



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTES DE
LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Silvia Rossana Cruz Rodríguez

Carlos Jorge Valdez Bautista

Asesorados por el Ing. Fredy Roberto Anderson Cano

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTES DE
LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SILVIA ROSSANA CRUZ RODRÍGUEZ

CARLOS JORGE VALDEZ BAUTISTA

ASESORADO POR EL ING. FREDY ROBERTO ANDERSON CANO

AL CONFERÍRSELES EL TÍTULO DE

INGENIEROS EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoá
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
EXAMINADORA	Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera
EXAMINADORA	Inga. Sonia Yolanda Castañeda Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

Silvia Rossana Cruz Rodríguez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoá
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Ricardo Morales Prado
EXAMINADOR	Ing. Pedro Pablo Hernández Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Oscar Alejandro Paz Campos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

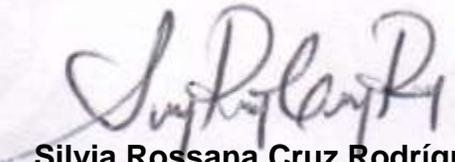
Carlos Jorge Valdez Bautista

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentamos a su consideración nuestro trabajo de graduación titulado:

**IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTES DE
LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que nos fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha agosto de 2014.



Silvia Rossana Cruz Rodríguez



Carlos Jorge Valdez Bautista

Guatemala, 5 de febrero de 2015

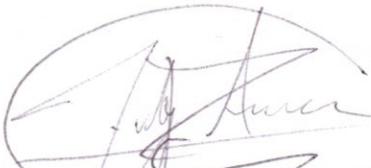
Ingeniero
Carlos Alfredo Azurdia Morales
Coordinador de Privados y Revisión de Trabajos de Graduación

Respetable Ingeniero Azurdia:

Por este medio le informo como asesor del trabajo de graduación de los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas **Silvia Rossana Cruz Rodríguez**, carné **200515909** y **Carlos Jorge Valdez Bautista**, carné **200512124**, que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTES DE LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, y a mi criterio el mismo está completo y cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo según el protocolo.

Agradezco su atención a la presente y sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,



Ing. Fredy Roberto Anderson Cano
Web Master

Departamento de Información y Prensa
Ministerio Público
Colegiado No. 12244

Ing. Fredy Roberto Anderson Cano
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado No. 12,244



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 18 de Febrero del 2015

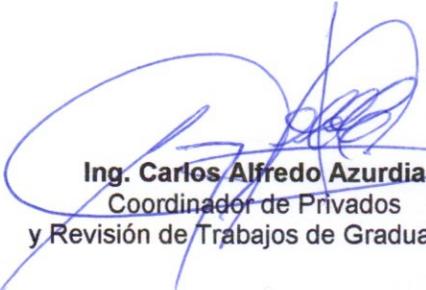
Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Türk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación de los estudiantes **SILVIA ROSSANA CRUZ RODRIGUEZ** con carné **2005-15909**, y **CARLOS JORGE VALDEZ BAUTISTA** con carné **2005-12124**, titulado: **"IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTES DE LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



E
S
C
U
L
A

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

D
E
C
I
E
N
C
I
A
S
Y

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **“IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTE DE LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**, realizado por los estudiantes SILVIA ROSSANA CRUZ RODRÍGUEZ y CARLOS JORGE VALDEZ BAUTISTA, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

S
I
S
T
E
M
A
S

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Martín Antonio Pérez Türk
Director, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 25 de febrero 2015



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO EN LA ENTREGA DE REPORTES DE LABORATORIO EN LOS CURSOS DE FÍSICA DEL ÁREA COMÚN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por los estudiantes universitarios: **Silvia Rossana Cruz Rodríguez y Carlos Jorge Valdez Bautista**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Resinos
Decano



Guatemala, marzo de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme llegar a este momento, darme amor, fuerza, los recursos y el camino para realizarlo. Por acompañarme incondicionalmente, sin Él esto no fuera posible. Muy agradecida.
- La Virgen María** Por cuidarme e interceder por mí en todo momento.
- Mi abuelo** Felipe Rodríguez Canel, por su amor, por compartir conmigo su alegría y ser un segundo padre.
- Mis padres** Víctor Manuel Cruz Lemus y María Luisa Rodríguez, por su amor, comprensión, su esfuerzo en todo momento, paciencia y consejos. Por apoyarme siempre, no limitarme y ser un buen ejemplo.
- Mis hermanos** Juan Carlos Urbina Quiñonez, Sonia Elizabeth y Víctor Hugo Cruz Rodríguez, por su amor, comprensión, ejemplo y apoyo.

Mi sobrinita

Shirell Alessandra Urbina Cruz, por su amor,
por compartir su alegría y ser un buen ejemplo
de superación y lucha a pesar de su corta
edad.

Silvia Rossana Cruz Rodríguez

AGRADECIMIENTOS A:

Mi compañero de trabajo, trabajo de graduación y amigo

Carlos Jorge Valdez, por el apoyo y la motivación durante este proceso, por compartir sus conocimientos, la amistad y el aprecio brindado.

Personal de la Unidad de Evaluación del Desempeño

A mi jefe Brian García, por la comprensión, apoyo y motivación para un crecimiento personal y laboral. A mis jefes y compañeros de trabajo, Fernando Lanuza, Manuel Mendoza, Ana Luisa Chután, Melissa Ramírez, Carlos Valdez, Jaime Suárez, José Hernández y Marvin Castillo, por su amistad y cariño: por aprender de ellos cada día cosas nuevas y por los buenos consejos.

Mis amigos

Por ser parte importante de este logro, por compartir conmigo momentos buenos y malos. Por su cariño y apoyo en la meta de un mismo objetivo. Por ser un buen ejemplo de lucha y superación.

Mis familiares

Por su amor y por estar siempre presentes.

Mis catedráticos y auxiliares

Que compartieron sus enseñanzas, experiencias y conocimientos.

Departamento de Física

Por permitir implementar este proyecto.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala,
especialmente a la
Facultad de Ingeniería**

Por ser una casa de estudios que me brindó
herramientas y conocimientos para mi vida
personal y profesional.

Silvia Rossana Cruz Rodríguez

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Pedro Hoffmann y Ana Bautista, por su amor, su apoyo y dedicación. Por haberme enseñado las cosas importantes de la vida, no con palabras, sino con ejemplos y por darme la mejor herencia que se le puede dar a alguien, la educación.

Mi hermana

Raquel Hoffmann, por ser mi gran amiga de toda la vida y por ser siempre incondicional conmigo.

Carlos Jorge Valdez Bautista

AGRADECIMIENTOS A:

Mi amiga, compañera de trabajo y compañera de trabajo de graduación

Silvia Cruz, por su amistad, apoyo, sus valiosos aportes a nivel laboral, su entrega, dedicación y conocimientos, sin los cuales, no hubiera sido posible realizar el presente trabajo de graduación y por ser una persona con un gran corazón.

Mi amigo y asesor

Ing. Fredy Anderson, por su amistad, por todos los buenos momentos que hemos compartido y por su apoyo en la elaboración del presente trabajo de graduación.

Departamento de Física

Por haberme dado trabajo y conocimientos, por abrirme las puertas para realizar el presente trabajo de graduación y sobre todo por haberme dejado tan bonitos recuerdos y tan buenos amigos.

Unidad de Evaluación del Desempeño

Por haberme dado trabajo y enseñado a trabajar, por permitirme continuar con mis estudios y por darme un ambiente laboral muy agradable.

Mis amigos y familia

Por los buenos momentos que hemos compartido, por su cariño y por su ayuda cuando los he necesitado.

Carlos Jorge Valdez Bautista

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
1.1. Dinámica de trabajo.....	1
1.2. Condiciones tecnológicas	1
1.2.1. Facultad de Ingeniería	1
1.2.2. Departamento de Física	2
1.3. Conocimientos informáticos.....	2
1.3.1. Conocimientos informáticos de los estudiantes	2
1.3.2. Conocimientos informáticos de los auxiliares	3
2. ENCUESTA Y TABULACIÓN DE DATOS	5
2.1. Alcances y límites	5
2.1.1. Alcances	5
2.1.2. Límites	5
2.2. Muestra.....	6
2.2.1. Tamaño de muestra	6
2.2.2. Cálculo del tamaño de la muestra para auxiliares	7
2.2.3. Cálculo del tamaño de la muestra para estudiantes	8

2.3.	Encuesta	9
2.3.1.	Formato de encuesta dirigida a auxiliares	9
2.3.2.	Formato de encuesta dirigida a estudiantes.....	10
2.4.	Tabulación de datos	12
2.4.1.	Codificación de respuestas de encuesta dirigida a auxiliares	13
2.4.2.	Codificación de respuestas de encuesta dirigida a estudiantes	14
2.4.3.	Depuración de encuestas dirigidas a auxiliares	15
2.4.4.	Depuración de encuestas dirigidas a estudiantes ..	16
3.	ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS	19
3.1.	Análisis de datos y resultados de auxiliares.....	19
3.2.	Análisis de datos y resultados de estudiantes.....	22
3.3.	Impacto ambiental y económico en la entrega de reportes de laboratorio	28
3.3.1.	Impacto ambiental y económico de elaborar reportes de laboratorio en forma impresa.....	29
3.3.2.	Impacto ambiental y económico de elaborar reportes de laboratorio en un formato digital y presentarlos por medio de un sistema de software.....	30
4.	IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SOFTWARE LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA	33
4.1.	Problemática actual para la implementación de un sistema de software en el Departamento de Física.....	33
4.2.	Metodología de desarrollo de software	33
4.3.	Fase de exploración	35

4.3.1.	Historias de usuario	35
4.3.2.	Calendarización	37
4.3.3.	Arquitectura del sistema	40
4.3.4.	Tecnologías y herramientas de software	40
4.3.5.	Modelo entidad relación	42
4.3.6.	Módulos del sistema	44
4.3.7.	Arquitectura de software	45
4.4.	Fase de planificación	46
4.4.1.	<i>Release planning</i>	46
4.4.2.	Cliente	47
4.4.3.	Equipo de desarrollo	47
4.4.4.	Plan de iteraciones	47
4.4.5.	Historias del usuario y <i>releases</i>	51
4.4.6.	Velocidad del proyecto	53
4.5.	Fase de iteraciones	54
4.5.1.	Distribución de las historias de usuario	54
4.5.2.	Criterios de aprobación.....	54
4.5.3.	Pruebas de aceptación, unitarias y de integración	55
4.6.	Fase de producción	56
4.6.1.	Aceptación	56
4.6.2.	Capacitación.....	57
4.6.3.	Soporte y ayuda	57
4.6.4.	Sistema en producción	57
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES		61
BIBLIOGRAFÍA.....		63
APÉNDICES		65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Encuestas llenadas por auxiliares.....	16
2.	Encuestas llenadas por estudiantes	17
3.	Formatos en que se solicitan los reportes de laboratorio (según los auxiliares).....	19
4.	Computadoras de los auxiliares	20
5.	Lugares donde los auxiliares califican los reportes de laboratorio	20
6.	Conocimientos en computación de los auxiliares	21
7.	Conocimientos de los auxiliares sobre qué es un sistema de gestión de contenidos	22
8.	Formatos en que se solicitan los reportes de laboratorio (según los estudiantes)	23
9.	Computadoras de los estudiantes.....	23
10.	Lugares donde los estudiantes elaboran sus reportes de laboratorio	24
11.	Conocimientos en computación de los estudiantes	25
12.	Conocimientos de los estudiantes sobre qué es un sistema de gestión de contenidos	26
13.	Tipo de tinta utilizada para imprimir los reportes de laboratorio	27
14.	Folder y gancho en los reportes de laboratorio	27
15.	Formatos en que los estudiantes preferirían entregar sus reportes de laboratorio	28
16.	Diagrama entidad relación	43
17.	Modelo Vista Controlador (MVC)	45

18.	Comunicación entre clases del sistema	46
19.	Pantalla de ingreso al sistema	57
20.	Pantalla de administración de usuarios	58

TABLAS

I.	Valores de k más utilizados y sus niveles de confianza	7
II.	Calendario de actividades	37
III.	Plan de iteraciones	48
IV.	Matriz valor-riesgo	49
V.	Lista de historias de usuario del <i>release</i> 1.....	51
VI.	Lista de historias de usuario del <i>release</i> 2.....	52
VII.	Lista de historias de usuario del <i>release</i> 3	53
VIII.	Lista de historias de usuario del <i>release</i> 4.....	53
IX.	Velocidad del proyecto	54
X.	Algunas pruebas de aceptación	55
XI.	Algunas pruebas de las iteraciones	56

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Q	Quetzal

GLOSARIO

Ambiente de producción	Es una plataforma para configurar e implementar un conjunto de herramientas tecnológicas, que permitan tener disponible un sistema de software cuando el usuario final lo solicite.
Ambiente de pruebas	Es una plataforma para configurar e implementar un conjunto de herramientas tecnológicas que permiten al equipo de desarrollo realizar pruebas, debido a que es un ambiente de pruebas, no importa cualquier impacto o error al cambiar o configurar alguna herramienta tecnológica, a diferencia de un ambiente de producción.
Aplicación web	Es una herramienta de acceso por medio de internet para los usuarios finales, la cual proporciona un conjunto de funcionalidades en línea según sea su naturaleza de creación.
Arquitectura del sistema	Son los cimientos o pilares para que un arquitecto de software diseñe por medio de los requerimientos la implementación de un sistema de software.

Base de datos	Es una aplicación que administra y organiza datos, existen diferentes tipos de base de datos según su uso y naturaleza, como base de datos relacional, base de datos orientada a objetos.
Base de datos relacional	Aplicación que administra, organiza, utiliza un conjunto de estándares y normas para guardar de cierta forma estructural la información, hace uso del algebra relacional, como por ejemplo el producto cartesiano.
Concurrencia (base de datos)	Es la cantidad de veces que se solicita diferentes servicios y operaciones a una base de datos, como modificación o eliminación de información, donde el principal objetivo es garantizar una base de datos con información íntegra.
Distribución normal estándar	Es utilizada para estudios de probabilidades de un evento a comprobar, estudiando una variable continua.
Extreme Programing (XP)	Metodología de programación ligera, con alta comunicación y retroalimentación con el cliente, es necesario un equipo de programadores con buena comunicación, eficaces y eficientes para trabajar en parejas. Permite llevar el control de todo el ciclo de vida del software.

Gestor de contenido	Conjunto de herramientas tecnológicas que son compatibles entre sí, para proporcionar facilidades en la creación de un sistema de software, facilitando las configuraciones e instalaciones, que en su mayoría ya vienen realizadas.
Hardware	Son el conjunto de componentes tangibles de una computadora.
Historias de usuario	Es la forma de representar un requerimiento o necesidad de un usuario para el diseño de un sistema, es parte de la metodología Extreme Programming.
Interacción o <i>release</i>	Es una fase de la metodología Extreme Programming que permite definir principalmente cuántas historias de usuario, el tiempo que se tardará en realizarlas, comprendiendo una fase de pruebas, y entregables a los clientes.
Metodología de desarrollo	Conjunto de estándares, normas y reglas que proporcionan técnicas, herramientas y prácticas para gestionar el ciclo de vida de un software.
Microsoft Windows XP	Sistema operativo muy utilizado por los usuarios en todo el mundo, debido a las funcionalidades, herramientas que proporciona y facilidades de uso.

