experiencia y su análisis fisicomatemático. La aplicación web PendUnad es creada mediante el uso de lenguajes de programación en desarrollo con HTML5, CSS y Javascript, a través del editor de código fuente Visual Studio Code, considerando el sistema de adquisición de datos

(SAD), interfaz de usuario y análisis estadístico WPA@elab con el software de Matlab realizado por (Torres Payoma, 2021).

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un aplicativo web que se integre y facilite el uso por parte de la comunidad académica de la red de laboratorios remotos del World Pendulum Alliance de la UNAD.

Objetivos Específicos

Crear un software de análisis cuantitativo a través de la adquisición de datos remotos de los diferentes péndulos para la gestión de la información estadística del experimento usando MATLAB.

Elaborar e integrar el aplicativo web para la obtención de las variables físicas del laboratorio remoto World Pendulum - UNAD con el software de análisis cuantitativo.

Validar la experiencia remota a través de un análisis entre los datos teóricos esperados y los resultados experimentales obtenidos al implementar el aplicativo web PendUnad.

Planteamiento del Problema

En la actualidad, la humanidad se ha enfrentado a nuevos retos educativos que han contribuido a la creación de nuevas tecnologías de enseñanza-aprendizaje, tal es el caso presentado ante la contingencia mundial del COVID-19, que obligó a las diferentes Instituciones Educativas (IE) a reestructurar el modelo de enseñanza-aprendizaje presencial convencional a uno basado en la educación a distancia profundizando los Ambientes Virtuales de Aprendizaje - AVA (Rojas Hernández & González Méndez, 2021) en los diferentes niveles académicos de formación, como es el caso en América Latina y el Caribe, alrededor de 160 millones de estudiantes no lograron retornar sus clases presenciales (NU. CEPAL, 2020), a raíz de ello, en Colombia, la educación virtual creció en un 14% de participación entre el año 2013 al año 2019 (ACIS, 2021).

(Bravo & Pesa, 2016) mencionan que parte de la importancia de articular la práctica experimental real (espacio físico de laboratorio), evidenciando la importancia del aprendizaje por acercamiento al laboratorio como fundamento de aproximación a las leyes, postulados o conceptos que se aborden en un eje temático previamente definido a través de la teoría, sin embargo, en una educación a distancia y virtual, el acceso a laboratorios con infraestructura física en ciencias e ingenierías presentan dificultades en la adaptabilidad del modelo educativo en las asignaturas que cuenten con un componente práctico experimental. Para solventar el problema y dificultades del acceso a la experimentación a distancia en ciencias e ingeniería, se han desarrollado laboratorios basados en simulaciones y emulaciones de escenarios experimentales a través de software de programación, los cuales suplen la necesidad de la aproximación al conocimiento científico aunque carecen del atractivo para el estudiante al no ser una experiencia real, pues la práctica experimental es considerada como un método de

investigación científica que requiere de un desarrollo de métodos y modelados de procesos físicos, químicos, biológicos o tecnológicos, que implican la manipulación y observación de un sistema o fenómeno de estudio real (González Alcaide et.al, 2012)

Por otra parte, la visión de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, dentro de su visión, pretende construir soluciones pertinentes para las diferentes necesidades educativas y tecnológicas a través de la investigación (UNAD, 2012), es por ello, que la UNAD cuenta con un sistema nacional de laboratorios, cuyo objetivo principal es administrar y gestionar los laboratorios físicos, remotos y simulados (UNAD, 2015).

Finalmente, en febrero del 2019, la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI, participó en la apertura del proyecto World Pendulum Alliance financiado por el Programa Erasmus+ de la Unión Europea, en citado proyecto que tiene como propósito el de realizar experimentos remotos pendulares en todo el mundo, la UNAD es partícipe (UNAD, 2019).

A partir de lo anterior, el propósito del proyecto aplicado se basa en la creación de una aplicación web accesible, desde cualquier lugar, la cual estará alojada en el hosting de la red experimental Science Dissemination Center On Remote Experimentation ReEx-SDC (www.reex-sdc.com), desde donde se podrán subir scripts en formato xml a través de web en paralelo al laboratorio remoto World Pendulum Alliance - UNAD, así mismo, adquirir datos suministrados del experimento asociado, el péndulo. A partir de lo anterior, se plantea la siguiente pregunta *¿Cómo desarrollar un aplicativo web que se integre y facilite el uso por parte de la comunidad académica del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance de la UNAD?*

Justificación

Como alternativa a los laboratorios presenciales y haciendo uso de tecnología actual, se pueden utilizar como estrategia los laboratorios remotos virtuales, haciendo uso de los ordenadores e internet junto con un aplicativo web para conectarse con el laboratorio físico y así obtener los datos o insumos que logren desarrollar un proceso de simulación y análisis gráfico, y presentación de datos, llevando al estudiante a una experiencia interactiva para el desarrollo de la práctica académica (Vargas Guativa et al.,2020).

Por otra parte, el docente y el estudiante no requerirían de la instalación de programas adicionales para ingresar a los diferentes laboratorios para el análisis de datos, lo cual puede complicar el proceso de la práctica pedagógica para acceder al análisis de la data en el curso de Física Genera 100413 de la ECBTI, en este caso, por tratarse de una aplicación web, se aprovechan las ventajas tecnológicas de HTML5, para que el alumno que ingrese al laboratorio virtual tenga una experiencia práctica fácil, intuitiva y enriquecedora para su proceso académico y de aprendizaje. Finalmente, el acceso a laboratorios virtuales y remotos facilita al docente tutor a distancia la elaboración de nuevos modelos de trabajo y técnicas de innovación pedagógica a través del uso de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) sincronizados con la experiencia remota (Donoso León et al., 2021).

Adicionalmente se expresa que es de gran importancia la ejecución de este proyecto ya que se podrán poner en práctica los conocimientos y habilidades obtenidas en ingeniería de sistemas, puesto que el objeto académico del pregrado es obtener la capacidad de analizar, diseñar, programar, probar y mantener software y sistemas informáticos con el objeto de resolver situaciones problemáticas reales para los usuarios.

Por lo anterior, el presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una aplicación web que funcione como interfaz de adquisición de datos y análisis físico-matemático para la implementación del laboratorio remoto World Pendulum – UNAD, con miras a integrarlo con el laboratorio remoto World Pendulum Alliance-UNAD de la red experimental ReEx-SDC en el curso de Física General.

Glosario

Página Web: Una página web, página electrónica, página digital o ciberpágina, es un documento o información electrónica capaz de contener texto, sonido, vídeo, programas, enlaces, imágenes, hipervínculos y muchas otras cosas, adaptadas para la llamada “World Wide Web (WWW) más conocida comúnmente como Web” (Hobbs, 1999, pág. 13), y que puede ser accedida mediante un navegador web. Esta información se encuentra generalmente en formatos HTML el cual “Es un lenguaje artificial que los ordenadores son capaces de interpretar y diseñado para que los programadores redacten instrucciones que los navegadores ejecutan para originar la página web” (Vértice, 2009, pág. 12), y puede proporcionar acceso a otras páginas web mediante enlaces de hipertexto.

HTML: siglas en inglés de (HyperText Markup Language) es un lenguaje muy sencillo que permite describir hipertexto, es decir, texto presentado de forma estructurada y agradable, con vínculos o enlaces. (Casado Vara, 2019, pág. 280). Es un estándar que sirve de referencia del software que conecta con la elaboración de páginas web en sus diferentes versiones, define una estructura básica y un código (denominado código HTML) para la definición de contenido de una página a web, como texto, imágenes, videos, juegos, entre otros. (Fossati, 2018, pág. 12).

CSS: Es el formato recomendado para las páginas escritas en formato HTML en base a los estándares de “Cascading Style Sheets” (Hojas de estilo en cascada), es un lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado. Es muy usado para establecer el diseño visual de los documentos web, e interfaces de usuario creadas en HTML. (Durango, 2015, pág. 11).

HTTP: Protocolo de transferencia de hipertexto (en inglés, Hypertext Transfer Protocol, abreviado HTTP) es el protocolo de comunicación que permite las transferencias de información a través de archivos (XHTML, HTML...) en la World Wide Web. Gourley et al. (2002).

Sitio Web: García de León (2002) menciona que son estructuras de información como tantas otras, con las singularidades que aportan las características que le son propias como: la hipertextualidad, la forma gráfica, el acceso y la interactividad dispuestas como una colección de páginas web relacionadas y comunes a un dominio de internet o subdominio en la World Wide Web dentro de Internet. (pág. 1).

Usuario: En informática o productos de software, “se le denomina usuarios a las personas que tienen acceso y utilizan sin importar su destreza equipos de cómputo, programas informáticos o sistemas de información-incluidas páginas web”. Hernández y Hernández et al. (2014).

Administrador: Responsable de administrar un sistema informático. Colobran et al. (2008).

Software: Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora. (Chamorro Garrido, 2008)

Hardware: Partes físicas, tangibles, de un sistema informático, incluye sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos, así como los cables, muebles o cajas, los periféricos de todo tipo, y cualquier otro elemento físico involucrado que según Cottino (2009) conforman un “conjunto de dispositivos que se relacionan entre sí para conformar una PC”. (pág. 12).

JavaScript: Sánchez Maza (2012) menciona en su libro que se trata de un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a

objetos, se utiliza principalmente del lado del cliente, implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas. Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado en las páginas web.

Bootstrap: Biblioteca multiplataforma o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basado en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript adicionales. A diferencia de muchos frameworks web, solo se ocupa del desarrollo front-end. (Lambert, 2016)

MATLAB: (abreviatura de MATrix LABoratory, «laboratorio de matrices») “es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada por millones de ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos” (The MathWorks, s.f.).

Laboratorio remoto: según Ariza Ladino & Amaya Hurtado (2008) “Los laboratorios remotos permiten interactuar con equipo real utilizando un acceso remoto desde un computador local a un servidor localizado en un laboratorio físico” (pág. 132).

Péndulo: Según Gómez (2018) “un péndulo es un cuerpo grave que puede oscilar suspendido de un punto por un hilo o varilla. Grave hace referencia a que el cuerpo posee masa y, por lo tanto, sufre una fuerza (llamada peso) en el seno de un campo gravitatorio (de ahí el nombre de gravedad, porque hace caer graves)” (pág. 1).

Velocidad: Magnitud física que expresa el espacio recorrido por un móvil en la unidad de tiempo, y cuya unidad en el sistema internacional es el metro por segundo (m/s). (RAE, 2021b)

Temperatura: Según Coluccio Leskow (2022) “es una magnitud escalar que se define como la cantidad de energía cinética de las partículas de una masa gaseosa, líquida o sólida. Cuanto mayor es la velocidad de las partículas, mayor es la temperatura y viceversa”.

Periodo: Tiempo que tarda un fenómeno periódico en recorrer todas sus fases, como el que emplea un péndulo en su movimiento de vaivén, según Moscoso et al. (2022) “el período de oscilación de un péndulo es independiente de su amplitud (pág. 745).

Gravedad: Fenómeno natural por el cual los objetos con masa son atraídos entre sí. “Fuerza que sobre todos los cuerpos ejerce la Tierra, u otro planeta, hacia su centro”. (RAE, 2021a)

Alcance

Desarrollo de un aplicativo web que permita orientar a la comunidad educativa en el uso del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance de la UNAD, de igual manera con la información obtenida del experimento permitirá una práctica interactiva a través de la generación de un análisis de datos físicos, teniendo en cuenta las diferentes variables físicas que actúan en un péndulo simple mediante ecuaciones y gráficas, de las cuales finalmente se obtendrá un imprimible de la experiencia con el experimento, de otra parte esta aplicación será escalable es decir que tendrá la capacidad de ser mejorada y/o actualizada con nuevas funciones o mejoras a las funciones ya existentes. La aplicación web incluirá los siguientes módulos:

Inicio: Es la página de inicio o página home del aplicativo web PendUnad en donde se presenta la aplicación al mundo virtual y potenciales usuarios.

Ingreso: Página web donde se orienta el ingreso a través de paso a paso apoyado de imágenes y enlaces que facilitan al usuario la ejecución del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance – UNAD.

Análisis: Aplicativo web donde el usuario puede hacer uso del PendUnad para obtener un análisis de datos, gráficas y cálculos del laboratorio del World Pendulum Alliance – UNAD, del cual finalmente se genera un archivo en formato pdf con los resultados de la experiencia.

Limitaciones

Mediante análisis de la aplicación web PendUnad se establecieron las siguientes limitaciones del proyecto, las cuales se listan a continuación:

Se requiere conexión a la red de internet para su funcionamiento.

El rendimiento puede estar limitado debido a la respuesta del navegador desde donde se ejecutando el aplicativo web.

El sistema a pesar de que es público y de acceso libre, estará primordialmente dirigido para uso de la comunidad educativa, ya que una persona externa no estaría relacionada con la experiencia remota.

No se contará con funcionalidades 'offline', ya que están quedando descartadas por tratarse de un aplicativo web.

Fortalezas

Los siguientes aspectos se consideraron como fortalezas con las que cuenta el aplicativo web PendUnad:

El sistema será de acceso libre, es decir que no requiere que el usuario se registre o inicie sesión.

El sistema se publicará en línea mediante un servicio de hosting, facilitando el acceso en todo momento y desde cualquier lugar..

El idioma de la aplicación será en español pero podrá ser usado en otros lenguajes debido a la capacidad de algunos navegadores para traducir a otros idiomas.

No requiere crear una versión para cada dispositivo existente pues permite su acceso a todos los usuarios desde el recurso que estos cuenten para hacerlo, sea celular, tablet o computador.

No requiere realizar instalaciones locales, ni ocupar la memoria del equipo o dispositivo que se esté usando en la ejecución de la aplicación.

No requiere hacer actualización en los equipos de los usuarios, debido a que si se presentan cambios o mejoras, los interesados pueden seguir teniendo acceso sin inconvenientes.

El aplicativo web PendUnad es de uso libre y público, se puede ingresar a través de la dirección web: <http://PendUnad.reex-sdc.com/> , a su vez el código fuente fue alojado en los repositorios de programación de GitHub en los siguientes enlaces:

<https://github.com/carloshcruz/PendUnad> y <https://carloshcruz.github.io/PendUnad/>.

Marco Conceptual

Para la construcción del presente marco conceptual y teórico se hará mención del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance-UNAD y de los diferentes aspectos relacionados con la física del péndulo simple, sistema conservativo y laboratorio remoto, teniendo en cuenta que la “UNAD participa en proyecto de Investigación Internacional World Pendulum” (UNAD, 2019), estrategia que “tiene como objetivo realizar experimentos remotos pendulares alrededor del mundo, que estarán disponibles en una plataforma en línea a los cuales docentes y estudiantes tendrán acceso, permitiéndoles realizar experimentos y aprender, física en forma interactiva. (UNAD, 2019).

Física del Péndulo

Según lo expresado por Adolphe Ganot (1872) el péndulo es un sistema físico que puede oscilar bajo la acción gravitatoria u otra característica física, la física del péndulo considera principalmente la convergencia de las siguientes leyes físicas:

Ley de la independencia de las masas: consiste en que el periodo es independiente de la masa y de su naturaleza, ya que, si tenemos dos péndulos con la misma longitud, pero con diferente masa el periodo de los péndulos es igual.

Ley del isocronismo: El periodo de oscilación de un péndulo es independiente de la amplitud siempre y cuando éstas correspondan a una aproximación de $\sin\theta \approx \theta$, es decir que, si las oscilaciones tienen una pequeña amplitud, gastan el mismo tiempo.

Ley de las longitudes: el periodo de un movimiento pendular es directamente proporcional a la raíz cuadrada de su longitud, es decir que a mayor longitud mayor periodo de oscilación, y a menor longitud menor periodo de oscilación.

Ley de las aceleraciones de la gravedad: la oscilación de un péndulo se obtiene mediante la raíz cuadrada de la intensidad de la gravedad, debido a que la aceleración de la gravedad ejerce una acción primordial que repercute en el tiempo de oscilación del péndulo (pág. 45).

Teorema del Trabajo y la Energía

Concurren disímiles definiciones de energía, las cuales tienen su relación con capacidad y fuerza, sin embargo Alomá Chávez, E., & Malaver, M. (2007) indican en su artículo que el concepto consiste en la propiedad que posee un sistema para efectuar un trabajo.

Sin embargo, lo importante de este tema es el de entender y comprender el comportamiento y la forma como se transforma la energía. La investigación de diversas formas de energía y sus posibles transformaciones ha llevado al uso y aplicación de la ley de la conservación de la energía en mecánica newtoniana la cual afirma que “la energía no se puede crear ni destruir, esta existe y se puede transformar de una forma a otra, no obstante la cantidad total de energía no cambia”.

Existen distintas formas de manifestación de la energía: movimiento, electricidad, calor, radioactividad, entre otras, siendo la energía parte fundamental del universo, cuya composición es energía y materia en un fondo espacio tiempo.

De los diferentes tipos de energía que existen esta la energía mecánica, la cual es que es generada por fuerzas de tipo mecánico, tales como la elasticidad, la gravitación, etc., y la tienen los cuerpos al momento de desplazarse de su posición de equilibrio o moverse de su punto en el que se encuentren en determinado momento. La energía mecánica se compone de energía potencial que puede ser gravitatoria o elástica y energía cinética.

Energía Cinética

Para identificar las características de la energía de movimiento, denominada energía cinética, utilizamos la cantidad expresada en la Ecuación (23).

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Donde m es la masa del objeto y v es el módulo de la velocidad a la que se mueve. En el sistema internacional de medidas, las unidades de la energía cinética son:

$$[K] = [mv^2] = kg \frac{m^2}{s^2} = Nm$$

Cuando un objeto se mueve, entonces, es capaz de efectuar trabajo, que depende de su masa y rapidez.

Si se considera que el trabajo neto es la suma de los trabajos realizados por cada una de las fuerzas que actúan en el sistema. Entonces, la variación de la energía cinética ΔK de un objeto en movimiento es igual al trabajo neto requerido para modificar su estado inicial de movimiento, es decir que, en general el trabajo neto se puede expresar como los cambios de energía cinética, teniendo en cuenta la ecuación (23).

$$W_{Neto} = \Delta K \quad (2)$$

Donde el cambio en la energía cinética es la energía cinética final $\frac{1}{2}mv_f^2$ menos la energía cinética inicial $\frac{1}{2}mv_i^2$ Entonces, quedaría expresada conforme a la ecuación (23).

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (3)$$

Energía Potencial

Es relevante expresar que un objeto puede almacenar energía dependiendo de su posición, este tipo de energía se denomina energía potencial, debido a que en esta condición de almacenamiento el objeto tiene el potencial de desarrollar un trabajo.

Energía Potencial Elástica

Un resorte estirado o comprimido tiene el potencial de realizar un trabajo. A esta energía se le denomina energía potencial elástica y se expresa de la siguiente manera, de acuerdo con la ecuación (23).

$$U_e = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2 \quad (4)$$

donde k corresponde a la constante elástica del resorte, y Δx a la elongación realizada por el objeto elástico desde su posición de equilibrio.

En el caso de la energía potencial elástica, al hacer un análisis dimensional, se encuentra que las unidades de la constante elástica, en el sistema internacional de medidas, son conforme a la ecuación (23).

$$[K] = \frac{N}{m} \quad (5)$$

Por lo tanto, se tiene que:

$$[U_e] = [k\Delta x^2] = \frac{N}{m} m^2 = Nm$$

Así, la energía potencial elástica la podemos expresar también según la ecuación (23).

$$[U_e] = Nm \quad (6)$$

Energía Potencial Gravitacional

La energía potencial de un cuerpo debida a su posición se llama energía potencial gravitacional y se expresa mediante la ecuación (23):

$$U_g = mgh \quad (7)$$

En este caso la energía potencial es igual al producto entre la masa m del objeto, la altura h a la que se encuentra sobre un valor de referencia y el valor de la aceleración debida a la gravedad g .

Para determinar las unidades de la energía potencial gravitacional, tenemos lo siguiente:

$$[U_g] = [mgh] = kg \frac{m}{s^2} m = Nm$$

Con regularidad es favorable elegir la superficie de la Tierra como la posición de referencia para la energía potencial con valor cero. Sin embargo, dependiendo de la situación a estudiar, la posición de referencia puede cambiarse.

Para el caso de una partícula que cae desde una altura “ h ” en caída libre, es decir, en un movimiento con aceleración constante, la partícula posee energía cinética y potencial gravitatoria.

Teorema de Conservación de la Energía Mecánica

Según Castro (s.f.) el problema del péndulo es bidimensional, ya que el desplazamiento real viene especificado por el ángulo de abertura (θ). Los desplazamientos son esencialmente horizontales, el movimiento depende del hecho de que existe un ascenso y descenso del centro de masas produciendo un intercambio de energías mecánicas Cinéticas (K) y Potencial Gravitatoria (U_g). De hecho; el péndulo se adapta muy bien utilizando un análisis mediante el principio de conservación de la energía, considerando que este es un sistema conservativo. (pág. 1)

La suma de las energías cinética y potencial $E=K+U$, conocida como energía mecánica total, permanece constante en el tiempo.

Este es un ejemplo del principio de conservación de la energía, es decir, que para dos instantes de tiempo inicial (i) y final (f) se cumple lo expresado en la ecuación (23):

$$E_f = E_i$$

$$K_f + U_f = K_i + U_i \quad (8)$$

Escrito de manera más compacta, el principio se establece conforme a la siguiente ecuación (23).

$$\Delta E = 0 \quad (9)$$

Fuerzas Conservativas

Se habla de una fuerza conservativa, cuando el trabajo sobre un cuerpo depende

únicamente de los puntos inicial y final, mas no del camino recorrido entre mencionados puntos. Cuando se aplican fuerzas conservativas, el trabajo realizado por las mismas puede ser calculado en términos de la variación de una energía potencial, según la ecuación (23).

$$W_c = -\Delta U \quad (10)$$

Lo anterior demuestra que un trabajo positivo, que corresponde a una fuerza en la dirección del desplazamiento se da cuando la acción de dicha fuerza desplaza a la partícula desde una posición de U_g mayor, hasta una de menor U_g . Lo expresado anteriormente se presenta, por ejemplo, cuando se suelta un objeto desde cierta altura sobre el suelo, permitiendo ello entender que la fuerza gravitacional es una fuerza conservativa.

Si en un proceso existen fuerzas conservativas únicamente, la energía se conserva (un ejemplo de ello es la caída libre).

Las fuerzas que no tienen las características expuestas anteriormente se califican como fuerzas no conservativas, o también fuerzas disipativas, ya que parte de la energía inicial se disipa por su acción.

Este tipo de fuerzas son las que se busca evitar, para mejorar el aprovechamiento de la energía inicial, cualquiera sea su naturaleza. Por ejemplo, toda rueda de un vehículo de transporte requiere de una buena lubricación, para evitar la fricción con el eje en el que está colocada.

Potencia

La potencia de un proceso de transformación de energía es la velocidad a la que se lleva a cabo el mismo. En una máquina, por ejemplo, se distingue entre energía generada por unidad de

tiempo y energía consumida en unidad de tiempo.

También se puede enunciar la potencia en términos del trabajo: La potencia es la velocidad con la que se realiza trabajo.

En el sistema internacional de medidas, la potencia se mide en vatios (W) y sus unidades se expresan conforme a la siguiente ecuación (23).

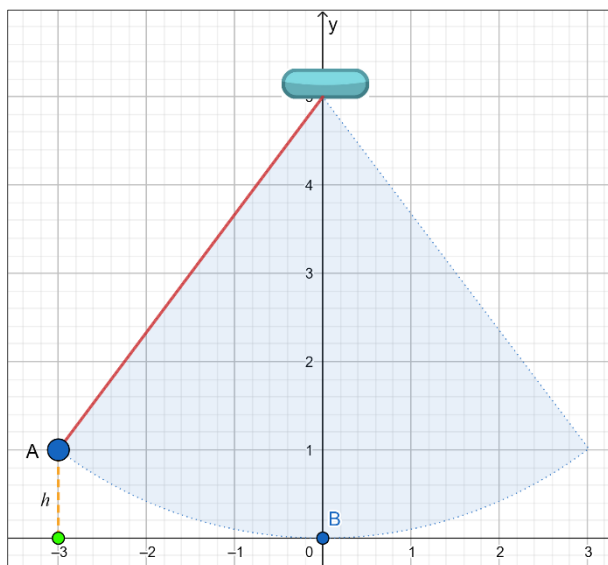
$$1W = 1 \frac{J}{s} \quad (11)$$

Péndulo Simple

El péndulo simple consiste en una partícula de masa m la cual es suspendida mediante un hilo inextensible de diversa longitud y de masa despreciable, soportada de tal forma que pueda oscilar en un plano vertical bajo la influencia de la gravedad. (Alonso Gomez, 2018)

Conservación de la Energía en un Péndulo

Según Raymond A. & Jerry S. (2001) “Es de interés histórico señalar que fue Galileo Galilei quien por primera vez advirtió que el periodo del péndulo es independiente a su amplitud” (pág. 420). El péndulo es un sistema físico que ha sido utilizado para la construcción de relojes, determinación de la aceleración de la gravedad, y para el estudio de muchos otros fenómenos. Es un sistema en el que, bajo ciertas circunstancias, se presenta la conservación de la energía mecánica. El péndulo consiste en una masa atada a un hilo, que oscila alrededor de un punto, describiendo un arco de circunferencia. En la figura 1 se muestra como la masa es lanzada desde una cierta altura h respecto al nivel de referencia.

Figura 1*Conservación de la Energía en un Péndulo*

Nota. Vista de péndulo simple en donde se aprecia como la masa es lanzada desde una cierta altura h respecto al nivel de referencia, junto con los puntos (A) posición de lanzamiento y (B) Posición más baja del péndulo .

En la posición de lanzamiento (A) del péndulo la velocidad es cero y por lo tanto su energía mecánica está dada por su energía potencial.

$$E_A = U_{gA} + K_A = mgh_A + 0 = mgh_A$$

En la posición más baja (B) del péndulo, tenemos que la altura respecto al nivel de referencia es cero por lo tanto la energía mecánica está dada por su energía cinética.

$$E_A = U_{gB} + K_B = 0 + \frac{1}{2}mv_B^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_B^2$$

Considerando que no actúan fuerzas no conservativas, tenemos que la energía mecánica en el punto A es igual que en el punto B, lo que se expresa matemáticamente como:

$$E_A = E_B$$

De esta forma tenemos la siguiente igualdad:

$$mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2$$

Cancelando la masa encontramos:

$$gh_A = \frac{1}{2}v_B^2$$

Así, a través del teorema de la conservación de la energía, podemos determinar la gravedad, si conocemos la velocidad en el punto B (punto más bajo) y la altura inicial respecto al nivel de referencia. Así, obtenemos que la gravedad está dada por:

$$g = \frac{\frac{1}{2}v_B^2}{h_A}$$

La altura inicial, se determina a través del ángulo inicial α_0 , que hace el hilo con la vertical:0, lo cual se expresa con la ecuación (23)

$$h_A = L_{neta} - L_{neta}\cos(\alpha_0) = L_{neta}(1 - \cos(\alpha_0)) \quad (12)$$

Donde L_{neta} es la longitud del hilo más el radio de la esfera (masa del péndulo). De esta forma la gravedad está dada por la ecuación (23):

$$g = \frac{\frac{1}{2}v_B^2}{L_{neta}(1 - \cos(\alpha_0))} \quad (13)$$

La incertidumbre relativa de la gravedad, realizando la propagación de errores y considerando el ángulo como una constante, está dada en primera aproximación por la expresión (23):

$$\frac{\Delta g}{g} \approx 2 \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta L_{neta}}{L_{neta}} \quad (14)$$

Fórmulas Básicas para la Incertidumbre

Lara Barragán et al., (2006) menciona en su libro que se conoce como incertidumbre el margen estimado de error en una medición. El margen de error se escribe utilizando el signo +- entre el valor medido y el error de la medición. Se distinguen tres tipos de incertidumbres, según la forma de reportar el margen de error, estas son: incertidumbre absoluta 'IA', incertidumbre relativa 'IR' e incertidumbre porcentual 'IP'.

Para calcular la incertidumbre de una magnitud física derivada, se debe realizar un procedimiento matemático conocido como derivación parcial, con respecto a las cantidades físicas de las que depende dicha magnitud, y que poseen incertidumbre conocida, solamente se tratarán las fórmulas obtenidas mediante dicho proceso, por ejemplo:

Sea, por ejemplo, la cantidad física derivada Z , que depende de dos magnitudes físicas básicas X y Y . Si se miden las cantidades X y Y , sus valores deben ser reportados con la respectiva incertidumbre, así;

$$X = x \pm \Delta x$$

$$Y = y \pm \Delta y$$

y, por lo tanto, para la magnitud derivada Z , se tendrá la ecuación (23).

$$Z = z \pm \Delta z \quad (15)$$

Suma y resta: sea la cantidad física derivada Z, cuya expresión corresponde a la suma o resta de dos magnitudes físicas básicas X y Y, tal que $Z=X\pm Y$.

En este caso, la incertidumbre se calcula con la ecuación (23):

$$\Delta Z = \Delta x \pm \Delta y \quad (16)$$

Multipliación: Sea la cantidad física derivada Z, tal que, ecuación (23):

$$Z = XY \quad (17)$$

En este caso, la incertidumbre se calcula con la ecuación (23):

$$\Delta z = z \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right) \quad (18)$$

División: Sea la cantidad física derivada Z, tal que, ecuación (23):

$$Z = \frac{x}{y} \quad (19)$$

Función polinómica: Sea la cantidad física derivada Z, tal que, ecuación (23):

$$Z = Cx^k \quad (20)$$

donde C y k son números. En este caso, la incertidumbre se calcula como sigue, ecuación (23):

$$\Delta z = z |Ckx^{k-1}| \Delta x \quad (21)$$

Función trigonométrica: Sea la cantidad física derivada Z, tal que, ecuación (23):

$$Z = 1 \pm \cos(x) \quad (22)$$

En este caso, la incertidumbre se calcula como sigue, ecuación (23):

$$\Delta z = |\sin(x)| \Delta x \quad (23)$$

Laboratorio Remoto World Pendulum Alliance-WPA

Según (Triana Ortiz et al., 2020) Un laboratorio remoto consiste en la ejecución de un montaje experimental real en un espacio físico definido que utiliza un sistema de software y hardware cercano o local para la toma de datos y vídeo y que usualmente envía la información a un equipo que actúa como servidor virtual (Pág. 7).

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) es beneficiaria de unos recursos del programa Erasmus+ proporcionados por la unión europea en diciembre de 2018 por la participación en el Proyecto WPA. El proyecto está integrado por 14 universidades pertenecientes a 8 países de Europa y Latinoamérica, el proyecto está dirigido a la instalación a nivel global de 14 péndulos primarios y 121 péndulos secundarios, para Colombia se proyectó la instalación de un péndulo principal en la ciudad de Bogotá y once péndulos secundarios en varias ciudades del país, teniendo en cuenta que se incluyan diversas coordenadas geográficas y altitudes. El objetivo principal del proyecto WPA es determinar con alta exactitud y precisión el valor de la constante gravitacional (g) en los diferentes lugares del mundo a través de las oscilaciones controladas remotamente a través de una interfaz de usuario con visibilidad en tiempo real (UNAD, 2019).

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia dentro de su sistema formativo tiene componentes prácticos que se llevan a cabo de laboratorios físicos, remotos y simulados, los cuales se encuentran distribuidos en sus sedes o centros formativos, logrando así llevar la modalidad abierta y a distancia de los laboratorios in situ de la UNAD a todos los estudiantes por medio de la internet, equipos y cámaras. Dentro de la estrategia del World Pendulum Alliance la universidad apoya en la construcción de implementación de la red mundial de péndulos simples, así como el desarrollo de tareas de divulgación con el propósito de expandir la red. (Torres

Payoma et al., 2022).

Instalación Péndulo Principal Sede Nacional José Celestino Mútiis en Bogotá

En la Figura 2 se presenta el péndulo principal instalado en la sede nacional José Celestino Mútiis en Bogotá.

Figura 2

Péndulo principal UNAD sede nacional José Celestino Mútiis



Nota. La Figura 2 muestra el péndulo primario instalado en la sede nacional, la nomenclatura en la red de la universidad es wpa@unad.

Instalación Péndulo Secundario en el CEAD de la UNAD en Acacias - Meta

Para la instalación del péndulo secundario en el CEAD de la Universidad Nacional abierta y a Distancia - UNAD en Acacias – Meta (Figura 3), se hizo parte del equipo de instalación, configuración y puesta en marcha del experimento, mencionado grupo de trabajo estuvo en cabeza del profesor Freddy Alexander Torres Payoma.

Figura 3

Péndulo secundario en el CEAD de la UNAD en Acacias - Meta



Nota. La Figura 3 muestra modelo de los péndulos secundarios instalados y configurados en la red de la universidad sobre 11 sedes diferentes (Medellín, Dosquebradas, Bogotá, Cali, Ibagué, Santa Marta, Pitalito, Pasto, Tunja y Acacias). Para la calibración y configuración de la red, se utilizó el péndulo secundario wpa-acacias@unad.

El proceso de instalación del péndulo secundario en el CEAD Acacias de la UNAD se realizó el día 8 de abril de 2022, para llevar este proceso se realizaron las siguientes actividades:

En la Figura 4 hasta la figura 9, se puede apreciar el proceso de apertura, pre armado, armado, instalación y configuración de un péndulo secundario instalado en el CEAD de la UNAD ubicado en el municipio de Acacias en el departamento del Meta.