Módulo	Conjunto de acciones o actividades que comparten cosas en común. Ejemplo el módulo de usuarios está formado: crear usuario, modificar usuario, eliminar usuario y buscar usuario.
Nivel de confianza	Parámetro que permite asegurar que un valor buscado se encuentra dentro de un intervalo.
Plan de iteraciones o <i>release planing</i>	Fase de la metodología Extreme Programing que contiene la cantidad de iteraciones, la velocidad del proyecto, así como las fechas de entrega de cada iteración.
Población	Es el conjunto de todos los elementos que se van a estudiar, y que fueron delimitados según el estudio. Ejemplo: los auxiliares que impartieron cursos de Física Básica, Física 1 y Física 2 del primer semestre del 2014 del Departamento de Física de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
Requerimiento	Son las necesidades de un usuario, la base para la fase de diseño de un sistema de software.
Servidor	Arquitectura disponible para recibir peticiones por parte de los usuarios finales y este ser capaz de responder o prestar los servicios que proporciona. Ejemplo: servidor de base de datos, servidor de aplicaciones, servidor de correo.

RESUMEN

Presentar reportes de laboratorio haciendo uso de un formato impreso en los cursos de física del área común de la Facultad de Ingeniería, impacta negativamente al medio ambiente y a la economía estudiantil. Si se hiciera uso de un formato digital y se entregaran los reportes por medio de un sistema de software, se ahorraría papel y dinero, además que se agilizaría todo el proceso de entrega.

Los auxiliares y estudiantes de la Facultad de Ingeniería cuentan o al menos, deberían contar con conocimientos suficientes para poder hacer uso de una herramienta de software que gestione los procesos de entrega de reportes.

Se realizó una encuesta en la que se pretendía determinar cuál es el costo económico de realizar reportes de laboratorio utilizando un formato impreso, comparado con medios digitales y cuál es el impacto ambiental que tienen ambos casos. También se buscó conocer la situación actual real sobre los conocimientos tecnológicos que facilitarían el uso de un software para el fin en cuestión.

Además, se llegó a conocer que la cantidad de papel utilizada implica la tala de 7 árboles y el gasto de Q 27 150,00 por parte de los estudiantes, por lo que si valdría la pena hacer uso de un sistema de software para facilitar todo el proceso de entrega de reportes.

Finalmente, se diseñó, desarrolló e implementó un sistema de software llamado Laboratorio Virtual de Física, que permite la asignación de estudiantes

a laboratorios, especificando el curso, horario, sección, auxiliar encargado, ciclo académico y año, la gestión de reportes de laboratorio en formato PDF y se capacitó al personal del Departamento de Física sobre el uso del sistema para que puedan aprovechar al máximo su funcionalidad.

OBJETIVOS

General

Determinar el impacto ambiental y económico de la entrega de reportes de laboratorio en forma impresa, en los cursos de física del área común de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Conocer la razón por la que se entregan reportes de laboratorio en forma impresa.
2. Cuantificar el impacto ambiental y económico de la entrega de reportes de laboratorio en forma impresa.
3. Comparar el impacto ambiental y económico de la entrega de reportes de laboratorio en forma impresa, respecto al uso de un formato digital por medio de un sistema de software.
4. Implementar un sistema de software que permita a los estudiantes entregar sus reportes de laboratorio en formato digital.
5. Capacitar al personal de Departamento de Física para que puedan hacer uso y obtener provecho del sistema de software implementado.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación pretende determinar: ¿por qué se utilizan medios impresos para la entrega de reportes de laboratorio en los cursos de física del área común de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala?, ¿qué cantidad de recursos se emplean para dicho fin? y, ¿cuál es el impacto ambiental y económico que esto representa?

La manera de contestar a esta interrogante será con base en encuestas dirigidas a los estudiantes que cursen los laboratorios de las asignaturas de Física Básica, Física 1 y Física 2, y a los auxiliares que imparten dichos laboratorios.

Adicionalmente se explica cómo se diseñó, desarrolló e implementó un sistema de software que permite el envío y recepción de reportes de laboratorio en formato PDF.

1. SITUACIÓN ACTUAL

1.1. Dinámica de trabajo

Todos los estudiantes de pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, deben cursar las asignaturas de Física Básica, Física 1 y Física 2. Cada una cuenta con un laboratorio que representa el 10 por ciento de la nota total. Para poder promover en dichos cursos es obligatorio aprobar el laboratorio respectivo.

La dinámica de trabajo en los laboratorios de física consiste en la presentación de 6 reportes acerca de prácticas de laboratorio, los cuales se elaboran en varias páginas y son entregados en forma impresa, generalmente dentro de un folder con gancho al auxiliar encargado para su calificación.

1.2. Condiciones tecnológicas

A manera de conocer cómo se encuentra la Facultad de Ingeniería y el Departamento de Física en materia de tecnología, a continuación se explica de forma breve sobre sus condiciones tecnológicas.

1.2.1. Facultad de Ingeniería

El campus central de la Universidad posee internet inalámbrico gratuito, por medio de la red denominada RIUSAC y la Facultad de Ingeniería no es la excepción. RIUSAC se encuentra en funcionamiento desde el 21 de septiembre del 2009.

En la biblioteca de física, ubicada en el segundo nivel del edificio T-1 del campus central, cuenta con 8 computadoras con conexión a internet, que están destinadas al uso de los estudiantes de la facultad. Cabe mencionar este servicio es gratuito.

1.2.2. Departamento de Física

Cuenta con 2 computadoras con conexión permanente a internet destinadas exclusivamente para el uso de los auxiliares.

Los auxiliares del Departamento de Física, al ser todos estudiantes de la Facultad de Ingeniería, también pueden hacer uso de los servicios mencionados en el inciso anterior.

1.3. Conocimientos informáticos

A continuación se explican cuáles son o cuáles deberían ser los conocimientos con los que cuentan, tanto los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, como los auxiliares del Departamento de Física.

1.3.1. Conocimientos informáticos de los estudiantes

Para poder ingresar a la Facultad de Ingeniería, los aspirantes deben aprobar una serie de pruebas de conocimientos, dentro de las cuales se encuentra una prueba de computación. En dicho examen evalúa lo siguiente:

- Microsoft Windows XP: conceptos básicos. El escritorio, el explorador de Windows XP, la búsqueda, la papelera, configurar pantalla, configurar

ratón, agregar o quitar programas, agregar nuevo hardware y la ayuda de Windows.

- Microsoft Word 2007: mi primer documento, elementos de Word 2007, edición básica, guardar y abrir documentos, formato carácter y párrafo, ortografía y gramática, diseño de página, tablas, imágenes y gráficos e impresión.
- Microsoft Excel 2007: elementos de Excel 2007, empezando a trabajar con Excel, operaciones con archivos, fórmulas y funciones, manipulando celdas, formato de celdas, cambios de estructura, insertar y eliminar elementos y corrección de la ortografía.
- Internet: introducción, conceptos básicos, conectarse a internet, los navegadores, los buscadores, el correo y virus.

1.3.2. Conocimientos informáticos de los auxiliares

Los auxiliares del Departamento de Física, al ser todos estudiantes de la Facultad de Ingeniería, deben tener como mínimo los mismos conocimientos en computación con los que cuenta un estudiante regular de la Facultad.

2. ENCUESTA Y TABULACIÓN DE DATOS

2.1. Alcances y límites

Debido a que se va a realizar una encuesta a determinado grupo, es importante definir cuáles van a ser los alcances y los límites con los que va a contar la misma.

2.1.1. Alcances

- Se realizará la encuesta a estudiantes asignados a los laboratorios de física utilizando un formato elaborado para ese fin.
- Se encuestará a auxiliares que imparten laboratorios de física utilizando otro formato.

2.1.2. Límites

- Solamente se encuestará a estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que están asignados a los laboratorios de los cursos: Física Básica, Física 1 y Física 2.
- Se encuestará a auxiliares que laboran en el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que imparten los laboratorios de los cursos: Física Básica, Física 1 y Física 2.
- No se tomará en cuenta a toda la población de estudiantes y auxiliares, solamente se encuestará a una muestra.

- Únicamente se encuestará a estudiantes y auxiliares que estén asignados a, o impartan los laboratorios de física durante el segundo semestre del 2014.

2.2. Muestra

Debido a que se definió que no se va a encuestar a toda la población, solamente a una muestra representativa de la misma, a continuación se explica cómo debe realizarse el cálculo para obtener el tamaño de dicha muestra.

2.2.1. Tamaño de muestra

Es el número de elementos que componen la muestra extraída de una población, a modo que los datos obtenidos sean representativos de dicha población. Existen varias formas de realizar este cálculo, pero la más común es haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

k = constante que depende del nivel de confianza asignado

El valor de k se obtiene de la tabla de la distribución normal estándar, pero para efectos prácticos, los valores de k más utilizados son:

Tabla I. **Valores de k más utilizados y sus niveles de confianza**

Valor de k	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	97,5 %	99 %

Fuente: *Tamaño de la muestra*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tama%C3%B1o_de_la_muestra>.[Consulta: septiembre de 2014].

2.2.2. **Cálculo del tamaño de la muestra para auxiliares**

Para una población conformada por todos los auxiliares que impartieron los laboratorios de Física Básica, Física 1 y Física 2 durante el segundo semestre del 2014, cuyo valor es de 18, utilizando un nivel de confianza del 75 por ciento, $p = q = 0,5$, un error muestral del 5 por ciento y empleado la ecuación para calcular el tamaño de la muestra, se tiene:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (18) (0,5) (0,5)}{(0,05)^2 ((18) - 1) + (1,96)^2 (0,5) (0,5)}$$

$$n = 17,24 \cong 17$$

En donde:

N = tamaño de la población.

p = proporción de individuos de la población que poseen la característica de estudio. Generalmente el valor de p es desconocido y se suele suponer que $p = q = 0,5$.

q = proporción de individuos de la población que no poseen la característica de estudio, es decir, $q = p - 1$.

e = error muestral deseado. Es la diferencia que puede haber entre el resultado obtenido preguntando a una muestra de la población y el obtenido preguntando a la población completa.

Por lo tanto es necesario encuestar, como mínimo a 17 auxiliares.

2.2.3. Cálculo del tamaño de la muestra para estudiantes

Para una población conformada por todos los estudiantes que se asignaron a los laboratorios de Física Básica, Física 1 y Física 2, durante el segundo semestre del 2014, cuyo valor es de 1 810, utilizando un nivel de confianza del 75 por ciento, $p = q = 0,5$, un error muestral del 5 por ciento y empleado la ecuación para calcular el tamaño de la muestra, se tiene:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (1\,810) (0,5) (0,5)}{(0,05)^2 ((N) - 1) + (1,96)^2 (0,5) (0,5)}$$

$$n = 317,04 \cong 317$$

Por lo tanto, es necesario encuestar, como mínimo a 317 estudiantes.

2.3. Encuesta

Se definen dos tipos de encuesta: una dirigida a auxiliares, con siete preguntas y otra dirigida a estudiantes con trece preguntas. A continuación se muestra el formato de cada una.

2.3.1. Formato de encuesta dirigida a auxiliares

1. ¿En qué tipo de medio solicita los reportes de laboratorio?
 - Impreso
 - Digital
 - Otro. ¿Cuál? _____.

2. ¿En dónde califica la mayoría reportes de laboratorio?
 - Universidad
 - Casa
 - Otro. ¿Dónde? _____.

3. ¿Tiene computadora de escritorio en su casa?
 - Si
 - No

4. ¿Tiene computadora portátil?
 - Si
 - No

5. ¿Cuenta con conexión a internet en su casa?
 - Si
 - No

6. ¿Qué nivel de conocimientos en computación considera tener?
- Nulo
 - Principiante
 - Intermedio
 - Avanzado
7. ¿Qué sistema de gestión de contenidos ha utilizado con anterioridad?
- _____.
 - Ninguno
 - Desconozco qué es un sistema de gestión de contenidos

2.3.2. Formato de encuesta dirigida a estudiantes

1. ¿En qué tipo de medio le solicitan los reportes de laboratorio?
- Impreso
 - Digital
 - Otro. ¿Cuál? _____.

Si la respuesta a la pregunta 1 fue “Impreso”, por favor responda las preguntas número 2 al 6.

2. Aproximadamente, ¿cuántas hojas utiliza para elaborar un reporte de laboratorio?
3. ¿Entrega los reportes de laboratorio en folder?
- Si
 - No

4. ¿Entrega los reportes de laboratorio con gancho para folder?
- Si
 - No
5. ¿En dónde imprime los reportes de laboratorio?
- Cybercafé
 - Fotocopiadora
 - Casa
 - Otro. ¿Dónde? _____.
6. ¿Qué tipo de tinta utiliza para imprimir la mayor parte de un reporte de laboratorio?
- Negro
 - Color
7. ¿En dónde elabora la mayor parte de los reportes de laboratorio?
- Universidad
 - Casa
 - Otro. ¿Dónde? _____.
8. ¿Tiene computadora de escritorio en su casa?
- Si
 - No
9. ¿Tiene computadora portátil?
- Si
 - No

10. ¿Cuenta con conexión a internet en su casa?

- Si
- No

11. ¿Qué nivel de conocimientos en computación considera tener?

- Nulo
- Principiante
- Intermedio
- Avanzado

12. ¿Qué sistema de gestión de contenidos ha utilizado con anterioridad?

- _____.
- Ninguno
- Desconozco qué es un sistema de gestión de contenidos

13. ¿Qué tipo de medio preferiría utilizar para la entrega de los reportes de laboratorio?

- Impreso
- Digital
- Otro. ¿Cuál? _____.

2.4. Tabulación de datos

Una vez respondidas las encuestas, los datos obtenidos se codificaron con valores numéricos y se tabularon a una hoja de cálculo de Microsoft Excel para formar una matriz de datos, a manera de preparación para el análisis estadístico.

2.4.1. Codificación de respuestas de encuesta dirigida a auxiliares

1. ¿En qué tipo de medio solicita los reportes de laboratorio?
Impreso = 1, Digital = 2, Ambos = 3, Otro = 4.
2. ¿En dónde califica la mayoría reportes de laboratorio?
Universidad = 1, Casa = 2, Otro = 3.
3. ¿Tiene computadora de escritorio en su casa?
Si = 1, No = 0.
4. ¿Tiene computadora portátil?
Si = 1, No = 0.
5. ¿Cuenta con conexión a internet en su casa?
Sí = 1, No = 0.
6. ¿Qué nivel de conocimientos en computación considera tener?
Nulo = 1, Principiante = 2, Intermedio = 3, Avanzado = 4.
7. ¿Qué sistema de gestión de contenidos ha utilizado con anterioridad?
Escribió el nombre de un software que sí es un sistema de gestión de contenidos (Si) = 1, Escribió el nombre de un software que no es un sistema de gestión de contenidos (Cree saber) = 2, Ninguno = 3, Desconozco qué es un sistema de gestión de contenidos = 4.

2.4.2. Codificación de respuestas de encuesta dirigida a estudiantes

1. ¿En qué tipo de medio le solicitan los reportes de laboratorio?
Impreso = 1, Digital = 2, Ambos = 3, Otro = 4.

3. ¿Entrega los reportes de laboratorio en folder?
Si = 1, No = 0.

4. ¿Entrega los reportes de laboratorio con gancho para folder?
Si = 1, No = 0.

5. ¿En dónde imprime los reportes de laboratorio?
Cibercafé = 1, Fotocopiadora = 2, Casa = 3, Otro = 4

6. ¿Qué tipo de tinta utiliza para imprimir la mayor parte de un reporte de laboratorio?
Negro = 1, Color = 2.

7. ¿En dónde elabora la mayor parte de los reportes de laboratorio?
Universidad = 1, Casa = 2, Otro = 3.

8. ¿Tiene computadora de escritorio en su casa?
Si = 1, No = 0.

9. ¿Tiene computadora portátil?
Si = 1, No = 0.

10. ¿Cuenta con conexión a internet en su casa?

Si = 1, No = 0.

11. ¿Qué nivel de conocimientos en computación considera tener?

Nulo = 1, Principiante = 2, Intermedio = 3, Avanzado = 4.

12. ¿Qué sistema de gestión de contenidos ha utilizado con anterioridad?

Escribió el nombre de un software que sí es un sistema de gestión de contenidos (Si) = 1, Escribió el nombre de un software que no es un sistema de gestión de contenidos (Cree saber) = 2, Ninguno = 3, Desconozco qué es un sistema de gestión de contenidos = 4.

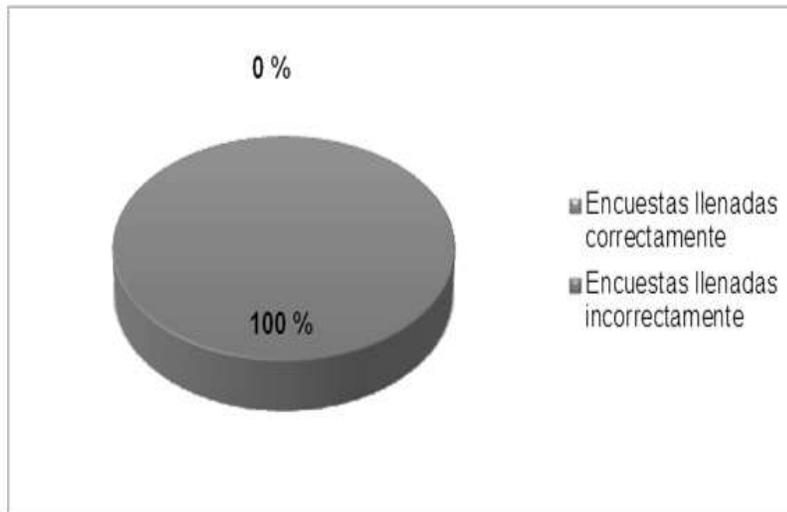
13. ¿Qué tipo de medio preferiría utilizar para la entrega de los reportes de laboratorio?

Impreso = 1, Digital = 2, Ambos = 3, Otro = 4.

2.4.3. Depuración de encuestas dirigidas a auxiliares

Se determinó que era necesario encuestar, como mínimo a un total de 17 auxiliares. Se logró obtener 18 encuestas, que en su totalidad fueron llenadas de forma correcta, por lo que no fue necesario realizar ningún tipo de depuración y las 18 encuestas se tomaron en cuenta para ser analizadas.

Figura 1. **Encuestas llenadas por auxiliares**

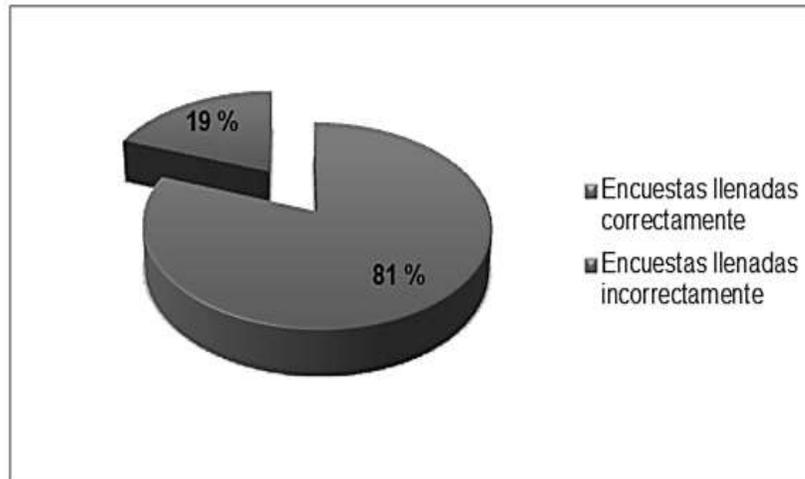


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

2.4.4. Depuración de encuestas dirigidas a estudiantes

Se determinó era necesario encuestar, como mínimo, a un total de n estudiantes. Se logró obtener 495 encuestas, de las cuales, al momento de tabularlas se identificó que 95 tenían algún tipo de error al contestar a alguna pregunta, por lo que finalmente se obtuvo un total de 400 encuestas llenadas correctamente. Estas últimas fueron las únicas que se tomaron en cuenta en el análisis.

Figura 2. Encuestas llenadas por estudiantes



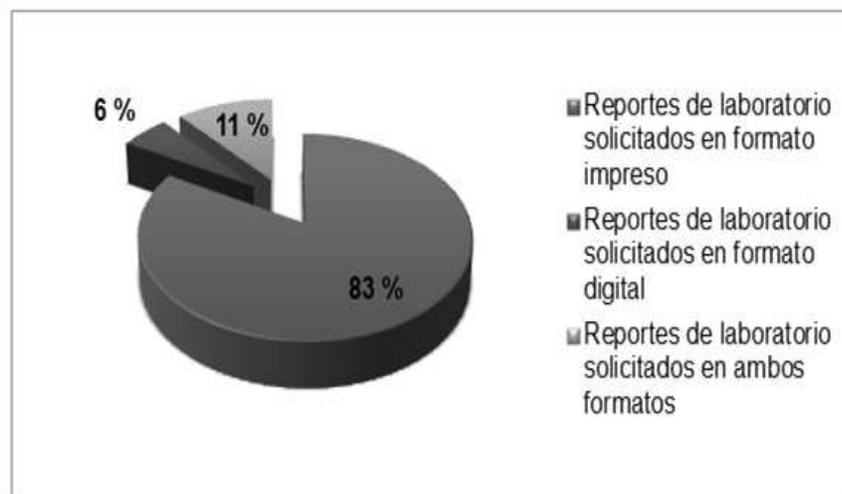
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

3. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

3.1. Análisis de datos y resultados de auxiliares

El 83 por ciento de los auxiliares solicitan los reportes de laboratorio en formato impreso, 11 por ciento en formato digital y 6 por ciento (1 auxiliar) en ambos formatos. Por lo tanto, el 89 por ciento de los auxiliares solicita los reportes en formato impreso.

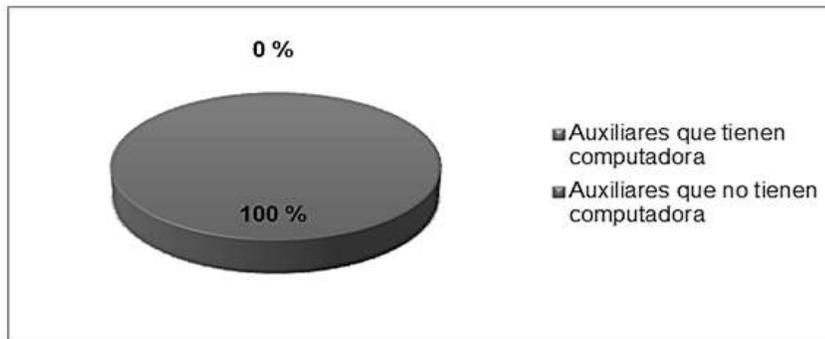
Figura 3. **Formatos en que se solicitan los reportes de laboratorio (según los auxiliares)**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 100 por ciento de los auxiliares cuentan con computadora, ya sea de escritorio o portátil, pero todos poseen este tipo de dispositivo.

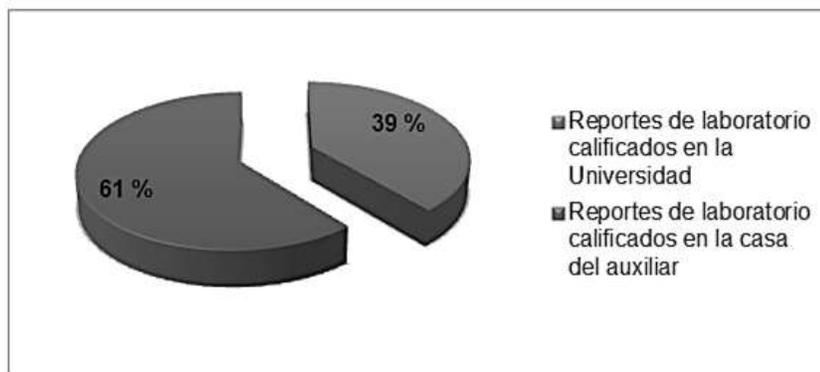
Figura 4. **Computadoras de los auxiliares**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 39 por ciento de los auxiliares califican los reportes de laboratorio en la universidad, mientras que el 61 por ciento lo hacen en su casa. De la totalidad de auxiliares que califican los reportes de laboratorio en su casa, el 100 por ciento cuenta con conexión a internet en dicho lugar.

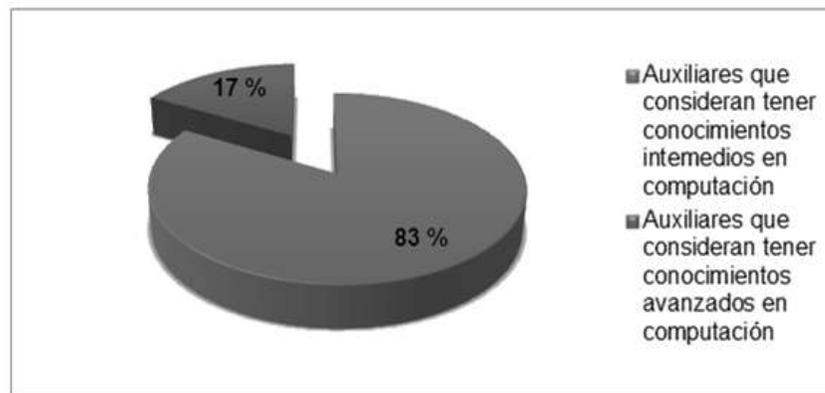
Figura 5. **Lugares donde los auxiliares califican los reportes de laboratorio**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 83 por ciento de los auxiliares consideran tener conocimientos intermedios en computación, mientras el 17 por ciento consideran tener conocimientos avanzados en computación. Por lo tanto, 100 por ciento de los auxiliares consideran tener, como mínimo, conocimientos intermedios en computación.

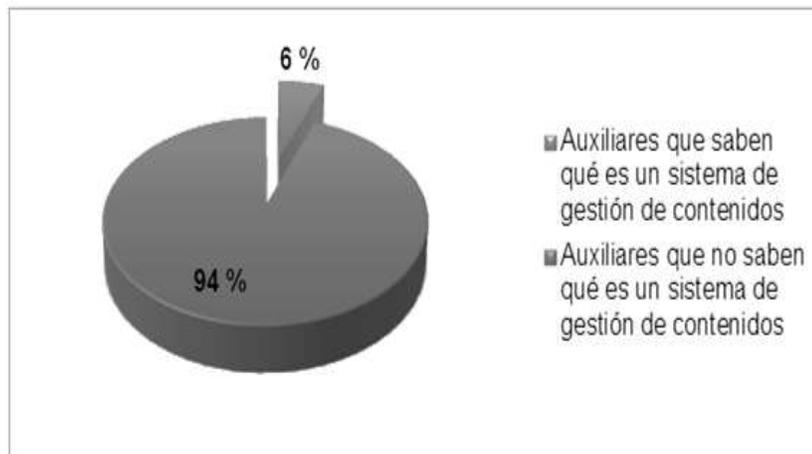
Figura 6. **Conocimientos en computación de los auxiliares**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 6 por ciento de los auxiliares (únicamente 1 auxiliar) sabe que es un sistema de gestión de contenidos, 17 por ciento creen saber, pero en realidad no saben (proporcionaron una respuesta que es incorrecta), 28 por ciento dicen no haber utilizado nunca uno (se asume que no saben qué es) y 50 por ciento de los auxiliares desconoce qué es un sistema de gestión de contenidos. Es decir, el 94 por ciento de los auxiliares no saben qué es un sistema de gestión de contenidos.

Figura 7. **Conocimientos de los auxiliares sobre qué es un sistema de gestión de contenidos**

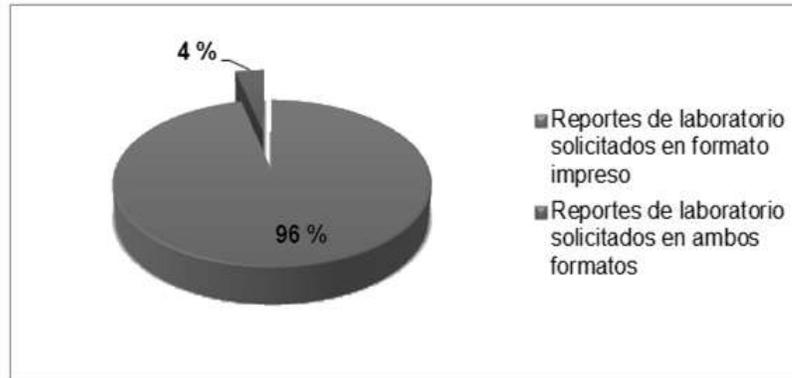


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

3.2. **Análisis de datos y resultados de estudiantes**

Al 96 por ciento de los estudiantes les solicitan los reportes de laboratorio en formato impreso, 4 por ciento en ambos formatos y únicamente a 1 estudiante en formato digital, pero tomando en cuenta que se analizaron 400 encuestas, es un valor que se puede descartar. Por lo tanto, al 100 por ciento de los estudiantes les solicitan los reportes en formato impreso.

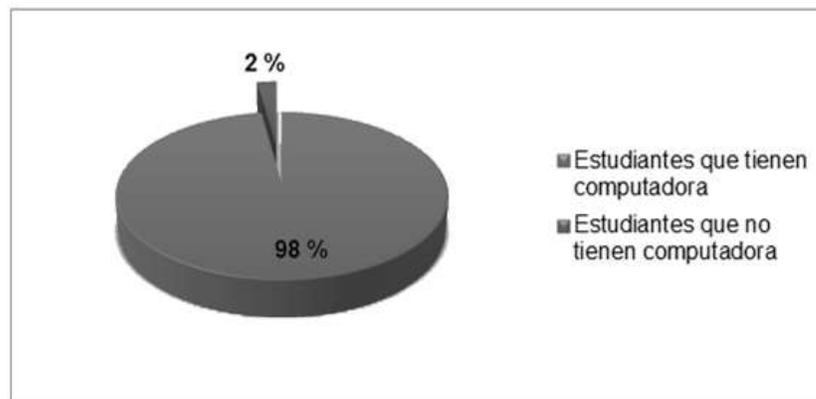
Figura 8. **Formatos en que se solicitan los reportes de laboratorio (según los estudiantes)**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 98 por ciento de los estudiantes cuentan con computadora, ya sea de escritorio o portátil y únicamente 2 por ciento de los estudiantes no poseen este tipo de dispositivo.

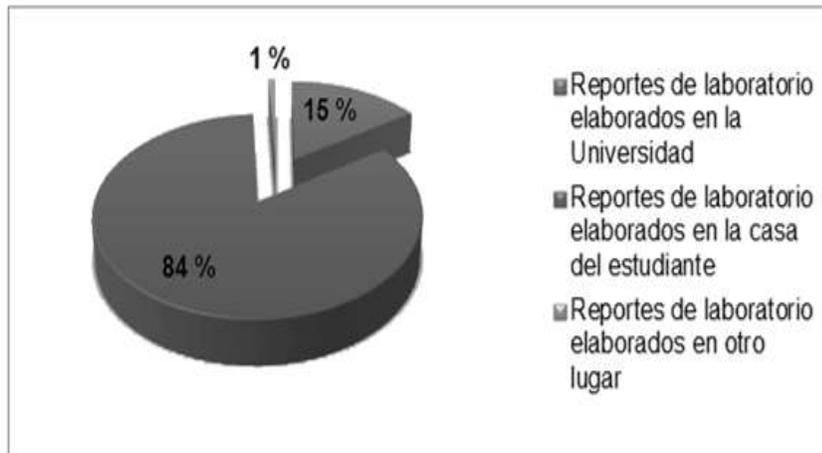
Figura 9. **Computadoras de los estudiantes**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 15 por ciento de los estudiantes elaboran sus reportes de laboratorio en la universidad, 84 por ciento lo hacen en su casa y únicamente un 1 por ciento de estudiantes elaboran sus reportes de laboratorio en otro lugar. De la totalidad de estudiantes que elaboran sus reportes de laboratorio en su casa, el 91 por ciento cuenta con conexión a internet en dicho lugar.