Figura 4

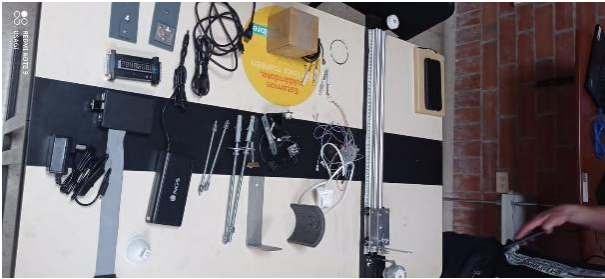
Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – apertura



Nota. Apertura de caja contenedora del péndulo secundario

Figura 5

Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – pre armado



Nota. Verificación de piezas para iniciar el armado

Figura 6

Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – armado



Nota. Proceso de armado

Figura 7

Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – instalación



Nota. Proceso de instalación y conexión

Figura 8

Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – configuración



Nota. Proceso de calibración, pruebas y configuración de conectividad

Figura 9

Péndulo secundario CEAD Acacias proceso de instalación – resultado



Nota. Resultado final péndulo secundario instalado y funcional

En el curso de Física General se utiliza como práctica de laboratorio virtual el Péndulo Principal instalado en el JCM (Figura 2) (durante el año 2022 se suspendió su uso debido a los problemas con el software e-lab). Para el Sistema de Adquisición de Datos (SAD) del péndulo de precisión se requiere una gestión de software y la utilización de un controlador de experimentos remoto para gestionar la manera en que el experimento se conecta con la Internet, lo cual es posible a través de una tarjeta Raspberry Pi (RPi), la cual interconecta el microcontrolador del experimento con el servidor del laboratorio electrónico. La RPi debe implementarse como sistema operativo Raspberry OS como primera opción debido al manejo de software, sin embargo, haciendo ajustes en la programación es posible usar otros sistemas operativos en base GNU/Linux como Ubuntu, Archlinux o Debian. El proceso de conectividad se realiza a través del sistema de conexión SSH y configurando el adaptador Ethernet mediante Network Manager y conexión al RPi. (Técnico Lisboa, 2021).

Conexión Remota por Secure Shell (SSH)

Para establecer una conexión remota a través de la red, con una aplicación web o página web u otro ordenador es, a través del sistema SSH (Secure Shell por sus siglas en inglés), el cual establece una conexión mediante la ejecución de comandos desde un ambiente terminal o Putty, en la máquina remota y con ello entre dos máquinas, es decir que este protocolo garantiza que el cliente y el servidor remoto hagan un intercambio de información de una forma segura y dinámica, de igual manera suministra una autenticación y comunicación segura a través de un canal seguro o inseguro, para lo cual provee un proceso de encriptación de los datos que son enviados al directorio del servidor, de modo que garantiza que el envío se realice de una forma segura y sin alteraciones (Díaz Álvarez, 2017).

SAD (Sistema de Adquisición de Datos) Remota.

La adquisición de datos o de señales está basada en la toma de muestras del mundo real con el propósito de obtener o producir datos que sean posibles ser manipulados por un ordenador u otros dispositivos de tipo electrónico, este proceso se utiliza para recolectar información y con ella analizarla y documentar un fenómeno. Estos sistemas fueron creados para adquirir datos, almacenarlos, procesarlos y transmitirlos de manera autónoma, sus señales se pueden tomar de dos fuentes: las que vienen de una fuente directa que en mayoría de casos generan señales eléctricas y las que vienen de transductores, los cuales transforman una señal normalmente física en una normalmente eléctrica. En cuanto al tipo de señales que analiza el sistema existen dos tipos; sistemas análogos que son señales de tipo continuo, las cuales presentan un valor que puede estar en el campo de los números reales y sistemas digitales que son señales de tipo discreta, son representados por el sistema con relación al tiempo en el que fueron recibidos o capturados. (Núñez Rodríguez, 2014).

Computación Numérica

Para desarrollar el análisis de las variables físicas con la integración de los resultados obtenidos en la experiencia remota configurada a través de un sistema operativo, el desarrollo de software para la manipulación e interpretación de datos se hará mediante el software en lenguaje matricial (Lenguaje M), cuya característica principal en la propuesta estará definida por el sistema de adquisición de datos, interpretación, ejecución y cálculo de las operaciones. Se utiliza en vez de otro software (por ejemplo C++ o Python) por la integridad de los componentes de los péndulos. Las dos alternativas en Lenguaje matricial más populares y robustas son Octave y MATLAB. Octave es un software de nivel alto creado para la realización de cálculos matemáticos y numéricos a través de un ordenador, está provisto de una interfaz interactiva cuya

orientación es la de la línea de comandos, sin embargo también puede ser utilizado de modo no interactivo ejecutándolo a través de un fichero, inicialmente este nació como una solución para facilitarle a los estudiantes de la universidad de Texas pertenecientes al área de ingeniería y química la realización de cálculos intrincados, sin tener que llegar a complicarse con tareas de programación, no obstante la viabilidad de Octave se incrementa en los casos en que el usuario no tiene la posibilidad de pagar por una licencia y también en el evento en el que gracias a las competencias del usuario este puede mejorar la capacidad funcional por medio de programación C++. (Borrell Nogueras, 2005). Por otra parte, MATLAB cuyo nombre proviene de retraer los términos MA(Matrix) y LA(Laboratory), permite la ejecución de trabajos que requieran el uso y aplicación de cálculos matemáticos. El software es capaz de realizar cálculos matemáticos y visualizaciones gráficas a través de un entorno gráfico en donde se plantean problemas y soluciones declaradas de forma tradicional, es decir, facilita la introducción de algoritmos matemáticos por la libertad del lenguaje y su desarrollo para modelos físicos. (Moore et al., 2007). En el desarrollo del proyecto aplicado se usará MATLAB al tener la licencia adquirida por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD (UNAD, 2020).

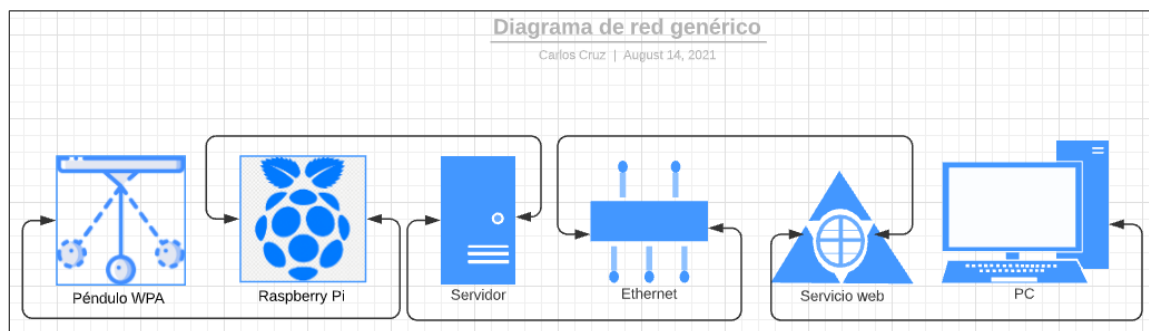
Desarrollo Aplicativo Web en HTML5

El aplicativo web que reposará en la página oficial del ReEx-SDC UNAD estará construido en HTML5 o (HyperText Markup Language), que significa lenguaje de marcado de hipertexto, es la revisión número 5 del lenguaje básico de la World Wide Web (WWW), es decir que se trata de la versión más reciente de HTML, debido a lo cual presenta diversas ventajas con respecto a las anteriores versiones y también sobre algunas aplicaciones virtuales que tienen funcionalidad como herramientas de desarrollo, destacándose las siguientes capacidades: No usa API (Interfaces del Programa de Aplicación), ni plugins de terceros, de otra parte incorpora

característica nuevas que proveen la capacidad de diseñar aplicaciones con adaptabilidad a diversos dispositivos como celulares y tabletas, de igual manera incluye recientes y modernas etiquetas de audio, video y herramientas de análisis y creación de forma simplificada de modelos de negocio, finalmente hablando de su código de programación, se puede afirmar que es más simple, generando con ello un producto de página web más ligera, con más efectos visuales y que tienen la capacidad de cargarse con mayor rapidez, de igual modo, permite la ejecución del entorno de la página web de forma off-line y su compatibilidad es extremadamente versátil ya que se ejecuta con todos los navegadores existentes (Gómez Varela et al., 2016).

Diagrama de Red Proyecto Aplicación Web PendUnad

Con base en lo anterior, se propone el diagrama de red genérico (Figura 10) sobre el cual se establece la arquitectura de la adquisición de datos. El sistema de Péndulo WPA, RPi y Servidor se encuentran habilitados y funcionales, es decir, las etapas se concluyeron en el proyecto WPA-UNAD, el desarrollo pertinente al proyecto aplicado consiste en la conexión ethernet al servidor web bidireccional mientras el usuario desde la página del ReEx logre enviar y obtener información de los eventos del proyecto.

Figura 10*Diagrama de Red Genérico*

Nota. Forma gráfica de las tareas, dependencias y ruta crítica del World Pendulum Alliance (WPA) UNAD.

Por medio de prácticas de laboratorio los estudiantes despliegan habilidades para el manejo de instrumentos y equipos de medición, ajuste y arreglo de datos, así mismo en lo concerniente al desarrollo de capacidades de interpretación de información y datos, de una forma reflexiva y crítica, siendo estos laboratorios realizados en tiempo real, ejecutando la experiencia en el mismo momento o compartida de forma remota por medio de una cámara web en formato video al realizar la experiencia (Ruggeri & Anriquez, 2019, pág. 641).

Diseño y Desarrollo

Análisis de Datos MatLab con e-Lab

El análisis de datos con MatLab pretende orientar al estudiante, una guía de uso sobre la experimentación remota y el análisis de las variables físicas. En el enlace:

<https://drive.matlab.com/sharing/8c14605c-bbac-43e4-847b-09bad0287f64/> el lector podrá

revisar los documentos labremoto.mlx e informe_experimental.mlx y revisar el desarrollo

(Torres Payoma, 2021).

Aplicativo Web Metodología para el Desarrollo del Proyecto

La siguiente metodología de proceso tecnológico está basada en el desarrollo de cuatro (4) fases que dan cumplimiento a cada uno de los propósitos del documento:

Fase 1: Recolección de Información y Análisis de Requerimientos

Según Sarmiento y Hernández (2017), la especificación de requerimientos de software comprende el levantamiento de un listado de funcionalidades que se requieren que el sistema deba ejecutar, así como también se debe establecer las necesidades que el usuario tiene con respecto a la solución informática, estos requerimientos funcionales deben expresar ampliamente la funcionalidad que el sistema proveerá. Dentro de los criterios establecidos para dar prioridad a los requerimientos del sistema, están los siguientes: importancia, impacto negativo, costo y riesgo. Los requerimientos se clasifican teniendo en cuenta sus condiciones de operatividad y características dentro de los cuales están; requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales y requerimientos de dominio. (Sarmiento Cuervo & Hernández Parra, 2017, pág. 12)

Fase 2: Diseño de Software y Proyección Visual de los Requerimientos

La fase de diseño nos da la posibilidad de producir un esquema de la aplicación web, el desarrollo de esta fase se adelanta de la siguiente forma: ficha general en donde se registran las

características y prestaciones principales de la aplicación, ficha técnica; en donde se presenta el diseño lógico e información en cuanto a las características pedagógicas de la aplicativo, ficha técnica-educativa; en la que se describe el diseño funcional y funciones instructivas del software, mapa de navegación; incorpora las relaciones de secuencia y jerarquía del aplicativo, esquema de navegación; proporciona una visualización de contenidos y de la estructura para la creación de los módulos del software, diagramas de casos de uso; describen las dependencias y relaciones entre los casos y actores del proceso, es decir se especifica el qué, pero no como se ejecuta, relación de entidad; los cuales muestran el diseño de la base de datos junto con sus restricciones y relaciones, edición de plantillas; en donde se plasma el diseño de la interfaz y se especifican en detalle el contenido y elementos de las zonas de pantalla junto con los colores que se usarán, el storyboard; contiene diversas anotaciones e ilustraciones sobre cómo se implementarían los menús y demás elementos gráficos de la aplicación. (Suarez M., 2009).

Fase 3: Desarrollo de la Aplicación, Programación y Pruebas de Funcionamiento

En la etapa de desarrollo se ejecuta el diseño visual del sitio, la cual se debe destacar por presentar una comunicación clara, de igual manera los colores que representen el producto o la marca. También es trascendental centrarse en la aplicación de los principios de la usabilidad, la interfaz de usuario y experiencia del usuario, con lo descrito anteriormente le permite al sitio web y la aplicación que allí se aloje, tener un buen diseño gráfico, juntamente con las capacidades de funcionalidad y efectividad, esta fase también comprende la incorporación de la página de autenticación de usuarios previa al uso de la aplicación, así como la incorporación, manejo y gestión de las respectivas cookies y la comunicación desde la interfaz de usuario con la base de datos y el experimento (Almaraz et al., 2011).

Fase 4. Implementación y Puesta en Marcha del Aplicación Web

La etapa de la implementación consiste en la puesta en marcha o ejecución de la idea que se programó mediante la aplicación web, en este punto podemos verificar que las fases previas de montaje y diseño del aplicativo se han ejecutado correctamente, siendo importante que se realicen pruebas a fondo de cada una de las páginas y funciones del sitio web además del aplicativo web alojado, con el propósito de asegurar que los enlaces y menús operen correctamente, de igual manera es conveniente cerciorarse que la carga del sitio en la web se ejecute de manera correcta en los diversos navegadores y dispositivos que existen, confirmando también la conectividad con el experimento y la ejecución de las simulaciones con resultados esperados (Aumaille, 2002).

Fase 5. Evaluación y Verificación de Resultados

En la etapa de evaluación, verificación y validación de resultados se llevan a cabo las siguientes actividades: Prueba piloto; el propósito de este proceso es el de evaluar y depurar la versión inicial de la aplicación web o primer prototipo, esto nos permite detectar fallas y sobre ellas realizar correcciones y modificaciones en busca de satisfacer la especificaciones trazadas en los diseños del aplicativo, paso que cesa cuando no se identifique la aparición de errores o fallos. Evaluación de contenido; en este paso se implementa una revisión a los contenidos, de la sintaxis y ortografía con la finalidad de que se garantice que el producto de software es de buena calidad. Evaluación general del entorno; paso en el que se verifica si el entorno de la aplicación web está cumpliendo con el estándar de calidad propuesto, teniendo en cuenta que debe estar acorde con los niveles de desarrollo existentes, de lograrse que se cumplan con estas actividades, podríamos afirmar que se está garantizando a los usuarios que ingresen a usar la aplicación en el entorno

web, lo realicen de una manera fácil, y que de igual manera también logren utilizar el aplicativo de forma correcta y funcional (García Sánchez et al., 2016).

Cronograma de Actividades

El cronograma es una herramienta indispensable en la elaboración de calendarios de trabajo o actividades. A continuación en la tabla 1 se plasma la duración del proyecto estableciéndose la fecha de inicio y final de cada fase de acuerdo con lo que se proyectó en la etapa inicial del trabajo.

Tabla 1

Cronograma de Actividades Aplicativo Web PendUnad

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Fase 1	x	x										
Fase 2			x	x	x							
Fase 3						x	x	x				
Fase 4									x	x		
Fase 5											x	x

Nota. El cronograma se divide en 5 fases que se realizan en un lapso de doce meses

El proyecto se presentó el día 18 de agosto de 2021, proyectándose como tiempo de realización de doce meses dividido en cinco fases, cumplido ese tiempo podemos afirmar que se cumplió a cabalidad el cronograma planeado y se obtuvo el resultado esperado.

Costos del Proyecto

Los costos se tratan de los gastos en los que se incurre para realizar un trabajo o proyecto, generalmente se enmarcan en dos clases que son; los costos directos e indirectos. Los costos directos los costos directos son costos que se relacionan de un modo directo con la elaboración y terminación de un producto, estos ítems se relacionan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2*Costos Realización Aplicativo Web PendUnad*

RECURSO	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO
Equipo Humano	Persona encargada del frontEnd y backEnd o full stack. (Aporte en especie)	\$18.000.000.00
Equipos y Software	Computador de escritorio o portátil con sistema operativo Microsoft, IOS o Linux con procesador mínimo o equivalente a i3 con 2 núcleos y 4 hilos de procesamiento, 6gb de memoria RAM, software Matlab, software visual Studio Code, software Simulink. (Se cuenta con equipo de cómputo y los softwares son de acceso por convenio UNAD o gratuito).	\$3.800.000.00
Viajes y Salidas de Campo	Verificación de campo del World Pendulum Alliance instalado en el JCM-UNAD	\$500.000.00
Materiales y suministros	Hosting ReEx-UNAD del World Pendulum Alliance	\$0
Bibliografía	Biblioteca UNAD, Referencias científicas de libre acceso, Webgrafía de libre acceso.	\$0
TOTAL		\$22.300.000.00

Nota. Se establecieron los costos del proyecto de acuerdo con precios aproximados del año 2021

Propósito

La finalidad de indicar los requerimientos para definir de forma clara y concisa las funcionalidades y restricciones que tendrá el aplicativo web PendUnad, las cuales están destinadas para los usuarios finales, el proceso de desarrollo y construcción del sistema.

Ámbito del Sistema

El aplicativo web en desarrollo consiste en un sistema que permite a sus usuarios la realización orientada del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance-UNAD de manera remota vía web, posibilitando también la realización de un análisis gráfico y estadístico con los datos obtenidos.

Visión General del Documento

El presente documento está compuesto de cinco secciones que corresponden a las generalidades del proyecto y a las etapas de análisis de requerimientos, diseño de software, desarrollo y pruebas de funcionamiento de la aplicación e implementación. En la primera sección se suministra y se sustenta la situación problemática abordada junto con la solución a la medida implementada, en la segunda sección se establecen los requerimientos funcionales y no funcionales, en la tercera sección se abordan los pormenores del diseño de la aplicación, en la cuarta se detalla la etapa del desarrollo, programación, creación de código fuente y pruebas de funcionamiento y, finalmente, en la quinta etapa se explica la implementación junto con las respectivas conclusiones del aplicativo puesto en marcha.

Requerimientos Funcionales del Sistema

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios que proporcionará el sistema, de la forma en que éste responderá a entradas particulares. En ocasiones los requerimientos funcionales de los sistemas adicionalmente pueden también establecer lo que el sistema no debe hacer. Un requisito funcional establece o especifica las funciones del sistema de software o de sus componentes. Una función consiste en un conjunto de entradas, comportamientos y salidas. Dentro de los requisitos funcionales tenemos los siguientes: cálculos, manipulación de datos, detalles técnicos u otras funcionalidades que el sistema deba cumplir, de acuerdo como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3*Requerimientos funcionales de sistema*

ID	ROL	CODIGO	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA
ADMIN	Administrador	RF01	Ingresar al sistema
		RF02	Modificar el sistema
USER	Usuario	RF03	Orientar al usuario en la realización del experimento remoto para obtener el archivo .CSV
		RF04	Abrir desde la aplicación la ubicación física del archivo .CSV obtenido del experimento remoto
		RF05	Leer archivo .CSV obtenido del experimento remoto
		RF06	Realizar graficas automatizadas con los datos obtenidos
		RF07	Realizar cálculos de automáticos de las diferentes variables con los datos obtenidos
		RF08	Generar reporte de experiencia del experimento

Nota. Esta tabla muestra los requisitos funcionales del sistema del aplicativo web PendUnad.

Requerimientos No Funcionales

Un requisito no funcional o atributo de calidad, es un requerimiento que establece criterios que se usan para valorar la operación de un sistema en vez de sus comportamientos específicos, es decir que se refieren a las cualidades, restricciones y características del software, su diferencia con los requisitos funcionales es que estos no determinan una funcionalidad del sistema a desarrollar, en tabla 4 se listan los requerimientos no funcionales de interfaz y en la tabla numero 5 los requerimientos no funcionales del hardware y software .

Tabla 4*Requerimientos no funcionales de interfaz*

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES INTERFAZ DE USUARIO		
Código	Nombre	Descripción
RNF01	USABILIDAD	Fácil de usar con ayudas e interfaces intuitivas
RNF02	DESEMPEÑO	El sistema no presentara problemas para su manejo e implementación.
RNF03	RENDIMIENTO	La aplicación deberá consumir menos de 500 MB de memoria RAM.
RNF04	OPERATIVIDAD	El sistema mantendrá el nivel especificado de rendimiento, en caso de fallos.
RNF05	DISPONIBILIDAD	El Aplicativo Web estará disponible en todo momento para su uso por parte del usuario.
RNF06	SEGURIDAD	La integridad del sistema se garantizará, a pesar de que el ingreso está disponible sin restricción.
RNF07	ACCESIBILIDAD	El aplicativo web podrá ser accedido desde cualquier terminal y navegador web actual.
RNF08	CONCURRENCIA	El aplicativo web permitirá el ingreso o acceso de los usuarios de manera simultánea, sin afectar su funcionalidad.
RNF09	ESCALABILIDAD	La aplicación web permitirá la ejecución de mejoras y mantendrá su funcionalidad inclusive en el evento que se presenten mejoras en las plataformas web, navegadores o sistemas operativos.

Nota. Esta tabla muestra los requisitos no funcionales de interfaz del aplicativo web PendUnad.

Tabla 5*Requerimientos no funcionales del hardware y software*

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES RELACIONADOS CON HARDWARE Y SOFTWARE		
Código	Nombre	Descripción
RNF09	Impresora	Labores de impresión cumpliendo el RF08
RNF10	Hardware	Computadores con o sin impresora para usuario
RNF11	Hardware	Dispositivo móvil o tableta para usuario
RNF12	Software	La aplicación se desarrollará en el lenguaje de marcado de hipertexto HTML5, CSS usado en el formato y diseño visual y JavaScript para crear interactividad dinámica en el sitio web. El sistema operativo deberá ser Windows 8 o versiones superiores, distribuciones de Linux y/o Mac OS X, macOS. La aplicación se debe ejecutar en cualquiera de los siguientes navegadores Google Chrome, Mozilla, Microsoft Edge en sus últimas versiones.

Nota. Esta tabla muestra los requisitos no funcionales de hardware y software del aplicativo web

PendUnad.

Diagrama de Casos de Uso General

Un diagrama de caso de uso tiene la capacidad de incluir varios casos de uso y las relaciones entre los casos de uso y las personas o los sistemas que interactúan para llevar a efecto el caso de uso. Los componentes principales de un modelo de casos de uso son; los casos de uso, los actores y el sistema modelado. Los casos de uso son descripciones funcionales del sistema es decir que describen cómo los actores pueden usar un sistema, en la figura 11 se exhiben los casos de uso del aplicativo web PendUnad y cada caso de uso es detallado y descrito a través de la tabla 6 hasta la tabla 13.

Figura 11

Casos de uso general aplicativo web PendUnad



Nota. Los casos de uso establecidos para el usuario y el administrador del aplicativo web PendUnad.

Caso de Uso 1: Ingreso al Aplicativo por el Usuario

Tabla 6

Descripción de caso de uso ingresar al aplicativo web por el usuario

Descripción	El sistema le permite al usuario ingresar al aplicativo web	
Id caso de uso	CU-01	
Actores	Administrador, Usuario.	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario usa cualquier navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet	
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso para ingresar al aplicativo web PendUnad por el usuario.

Caso de Uso 2: Ingreso al Aplicativo por el Administrador

Tabla 7

Descripción de caso de uso ingresar al aplicativo web por el administrador

Descripción	El sistema le permite al usuario ingresar al aplicativo web	
Id caso de uso	CU-02	
Actores	Administrador	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El administrador usa cualquier navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El administrador ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
5	El administrador podrá modificar, mejorar y actualizar el sistema	
Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet	
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso para ingresar al aplicativo web PendUnad por el administrador.

Caso de Uso 3: Sistema guía el Desarrollo del Experimento

Tabla 8

Descripción de caso de uso guía para el desarrollo del experimento

Descripción	El sistema suministrará guía para el desarrollo del experimento	
Id caso de uso	CU-03	
Actores	Administrador, Usuario.	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario utiliza un navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
	5	El usuario accede al inicio o al ingreso del aplicativo
Post condiciones	6 El sistema orientara al usuario para el ingreso al elab WPA	
	El usuario debe mantener su conexión a internet	
Excepciones	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema guía el desarrollo del experimento en el aplicativo web PendUnad por el usuario y el administrador.

Caso de Uso 4: Sistema Guía a Usuario Para Obtención de Archivo .CSV

Tabla 9

Descripción de caso de uso obtención del archivo .CSV del experimento

Descripción	El sistema guiará al usuario para la obtención del archivo .CSV del experimento	
Id caso de uso	CU-04	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario utiliza un navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
	5	El usuario accede al inicio o al ingreso del aplicativo
	6	El sistema orientara al usuario para el ingreso al elab WPA
	7	El usuario realiza el laboratorio remoto elab-WPA
	8	El usuario obtiene el archivo .CSV
Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet	
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema guía del usuario para la obtención del archivo .CSV en el aplicativo web PendUnad.

Caso de Uso 5: Sistema Permite Abrir y Cargar Archivo .CSV

Tabla 10

Descripción de caso de uso abrir y cargar el archivo .CSV

Descripción	El sistema permitirá abrir y cargar el archivo .CSV	
Id caso de uso	CU-05	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario utiliza un navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
	5	El usuario accede al inicio o al ingreso del aplicativo
	6	El sistema orientara al usuario para el ingreso al elab WPA
	7	El usuario realiza el laboratorio remoto elab-WPA
	8	El usuario obtiene el archivo .CSV
	9	El sistema permite abrir el archivo .CSV desde la ubicación física
	9	El usuario sube el archivo .CSV en el aplicativo web
	10	El sistema carga el archivo .CSV y valida si es correcto.
Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet	
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema que permite abrir y cargar archivo .CSV desde el aplicativo web PendUnad.

Caso de Uso 6: Sistema Genera Gráficas del Experimento

Tabla 11

Descripción de caso de uso generar gráficas con los datos del experimento

Descripción	El sistema generara las gráficas con los datos obtenidos del experimento	
Id caso de uso	CU-06	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario utiliza un navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
	5	El usuario accede al inicio o al ingreso del aplicativo
	6	El sistema orientara al usuario para el ingreso al elab WPA
	7	El usuario realiza el laboratorio remoto elab-WPA
	8	El usuario obtiene el archivo .CSV
	9	El sistema permite abrir el archivo .CSV desde la ubicación física
	9	El usuario sube el archivo .CSV en el aplicativo web
	10	El sistema carga el archivo .CSV y valida si es correcto.
	11	El usuario elije la cantidad de muestras y el desplazamiento
	12	El sistema genera las gráficas con los datos del experimento
Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet	
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema que genera las gráficas del experimento en el aplicativo web PendUnad.

Caso de Uso 7: Sistema Realiza Cálculos de Variables Físicas del Experimento

Tabla 12

Descripción de caso de uso cálculos de variables físicas datos del experimento

Descripción	El sistema realizara los cálculos de las diferentes variables físicas con los datos obtenidos del experimento.	
Id caso de uso	CU-07	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario utiliza un navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
	5	El usuario accede al inicio o al ingreso del aplicativo
	6	El sistema orientara al usuario para el ingreso al elab WPA
	7	El usuario realiza el laboratorio remoto elab-WPA
	8	El usuario obtiene el archivo .CSV
	9	El sistema permite abrir el archivo .CSV desde la ubicación física
	9	El usuario sube el archivo .CSV en el aplicativo web
	10	El sistema carga el archivo .CSV y valida si es correcto.
	11	El usuario elije la cantidad de muestras y el desplazamiento
	12	El sistema genera las gráficas con los datos del experimento
	13	El sistema calculara las variables físicas con los datos obtenidos del experimento
	14	El sistema mostrara en pantalla los datos de los cálculos y graficas obtenidas
Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet	
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web	
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web	

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema que realiza los cálculos de las variables físicas del experimento en el aplicativo web PendUnad.

Caso de uso 8: Sistema Genera Reporte del Experimento

Tabla 13

Descripción de caso de uso generar reporte de gráficas

Descripción	El sistema generara un reporte de las gráficas y de los cálculos de las variables físicas obtenidas en el experimento	
Id caso de uso	CU-08	
Precondiciones	El usuario debe tener acceso a internet	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El usuario utiliza un navegador web
	2	El sistema permite el acceso libre a cualquier usuario
	3	El usuario ingresa a la interfaz
	4	El sistema permite la navegación dentro del sitio
	5	El usuario accede al inicio o al ingreso del aplicativo
	6	El sistema orientara al usuario para el ingreso al elab WPA
	7	El usuario realiza el laboratorio remoto elab-WPA
	8	El usuario obtiene el archivo .CSV
	9	El sistema permite abrir el archivo .CSV desde la ubicación física
	9	El usuario sube el archivo .CSV en el aplicativo web
	10	El sistema carga el archivo .CSV y valida si es correcto.
	11	El usuario elije la cantidad de muestras y el desplazamiento
	12	El sistema genera las gráficas con los datos del experimento
	13	El sistema calculara las variables físicas con los datos obtenidos del experimento
	14	El sistema mostrara en pantalla los datos de los cálculos y graficas obtenidas
	15	El usuario descargará archivo .pdf de los cálculos y graficas obtenidas
	16	El sistema generar un reporte en .pdf de los cálculos y graficas obtenidas y permitirá almacenarlo en el dispositivo desde donde se realizó la experiencia

Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema que genera el reporte del experimento a través de un documento en formato .pdf desde el aplicativo web PendUnad.

Tabla 14

Descripción de caso de uso generar reporte de gráficas

Post condiciones	El usuario debe mantener su conexión a internet
	El usuario debe permanecer dentro del aplicativo web
Excepciones	El sistema guiara al usuario dentro del aplicativo web

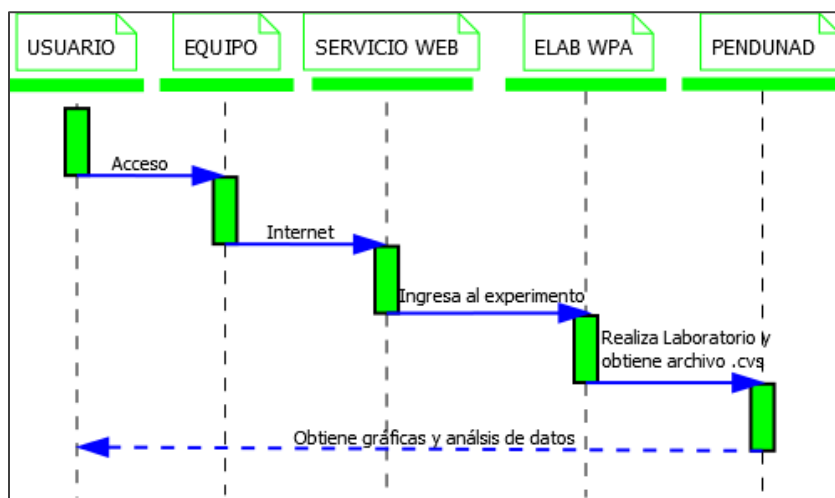
Nota. Esta tabla muestra los caso de uso del sistema que genera el reporte del experimento a través de un documento en formato .pdf desde el aplicativo web PendUnad.

Diagrama de Secuencia

El diagrama de secuencia es un arreglo de modelado dinámico propio del del lenguaje unificado de modelado (UML) compuesto por elementos gráficos que a su vez se trata de un lenguaje orientado a objetos, los cuales muestran la interacción de un conjunto de objetos en una aplicación a través del tiempo y se focalizan concretamente en las líneas de vida o en los procesos y objetos que coexisten al mismo tiempo, en la figura 10 se estableció el diagrama de secuencia para el acceso al aplicativo web PendUnad y en la figura 11 se determinó el diagrama para la secuencia ejecución del aplicativo web PendUnad.

Figura 12

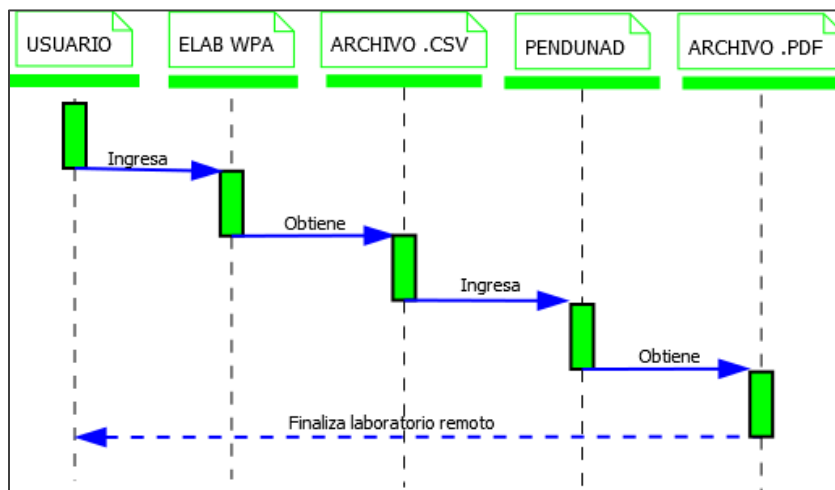
Diagrama de secuencia de acceso al aplicativo web PendUnad



Nota. Secuencia de modelado dinámico del acceso con la interacción entre objetos del aplicativo web PendUnad centrado en las líneas de vida, procesos y objetos que simultáneamente coexisten.

Figura 13

Diagrama de secuencia ejecución del aplicativo web PendUnad



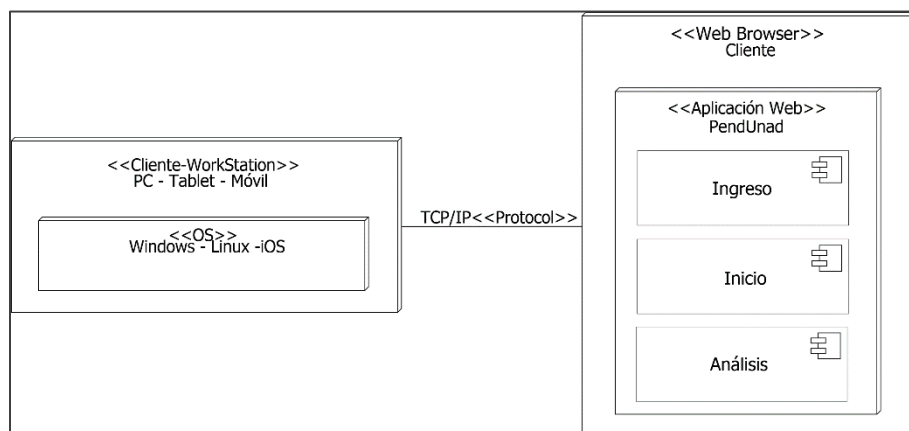
Nota. Secuencia de modelado dinámico de la ejecución del aplicativo web PendUnad con la interacción entre objetos del sistema, procesos y objetos.