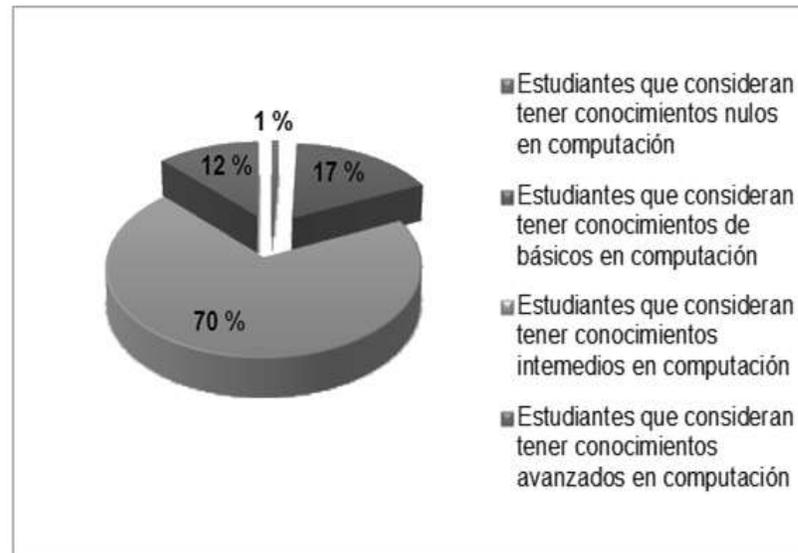
Figura 10. **Lugares donde los estudiantes elaboran sus reportes de laboratorio**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 1 por ciento de los estudiantes consideran tener conocimientos nulos en computación, 17 por ciento consideran tener conocimientos básicos, 70 por ciento conocimientos intermedios y 12 por ciento de los estudiantes consideran tener conocimientos avanzados en computación. Por lo tanto, 82 por ciento de los estudiantes consideran tener, como mínimo, conocimientos intermedios en computación.

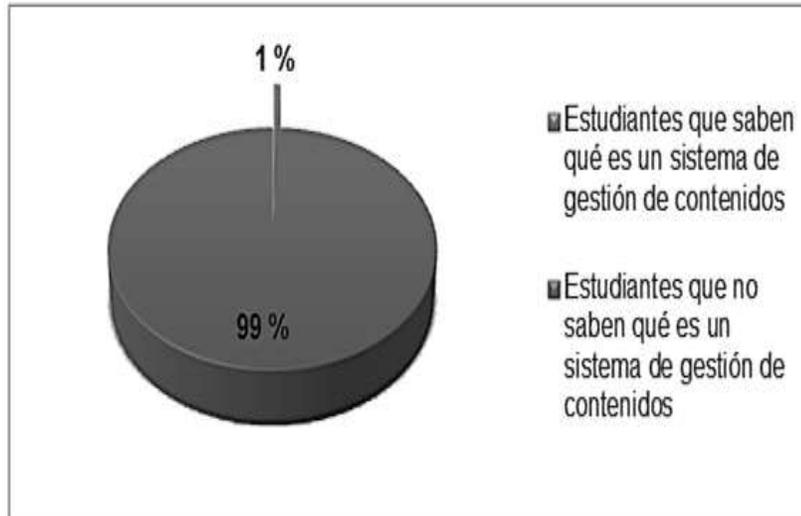
Figura 11. **Conocimientos en computación de los estudiantes**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 1 por ciento de los estudiantes sabe que es un sistema de gestión de contenidos, 13 por ciento creen saber, pero en realidad no saben (proporcionaron una respuesta que es incorrecta), 15 por ciento dicen no haber utilizado nunca uno (se asume que no saben qué es) y 71 por ciento de los estudiantes desconoce qué es un sistema de gestión de contenidos. Es decir, el 99 por ciento de los estudiantes no saben qué es un sistema de gestión de contenidos.

Figura 12. **Conocimientos de los estudiantes sobre qué es un sistema de gestión de contenidos**

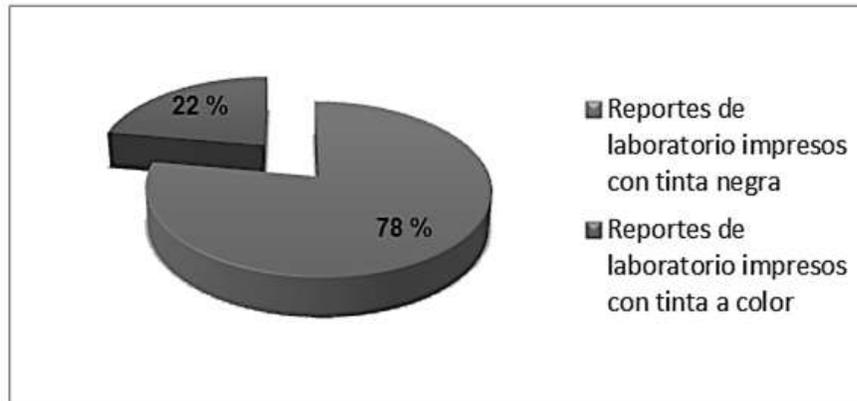


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Cuando se preguntó a los estudiantes sobre cuántas hojas utilizaban en la elaboración de un reporte de laboratorio, muchos no proporcionaron un valor numérico único, sino un intervalo de valores. En los casos que la respuesta fue un valor único, dicho valor fue utilizado en la matriz de datos, mientras que en los casos que la respuesta fue un intervalo, se utilizó el promedio de los valores proporcionados en la matriz de datos. El promedio de hojas que utilizan los estudiantes para elaborar un reporte de laboratorio es 5, con una desviación estándar de 5.

El 78 por ciento de los estudiantes utilizan tinta negra para imprimir sus reportes de laboratorio, mientras el 22 por ciento utiliza tinta a color.

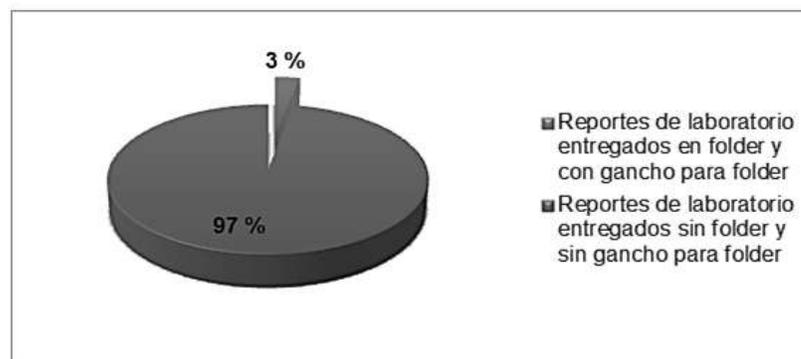
Figura 13. **Tipo de tinta utilizada para imprimir los reportes de laboratorio**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 3 por ciento de los estudiantes entregan sus reportes de laboratorio en folder, 4 por ciento de los estudiantes los entregan con gancho para folder. Mientras que 3 por ciento de los estudiantes los entregan con folder y gancho.

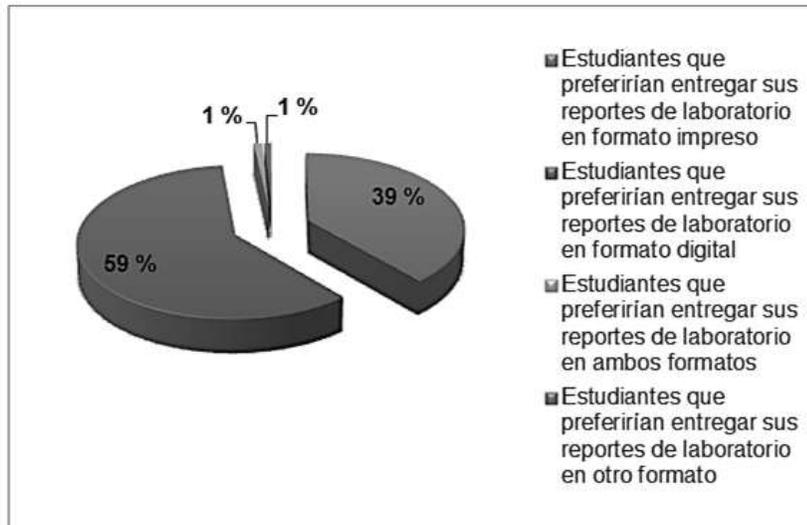
Figura 14. **Folder y gancho en los reportes de laboratorio**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

El 39 por ciento de los estudiantes preferirían entregar sus reportes de laboratorio en formato impreso, 59 por ciento preferiría entregar en formato digital, solamente 1 por ciento preferiría en ambos formatos y únicamente 1 por ciento preferiría entregarlos en otro formato.

Figura 15. **Formatos en que los estudiantes preferirían entregar sus reportes de laboratorio**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

3.3. **Impacto ambiental y económico en la entrega de reportes de laboratorio**

A manera de puntualizar en un valor numérico, el cálculo del impacto ambiental se realizará tomando como medida la cantidad de árboles talados y el impacto económico, se realizará tomando como medida la cantidad de dinero en quetzales.

3.3.1. Impacto ambiental y económico de elaborar reportes de laboratorio en forma impresa

- En promedio, cada reporte de laboratorio es elaborado en 5 hojas.
- Se deben elaborar 6 prácticas al cursar un Laboratorio de Física.
- El número de estudiantes que se asignaron a los laboratorios de Física Básica, Física 1 y Física 2 durante el segundo semestre del 2014 asciende a 1 810.
- Solamente 22 por ciento de los estudiantes imprimen sus reportes de laboratorio utilizando tinta a color. El resto lo hace utilizando tinta negra, por lo que la estimación del impacto económico de entregar reportes en formato impreso se hará con tinta negra. En la gran mayoría de cibercafés y fotocopiadoras ubicadas dentro del campus universitario de la zona 12, el costo de imprimir una hoja utilizando tinta negra es de Q 0,50.
- Únicamente 3 por ciento de los estudiantes entregan sus reportes de laboratorio en folder y utilizan gancho para folder, por lo que el impacto ambiental y económico de estos 2 objetos no será tomado en cuenta.
- De un árbol promedio se obtienen, aproximadamente 8 333 hojas de papel bond.

Tomando en cuenta los datos anteriores, se procede a calcular el impacto ambiental que se originó, debido a que los estudiantes cursarán los laboratorios de las asignaturas Física Básica, Física 1 y Física 2 durante el 2do semestre del 2014. Dicho impacto se medirá a través de la cantidad de árboles que fueron necesarios para que los estudiantes entregaran sus reportes de laboratorio en formato impreso.

$$\text{Cantidad de árboles} = \frac{5 \text{ hojas} * 6 \text{ prácticas} * 1\,810 \text{ estudiantes}}{8\,333 \text{ hojas por árbol}}$$

$$\text{Cantidad de árboles} = 6,52 \cong 7$$

Respecto al impacto económico, se procede a calcular la cantidad de dinero que gastó cada estudiante al cursar un laboratorio y la cantidad de dinero total, que gastaron todos los estudiantes que cursaron los laboratorios de las asignaturas Física Básica, Física 1 y Física 2 durante el 2do semestre del 2014.

$$\text{Cantidad de dinero por estudiante} = 5 \text{ hojas} * 6 \text{ prácticas} * Q\,0,50 \text{ por hoja}$$

$$\text{Cantidad de dinero por estudiante} = Q\,15,00$$

$$\text{Cantidad de dinero total} = Q\,15,00 * 1\,810 \text{ estudiantes}$$

$$\text{Cantidad de dinero total} = Q\,27\,150,00$$

3.3.2. Impacto ambiental y económico de elaborar reportes de laboratorio en un formato digital y presentarlos por medio de un sistema de software

El Departamento de Física cuenta con un servidor con sistema operativo Fedora que se utiliza para almacenar archivos, alojar las páginas web correspondientes a la carrera de Licenciatura en Física aplicada y alojar su servidor de correo electrónico.

Tomando en cuenta que el servidor se mantiene encendido las 24 horas del día, los 365 días del año y va a alojar al sistema de software para el envío y

recepción de reportes de laboratorio en formato digital, no se incurre en ningún gasto adicional de recursos energéticos, ni de dinero, por lo que el impacto de implementarlo en dicho servidor, tanto ambiental como económico asciende a 0 árboles y Q 0,00 respectivamente.

4. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SOFTWARE LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA

Como parte del presente trabajo de graduación y para que exista una alternativa que permita la entrega de reportes de laboratorio en formato digital, por medio de un sistema de software, se plantea el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de software para la asignación a laboratorios y gestión de reportes de laboratorio, el cual recibe el nombre de Laboratorio Virtual de Física.

4.1. Problemática actual para la implementación de un sistema de software en el Departamento de Física

En el Departamento de Física no existe un sistema de software que permita la asignación a laboratorios por parte de los estudiantes, ni gestión de reportes de laboratorio. Como consecuencia de lo anterior, no se cuenta con la arquitectura adecuada y necesaria para configurar un sistema de software. Adicionalmente, los auxiliares y estudiantes no están acostumbrados a que las tecnologías de la información intervengan en los procesos mencionados anteriormente.

4.2. Metodología de desarrollo de software

Luego de algunas reuniones con el Ing. Walter Álvarez, coordinador de laboratorios del Departamento de Física, se conoció aún más sobre el problema que se pretendía solucionar con el desarrollo del sistema de software. El equipo de trabajo se reunió para discutir que metodología de desarrollo de software era

la más apropiada. Los planteamientos principales para la elección de dicha metodología fueron:

- Es necesario tener una buena comunicación con el cliente.
- Actualmente no se conocen de manera puntual todos los requerimientos y es probable que surjan cambios y nuevos requerimientos a lo largo del desarrollo del software.
- El equipo de trabajo solamente está conformado por dos personas.
- Va a ser de mucha utilidad contar con una documentación flexible, ordenada, personalizada y dinámica.
- La documentación debe ser de fácil mantenimiento.
- Es necesario aplicar principios de la calidad al software a desarrollar.

Previo a finalizar la reunión se decidió que la metodología más apropiada, según el escenario en el que el equipo de trabajo se encontraba, era la metodología ágil eXtreme Programming (de ahora en adelante XP). Algunas de las razones de dicha decisión fueron:

- La elección de una metodología de software no debe hacerse solo pensando desde el punto de vista del desarrollador y sus intereses, el enfoque principal debe estar en satisfacer los requerimientos del cliente y obtener los mejores estándares de calidad del mismo.
- La metodología XP cumple con todos los planteamientos anteriores y más, adaptándose y siendo la más calificada para este caso considerado por el equipo de trabajo.
- XP no significa no tener que llevar documentación, al contrario tienen una documentación dinámica que permite tener una buena calidad de software.

- XP permite requerimientos cambiantes, aparte de requerimientos que se agregan en cualquier momento del tiempo de ciclo de vida de software.
- La metodología XP permite aprovechar los recursos y principalmente el trabajo en equipo.
- XP contiene un conjunto de mejores prácticas de desarrollo de software para obtener resultados satisfactorios.
- En XP se lleva una buena comunicación con el cliente.