Diagrama de Despliegue

Los diagramas de despliegue es un tipo de diagrama del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) que se emplean para representar a disposición física de los procesadores, nodos y dispositivos de hardware de un sistema, mostrando la arquitectura del sistema, las conexiones de comunicación entre ellos y la disposición de los archivos de software en ese hardware, en la figura 14 se muestra el diagrama de despliegue del aplicativo web PendUnad.

Figura 14

Diagrama de despliegue del aplicativo web PendUnad



Nota. modelado de la disposición física de los elementos de software en nodos, para ilustrar el procesamiento en tiempo de ejecución para el hardware.

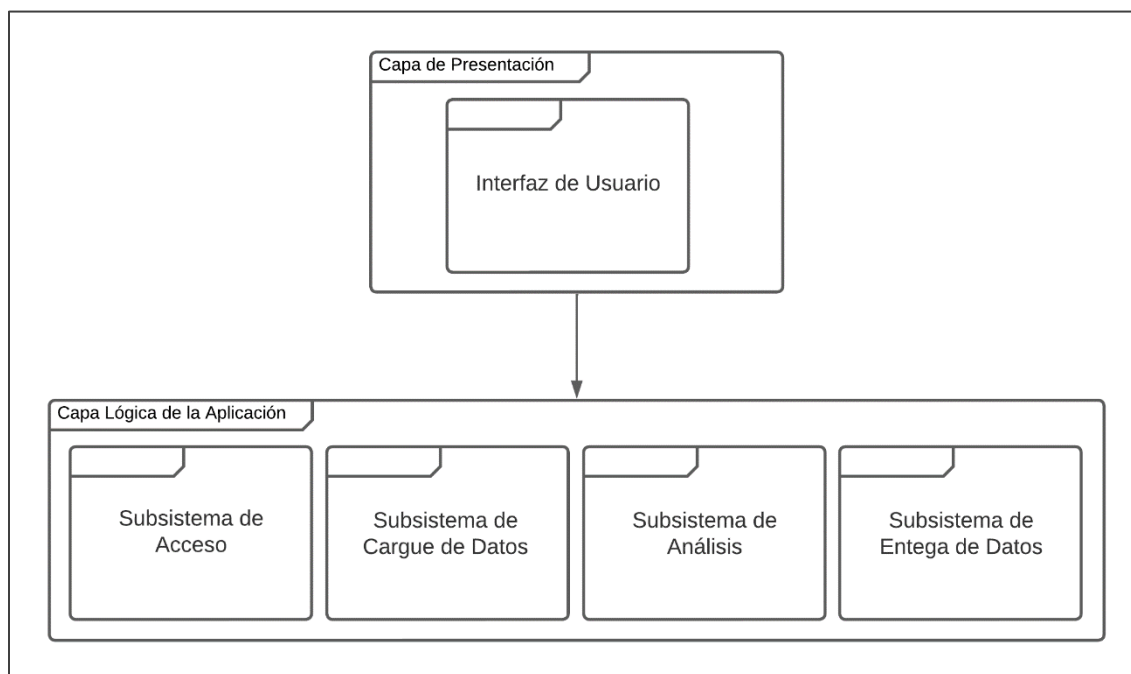
Diagrama de Paquetes

Los diagramas de paquetes son diagramas estructurales que se utilizan para exhibir la organización y distribución de las diferentes partes de un modelo en forma de paquetes. Un paquete es un conjunto de elementos relacionados del lenguaje unificado de modelado UML, tales como como diagramas, clases o inclusive otros paquetes. Cada elemento está anidado en el interior de un paquete, el cual se representa gráficamente como una carpeta de archivos dentro

del diagrama, en busca de suministrar una disposición visual de la arquitectura en capas de un sistema, en la figura 15 se expone el diagrama de paquetes del aplicativo web PendUnad.

Figura 15

Diagrama de paquetes del aplicativo web PendUnad



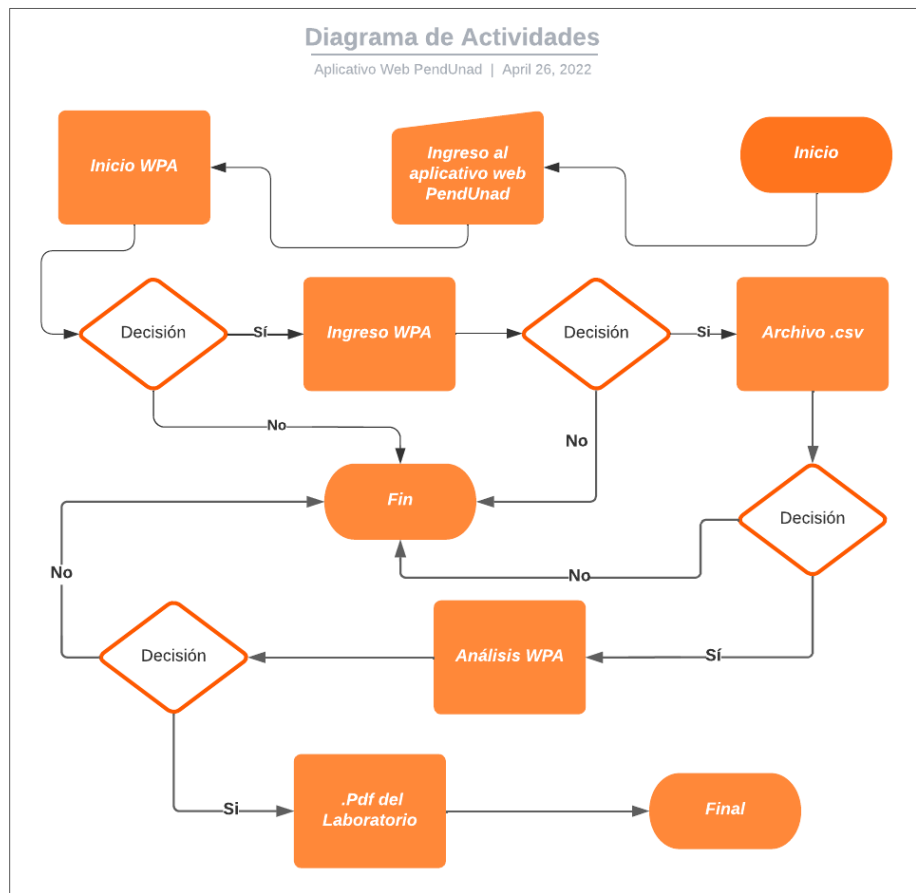
Nota. Modelado que representa las dependencias divididas en agrupaciones lógicas y las dependencias entre esas agrupaciones.

Diagrama de Actividades

Un diagrama de actividades es, esencialmente, un diagrama de flujo o representación gráfica de un algoritmo o proceso que permite observar las actividades ejecutadas por un sistema. El flujo se desencadena al concluir las acciones o actividades dentro del sistema, este flujo puede presentarse de manera secuencial, simultáneo o ramificado, en la figura 16 se exhibe el diagrama de actividades del aplicativo web PendUnad.

Figura 16

Diagrama de actividades aplicativo web PendUnad



Nota. Representación gráfica del algoritmo o proceso que muestra las actividades ejecutadas por el aplicativo web PendUnad.

Descripción del Sistema

Construcción

Para llevar a cabo el sistema propuesto se tuvo en cuenta los requisitos funcionales y no funcionales, casos de uso, y diagramas de actividades, paquetes, despliegue y secuencia, así como los requisitos establecidos para el funcionamiento del sistema por parte del cliente, en busca de ofrecer una solución tecnológica a medida, que sea funcional y escalable es decir que permita hacerle mejoras y cambios que mantengan o mejoren su funcionamiento y operatividad.

Prototipo del Sistema

Es un modelo (representación, demostración o simulación) del sistema que puede ser usado para entenderlo, representarlo o moldearlo completamente en busca de clarificar los requerimientos proyectados, el prototipo es una representación de un sistema, aunque no en su totalidad, sin embargo, tiene las características del sistema final o fracciones de ellas.

Prototipo Inicio WPA

Prototipado de interfaz de usuario con modelos de pantallas, interfaz de usuario y funcionalidades previstas para el aplicativo web PendUnad, en busca de validar corrección de la especificación, aprender sobre problemas que se presentarán durante el diseño e implementación del sistema, mejorar el producto y examinar viabilidad y utilidad de la aplicación, en la figura 17 hasta la figura 24 se muestra el prototipo de la interfaz de inicio del aplicativo web PendUnad con sus diversas partes como son el encabezado y barra de navegación, enlace Inicio WPA - aplicativo web PendUnad, contenido e información del laboratorio remoto - aplicativo web PendUnad, contenido y proceso de instalación del laboratorio World Pendulum Alliance, contenido y galería del laboratorio World Pendulum Alliance – UNAD, contenido e información

creadores aplicativo web PendUnad, contenido y ventana de contacto con los responsables del aplicativo web PendUnad y pie de página aplicativo web PendUnad.

Figura 17

Encabezado y barra de navegación, enlace Inicio WPA - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 18

Contenido e información del laboratorio remoto - PendUnad

Información del Laboratorio Remoto

Dentro de la estrategia del World Pendulum Alliance la universidad UNAD apoya la construcción de implementación de la red mundial de péndulos simples, así como el desarrollo de tareas de divulgación con el propósito de expandir la red. (World Pendulum Alliance, 2021, p. 12).



**WORLD
PENDULUM
ALLIANCE**

El World Pendulum Alliance (WP @ ELAB) es un proyecto para la innovación e intercambio de buenas prácticas en el campo de la educación superior, el cual es coordinado por el Instituto Superior Técnico (IST)- Universidad de Lisboa (Lisboa, Portugal). Su objetivo principal es el de mejorar la calidad de la educación superior, en los campos de las matemáticas y las ciencias, mediante el despliegue de una red global de experimentos remotos. En mencionado proyecto la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) es participe, no solo en la instalación de varios péndulos, sino de también de conectarse con los demás péndulos de la estrategia instalados en el mundo para realizar experimentos remotos pendulares a través de en una plataforma en línea, en la cual docentes y estudiantes tienen acceso para realizar el experimento y enriquecer el conocimiento con la experiencia.

[Enlace World Pendulum Alliance](#)

El aplicativo web PendUNAD, facilitará a los potenciales usuarios un acceso a un entorno virtual para la realización de las actividades prácticas en el área de la física, este aplicativo web ofrece la posibilidad de estudiar y analizar el sistema físico del péndulo simple



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 19

Contenido y proceso de instalación del laboratorio WPA 1

Proceso de Instalación del Laboratorio World Pendulum Alliance

Para realizar el proceso de instalación de una forma adecuada, se deben seguir las siguientes descargas e instalaciones:

- Instale o actualice su versión de JAVA: <https://www.java.com/es/download/>
- Instale o actualice el reproductor multimedia VLC: <https://www.videolan.org/vlc/>
- Descargue e Instale el aplicativo e-Lab: <http://e-lab.ist.utl.pt/rec.web/client/elab-client.jnlp>

Una vez realizado el proceso anterior procedemos a realizar los siguientes pasos:

Paso 1

Una vez actualizada la versión de JAVA e instalado el VLC, procedemos a descargar el instalador del e-Lab.



Paso 2

Abrimos el instalador del e-Lab y le damos ejecutar para iniciar la instalación.

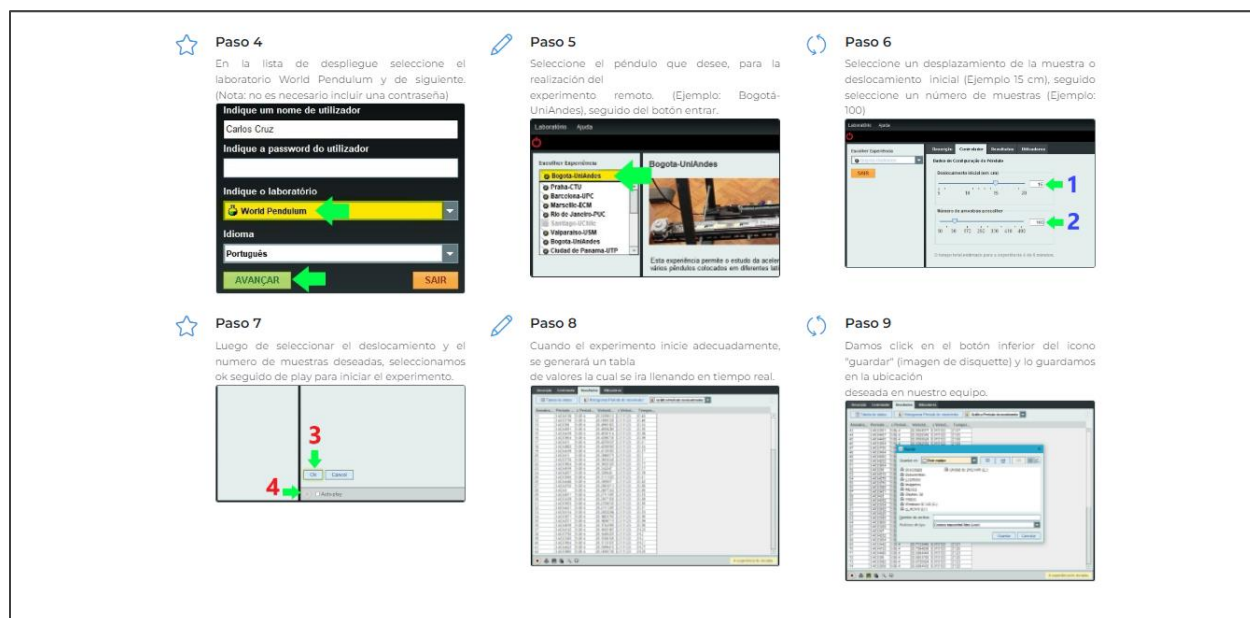


Paso 3

Cuando la instalación finalice adecuadamente, aparecerá un aviso del inicio del laboratorio WPA:



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 20*Contenido y proceso de instalación del laboratorio WPA 2*

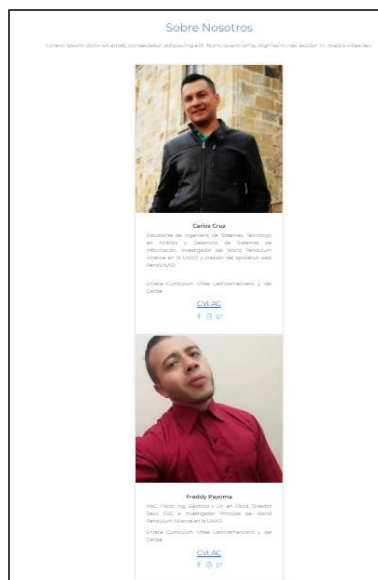
Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 21*Contenido y galería del laboratorio World Pendulum Alliance - UNAD*

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 22

Contenido e información creadores PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 23

Ventana de contacto con los responsables de PendUnad

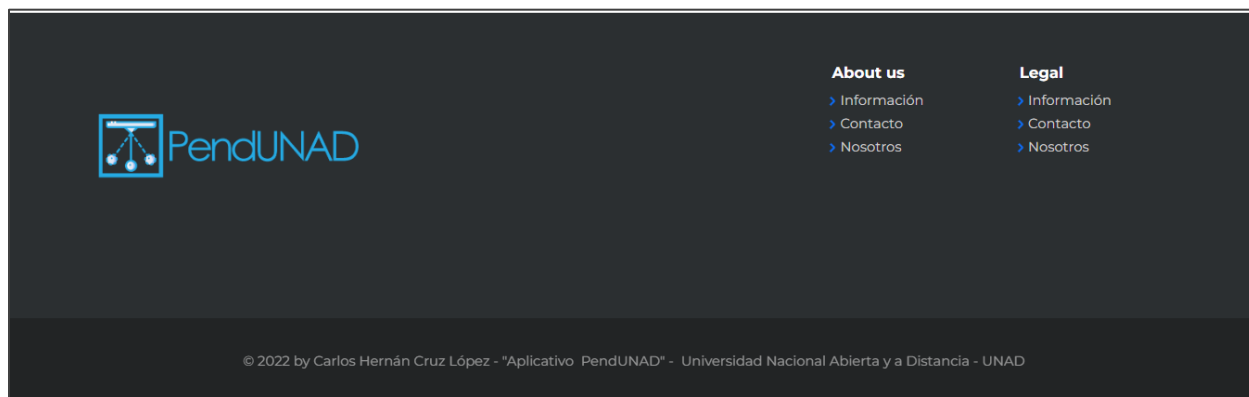
The image shows a contact form titled "Contacta con Nosotros" (Contact Us). The form is set against a light blue background and contains the following elements:

- Form fields:** "Nombre" (Name), "Correo" (Email), "Asunto" (Subject), and "Mensaje" (Message).
- Validation:** The "Correo" field has a red border and a red error message below it: "Por favor introduzca un correo electrónico válido." (Please enter a valid email address).
- Submit Button:** A blue button labeled "ENVIAR" (SEND).
- Disclaimer:** A note at the bottom states: "* Los campos son obligatorios." (All fields are required).

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 24

Pie de página aplicativo web PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Prototipo Ingreso WPA

En la figura 25 hasta la figura 29 se presenta el prototipado de interfaz de usuario con modelos de pantallas, interfaz de usuario y funcionalidades diseñadas para el espacio de ingreso del aplicativo web PendUnad.

Figura 25

Encabezado y barra de navegación, enlace Ingreso WPA - PendUnad 1

PendUNAD

INICIO WPA INGRESO WPA ANÁLISIS WPA ABOUT US CONTACT US

Proceso de Instalación del Laboratorio World Pendulum Alliance

Para realizar el proceso de instalación de una forma adecuada, se deben seguir las siguientes descargas e instalaciones:

- Instale o actualice su versión de JAVA: <https://www.java.com/es/download/>
- Instale o actualice el reproductor multimedia VLC: <https://www.videolan.org/vlc/>
- Descargue e Instale el aplicativo e-Lab: <http://e-labist.uti.pt/oc.web/client/e-lab-client.jnlp>

Una vez realizado el proceso anterior procedemos a realizar los siguientes pasos:

Paso 1

Una vez actualizada la versión de JAVA e instalado el VLC, procedemos a descargar el instalador del e-Lab.

Paso 2

Abrimos el instalador del e-Lab y le damos ejecutar para iniciar la instalación.

Paso 3

Cuando la instalación finalice adecuadamente, aparecerá un aviso del inicio del laboratorio WPA.

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 26

Encabezado y barra de navegación, enlace Ingreso WPA - PendUnad 2

Paso 4

En la lista de despliegue seleccione el laboratorio World Pendulum y de siguiente. (Nota: no es necesario incluir una contraseña)

Paso 5

Seleccione el péndulo que desee, para la realización del experimento remoto. (Ejemplo: Bogotá-UniAndes, seguido del botón entrar)

Paso 6

Seleccione un desplazamiento de la muestra o deslocamiento inicial (Ejemplo 15 cm), seguido seleccione un número de muestras (Ejemplo: 100)

Paso 7

Luego de seleccionar el deslocamiento y el número de muestras deseadas, seleccionamos ok seguido de play para iniciar el experimento.

Paso 8

Cuando el experimento inicie adecuadamente, se generará un tabla de valores la cual se ira llenando en tiempo real.

Paso 9

Damos click en el botón inferior del icono "guardar" (imagen de disquete) y lo guardamos en la ubicación deseada en nuestro equipo.

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 27

Enlace de redirección hacia java.com para actualizar de java

Proceso de Instalación del Laboratorio World Pendulum Alliance

Para realizar el proceso de instalación de una forma adecuada, se deben seguir las siguientes descargas e instalaciones:

- Instale o actualice su versión de JAVA: <https://www.java.com/es/download/>



Nota. Fuente: <https://www.java.com/es/download/>

Figura 28

Enlace de redirección hacia Videolan.org para descarga de VLC

Proceso de Instalación del Laboratorio World Pendulum Alliance

Para realizar el proceso de instalación de una forma adecuada, se deben seguir las siguientes descargas e instalaciones:

- Instale o actualice su versión de JAVA: <https://www.java.com/es/download/>
- Instale o actualice el reproductor multimedia VLC: <https://www.videolan.org/vlc/>



Nota. Fuente: <https://www.videolan.org/vlc/>

Figura 29

Enlace de redirección descarga de instalador del aplicativo e-lab

Proceso de Instalación del Laboratorio World Pendulum Alliance

Para realizar el proceso de instalación de una forma adecuada, se deben seguir las siguientes descargas e instalaciones:

- Instale o actualice su versión de JAVA: <https://www.java.com/es/download/>
- Instale o actualice el reproductor multimedia VLC: <https://www.videolan.org/vlc/>
- Descargue e instale el aplicativo e-Lab: <http://e-lab.ist.utl.pt/rec.web/client/elab-client.jnlp>

Una vez realizado el proceso anterior procedemos a realizar los siguientes pasos:

Paso 1
Una vez actualizada la versión de JAVA e instalado el VLC, procedemos a descargar el instalador del e-Lab.

Paso 2
Abrimos el instalador del e-Lab y le damos ejecutar para iniciar la instalación.

Paso 3
Cuando la instalación finalice adecuadamente, aparecerá un aviso del inicio del laboratorio WPA:

e-lab
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
WORLD PENDULUM ALLIANCE
With the support of the European Commission of the Erasmus+ Union
built on i42 technology

[Mostrar todo](#) X

Nota. Fuente: <http://e-lab.ist.utl.pt/rec.web/client/elab-client.jnlp>

Prototipo Análisis WPA

En la figura 30 hasta la figura 40 se expone el prototipado de interfaz de usuario con modelos de pantallas, interfaz de usuario y funcionalidades diseñadas para el espacio de análisis del aplicativo web PendUnad, espacio que es uno de los más importantes ya que es donde se ejecutan los cálculos de las variables físicas, análisis de los resultados de estas variables y su respectiva presentación de resultados mediante tablas con datos, gráficas y su final exportación mediante documento en formato .pdf como insumo final de la experiencia.

Figura 30

Encabezado y barra de navegación, enlace Análisis WPA - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 31

Encabezado y barra de navegación, enlace Análisis WPA - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 32

Ventana para lectura de plantilla .CSV - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 33

Ventana selector de péndulo y valor de desplazamiento - PendUnad

Péndulo Seleccionado:
UNAD

Ingresa número de desplazamiento (cm):
20

Cargar

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 34

Tabla para datos de análisis estadístico - PendUnad

Tabla de Datos Análisis Estadístico

Análisis estadístico de los datos obtenidos teniendo en cuenta las siguientes variables físicas: **M**= Muestra, \bar{P} = Valor medio del período, \overline{dP} = Valor medio de la incertidumbre del período, \bar{V} = Valor medio de la velocidad, \overline{dV} = Valor medio de la incertidumbre de la velocidad, \bar{T} = Valor de la temperatura.

M:	-	\bar{P} :	-	\overline{dP} :	-
\bar{V} :	-	\overline{dV} :	-	\bar{T} :	-

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 35

Tabla para datos de variables físicas - PendUnad

Tabla de Datos de Variables Físicas

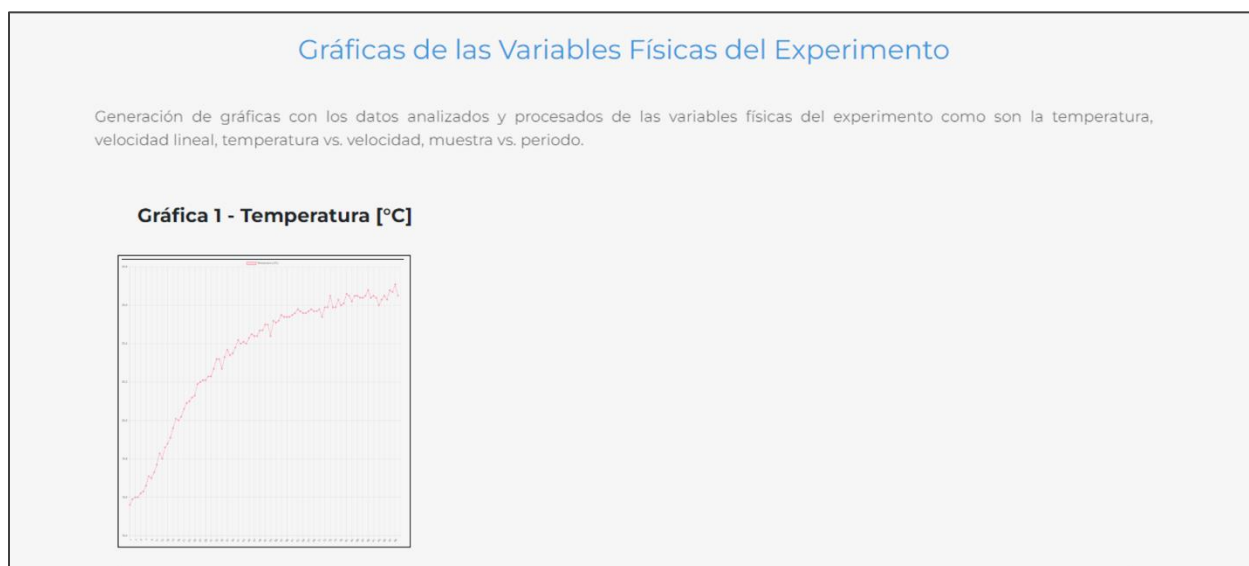
Valores de las variables físicas obtenidas en el experimento las cuales son insumo del análisis estadístico estas variables son: arco, longitud neta, ángulo de oscilación, altura de lanzamiento, gravedad y gravedad vs. periodo.

Arco:	-
Longitud Neta:	-
Angulo Oscilación:	-
Altura Lanzamiento:	-
Gravedad:	-
Gravedad / Periodo:	-

Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 36

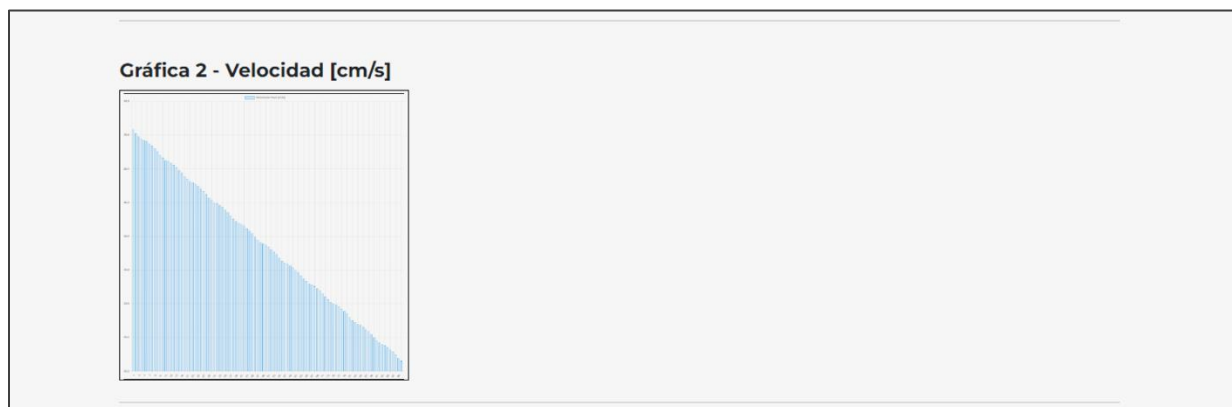
Contenedor gráfica variables físicas (temperatura °C) - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 37

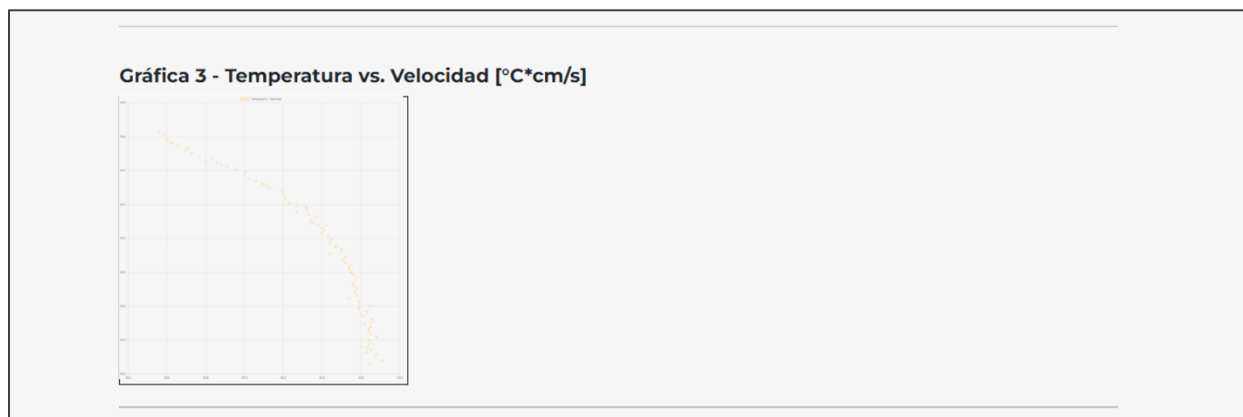
Contenedor gráfica variables físicas (velocidad cm/s) - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 38

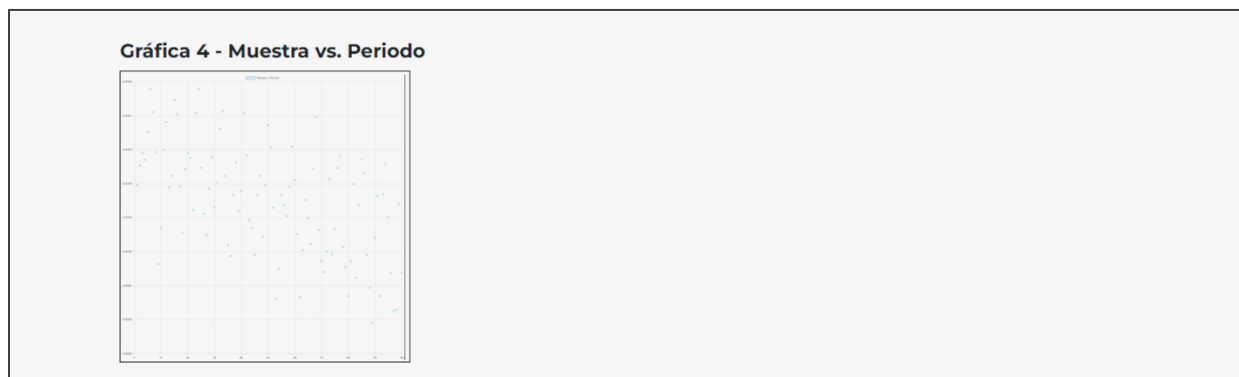
Contenedor gráfica variables físicas (temperatura vs. velocidad) - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 39

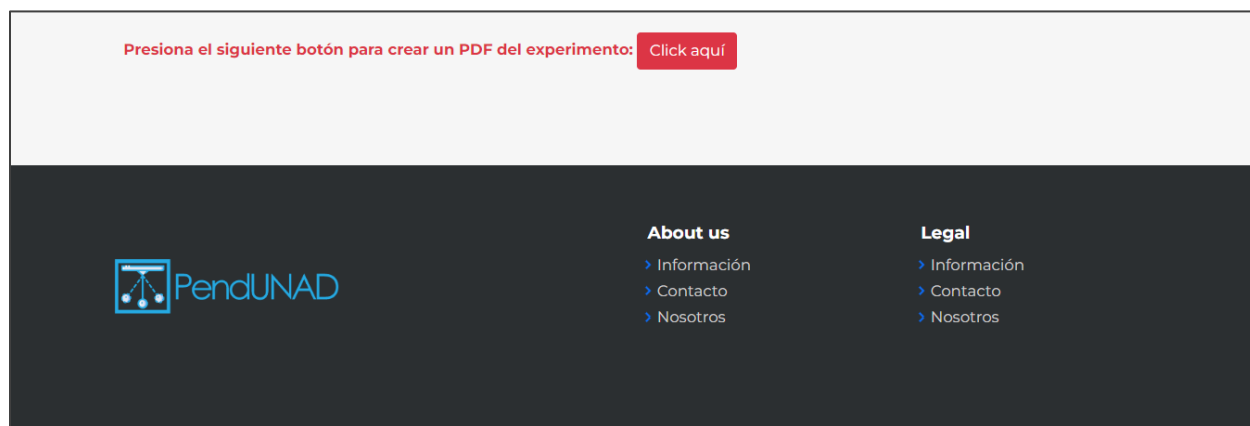
Contenedor gráfica variables físicas (muestra vs. periodo) - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Figura 40

Botón para generar PDF de la experiencia - PendUnad



Nota. Fuente: Prototipo aplicación web PendUnad (2022)

Resultados

Teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos trazados y como resultado esperado del proyecto, se considera relevante mencionar los siguientes aspectos que forman parte de la construcción del aplicativo y que por ende se toman como un producto generado a partir de la creación de la aplicación web, ya que en este hecho fueron puestos en práctica los conocimientos adquiridos durante la etapa formativa, con lo cual se generó un producto tangible que a su vez permitirá también la apropiación del conocimiento en el área de los sistemas de información y de la física general, así mismo genera la posibilidad de forjar nuevos proyectos a partir de este o de efectuarle mejoras o cambios que lo potencialicen en un aplicativo más robusto.

Programación y Codificación del Aplicativo Web PendUnad

Para el desarrollo del aplicativo web PendUnad se utilizó el editor de código fuente llamado (VSC) - Visual Studio Code desarrollado por Microsoft para Windows, Linux, macOS y Web. En la codificación de la aplicación web se utilizaron diversos lenguajes de programación como son: HTML, CSS, JavaScript y php (Figura 39).

Figura 41

Logos lenguajes de programación utilizados en PendUnad



Nota. Imágenes tomadas de los sitios web oficiales de estos lenguajes de programación.

Análisis Físico, Estadístico y Experimental

En el espacio denominado Análisis WPA del aplicativo web PendUnad se construyó una interfaz para la ejecución del análisis de los datos obtenidos en el laboratorio remoto World Pendulum Alliance.