4.3. Fase de exploración

La primera fase de la metodología XP es la exploración, donde se detallan las necesidades del cliente y el diseño del sistema de software a desarrollar.

4.3.1. Historias de usuario

Para conocer la delimitación del sistema y sus requerimientos, se definieron las siguientes historias de usuario:

- Ingresar
- Recuperar contraseña
- Ver perfil
- Cambiar correo electrónico
- Cambiar contraseña
- Crear usuario
- Buscar usuario
- Modificar usuario
- Eliminar usuario
- Crear curso
- Buscar curso

- Modificar curso
- Eliminar curso
- Crear sección
- Buscar sección
- Modificar sección
- Eliminar sección
- Crear horario
- Buscar horario
- Modificar horario
- Eliminar horario
- Crear distribución
- Buscar distribución
- Modificar distribución
- Eliminar distribución
- Crear detalle de distribución
- Buscar detalle de distribución
- Modificar detalle de distribución
- Eliminar detalle de distribución
- Asignar laboratorio
- Ver laboratorio asignado
- Desasignar laboratorio
- Enviar reporte
- Ver reportes enviados
- Descargar reporte
- Eliminar reporte
- Agregar comentario

4.3.2. Calendarización

Se calendarizaron las actividades a realizarse en la implementación del sistema de software, la cual empezó a partir de septiembre del 2014 y finalizó en enero del 2015.

Tabla II. **Calendario de actividades**

Fase	Actividad	Duración (en días)	Fecha inicial	Fecha final
Fase de exploración	Historias de usuario	13	01/09/2014	13/09/2014
	Plan de entregas	2	14/09/2014	15/09/2014
	Herramientas y tecnologías	2	16/09/2014	17/09/2014
	Prácticas	2	18/09/2014	19/09/2014
	Definición de arquitectura	10	20/09/2014	29/10/2014
	Diseño de la arquitectura del sistema	20	30/09/2014	19/10/2014
	Creación de ambiente de pruebas y ambiente de producción	12	20/10/2014	31/10/2014
Fase de planificación	Plan de iteraciones	5	01/11/2014	05/11/2014
	Priorización de historias de usuario	2	06/11/2014	07/11/2014
	Evaluación de incertidumbre y estimación de confianza	2	08/11/2014	09/11/2014

Continuación de la tabla II.

Fase de iteraciones: iteración 1	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de <i>login</i> • Módulo de perfil de usuario • Módulo de usuarios • Módulo de horarios 			
	Implementación de historias de usuario	16	10/11/2014	25/11/2014
	Pruebas de aceptación	1	26/11/2014	26/11/2014
	Pruebas unitarias	1	27/11/2014	27/11/2014
	Pruebas de integración	1	28/11/2014	28/11/2014
	Entrega de historias de usuario	1	29/11/2014	29/11/2014
Fase de iteraciones: iteración 2	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de cursos • Módulo de secciones • Módulo de distribuciones • Módulo de detalle de distribuciones 			
	Implementación de historias de usuario	16	30/11/2014	15/12/2014
	Pruebas de aceptación	1	16/12/2014	16/12/2014
	Pruebas unitarias	1	17/12/2014	17/12/2014
	Pruebas de integración	1	18/12/2014	18/12/2014
	Entrega de historias de usuario	1	19/12/2014	19/12/2014

Continuación de la tabla II.

Fase de iteraciones: iteración 3	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de asignación • Módulo de envío de reportes 			
	Implementación de historias de usuario	12	20/12/2015	31/12/2015
	Pruebas de aceptación	1	01/01/2015	01/01/2015
	Pruebas unitarias	1	02/01/2015	02/01/2015
	Pruebas de integración	1	03/01/2015	03/01/2015
	Entrega de historias de usuario	1	04/01/2015	04/01/2015
Fase de iteraciones: iteración 4	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de descarga de reportes y comentarios 			
	Implementación de historias de usuario	12	05/01/2015	16/01/2015
	Pruebas de aceptación	1	17/11/2015	17/11/2015
	Pruebas unitarias	1	18/11/2015	18/11/2015
	Pruebas de integración	1	19/11/2015	19/11/2015
	Entrega de historias de usuario	1	20/11/2015	20/11/2015
Fase de producción	Pruebas operativas	3	21/01/2015	23/01/2015
	Corrección de errores finales	3	24/01/2015	26/01/2015
	Entrega final	Definido por el Departamento de Física		
	Capacitación	Definido por el Departamento de Física		

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Arquitectura del sistema

Las principales restricciones del sistema son:

- Debe ser una aplicación web con alta concurrencia y permitir la carga de archivos en formato PDF.
- Para el desarrollo e implementación del sistema se tiene una fecha establecida, así como cada entrega según la metodología.
- Existe una delimitación específica de los módulos que forman parte del sistema y su contenido.
- Como motor de Base de Datos se utilizará a PostgreSQL. Siendo necesaria la arquitectura adecuada para su correcto funcionamiento según la versión utilizada.
- El lenguaje de programación a utilizar es Java.
- El sistema deberá ser compatible con los navegadores Internet Explorer, Mozilla Firefox y Google Chrome.

4.3.4. Tecnologías y herramientas de software

Se hará uso de las siguientes tecnologías y herramientas de software:

- Sistema Operativo Debían, en la versión Debian GNU/Linux 7 wheezy. Debido a la capacidad, estabilidad y rendimiento es elegido como el Sistema Operativo.
- Java 8, en la versión 1.8.0_20-b26 es utilizado como lenguaje de programación. Es un lenguaje robusto, que provee el potencial de un alto nivel para desarrollo de aplicaciones. Existen muchos *frameworks* que se pueden utilizar basados en este lenguaje y es compatible con otros lenguajes de programación.

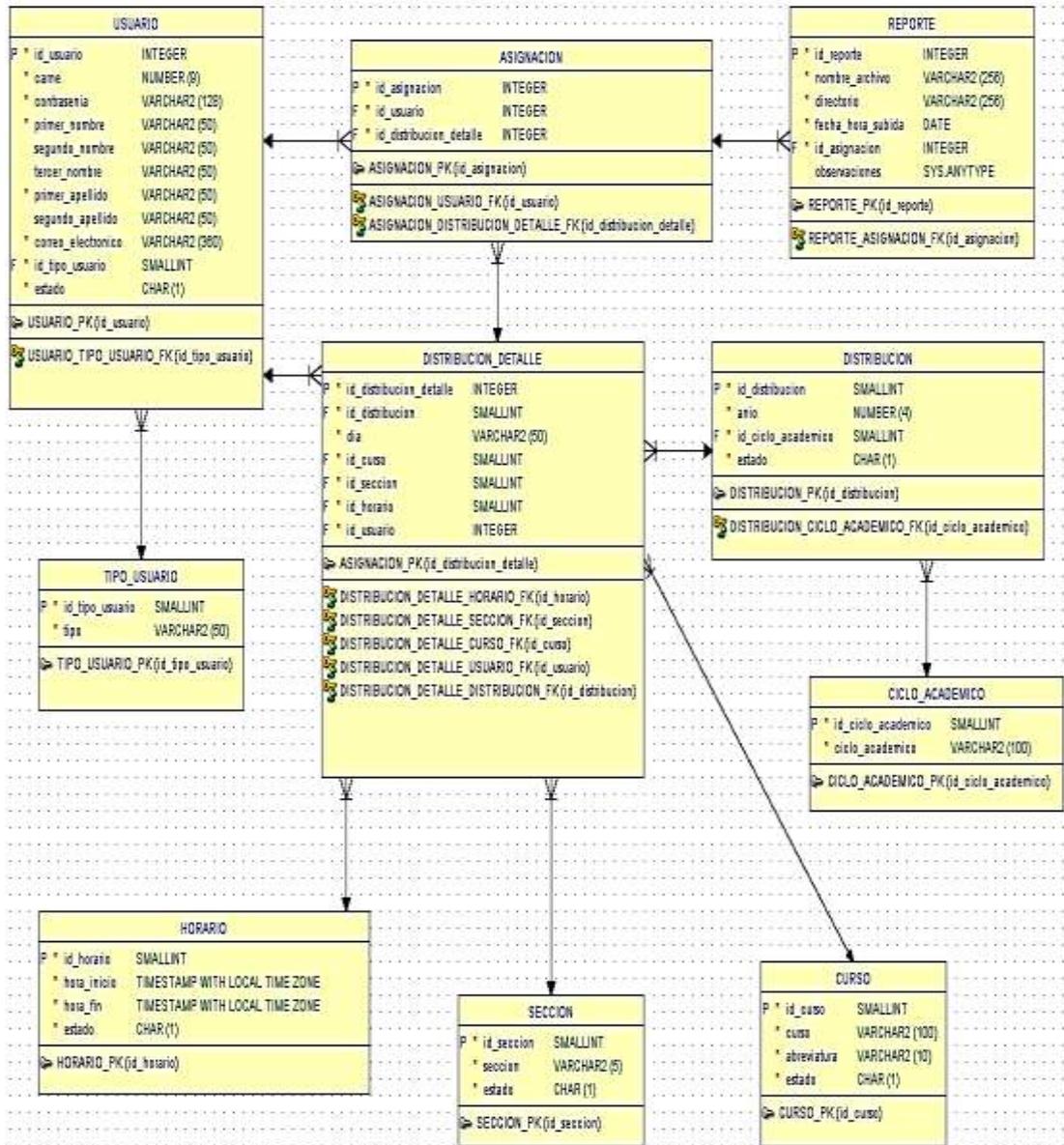
- Apache Tomcat, en la versión 8.0.9.0 es utilizado como servidor de aplicaciones.
- Java Server Faces (JSF), en la versión 2.2.8-01 es utilizada para el manejo de la interfaz de usuario.
- Primefaces cuenta con una gran cantidad de componentes para el diseño de páginas web, que facilitan la programación, abstracción y además muchas funcionalidades para darle más valor agregado a las aplicaciones. Considerado uno de los mejores *frameworks* de este tipo en la actualidad, del cual se utiliza la versión 5.0.
- Enterprise Java Beans será utilizado como un contenedor de aplicaciones que responde a diferentes peticiones del lado del servidor.
- Spring Frameworks permite definir una arquitectura con los conceptos de programación como son: la inversión de control e inyección de dependencias. Es utilizada en la versión 4.1.0.
- Hibernate Framework en la versión 4.0.5.Final, es utilizada para mapeo de objetos relacionales a objetos de clases. Permiten tener transparencia independientemente de la base de datos utilizada, control de concurrencia, manejo de operaciones, lenguaje nativo SQL, como un propio lenguaje de SQL por medio de clases, y algunos otros más.
- Netbeans es un entorno para lenguajes de programación, permite al desarrollador un sin número de funcionalidades para el desarrollo. Es utilizada la versión 8.0.1
- Maven se utiliza para manejo de librerías, paquetes y sus dependencias.
- PostgreSQL como sistema gestor de base de datos se utiliza PostgreSQL en su versión PostgreSQL 9.3.5. Este provee la capacidad de muchas funcionalidades bajo los estándares de bases de datos relacionales.
- pgAdminIII, herramientas de administración visual para gestor de base de datos. Se utiliza la versión 1.18.1

4.3.5. Modelo entidad relación

A continuación se detallan las fases para la construcción del modelo entidad relación del sistema.

- Toma de requerimientos: conceptualización de ideas para el modelado de negocio, basado en los requerimientos.
- Definición de una arquitectura temprana: conceptualización de posibles tablas y análisis de cuales tablas deberían forma parte del modelo entidad relación. Se definió a PostgreSQL como el Sistema Gestor de Base de Datos.
- Modelado de datos: a continuación se detallan las entidades que se lograron identificar.
 - Usuario
 - Tipo de usuario
 - Horario
 - Curso
 - Sección
 - Ciclo académico
 - Distribución
 - Distribución detalle
 - Asignación
 - Reporte
- Modelo entidad relación: este se obtiene de un mapeo del modelado de datos, tomando en cuenta la sintaxis del Sistema Gestor de Base de Datos, y aplicando los estándares para Base de Datos Relacional.

Figura 16. Diagrama entidad relación



Fuente: elaboración propia, con programa Oracle SQL Developer Data Modeler.

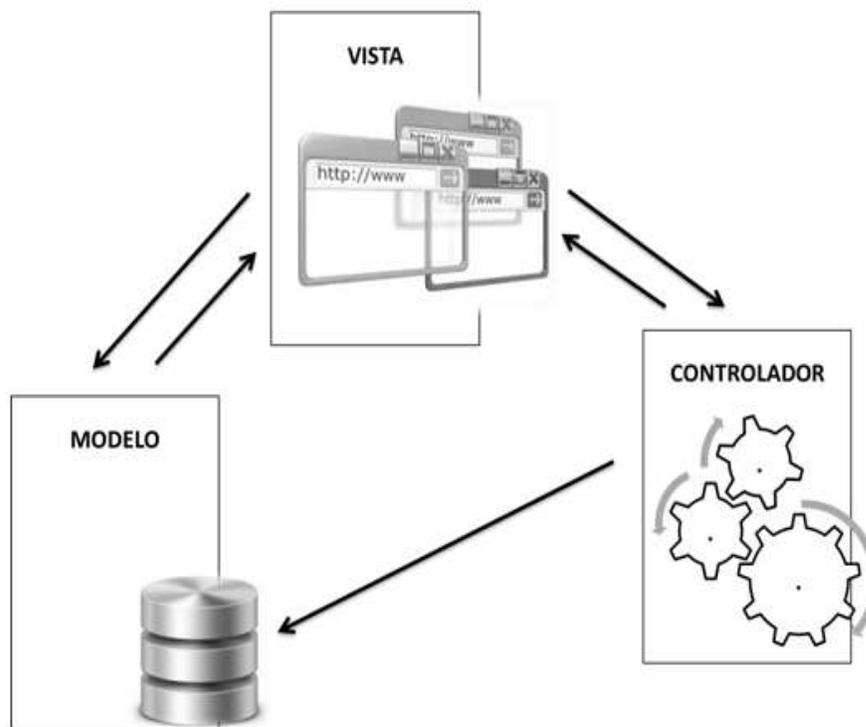
4.3.6. Módulos del sistema

- Módulo de ingreso: encargado del ingreso y la seguridad del sistema.
- Módulo de usuarios: encargado de toda la información personal de los usuarios.
- Módulo de perfil de usuario: encargado de mostrar al usuario que ingreso al sistema, sus datos personales. Permite cambiar su correo electrónico y su contraseña.
- Módulo de horarios: encargado del registro de los diferentes horarios en que se imparte un laboratorio.
- Módulo de cursos: encargado del registro de los cursos que tienen laboratorio.
- Módulo de secciones: encargado del registro de las diferentes secciones que tiene un laboratorio.
- Módulo de distribuciones: encargado de las diferentes distribuciones que son creadas para llevar control del año y ciclo actual de laboratorio.
- Módulo de detalle de distribuciones: encargado del detalle de una distribución, este detalle contiene los datos de un laboratorio impartido por un auxiliar.
- Módulo de asignación: encargado de las asignaciones de los estudiantes.
- Módulo de envío de reportes: encargado de recibir los reportes de laboratorio.
- Módulo de descarga de reportes y comentarios: encargado de la descarga de reportes que tienen a su cargo los auxiliares, y las observaciones que estos realizan a los reportes.

4.3.7. Arquitectura de software

Se hará uso del patrón de arquitectura de software Modelo Vista Controlador, que separa la interfaz de usuario, la lógica del negocio y los datos.