Como insumo principal para el desarrollo del análisis físico, estadístico y experimental se usará la plantilla de datos .CSV generada por el experimento, la cual podrá ser cargada en el aplicativo web PendUnad y de manera automática generará el análisis y gráficas con estos datos.

Cargue de Archivo .CSV

Dentro de una etiqueta `<section class="reading-csv">` se creó un formulario que nos permite cargar el archivo .CSV a partir de la ubicación física del computador desde donde se esté realizando la experiencia, (Figura 42).

Figura 42

Fragmento de código de formulario “cargue de archivo .CSV” de PendUnad

A screenshot of a code editor with a dark background and light text. The code is HTML for a file upload form. It includes a form container, a div for styling, a label, and an input field for file selection. The code is as follows:

```
1 <form id="myForm">
2     <div class="mb-3">
3         <label class="form-label" for="formFile">Sube un Archivo <b>.csv</b></label>
4         <input class="form-control" name="csvFile" id="csvFile" type="file" accept=".csv" required="">
5     </div>
6 </form>
```

Nota. Código fuente formulario cargue de archivo .CSV aplicación web PendUnad (2022).

Selección del Péndulo

Dentro del espacio análisis se permite la selección de 16 opciones de péndulos instalados en diferentes lugares del mundo dentro de los cuales están los péndulos de la UNAD, Uniandes, Marsella, Rio de Janeiro, Santiago de Chile, Valparaiso, Panama – UTP, Panama – USMA, Faro, Maputo, Brasilia, UESC, Praga – UniCV, Punta Arenas, Rio SaoToma y Lisboa, (Figura 43).

Figura 43

Fragmento de código de etiqueta label con un select option de PendUnad

```

1 <label for="numero">Péndulo Seleccionado: </label>
2   <select name="pend" id="pend" required="">
3     <option value="UNAD">UNAD</option>
4     <option value="UniAndes">UniAndes</option>
5     <option value="Marseille">Marseille</option>
6     <option value="RiodeJaneiro">Rio de Janeiro</option>
7     <option value="SantiagodeChile">Santiago de Chile</option>
8     <option value="Valparaiso">Valparaiso</option>
9     <option value="Panama-UTP">Panama-UTP</option>
10    <option value="PanamaUsma">Panama Usma</option>
11    <option value="Faro">Faro</option>
12    <option value="Maputo">Maputo</option>
13    <option value="Brasilia">Brasilia</option>
14    <option value="UESC">UESC</option>
15    <option value="Praga-UniCV">Praga - UniCV</option>
16    <option value="Puntaarenas">Punta arenas</option>
17    <option value="Rio-SaoToma">Rio - Sao Toma</option>
18    <option value="Lisboa">Lisboa</option>
19  </select>

```

Nota. Código fuente de un label con un select option para elegir un péndulo en la aplicación web PendUnad (2022)

Cada péndulo tiene unos valores individuales que corresponden a su longitud y diámetro en cada caso varia y por ende para que los cálculos matemáticos y estadísticos sean lo más

exactos posibles a través de una función creada con JavaScript se incluye un switch case que permite tomar los valores del péndulo que el usuario seleccione, (Figura 44 y Figura 45).

Figura 44

Fragmento 1 de código de función de JavaScript con switch case de PendUnad

```

1  function calculaVariablesFisicas() {
2      $("#contvarfisicas").show();
3
4      let cmDesloc = parseFloat($("#cmDesloc").val());
5      let Pend = $("#pend").val();
6
7      let valA = cmDesloc * 0.91;
8
9      let L = 0;
10     let d = 0;
11     let Lneta = 0;
12
13     switch (Pend) {
14         case "UNAD":
15             L = 2815;
16             d = 82;
17             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
18             break;
19
20         case "UniAndes":
21             L = 2815.3;
22             d = 82;
23             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
24             break;
25
26         case "Marseille":
27             L = 2811;
28             d = 82;
29             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
30             break;
31
32         case "RiodeJaneiro":
33             L = 2826;
34             d = 81.6;
35             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
36             break;
37
38         case "SantiagodeChile":
39             L = 2825;
40             d = 81.9;
41             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
42             break;
43
44         case "Valparaiso":
45             L = 2827.5;
46             d = 81.8;
47             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
48             break;
49
50         case "Panama-UTP":
51             L = 2825;
52             d = 81.9;
53             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
54             break;
55     }

```

Nota. Parte 1 de código fuente de una función en Javascript con un switch case que toma los valores del péndulo que sea elegido por el usuario en la aplicación web PendUnad (2022)

Figura 45

Fragmento 2 de código de función de JavaScript con switch case de PendUnad

```
56         case "PanamaUsma":
57             L = 2800;
58             d = 81.8;
59             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
60             break;
61
62         case "Faro":
63             L = 2677;
64             d = 80.5;
65             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
66             break;
67
68         case "Maputo":
69             L = 2609.8;
70             d = 80.5;
71             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
72             break;
73
74         case "Brasilia":
75             L = 2826.8;
76             d = 81.4;
77             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
78             break;
79
80         case "UESC":
81             L = 2705;
82             d = 80.5;
83             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
84             break;
85
86         case "Praga-UniCV":
87             L = 2826;
88             d = 81.6;
89             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
90             break;
91
92         case "Puntaarenas":
93             L = 2858.5;
94             d = 81.7;
95             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
96             break;
97
98         case "Rio-SaoToma":
99             L = 2756.5;
100            d = 81.8;
101            Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
102            break;
103
104         case "Lisboa":
105             L = 2677;
106             d = 80.5;
107             Lneta = (L + d / 2) * (1 / 1000);
108             break;
109
110         default:
111             break;
112     }
113 }
```

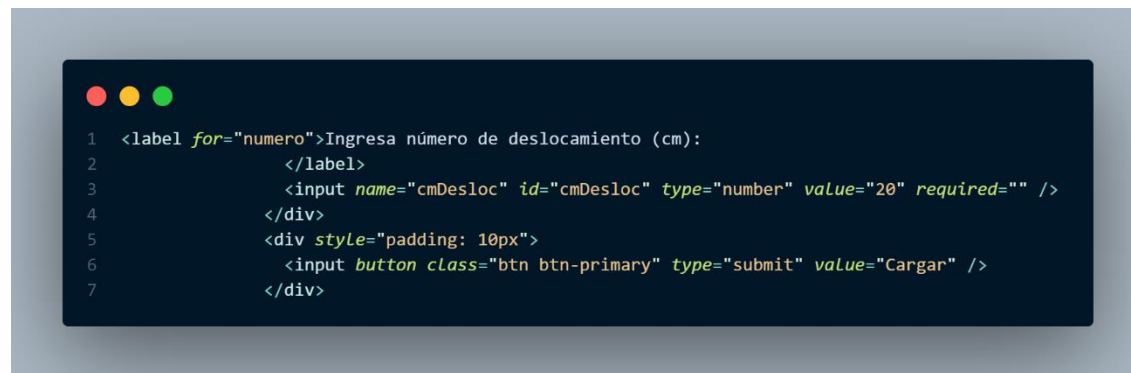
Nota. Parte 2 de código fuente de una función en Javascript con un switch case que toma los valores del péndulo que sea elegido por el usuario en la aplicación web PendUnad (2022)

Valor de Desplazamiento

El valor de desplazamiento es la cantidad en centímetros en que se desplaza la esfera del péndulo para iniciar la etapa de movimiento u oscilación, este valor debe corresponder al que se usó en la simulación para que los cálculos sean asertivos, en el espacio de análisis permite al usuario a través de un label indicar este valor a través de un input que le transmite a la aplicación dato para poder generar los cálculos de las variables, (Figura 46).

Figura 46

Fragmento de código de label con input para desplazamiento de PendUnad



```

1 <label for="numero">Ingresa número de desplazamiento (cm):
2   </label>
3     <input name="cmDesloc" id="cmDesloc" type="number" value="20" required="" />
4   </div>
5   <div style="padding: 10px">
6     <input button class="btn btn-primary" type="submit" value="Cargar" />
7   </div>

```

Nota. Código fuente de label con input para seleccionar la cantidad de desplazamiento por el usuario en la aplicación web PendUnad (2022)

Tabla de Datos Análisis Estadístico

El aplicativo web PendUnad en el espacio de análisis muestra una tabla con los datos producto del análisis estadístico de las variables físicas: M= Muestra, P= Valor medio del período, dP= Valor medio de la incertidumbre del período, V= Valor medio de la velocidad, dV= Valor medio de la incertidumbre de la velocidad y T= Valor de la temperatura, (Figura 47).

Figura 47

Fragmento de código de table para datos y análisis estadístico de PendUnad

```

1 <div class="block-heading">
2   <h3 class="text-info">Tabla de Datos Análisis Estadístico</h3>
3 </div>
4 <p class="texto-justificado">
5   Análisis estadístico de los datos obtenidos teniendo en cuenta las siguientes variables físicas: <b>M</b>=
6   Muestra, <span style="border-top: 1px solid"> <b>P</b></span>= Valor medio del periodo, <span
7   style="border-top: 1px solid"><b>dP</b></span>= Valor medio de
8   la incertidumbre del periodo, <span style="border-top: 1px solid"> <b>V</b></span>= Valor medio de la
9   velocidad, <span style="border-top: 1px solid"><b>dV</b></span>= Valor medio de la incertidumbre de la
10  velocidad, <span style="border-top: 1px solid"> <b>T</b></span>= Valor de la temperatura.
11 </p>
12 <br />
13 <div class="row">
14   <div class="col">
15     <div style="
16       border: 1px solid;
17       width: auto;
18       padding: 20px;
19       margin-top: 10px;
20       display: run-in">
21       <div class="table-responsive">
22         <table class="table table-bordered table-striped border-primary" id="medias">
23           <tbody>
24             <tr>
25               <th>
26                 <p><span>M</span></p>
27               </th>
28               <td>
29                 <p id="valMed_m"></p>
30               </td>
31             <th>
32               <p><span style="border-top: 1px solid">P</span></p>
33             </th>
34             <td>
35               <p id="valMed_p"></p>
36             </td>
37           </tr>
38           <tr>
39             <th>
40               <p>
41                 <span style="border-top: 1px solid">dP</span>:
42               </p>
43             </th>
44             <td>
45               <p id="valMed_dp"></p>
46             </td>
47           </tr>
48           <tr>
49             <th>
50               <p><span style="border-top: 1px solid">V</span></p>
51             </th>
52             <td>
53               <p id="valMed_V"></p>
54             </td>
55           </tr>
56           <tr>
57             <th>
58               <p>
59                 <span style="border-top: 1px solid">dV</span>:
60               </p>
61             </th>
62             <td>
63               <p id="valMed_dV"></p>
64             </td>
65           </tr>
66           <tr>
67             <th>
68               <p><span style="border-top: 1px solid">T</span></p>
69             </th>
70             <td>
71               <p id="valMed_T"></p>
72             </td>
73           </tr>
74         </tbody>
75       </table>
76     </div>
77   </div>
78 </div>

```

Nota. Código fuente de table responsive para generar y presentar los datos obtenidos del análisis estadístico en la aplicación web PendUnad (2022)

Tabla de Datos de Variables Físicas

El aplicativo web PendUnad en su parte de análisis muestra una tabla con los datos de los cálculos obtenidos de las variables físicas de arco, longitud, ángulo de oscilación, altura de lanzamiento, gravedad y gravedad vs. Periodo, (Figura 48).

Figura 48

Fragmento de código table para valores de las variables físicas de PendUnad

```

1 <div class="block-heading">
2   <h3 class="text-info">Tabla de Datos de Variables Físicas</h3>
3 </div>
4 <p class="texto-justificado">
5   Valores de las variables físicas obtenidas en el experimento las cuales son insumo del análisis estadístico
6   estas variables son: arco, longitud neta, ángulo de oscilación, altura de lanzamiento, gravedad y gravedad
7   vs.
8   periodo.
9 </p>
10 <br />
11 <div class="row">
12   <div class="col">
13     <div style="
14       border: 1px solid;
15       width: auto;
16       padding: 20px;
17       margin-top: 10px;
18       display: run-in;
19       " id="contvarfisicas">
20     <div class="table-responsive">
21       <table class="table table-bordered table-striped border-primary" id="varfisicas">
22
23         <tbody>
24           <tr>
25             <th>
26               <p>Arco:</p>
27             </th>
28             <td>
29               <p id="valA"></p>
30             </td>
31           </tr>
32           <tr>
33             <th>
34               <p>Longitud Neta:</p>
35             </th>
36             <td>
37               <p id="valLN"></p>
38             </td>
39           </tr>
40           <tr>
41             <th>
42               <p>Ángulo Oscilación:</p>
43             </th>
44             <td>
45               <p id="valAO"></p>
46             </td>
47           </tr>
48           <tr>
49             <th>
50               <p><span>Altura Lanzamiento</span></p>
51             </th>
52             <td>
53               <p id="valAL"></p>
54             </td>
55           </tr>
56           <tr>
57             <th>
58               <p><span>Gravedad</span></p>
59             </th>
60             <td>
61               <p id="valG"></p>
62             </td>
63           </tr>
64           <tr>
65             <th>
66               <p>Gravedad / Periodo:</p>
67             </th>
68             <td>
69               <p id="valGP"></p>
70             </td>
71           </tr>
72         </tbody>
73       </table>
74     </div>
75   </div>
76

```

Nota. Código fuente de table responsive para generar y presentar los valores de las variables físicas en la aplicación web PendUnad (2022)

Gráficas de las Variables Físicas del Experimento

En el aparte de graficas del aplicativo web PendUnad a través de los datos obtenidos se presentan 4 graficas que representan la data obtenida de las variables físicas: temperatura, velocidad lineal, temperatura vs. velocidad, muestra vs. Periodo, (Figura 49).

Figura 49

Fragmento de código de contenedor y canvas para graficas de PendUnad

```

1 <div class="block-heading">
2   <h3 class="text-info">Gráficas de las Variables Físicas del Experimento</h3>
3 </div>
4 <p class="texto-justificado">
5   Generación de gráficas con los datos analizados y procesados de las variables físicas del experimento
6   como
7   son
8   la temperatura, velocidad lineal, temperatura vs. velocidad, muestra vs. periodo.
9 </p>
10 <br />
11 <div class="container">
12   <div class="row">
13     <div class="col">
14       <div id="contgraficas" style="
15         text-align: left;
16         padding: 20px;
17         margin-top: 10px;
18         display: none;
19       ">
20     </div class="col"></div>
21     <h5><strong>Gráfica 1 - Temperatura [°C]</strong></h5>
22     <canvas id="myChart" width="300" height="300" style="border: 1px solid"></canvas>
23     <hr><br />
24   </div class="col">
25     <h5><strong>Gráfica 2 - Velocidad [cm/s]</strong></h5>
26     <canvas id="myChart2" width="300" height="300" style="border: 1px solid"></canvas>
27     <hr><br />
28   </div class="col">
29     <h5><strong>Gráfica 3 - Temperatura vs. Velocidad [°C*cm/s]</strong></h5>
30     <canvas id="myChart3" width="300" height="300" style="border: 1px solid"></canvas>
31     <hr><br />
32   </div class="col">
33     <h5><strong>Gráfica 4 - Muestra vs. Periodo</strong></h5>
34     <canvas id="myChart4" width="300" height="300" style="border: 1px solid"></canvas>
35     <br>
36     <div><strong class="text-danger"> Presiona el siguiente botón para crear un PDF del
37     experimento:</strong> <button class="btn btn-danger" type="submit"
38     id="printbutton">Click
39     aqui</button></div>
40   </div>
41 </div>
42 </div>
43 </div>
44 </div>
45 </div>
46 </div>

```

Nota. Código fuente de contenedor y canvas para la generación de las gráficas en la aplicación web PendUnad (2022)

Pdf con los Resultados de la Experiencia

En la parte inferior del espacio de análisis se creó un botón que permite imprimir o guardad en formato .pdf los resultados obtenidos de la experiencia, tanto las tablas con sus resultados como las gráficas que se generaron con los datos del experimento, (Figura 50).

Figura 50

Fragmento de código de button para generar .pdf de PendUnad



```

1 <div><strong class="text-danger"> Presiona el siguiente botón para crear un PDF del
2 experimento:</strong> <button class="btn btn-danger" type="submit"
3 id="printbutton">Click
4 aquí</button></div>

```

Nota. Código fuente de button para generar pdf de la experiencia en la aplicación web PendUnad (2022)

Cálculos y Tratamiento de la Data de Variables Físicas

Para la ejecución del análisis estadístico de los datos cargados en el archivo .CSV se creó una función matemática con JavaScript, la cual toma los datos de las variables Arco (“valA”), Longitud Neta péndulo (“valLN”), Ángulo de oscilación (“valAO”), Altura de lanzamiento (“valAl”), Gravedad (“valg”), Gravedad periodo (“valGP”), para realizar los respectivos cálculos, (Figura 51).