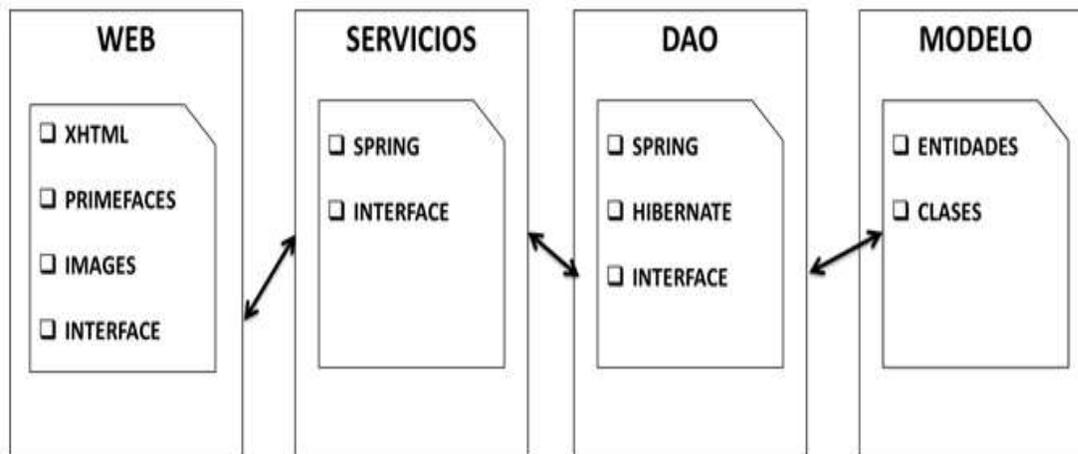
Figura 17. **Modelo Vista Controlador (MVC)**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Power Point.

Dentro del Modelo Vista Controlador, la comunicación de clases del sistema será de la siguiente forma, como se presenta en la figura 18.

Figura 18. **Comunicación entre clases del sistema**



Fuente: elaboración propia.

4.4. Fase de planificación

La segunda fase de la metodología XP es la planificación, donde se definen con más detalle que en la exploración cómo se van a trabajar las historias de usuario, se define quién es el cliente y quiénes conforman el equipo de trabajo.

4.4.1. *Release planning*

Se realizó un resumen de lo más importante y sobresaliente de las diferentes reuniones. Se definieron los siguientes puntos:

- Definir y sociabilizar las historias de usuario.
- Definir la prioridad en negocio para las historias de usuario.

- Definir las historias de usuario que son más importantes por cada *release*.
- Definir la fecha de entrega para los *releases*.

4.4.2. Cliente

Los clientes son el Ing. Walter Álvarez, coordinador de laboratorios del Departamento de Física, y los auxiliares que imparten los laboratorios de las asignaturas de Física Básica, Física 1 y Física 2.

4.4.3. Equipo de desarrollo

El equipo de desarrollo del sistema a implementar en el Departamento de Física está conformado por Silvia Cruz y Carlos Valdez.

4.4.4. Plan de iteraciones

El cliente conjuntamente con el equipo de desarrollo definió las historias de usuario, las cuales delimitan el sistema. Se realizó con las estimaciones de cada historia de usuario, lo cual se acordó con la realización de cuatro *releases*, los cuales se detallan junto con sus fechas y su duración en la tabla III a continuación.

Tabla III. **Plan de iteraciones**

Iteración	Fecha	Duración (días)
Iteración 1 <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de ingreso • Módulo de perfil de usuario • Módulo de usuarios • Módulo de horarios 	29/11/2014	20
Iteración 2 <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de cursos • Módulo de secciones • Módulo de distribuciones • Módulo de detalle de distribuciones 	19/12/2014	20
Iteración 3 <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de asignación • Módulo de envío de reportes 	04/01/2015	16
Iteración 4 <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de descarga de reportes y comentarios • Pruebas y correcciones finales 	20/11/2015	16

Fuente: elaboración propia.

Para dar prioridad en negocio a las historias de usuario se elaboró una matriz de valor-riesgo, donde las prioridades se representan así:

- Alta = 3 puntos
- Media = 2 puntos
- Baja = 1 punto

Tabla IV. **Matriz valor-riesgo**

Historia de Usuario		Puntos		Puntos	
	Prioridad en negocio: (Alta / Media / Baja)	(1,2,3)	Riesgo en desarrollo: (Alto / Medio / Bajo)	(1,2,3)	Pts.
Registrarse	Alta	3	Alto	3	6
Recuperar contraseña	Alta	3	Alto	3	6
Ver datos del perfil	Baja	1	Bajo	1	2
Cambiar la dirección de correo electrónico	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar la contraseña	Alta	3	Alto	3	6
Crear un usuario	Alta	3	Alto	3	6
Buscar los datos de usuarios	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos de un usuario	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos de un usuario	Alta	3	Alto	3	6
Borrar un usuario	Alta	3	Alto	3	6
Crear un horario	Alta	3	Alto	3	6
Buscar los datos de horarios	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos de un horario	Alta	3	Alto	3	6
Borrar un horario	Alta	3	Alto	3	6
Crear un curso	Alta	3	Alto	3	6
Buscar los datos de cursos	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos de un curso	Alta	3	Alto	3	6

Continuación de la tabla IV.

Borrar un curso	Alta	3	Alto	3	6
Crear una sección	Alta	3	Alto	3	6
Buscar los datos de una sección	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos de una sección	Alta	3	Alto	3	6
Borrar una sección	Alta	3	Alto	3	6
Crear una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Buscar los datos de una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos de una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Borrar una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Crear el detalle de una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Buscar los datos del detalle de una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Cambiar los datos del detalle de una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Borrar el detalle de una distribución	Alta	3	Alto	3	6
Asignarme al laboratorio de un curso	Alta	3	Medio	2	5
Desasignarme del laboratorio de un curso	Alta	3	Medio	2	5
Ver cursos asignados	Alta	3	Medio	2	5
Enviar reporte de laboratorio	Alta	3	Medio	2	5

Fuente: elaboración propia.

4.4.5. Historias del usuario y *releases*

- *Release*: 1
Fecha entrega: 29/11/2014
Número de historias de usuario a entregar: 14

Tabla V. Lista de historias de usuario del *release* 1

Nombre de historia	Estimación (días)
1. Registrarse	2
2. Recuperar contraseña	1
3. Ver datos del perfil	1
4. Cambiar la dirección de correo electrónico	1
5. Cambiar la contraseña	1
6. Crear un usuario	2
7. Buscar los datos de usuarios	1
8. Cambiar los datos de usuario	2
9. Borrar un usuario	1
10. Crear un horario	1
11. Buscar los datos de horarios	1
12. Cambiar los datos de un horario	1
13. Borrar un horario	1

Fuente: elaboración propia.

- *Release: 2*
 Fecha entrega: 19/12/2014
 Número de historias de usuario a entregar: 16

Tabla VI. **Lista de historias de usuario del *release 2***

	Nombre de historia	Estimación (días)
1.	Crear un curso	1
2.	Buscar los datos de cursos	1
3.	Cambiar los datos de un curso	1
4.	Borrar un curso	1
5.	Crear una sección	1
6.	Buscar los datos de una sección	1
7.	Cambiar los datos de una sección	1
8.	Borrar una sección	1
9.	Crear una distribución	1
10.	Buscar los datos de una distribución	1
11.	Cambiar los datos de una distribución	1
12.	Borrar una distribución	1
13.	Crear el detalle de una distribución	1
14.	Buscar los datos del detalle de una distribución	1
15.	Cambiar los datos del detalle de una distribución	1
16.	Borrar el detalle de una distribución	1

Fuente: elaboración propia.

- *Release: 3*
Fecha entrega: 04/01/2015
Número de historias de usuario a entregar: 2

Tabla VII. **Lista de historias de usuario del *release 3***

Nombre de historia	Estimación (días)
1. Asignarme al laboratorio de un curso	6
2. Desasignarme del laboratorio de un curso	6

Fuente: elaboración propia.

- *Release: 4*
Fecha entrega: 20/01/2015
Número de historias de usuario a entregar: 2

Tabla VIII. **Lista de historias de usuario del *release 4***

Nombre de historia	Estimación (días)
Ver cursos asignados	6
Enviar reporte de laboratorio	6

Fuente: elaboración propia.

4.4.6. Velocidad del proyecto

A continuación se presenta una estimación de los días que va a requerir cada iteración del desarrollo del software y cuantas historias de usuario van a ser abarcadas.

Tabla IX. **Velocidad del proyecto**

Descripción	Iteración 1	Iteración 2	Iteración 3	Iteración 4
Días	16	16	12	12
Historias de usuario	14	16	2	2

Fuente: elaboración propia.

4.5. Fase de iteraciones

La tercera fase de la metodología XP es de iteraciones, donde se detalla como el equipo de trabajo va a trabajando cada iteración, incluyendo sus pruebas respectivas.

4.5.1. Distribución de las historias de usuario

El equipo de programación está conformado de dos personas. Siguiendo la metodología XP de programación en parejas, todas las historias de usuario serán desarrolladas y son responsabilidad de este equipo de programación.

4.5.1. Criterios de aprobación

A continuación se detallan algunas pruebas de aceptación y la plantilla utilizada.

Tabla X. **Algunas pruebas de aceptación**

Historia de usuario	Criterio de aprobación
Registrarse	Al registrarse con el usuario y contraseña. Equivocarse debe mostrar un mensaje específico.
Registrarse	Al registrarse con el usuario y contraseña. Si las credenciales son correctas debe ingresar a las opciones según su perfil.
Recuperar contraseña	Al recuperar la contraseña debe ser enviada al correo electrónico
Crear un usuario	Al crear un usuario muestre un mensaje que confirme su creación.
Asignarme	Al asignarme un curso muestre un mensaje que confirme la asignación.

Fuente: elaboración propia.

4.5.3. Pruebas de aceptación, unitarias y de integración

Se realizaron diferentes pruebas en cada una de las iteraciones, en la tabla XI se detallan algunas y su formato.

Tabla XI. **Algunas pruebas de las iteraciones**

Historia de usuario	Información de prueba	Núm. de pruebas mínimas	Resultado
Registrarse	Carné, contraseña	15	Aceptada
Ver perfil		10	No aceptada Falta mostrar un dato importante
Crear un usuario	Nombre del curso, abreviatura del curso, estado del curso	25	Aceptada
Eliminar un curso		10	No aceptada Falta recargar los datos cuando se elimina.
Buscar un usuario	Nombre o carné	15	Aceptada

Fuente: elaboración propia.

4.6. Fase de producción

La cuarta fase de la metodología XP es la de producción, donde el software es puesto a funcionar y el cliente determina si este cumple con sus expectativas.

4.6.1. Aceptación

Se programan reuniones para la entrega de sistema con el Departamento de Física, en las cuales se muestra el producto final y se hace entrega oficial del sitio web y todos los entregables correspondientes.

4.6.2. Capacitación

Se realizan varias capacitaciones a los diferentes usuarios del sistema, para sociabilizarlo y facilitar su uso.

4.6.3. Soporte y ayuda

Durante el tiempo de prueba que sea acordado entre el cliente y el equipo de desarrollo, este empieza al estar en producción. Se brindará el soporte técnico y la ayuda correspondiente dentro de los límites del mismo.

4.6.4. Sistema en producción

Algunas pantallas del sistema Laboratorio Virtual de Física pueden apreciarse a continuación. La primera es la de ingreso y la segunda corresponde a la de la administración de usuarios.

Figura 19. Pantalla de ingreso al sistema



The screenshot shows the login interface for the 'LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA'. At the top left, there is a logo for 'FIUSAC INSTITUTO DE INVESTIGACIONES' and a globe icon. The top right corner displays the text 'LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA'. Below the header, there is a section titled 'INGRESO'. The main area contains two input fields: 'Carné' and 'Contraseña'. Below these fields is a blue button labeled 'INGRESAR'. At the bottom of the form, there is a link labeled 'RECUPERAR CONTRASEÑA'.

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Pantalla de administración de usuarios

ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS

Carné o nombre

ID	Carné	Primer nombre	Segundo nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Correo electrónico	Tipo	Estado	Modificar	Eliminar	Cambiar Contraseña
10	200412885	Jhon	Vladimir	Granados	Calderón	jhonaltog@gmail.com	Auxiliar	Activo			
11	200418294	Shai	Alberto	Chilin	Bolaños	shaichilin@gmail.com	Auxiliar	Activo			
12	200511223	Manuel	Enrique	Oquendo	Mayorga	memeoquendo@gmail.c	Auxiliar	Activo			
14	200511851	Andrea	Isabel	Marroquin	Guzmán	aimq86@gmail.com	Auxiliar	Activo			
13	200511951	Jorge	Rodrigo	Rednos	Diéguez	jrednos@gmail.com	Auxiliar	Activo			
1	200512124	Carlos	Jorge	Valdez	Bautista	cvaldez1301@gmail.com	Administrac	Activo			

Carlos

Inicio

Salir

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La totalidad de auxiliares y el 89 por ciento de los estudiantes consideran tener, como mínimo, conocimientos intermedios en computación. Además, los exámenes de admisión, debido a los temas que evalúan, garantizan que las personas que ingresan a la Facultad de Ingeniería tengan una buena noción sobre Microsoft Windows, Microsoft Office e Internet. Por lo anterior se concluye que los auxiliares que imparten los laboratorios de física y los estudiantes que los cursan tiene conocimientos suficientes para poder utilizar un sistema web de software sin mayores inconvenientes.
2. La totalidad de estudiantes entregan reportes de laboratorio impresos.
3. La opinión respecto a la entrega de reportes de laboratorio en formato impreso o en formato digital está dividida. Treinta y nueve por ciento de los estudiantes prefieren el uso de papel, mientras 59 por ciento prefieren un formato digital. No es posible concluir de forma contundente sobre en qué formato prefieren los estudiantes entregar sus reportes de laboratorio.
4. El 98 por ciento de los estudiantes cuentan con computadora, ya sea portátil o de escritorio y el 89 ciento de los estudiantes tienen conexión a internet en su casa. Este dato puede ser de utilidad en futuras investigaciones de diversos temas.

5. El impacto ambiental total debido al uso de papel para la elaboración de reportes de laboratorio en el 2do semestre del 2014, es de 7 árboles y el impacto económico total es de Q 27 150,00.

RECOMENDACIONES

1. Exponer a los estudiantes cuantos árboles deben ser talados, para obtener el papel que se utiliza para que todos los que cursan los laboratorios de física en un semestre, puedan presentar sus reportes en papel, a manera justificar el uso del nuevo sistema de software.
2. Para minimizar el impacto de la transición de solicitar los reportes de laboratorio en formato impreso, a solicitarlos en formato digital a través un sistema de software, se recomienda solicitar los reportes en ambos formatos durante al menos un semestre, a manera de plan piloto. Lo anterior permitirá que si la nueva forma de entrega de reportes presenta algún inconveniente, que es necesario refinar a futuro, se cuente con todo el material de la antigua forma de entrega y no existe ningún problema en la calificación de reportes y manejo de las notas del laboratorio.
3. Buscar a más estudiantes de Ingeniería en Sistemas de la Universidad de San Carlos, para que realicen su trabajo de tesis o EPS en el sistema de software que se desarrolló, a modo que puedan darle mantenimiento y desarrollar nuevos módulos que aumenten su funcionalidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la investigación*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 2010. 613 p.
2. *How much paper can be made from a tree?* [en línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Tama%C3%B1o_de_la_muestra>. [Consulta: septiembre de 2014].
3. *Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programing (XP)*. [en línea] <http://www.cyta.com.ar/ta0502/b_v5n2a1.htm>. [Consulta: noviembre de 2014].
4. *Prime Faces SHOWCASE* [en línea] <<http://www.primefaces.org/showcase/>>. [Consulta: octubre, noviembre, diciembre de 2014 y enero de 2015].
5. *Programación extrema XP*. [en línea] <http://ingenieriadesoftware.mex.tl/52753_XP---Extreme-Programing.html>. [Consulta: septiembre de 2014].
6. *Tamaño de la muestra*. [en línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Tama%C3%B1o_de_la_muestra>. [Consulta: septiembre de 2014].

7. *Temas a estudiar para aplicar a las pruebas específicas.* [en línea]
<<http://control.primeringreso.ingenieria.usac.edu.gt/temas>>.
[Consulta: octubre de 2014].

APÉNDICES

Apéndice 1. **Matriz de datos de encuesta dirigida a auxiliares**

n	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	1	2	0	1	1	3	4
2	1	1	1	1	1	3	3
3	2	2	1	1	1	3	2
4	1	2	1	1	1	3	4
5	1	1	1	0	0	3	4
6	1	2	1	1	1	3	4
7	3	2	0	1	1	3	4
8	1	2	1	1	1	3	3
9	1	1	1	1	1	4	3
10	1	2	1	1	1	4	4
11	1	1	1	1	1	3	4
12	1	1	1	1	1	3	3
13	3	2	0	1	1	3	2
14	1	1	1	1	1	4	1
15	1	2	1	1	1	3	3
16	1	2	1	1	1	3	2
17	1	2	1	0	1	3	4
18	1	1	1	1	1	3	4

Nota: **n** = número de encuesta, **P1** = pregunta 1, **P2** = pregunta 2, **P3** = pregunta 3, **P4** = pregunta 4, **P5** = pregunta 5, **P6** = pregunta 6 y **P7** = pregunta 7.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Matriz de datos de encuesta dirigida a estudiantes**

n	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
1	3	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	2
2	1	4	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1
3	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
5	3	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
6	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	3	3	1
7	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	1
8	1	5	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	1
9	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
10	1	3	2	2	3	2	2	0	1	0	2	4	1
11	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
12	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
13	1	25	2	2	3	2	1	0	1	1	3	4	1
14	1	20	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
15	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	1
16	1	2	2	2	3	2	1	1	0	1	3	4	1
17	1	4	2	2	3	1	2	1	1	1	2	4	2
18	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
19	1	4	2	2	1	1	1	1	0	0	3	3	2
20	1	4	2	2	3	2	1	1	1	1	4	3	2
21	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
22	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	4	3	2
23	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	3	3	1
24	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	1
25	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	3	3	2
26	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	1
27	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	2
28	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	3	3	2

Continuación del apéndice 2.

29	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	1
30	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1
31	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	1
32	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1
33	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	1
34	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
35	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
36	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	1
37	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	1
38	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
39	1	6	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
40	1	15	2	2	1	2	1	1	1	1	3	4	2
41	1	15	2	2	1	1	2	1	0	1	3	3	2
42	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	2
43	1	6	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
44	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	2
45	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	3	1
46	1	8	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
47	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
48	1	10	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	2
49	1	6	2	2	2	1	1	1	0	1	3	3	2
50	1	10	2	2	3	2	1	1	1	1	4	4	2
51	1	10	2	2	3	1	1	1	0	0	3	4	2
52	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	2
53	1	3	2	2	1	1	1	0	1	1	4	4	2
54	1	5	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	1
55	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
56	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	4	4	2
57	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	2
58	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
59	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	3	3	1
60	1	3	2	2	1	1	1	0	0	0	4	4	2
61	1	3	2	2	1	1	2	0	1	1	3	4	1
62	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
63	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
64	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
65	1	4	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
66	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
67	1	3	2	2	3	2	1	0	1	1	4	4	1

Continuación del apéndice 2.

68	1	4	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
69	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	2
70	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
71	1	3	2	2	2	1	1	1	0	0	3	3	1
72	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	4	3	2
73	1	3	2	2	1	1	1	1	0	0	3	3	1
74	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	2
75	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	2
76	1	7	1	1	1	2	1	1	1	1	4	4	2
77	1	8	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
78	1	9	2	2	1	1	2	0	1	0	3	4	2
79	1	8	1	1	1	2	1	1	1	1	3	4	2
80	1	7	2	2	2	1	1	1	1	1	2	4	2
81	1	7	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
82	1	7	1	1	3	1	1	0	1	1	3	4	2
83	1	5	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	1
84	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	2
85	1	7	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	1
86	1	23	1	1	3	2	1	0	1	1	3	3	1
87	1	35	1	1	1	2	1	0	1	1	2	4	1
88	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
89	1	4	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
90	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
91	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	2
92	1	4	2	2	4	1	1	1	1	1	3	4	2
93	1	3	2	2	1	1	1	1	1	0	3	3	1
94	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	3	4	1
95	1	5	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	1
96	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	1
97	1	5	2	2	3	2	1	1	0	0	3	4	1
98	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
99	1	4	2	2	1	1	2	0	1	1	2	4	2
100	1	4	2	2	1	1	2	1	0	1	2	4	2
101	1	2	2	2	3	1	2	1	1	0	3	4	2
102	1	2	2	2	3	1	1	0	1	0	2	4	1
103	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	1
104	1	5	2	2	1	1	1	1	1	0	3	3	2
105	1	3	2	2	3	2	1	1	0	1	3	4	2
106	1	17	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1

Continuación del apéndice 2.

107	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	2	4	1
108	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	1
109	1	6	2	2	1	1	1	1	1	0	3	4	1
110	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	3	1
111	1	3	2	1	4	1	1	0	1	1	3	4	2
112	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
113	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	1	3	1
114	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	2	3	1
115	1	20	2	2	2	1	1	1	0	1	3	4	2
116	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	1
117	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
118	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
119	1	4	2	2	1	1	2	0	0	1	2	3	2
120	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	4	3	1
121	1	3	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	1
122	1	2	2	2	2	1	1	0	1	1	3	3	1
123	1	17	2	2	1	1	2	0	1	1	3	4	1
124	1	17	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	2
125	1	16	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
126	1	10	1	1	3	2	1	1	0	1	3	3	2
127	1	3	2	2	3	1	2	1	1	1	3	4	2
128	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	2
129	1	3	2	2	1	1	2	1	0	1	3	4	2
130	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	2
131	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	3	4	2
132	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	4	2
133	1	20	1	1	3	1	1	0	1	1	3	4	2
134	1	40	1	1	1	2	1	0	1	1	3	4	1
135	1	6	2	1	1	1	1	0	1	1	3	4	1
136	1	2	2	2	3	1	2	1	0	1	2	4	1
137	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
138	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
139	1	35	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	1
140	1	6	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
141	1	4	2	2	3	1	2	1	1	1	3	4	1
142	1	2	2	2	3	1	1	1	1	0	3	4	1
143	1	6	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	2
144	1	5	2	2	3	1	2	1	1	1	3	4	1
145	1	3	2	2	2	1	1	0	1	1	3	4	1

Continuación del apéndice 2.

146	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
147	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
148	1	2	2	2	3	1	1	1	0	0	3	4	1
149	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
150	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	4	2
151	1	3	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	2
152	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	2
153	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	2
154	1	2	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	1
155	1	4	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	1
156	1	3	2	2	4	1	1	0	1	1	3	4	2
157	1	3	2	2	1	1	1	1	0	1	2	4	1
158	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	4	2
159	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
160	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	3	1
161	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	2
162	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	2
163	1	3	2	2	3	2	2	0	1	1	3	4	2
164	1	2	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	2
165	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	4	4	2
166	1	2	2	2	3	1	2	1	0	0	4	3	1
167	1	2	2	2	3	2	1	1	0	1	3	4	1
168	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
169	1	4	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
170	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
171	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1
172	1	2	2	2	3	2	1	0	1	1	4	3	2
173	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	3	3	2
174	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
175	1	5	2	2	1	2	2	0	1	1	3	4	2
176	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
177	1	3	2	2	1	2	2	1	1	1	3	4	1
178	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	3	3	2
179	1	4	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
180	1	3	2	2	2	2	1	1	1	0	3	4	2
181	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	1
182	1	6	2	2	3	2	1	1	1	1	3	2	4
183	1	16	2	1	1	1	1	0	1	1	3	4	2
184	1	2	2	2	1	1	2	1	0	0	3	4	1

Continuación del apéndice 2.

185	1	15	1	1	3	2	1	1	0	1	3	4	2
186	1	16	2	1	1	1	1	1	1	1	3	4	2
187	1	4	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	1
188	1	3	2	2	1	2	2	0	1	1	3	4	2
189	1	1	2	2	1	1	2	1	0	0	3	4	2
190	1	2	2	2	1	1	2	0	1	1	3	4	2
191	1	20	2	2	2	1	1	1	0	1	3	4	1
192	1	5	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
193	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	1
194	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	3	3	2
195	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	2	3	1
196	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	2
197	1	4	2	2	1	1	2	1	0	1	3	4	2
198	1	3	2	2	2	1	1	0	1	1	2	4	1
199	1	3	2	2	2	2	2	1	1	1	3	4	2
200	1	10	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
201	1	1	2	2	3	1	1	1	1	0	3	4	2
202	1	6	2	2	1	1	2	0	0	0	2	4	1
203	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
204	1	11	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
205	1	7	2	2	1	1	3	1	0	0	2	4	2
206	3	5	2	2	2	1	1	0	1	1	3	4	2
207	1	8	1	1	3	1	2	1	1	1	3	4	2
208	1	7	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1
209	1	13	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
210	1	15	2	2	1	1	1	1	0	0	4	4	1
211	1	4	2	2	3	2	2	0	1	1	3	4	2
212	1	3	2	2	3	1	1	0	1	0	3	4	2
213	3	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	3	2
214	1	30	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
215	1	4	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
216	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	4	4	2
217	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	2
218	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	3	2
219	1	4	2	2	1	2	1	0	1	1	3	4	2
220	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	2
221	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	4	2
222	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	2
223	1	4	2	2	3	1	1	1	1	0	3	4	1

Continuación del apéndice 2.

224	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
225	1	3	2	2	4	1	1	1	1	1	2	4	1
226	1	3	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	1
227	1	2	2	2	1	2	1	1	0	1	3	4	1
228	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	1
229	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	1
230	1	3	2	2	1	1	3	0	1	1	3	2	1
231	1	4	2	2	3	2	1	1	1	1	4	4	3
232	3	2	2	2	3	2	1	1	1	1	3	1	2
233	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	2	2
234	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	2
235	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	2	2	1
236	1	2	2	2	1	1	2	0	1	1	3	2	2
237	1	5	2	2	1	1	1	0	0	0	3	2	2
238	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	2
239	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	4	1
240	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	2	2
241	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	2
242	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	4	2	1
243	1	3	2	2	3	1	2	1	1	1	3	2	1
244	1	3	2	2	3	1	2	1	1	1	2	2	2
245	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	3	2	2
246	1	6	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	1
247	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	4	2	2
248	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	4	4	2
249	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	1
250	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	3	2	2
251	1	2	2	2	3	1	2	1	0	0	2	4	2
252	1	5	2	2	1	1	1	1	1	1	3	2	2
253	1	5	2	2	1	2	1	1	0	0	3	2	2
254	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	2	1
255	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	2
256	1	4	2	2	3	1	1	0	1	1	4	2	2
257	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	2
258	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	3	2	2
259	1	5	2	2	1	1	2	1	1	1	4	2	1
260	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	3	2	2
261	1	4	2	2	1	1	2	1	0	1	3	2	2
262	1	6	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	2

Continuación del apéndice 2.

263	1	3	2	2	4	1	1	1	1	1	3	4	2
264	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	3	1	1
265	1	15	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	2
266	1	5	2	2	3	2	2	0	1	1	4	2	1
267	1	10	2	2	3	2	1	1	1	1	2	2	1
268	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	2	2	1
269	1	9	2	2	3	2	1	0	1	1	3	2	2
270	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	4	2	1
271	3	2	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	1
272	3	20	2	2	2	1	1	0	1	1	3	4	2
273	1	3	2	2	1	1	2	1	0	0	4	2	2
274	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	2	1
275	3	4	2	2	3	2	1	1	0	1	3	4	2
276	3	3	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
277	3	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
278	3	4	2	2	1	1	1	1	1	0	3	4	1
279	1	14	2	2	3	1	1	1	1	1	3	2	2
280	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
281	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	4	4	1
282	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	3	3	1
283	1	3	1	2	3	2	1	1	1	1	2	4	1
284	1	2	2	2	3	1	1	0	1	0	3	3	2
285	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
286	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
287	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
288	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
289	1	6	2	2	2	1	1	1	1	0	3	4	1
290	1	8	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	1
291	1	9	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	1
292	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
293	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	1
294	1	8	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	2
295	1	5	2	2	3	1	1	0	1	1	2	4	2
296	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	2
297	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	2
298	1	2	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	2
299	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
300	1	18	1	1	1	1	2	1	1	1	2	4	2
301	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1

Continuación del apéndice 2.

302	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	4	4	2
303	1	2	2	2	1	1	2	0	0	0	3	4	2
304	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	2
305	1	10	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1
306	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	4	1
307	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
308	1	14	2	2	2	1	2	1	1	1	3	3	2
309	1	4	2	2	4	1	1	0	1	1	3	4	1
310	1	4	2	2	1	1	1	1	0	1	3	4	2
311	1	1	2	2	2	1	1	0	1	1	2	3	1
312	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
313	1	4	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	2
314	1	3	2	2	3	1	2	0	1	1	2	4	2
315	1	10	2	2	1	1	2	0	0	0	1	4	4
316	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	4
317	1	4	2	2	3	2	1	0	1	1	3	4	2
318	1	5	2	2	3	1	1	0	1	1	3	4	1
319	3	4	2	2	3	1	1	0	1	1	4	4	1
320	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
321	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	4	1
322	1	3	2	2	1	1	1	1	1	0	2	3	2
323	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
324	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
325	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	1
326	1	3	2	2	1	1	1	1	0	1	3	3	1
327	1	2	2	2	2	1	1	1	0	1	3	4	2
328	1	4	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
329	1	5	2	2	1	1	1	1	1	0	3	4	1
330	1	13	2	2	3	1	1	1	0	1	3	3	1
331	1	4	2	2	3	2	1	1	0	1	3	4	2
332	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
333	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
334	1	7	2	2	3	2	1	0	1	1	3	4	2
335	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
336	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
337	1	3	2	2	3	1	2	1	0	1	2	3	2
338	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	3	2
339	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	1
340	1	4	2	2	1	2	1	1	1	0	3	4	1

Continuación del apéndice 2.

341	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	3	3	2
342	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
343	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	2
344	1	3	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	1
345	1	3	2	2	3	2	1	1	0	1	3	4	1
346	1	2	2	2	3	1	1	1	0	1	2	4	1
347	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
348	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
349	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	1
350	1	4	2	2	1	1	2	0	1	1	3	4	2
351	1	2	2	2	1	2	1	1	0	1	3	4	2
352	1	4	2	2	2	2	1	1	1	1	3	4	1
353	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	3	4	1
354	1	4	2	2	1	2	1	1	1	1	3	4	1
355	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	2	3	2
356	2	5	2	2	3	2	1	1	1	1	3	3	2
357	1	4	2	2	3	2	1	0	1	1	3	3	2
358	1	16	1	1	3	1	1	0	1	1	2	4	1
359	1	4	2	2	1	2	1	0	1	1	3	3	2
360	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	1
361	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	4	2
362	1	4	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	1
363	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	3	3	1
364	1	10	2	2	1	1	2	0	0	0	2	4	2
365	1	4	2	2	2	2	2	1	1	1	3	4	1
366	1	7	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	2
367	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	1
368	1	4	2	2	3	1	1	1	0	1	3	4	1
369	1	10	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	2
370	1	3	2	2	1	1	1	0	1	1	2	4	2
371	3	3	2	2	3	2	1	0	1	1	2	2	2
372	1	3	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	2
373	1	4	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	2
374	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	3	2	1
375	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	3	2	2
376	1	6	2	2	1	1	3	0	0	0	3	2	2
377	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	2	1
378	1	17	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	2
379	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	2	1

Continuación del apéndice 2.