Figura 51

Fragmento de código de función de cálculo para variables de PendUnad



```

1  let valAO = Math.acosh(valA / Lneta);
2
3          let valAL = Lneta * (1 - Math.cos(valAO));
4
5          let m = datacsv.map((e) => e[0]).Length - 1; // 100
6          let sumP = 0;
7
8          datacsv.forEach((e) => {
9              if (e[1] != undefined) sumP = sumP + parseFloat(e[1]);
10             });
11
12         let med_p = sumP / m;
13
14         let valg = (0.5 * Math.pow(med_p / 100, 2)) / (valAL / 100);
15
16         let valGP =
17             (4 * Math.pow(Math.PI, 2) * Lneta) / Math.pow(med_p, 2);
18
19         $("#valA").text(valA.toFixed(2));
20         $("#valLN").text(Lneta.toFixed(2));
21         $("#valAO").text(valAO.toFixed(2));
22         $("#valAL").text(valAL.toFixed(2));
23         $("#valg").text(valg.toFixed(2));
24         $("#valGP").text(valGP.toFixed(2));
25     }

```

Nota. Código fuente de función matemática en JavaScript para cálculo de variables con la data del archivo .CSV en la aplicación web PendUnad (2022)

En la figura 52, se observa el código en donde se utiliza un función de JavaScript para el cálculo de media de la muestra ('valMed_m'), medias del periodo ('valMed_p'), de la incertidumbre del periodo ('valMed_dp'), valor medio de la velocidad ('valMed_V'), valor medio de la incertidumbre de la velocidad ('valMed_DV'), media del tiempo ('valMed_T').

Figura 52

Fragmento de código de función cálculo de medias de variables de PendUnad

```
1 function calculaMedias() {
2     $("#contmedias").show();
3
4     let m = datacsv.map((e) => e[0]).Length - 1; // 100
5
6     let sumP = 0;
7     let sumdP = 0;
8     let sumv = 0;
9     let sumdv = 0;
10    let sumt = 0;
11
12    datacsv.forEach((e) => {
13        if (e[1] != undefined) sumP = sumP + parseFloat(e[1]);
14        if (e[2] != undefined) sumdP = sumdP + parseFloat(e[2]);
15        if (e[3] != undefined) sumv = sumv + parseFloat(e[3]);
16        if (e[4] != undefined) sumdv = sumdv + parseFloat(e[4]);
17        if (e[5] != undefined) sumt = sumt + parseFloat(e[5]);
18    });
19
20    let med_p = sumP / m;
21    let med_dp = sumdP / m;
22    let med_v = sumv / m;
23    let med_dv = sumdv / m;
24    let med_t = sumt / m;
25
26    $("#valMed_m").text(m.toFixed(2));
27    $("#valMed_p").text(med_p.toFixed(2));
28    $("#valMed_dp").text(med_dp.toFixed(4));
29    $("#valMed_v").text(med_v.toFixed(2));
30    $("#valMed_dv").text(med_dv.toFixed(2));
31    $("#valMed_T").text(med_t.toFixed(2));
32    }
33
```

Nota. Código fuente de función en JavaScript para calcular medias de las diferentes variables en la aplicación web PendUnad (2022).

Conclusiones

Después de que el aplicativo web fue desarrollado y puesto en marcha mediante alojamiento en hosting, se procede a inferir sobre el avance y desarrollo realizado hasta este momento con miras de establecer si se cumplieron los objetivos trazados en la etapa inicial. En este aspecto podemos afirmar que se consiguió construir una aplicación web responsiva, dinámica, con velocidad de carga, con diseño intuitivo y atractivo, con contenido claro y bien estructurado y con un SEO optimizado, lo cual le permite a los potenciales usuarios un acceso estable y sencillo para la ejecución de la experiencia del laboratorio remoto permitiéndoles la obtención de las variables físicas del laboratorio remoto World Pendulum - UNAD con el software de análisis cuantitativo que fue programado en el sitio web.

La aplicación web cuenta con los elementos y opciones básicas para navegar en el sitio y realizar las tareas para las que fue programado, permitiendo que el usuario tenga una buena experiencia de navegación ya la información y enlaces dispuestos orientan al usuario en la realización de la experiencia remota, de la misma manera que le luego de efectuada la actividad le suministra un archivo pdf con los análisis cuantitativos, gráficas y datos obtenidos de los cálculos aplicados con las variables en estudio.

El propósito principal basado en la pregunta de investigación ¿Cómo desarrollar un aplicativo web que se integre y facilite el uso por parte de la comunidad académica del laboratorio remoto del World Pendulum Alliance de la UNAD?, se da por cumplido pues se logró construir el aplicativo web, teniendo en cuenta las fases de Recolección de información y análisis de requerimientos, Diseño de software y proyección visual de los requerimientos, Desarrollo de la aplicación, programación, creación de código fuente y pruebas de funcionamiento e Implementación y puesta en marcha del aplicación web.

Cabe anotar que durante el proceso de construcción y creación del sitio se presentaron dificultades cotidianas que se presentan al momento de llevar a cabo un proyecto a medida que se resuelve una situación problemática, pues dentro de la planificación inicial a pesar de que se tienen en cuenta los requisitos funcionales y no funcionales y la mayoría de aspectos relacionados con el diseño y la programación, la mayoría de veces nos lleva a replanificar lo proyectado con el objeto principal de cumplir con lo proyectado en la etapa inicial, siendo esta una de las bondades de los sistemas informáticos que nos permiten acondicionarlos a las circunstancias a través de mejoras que permitan mantener el aplicativo en el tiempo con su funcionalidad.

Una consideración final es la del uso de tecnologías actuales para la implementación del sitio web, pues con la innovación constante cada día aparecen nuevas posibilidades de programación y diseño, lo cual se convierte en un reto de actualización constante pues esta dinámica demanda un aprendizaje ininterrumpido, que conlleve a estar permanentemente al día con estos adelantos informáticos y tecnológicos.

Recomendaciones

Para el sostenimiento del aplicativo web se hace necesario de mantener el costo del hosting donde se alojó esta herramienta.

Los equipos y servicio de red que se usen para el acceso deben contar con los requerimientos mínimos que le permitan al cliente llevar a cabo la experiencia sin fallos.

El aplicativo se encuentra en su versión 1.0 siendo esta una versión estable, sin embargo puede ser escalable y ser mejorado para obtener otros resultados, mediante el análisis e integración de otras variables.

A partir del presente proyecto, nace la posibilidad de escalarlo para obtener nuevas funciones o conexiones remotas, que conlleven a la exploración nuevos conocimientos.

Referencias Bibliográficas

- ACIS, A. (02 de 2021). *ACIS - Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas*. Colombia consolida su modelo de educación virtual: la IBERO alcanzó un crecimiento de 213% en nuevas matrículas | ACIS. Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas.
- Adolphe Ganot, P. B. (1872). *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología, con una selecta coleccion de 100 problemas resueltos...* Libreria de Ch. Bouret.
- Almaraz Hernández, J. M., Campos Cantero, P., & Castelo Delgado, T. (2011). Desarrollo de una aplicación Web para la gestión de Entornos Virtuales. Universidad Complutense de Madrid Facultad de Informática.
- Alonso Gomez, V. (2018). *Péndulo Simple*. E.U. Ing. Agrarias (Soria). Universidad de Valladolid.
- Ariza Ladino, C. F., & Amaya Hurtado, D. (2008). *Laboratorio remoto aplicado a la educación a distancia* (Vols. 18-2). Ciencia e Ingeniería Neogranadina.
- Aumaille, B. (2002). *J2EE: Desarrollo de aplicaciones Web*. Ediciones ENI.
- Borrell Noguerras, G. (2005). *Introducción informal a Matlab y Octave*.
http://neos.grc.ssr.upm.es/docencia/Intro_Ingenieria/Introd_MATLAB_OCTAVE.pdf
- Bravo, S., & Pesa, M. A. (Diciembre de 2016). Aprendizaje de óptica ondulatoria en un laboratorio de física para ingenierías. *Revista De Enseñanza De La Física*, 28(2), 51-76.
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15812/15621>
- Casado Vara, R. (2019). *Introducción a HTML*. (E. U. (España), Ed.) Salamanca, España.

- Castro, V. (s.f.). *Conservación de Energías en un Péndulo Simple*. <https://education.ti.com/-/media/C3922FE7884A497288D091500A5A57C6>
- Chamorro Garrido, M. (2008). *¿Por qué software libre?* Caleidoscopio, revista de contenidos educativos del CEP de Jaén.
- Colobran Huguet, M., Arqués Soldevi, J. M., & Marco Galindo, E. (2008). *Administración de sistemas operativos en red*. UOC.
- Coluccio Leskow, E. (2022). *Temperatura* (13 de junio de 2022 ed.). Buenos Aires, Argentina: Enciclopedia Concepto. <https://concepto.de/temperatura/>
- Cottino, D. (2009). *hardware desde cero*. Users.
- Díaz Álvarez, S. (23 de 11 de 2017). *Universidad Carlos III de Madrid - Biblioteca*. CONAD CONNECTIONS ADMINISTRATOR : Aplicación web para la gestión de conexiones SSH a servidores: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/31347>
- Donoso León, C. E., Paredes Godoy, M. M., Gallardo Donoso , L. J., & Samaniego Campoverde, A. F. (01 de 06 de 2021). El laboratorio virtual en el aprendizaje procedimental de la asignatura de Física. *Polo del Conocimiento*, 6(6), 167-181.
- Durango, A. (2015). *Diseño Web con CSS: 2ª Edición*. IT Campus Academy.
- Fossati, M. (2018). *Introducción a PHP y HTML*.
- García de Leòn, A. (2002). *Etapas de la creación de un sitio web*. BIBLIOS Número 14.
- García Sánchez, E., Vite Chávez, O., Navarrate Sánchez, M. Á., García Sánchez, M. Á., & Torres Cosío, V. (2016). Metodología para el desarrollo de software multimedia. *Revista de Investigación Educativa educativo MEDESME*(23), 226-226.

- Gómez Varela, A. I., Barreira Rodríguez, N., Ortega Hortas, M., Vara, F., Novo Buján, J., Penedo, M., . . . Bao Varela, C. (7 de Julio de 2016). Diseño de Aplicaciones Web Educativas con HTML5: el Efecto Fotoeléctrico. *In-Red 2016. II Congreso nacional de innovación educativa y docencia en red*. Valencia, Valencia, España.
doi:<https://doi.org/10.4995/INRED2016.2016.4369>
- Gómez, V. (2018). *Péndulo simple*. E.U. Ing. Agrarias (Soria). Universidad de Valladolid.
- González Alcaide, G., Valderrama Zurián, J. C., & Aleixandre Benavent, R. (Enero-Marzo de 2012). Análisis del proceso de internacionalización de la investigación española en ciencia y tecnología (1980-2007). *Revista Española de Documentación Científica*, 35(1).
- Gourley, D., Totty, B., Sayer, M., Aggarwal, A., & Reddy, S. (2002). *HTTP: The Definitive Guide*. "O'Reilly Media, Inc."
- Henaó Calad, M., & Arango Fonnegra, M. P. (2006). *Soluciones tecnológicas que apoyan la gestión del conocimiento*. Medellín: AD-MINISTER Universidad EAFIT.
- Hernández y Hernández, D., Ramírez Martinell, A., & Cassany, D. (2014). *Categorizando a los usuarios de sistemas digitales* (44 ed.). Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación.
- Hobbs, L. (1999). *Diseñar su propia página web*. Marcombo.
- Lambert, M. (2016). *Learning Bootstrap 4*. Packt Publishing Ltd.
- Lara Barragán, A., Cerpa, G., Rodríguez, M., & Núñez, H. (2006). *Física Para Bachillerato Cinemática*. Pearson Educación.
- Moore, H., Campos Olguín, V., & Márquez Nuño, R. (2007). *Matlab para ingenieros*. Pearson Educación.

- Moscoso Martínez, M. E., Vivanco Román, J. V., Calle Samaniego, L., & Chaglla Supe, D. (2022). *Modelamiento matemático y análisis oscilatorio del péndulo físico* (Vol. 7). Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional.
- NU. CEPAL, N. U. (19 de 08 de 2020). *REPOSITORIO DIGITAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45904>
- Núñez Rodríguez, J. A. (2014). *Facultad de Ingeniería, UNAM, Tesis y cosechado de Repositorio de la Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información*. Diseño e integración de un sistema de adquisición de datos mediante el uso de arduino y raspberry-pi: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/117969>
- RAE, R. (2021a). *Diccionario de la lengua española, edición del tricentenario*. Madrid: Real Academia Española RAE. <https://dle.rae.es/gravedad>
- RAE, R. (2021b). *Diccionario de la lengua española*. Madrid, España: Real Academia Española. <https://dle.rae.es/velocidad>
- Raymond A., S., & Jerry S., F. (2001). *College Physics* (Quinta ed.). México: Pearson Educación.
- Rojas Hernández, Y. L., & González Méndez, A. (2021). Estado de preparación de los docentes en ambientes virtuales de aprendizaje en tiempos de COVID-19. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología TE & ET*, 380-387.
- Ruggeri, A. I., & Anriquez, C. B. (2019). Implementación de un laboratorio remoto en física. *Revista de enseñanza de la física*, 31, 639-646.

Sánchez Maza, M. Á. (2012). *Javascript*. Innovación y Cualificación.

Sarmiento Cuervo, Y. P., & Hernández Parra, D. C. (2017). Metodología para la Optimización de los Procesos de Recolección de Información y Análisis en la Etapa de Especificación de Requerimientos de Software. Bogotá, Colombia.

<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7804>

Suarez M., M. E. (2009). Aplicación educativa multimedia para la enseñanza de la distribución Ubuntu de Linux a usuarios de Windows. Universidad de Oriente (Venezuela).

Técnico Lisboa. (11 de Agosto de 2021). *Péndulo de precisión*. Péndulo de precisión:

http://www.elab.tecnico.ulisboa.pt/wiki/index.php?title=Precision_Pendulum

The MathWorks, I. (s.f.). *MATLAB*. <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>.

Torres Payoma, F. A. (30 de Junio de 2021). MATLAB Drive. *Taller Laboratorios Remotos*.

Taller Laboratorios Remotos: <https://drive.matlab.com/sharing/8c14605c-bbac-43e4-847b-09bad0287f64/>

Torres Payoma, F. A. (30 de JUNIO de 2021). *MATLAB Drive*. Taller Laboratorios Remotos:

<https://drive.matlab.com/sharing/8c14605c-bbac-43e4-847b-09bad0287f64/>

Torres Payoma, F. A., & García Cruz, W. L. (2021). Implementación del mooc fex del wp@ e-lab en estudiantes de grado décimo en la IE Liceo Integrado Fray Francisco Chacón En Sopó, Cundinamarca. *Publicaciones e Investigación*, 15(4).

Torres Payoma, F. A., Herrera Muñoz, D. C., Triana Ortiz, K. N., Neira Quintero, L. D., &

Castaño Yepes, J. D. (17 de 05 de 2022). *arxiv.org*. Computing the gravitational

acceleration within the World Pendulum Alliance: an application of the remote laboratory methodology implemented by UNAD: <https://arxiv.org/pdf/2205.01330.pdf>

Triana Ortiz , K. N., Herrera Muñoz, D. C., & Mesa Mendoza, W. N. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos de Trabajo ECTBI, 1*(1).

UNAD. (17 de Abril de 2012). *Investigación ECBTI - Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. Investigación ECBTI: <https://academia.unad.edu.co/investigacion-ecbti>

UNAD. (26 de Agosto de 2015). *Componente Práctico - Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. Componente Práctico Practicas Profesionales o de Campo: <https://academia.unad.edu.co/componente-practico#:~:text=El%20Sistema%20Nacional%20de%20Laboratorios,la%20investigaci%C3%B3n%20formativa%20y%20cient%C3%ADfica>.

UNAD. (14 de 02 de 2019). *Noticias Universidad Nacional abierta y a Distancia*. UNAD participa en proyecto de Investigación Internacional World Pendulum: <https://noticias.unad.edu.co/index.php/unad-noticias/todas/119-virel/2668-unad-participa-en-proyecto-de-investigacion-internacional-world-pendulum>

UNAD. (19 de 05 de 2020). *Noticias - Universidad Nacional Abierta y a Distancia* . Conoce la herramienta MATLAB adquirida por la UNAD para apoyar el aprendizaje de docentes y estudiantes: <https://noticias.unad.edu.co/index.php/unad-noticias/todas/3550-conoce-la-herramienta-matlab-adquirida-por-la-unad-para-apoyar-el-aprendizaje-de-docentes-y-estudiantes>

UNAD. (11 de 26 de 2021). *Noticias Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. La UNAD con apoyo de la Unión Europea crea la primera conexión remota a nivel nacional para la implementación de laboratorios virtuales:

<https://noticias.unad.edu.co/index.php/unad-noticias/todas/4829-la-unad-con-apoyo-de-la-union-europea-crea-la-primera-conexion-remota-a-nivel-nacional-para-la-implementacion-de-laboratorios-virtuales>

Vargas Guativa, J. A., Cuero Ortega, J. D., & Torres Payoma, . A. (05 de Noviembre de 2020). Laboratorios Remotos e IOT una oportunidad para la formación en ciencias e ingeniería en tiempos del COVID-19: Caso de Estudio en Ingeniería de Control. *Revista Espacios*, 41.

Vértice, E. (2009). *Diseño básico de páginas web en HTML*. Vértice.