380	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	2
381	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	4	2	1
382	1	3	2	2	3	1	1	1	0	1	4	2	2
383	1	6	2	2	3	2	1	1	1	1	4	4	2
384	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	1
385	1	3	2	2	3	1	2	0	1	1	3	4	1
386	1	14	2	1	3	1	1	1	1	1	3	4	2
387	1	15	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	2
388	1	5	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	2
389	1	15	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
390	1	10	2	2	3	2	1	1	1	1	3	1	1
391	1	4	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	3
392	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	3	4	2
393	1	5	2	2	3	2	1	1	1	1	3	4	3
394	1	6	2	2	3	2	1	0	1	1	4	2	2
395	1	5	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1
396	1	4	2	2	2	1	1	1	0	1	4	4	1
397	1	5	2	2	1	1	1	0	1	1	3	4	1
398	1	3	2	2	3	1	1	1	1	1	4	3	2
399	1	15	2	2	3	2	1	1	1	1	4	2	1
400	1	17	2	2	3	1	1	1	1	1	4	2	3

Nota: **n** = número de encuesta, **P1** = pregunta 1, **P2** = pregunta 2, **P3** = pregunta 3, **P4** = pregunta 4, **P5** = pregunta 5, **P6** = pregunta 6, **P7** = pregunta 7, **P8** = pregunta 8, **P9** = pregunta 9, **P10** = pregunta 10, **P11** = pregunta 11, **P12** = pregunta 12 y **P13** = pregunta 13.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Historias de usuario

Historia	Ingresar.
Usuario(s)	Administrador, coordinador, auxiliar y estudiante.
Descripción	Ingreso al sistema por medio de un usuario, que es mi carné, ya sea de trabajador de la Universidad o de estudiante, y una contraseña. De esa forma puedo acceder a las opciones que corresponden a mi tipo de usuario.

Historia	Recuperar contraseña.
Usuario(s)	Administrador, coordinador, auxiliar y estudiante.
Descripción	Si indico que olvidé mi contraseña, recibo un correo electrónico con un link por medio del cual puedo establecer una nueva contraseña que me permita ingresar nuevamente al sistema.

Historia	Ver perfil.
Usuario(s)	Administrador, coordinador, auxiliar y estudiante.
Descripción	Visualizo mis datos personales, es decir, con los que fui registrado en el sistema.

Historia	Cambiar correo electrónico.
Usuario(s)	Administrador, coordinador, auxiliar y estudiante.
Descripción	Modifico mi dirección de correo electrónico, la cual me servirá si necesito recuperar mi contraseña.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Cambiar contraseña.
Usuario(s)	Administrador, coordinador, auxiliar y estudiante.
Descripción	Modifico mi contraseña actual para mejorar la seguridad de mi usuario.

Historia	Crear usuario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Introduzco al sistema los datos que corresponden a un usuario nuevo.

Historia	Buscar usuario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Por medio de su carné, sus nombres o sus apellidos, busco un usuario en el sistema. De esa forma puedo ver los datos asociados a dicho usuario, modificarlo o eliminarlo.

Historia	Modificar usuario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Modifico los datos asociados a un usuario, a manera de contar con su información actualizada o simplemente corregir algún error de registro.

Historia	Eliminar usuario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Elimino un usuario por completo del sistema.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Crear curso.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Introduzco al sistema los datos que corresponden a un curso nuevo. De esa forma podré utilizarlo posteriormente en una distribución.

Historia	Buscar curso.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Por medio de su nombre o su abreviatura, busco un curso en el sistema. De esa forma puedo ver los datos asociados a dicho curso, modificarlo o eliminarlo.

Historia	Modificar curso.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Modifico los datos asociados a un curso, a manera de contar con su información actualizada o simplemente corregir algún error de registro.

Historia	Eliminar curso.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Elimino un curso por completo del sistema.

Historia	Crear sección.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Introduzco al sistema los datos que corresponden a una sección nueva. De esa forma podré utilizarla posteriormente en una distribución.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Buscar sección.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Por medio de su nombre busco una sección en el sistema. De esa forma puedo ver los datos asociados a dicha sección, modificarla o eliminarla.

Historia	Modificar sección.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Modifico los datos asociados a una sección, a manera de contar con su información actualizada o simplemente corregir algún error de registro.

Historia	Eliminar sección.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Elimino una sección por completo del sistema.

Historia	Crear horario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Introduzco al sistema los datos que corresponden a un horario nuevo. De esa forma podré utilizarlo posteriormente en una distribución.

Historia	Buscar horario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Por medio de su hora de inicio busco un horario en el sistema. De esa forma puedo ver los datos asociados a dicho horario, modificarlo o eliminarlo.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Modificar horario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Modifico los datos asociados a un horario, a manera de contar con su información actualizada o simplemente corregir algún error de registro.

Historia	Eliminar horario.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Elimino un horario por completo del sistema.

Historia	Crear distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Introduzco al sistema los datos que corresponden a una distribución nueva. De esa forma podré agregarle detalles posteriormente y visualizarla.

Historia	Buscar distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Por medio de su año o ciclo académico, busco una distribución en el sistema. De esa forma puedo ver los datos asociados a dicha distribución, modificarla o eliminarla.

Historia	Modificar distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Modifico los datos asociados a una distribución, a manera de contar con su información actualizada o simplemente corregir algún de registro.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Eliminar distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Elimino una distribución por completo del sistema.

Historia	Crear detalle de distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Introduzco al sistema los datos que corresponden a un detalle de distribución nuevo. De esa forma podré asociarla a un auxiliar, un curso, una sección, un horario, y visualizarlo dentro de la distribución a la que pertenece.

Historia	Buscar detalle de distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Por medio de los nombres o los apellidos de su auxiliar, del nombre de su curso, de su sección o de su hora de inicio, busco un detalle de distribución en el sistema. De esa forma puedo ver los datos asociados a dicho detalle de distribución, modificarlo o eliminarlo.

Historia	Modificar detalle de distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Modifico los datos asociados a un detalle de distribución, a manera de contar con su información actualizada o simplemente corregir algún de registro.

Historia	Eliminar detalle de distribución.
Usuario(s)	Administrador y coordinador.
Descripción	Elimino un detalle de distribución por completo del sistema.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Asignar laboratorio.
Usuario(s)	Estudiante.
Descripción	Me asigno al laboratorio de un curso del ciclo académico actual. De esa forma puedo enviar reportes al auxiliar.

Historia	Ver laboratorio asignado.
Usuario(s)	Estudiante.
Descripción	Visualizo los datos del laboratorio al que me asigné en el ciclo académico actual.

Historia	Desasignar laboratorio.
Usuario(s)	Estudiante.
Descripción	Me desasigno del laboratorio al que me asigné para poder asignarme a otro laboratorio.

Historia	Enviar reporte.
Usuario(s)	Estudiante.
Descripción	Envío mi reporte al auxiliar del laboratorio.

Historia	Ver reportes enviados.
Usuario(s)	Estudiante.
Descripción	Visualizo los reportes que ya he enviado con anterioridad al auxiliar en el ciclo académico actual.

Historia	Descargar reporte.
Usuario(s)	Auxiliar, estudiante
Descripción	Descargo a mi computadora un reporte que se encuentra cargado en el sistema.

Continuación del apéndice 3.

Historia	Eliminar reporte.
Usuario(s)	Estudiante.
Descripción	Elimino un reporte por completo del sistema.

Historia	Ver reportes recibidos.
Usuario(s)	Auxiliar.
Descripción	Visualizo los reportes que me han enviado mis alumnos del ciclo académico actual.

Historia	Agregar comentario.
Usuario(s)	Auxiliar.
Descripción	Escribo mis comentarios, observaciones o correcciones acerca de un reporte en particular. De esta forma simulo las anotaciones que haría en un reporte impreso.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Descripción de tablas

Tabla	USUARIO	
Descripción	Información personal de los usuarios del sistema	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_usuario	Identificador único de cada usuario.	33
carné	Número con el que se identifica en la Universidad cada estudiante o trabajador.	201012249
contraseña	Clave secreta con la que el usuario se autentica en el sistema. Esta se encuentra encriptada.	f865b53623b121fd34ee 5426c792e5c33af8c227
primer_nombre	Primer nombre propio del usuario.	Alvaro
segundo_nombre	Segundo nombre propio del usuario.	Estuardo
tercer_nombre	Tercer nombre propio del usuario.	
primer_apellido	Primer apellido propio del usuario.	Gómez
segundo_apellido	Segundo apellido propio del usuario.	Véliz
correo_electronico	Dirección de correo electrónico del usuario.	agomez23@gmail.com

Continuación del apéndice 4.

id_tipo_usuario	Llave foránea a la tabla TIPO_USUARIO.	2
estado	1 para activo y 0 para inactivo.	1

Tabla	TIPO_USUARIO	
Descripción	Tipos de usuarios que hay en el sistema, es decir, los posibles roles.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_tipo_usuario	Identificador único de cada usuario.	2
tipo	Nombre que recibe el tipo de usuario o rol.	Auxiliar

Tabla	CURSO	
Descripción	Cursos de los cuales se imparte laboratorio.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_curso	Identificador único de cada curso.	3
curso	Nombre con el que se identifica el curso.	Física 2
abreviatura	Caracteres con los que se abrevia el curso.	F2
estado	1 para activo y 0 para inactivo.	1

Continuación del apéndice 4.

Tabla	SECCION	
Descripción	Secciones asociadas a los laboratorios.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_seccion	Identificador único de cada sección.	4
seccion	Nombre con el que se identifica la sección.	B+
estado	1 para activo y 0 para inactivo.	1

Tabla	HORARIO	
Descripción	Horarios en los que se pueden impartir laboratorios.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_horario	Identificador único de cada horario.	1
hora_inicio	Hora en la que inicia el laboratorio.	07:10
hora_fin	Hora en la que finaliza el laboratorio.	08:50
estado	1 para activo y 0 para inactivo.	1

Tabla	CICLO_ACADEMICO	
Descripción	Ciclos académicos que se manejan anualmente en la Facultad de Ingeniería.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_ciclo_academico	Identificador único de cada ciclo académico.	Segundo semestre
ciclo_academico	Nombre con el que se identifica el ciclo académico.	2

Continuación del apéndice 4.

Tabla	DISTRIBUCION	
Descripción	Distribución de cursos para un ciclo académico en particular.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_distribución	Identificador único de cada ciclo académico.	3
año	Año al que corresponde la distribución.	2014
id_ciclo_academico	Llave foránea a la tabla CICLO_ACADEMICO.	1
estado	1 para activo y 0 para inactivo.	1

Continuación del apéndice 4.

Tabla	DISTRIBUCION_DETALLE	
Descripción	Información del día y la hora en la que se imparte un curso, su sección y el auxiliar encargado. Todo lo anterior, para una distribución en particular.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_distribucion_detalle	Identificador único de cada ciclo académico.	3
id_distribucion	Llave foránea a la tabla DISTRIBUCION.	2
dia	Día en el que se imparte el laboratorio.	Miércoles
id_curso	Llave foránea a la tabla CURSO.	1
id_seccion	Llave foránea a la tabla SECCION.	1
id_horario	Llave foránea a la tabla HORARIO.	3
id_usuario	Llave foránea a la tabla USUARIO.	35

Continuación del apéndice 4.

Tabla	ASIGNACION	
Descripción	Información de las asignaciones de los estudiantes a los laboratorios.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_asignacion	Identificador único de cada asignación.	17
id_usuario	Llave foránea a la tabla USUARIO.	36
id_distribucion_detalle	Llave foránea a la tabla DISTRIBUCION_DETALLE.	4

Continuación del apéndice 4.

Tabla	REPORTE	
Descripción	Reportes de laboratorio cargados al sistema por los estudiantes.	
	Atributos	
Nombre	Descripción	Ejemplo de valor
id_reporte	Identificador único de cada reporte.	109
nombre_archivo	Nombre que le dio el estudiante al reporte que cargó al sistema.	Practica2_201211283.pdf
directorio	Directorio del servidor en el que se almacena el reporte.	/home/fiscalv/Reportes/Primer semestre 2014
fecha_hora_subida	Fecha y hora en la que el reporte fue cargado al sistema.	27/01/2015 23:55:34
id_asignacion	Llave foránea a la tabla ASIGNACION.	8
observaciones	Comentarios, observaciones o correcciones sobre el reporte, proporcionadas por el auxiliar al que se le envió.	Los datos de la tabla 2 tienen una tendencia lineal y según el fenómeno, esta tendencia debería ser cuadrática.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Distribución de auxiliares de laboratorio, segundo semestre del 2014**

DISTRIBUCIÓN DE AUXILIARES DE LABORATORIO
SEGUNDO SEMESTRE DEL 2014

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
7:10 a 8:50	L1 FB Alex Rojas L2 FB Hernán Velásquez L3 FB Jeffrey Paredes	L1 F1 Mariano Cap L2 F1 Hernán Velásquez L3 F1 Jeffrey Paredes	L1 FB Alex Rojas L2 FB Josué López L3 FB Hernán Velásquez	L1 F1 Hernán Velásquez L2 F2 Jeffrey Paredes	L1 L2 L3 Lic. Izquierdo
	A	A	B	A	
9:10 a 10:50	L1 L2 L3 Lic. Izquierdo	L1 F3 Maynor Ballín L2 F3 Hernán Velásquez L3 Lic. Izquierdo	L1 L2 L3 Lic. Izquierdo	L1 F4 Hernán Velásquez L2 F4 Maynor Ballín L3 Lic. Izquierdo	L1 L2 L3 Lic. Izquierdo
		A			
10:50 a 12:30	L1 FB José Incampari L2 FB Luis Tur L3 FB José Mejía	L1 F1 José Incampari L2 F1 Carlos Gertz L3 F1 Marvin Navarro	L1 FB Luis Tur L2 FB Carlos Gertz L3 FB Marvin Navarro	L1 F2 José Incampari L2 F2 Carlos Gertz L3 F2 José Mejía	L1 FB Luis Tur L2 FB José Mejía L3 FB Marvin Navarro
	C	B	D	B	E
14:00 a 15:40	L1 FB Javier Hernández L2 FB Ariel Cano L3 FB Carlos Gertz	L1 F1 Javier Hernández L2 F1 Ariel Cano L3 F1 Carlos Gertz	L1 FB Javier Hernández L2 FB Anayansi Ramírez L3 FB Ariel Cano	L1 Píaca experimental 1 L2 F2 Javier Hernández L3 F2 Ariel Cano	L1 FB Ariel Cano L2 FB José Mejía L3
	F	C	G	C	H
16:30 a 18:10	L1 L2 L3	L1 F3 Maynor Ballín L2 F3 Josué Ramírez L3	L1 L2 L3	L1 Píaca experimental 1 L2 F4 Josué Ramírez L3 F4 Maynor Ballín	L1 L2 L3
		B		A	
18:10 a 19:50	L1 FB Lige Barrios L2 FB Amílcar Roca L3 FB Roberto Montecinos	L1 F1 Lige Barrios L2 F1 Amílcar Roca L3 F1 Juan Pablo Sobel	L1 FB Lige Barrios L2 FB Amílcar Roca L3 FB Roberto Montecinos	L1 F2 Lige Barrios L2 F2 Denis Arriaza L3 F2 Roberto Montecinos	L1 L2 L3
	I	D	J	D	

Fuente: cartelera del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería, ubicado en el edificio T-1, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.