

HERRAMIENTA COMPUTACIONAL DE APOYO DOCENTE PARA LA
GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE EXÁMENES EN LA ASIGNATURA
TERMODINÁMICA I

FABIÁN ANDRÉS PÉREZ SÁNCHEZ
ROBIN ALEXIS CRISTANCHO PERILLA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2021

HERRAMIENTA COMPUTACIONAL DE APOYO DOCENTE PARA LA
GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE EXÁMENES EN LA ASIGNATURA
TERMODINÁMICA I

FABIÁN ANDRÉS PÉREZ SÁNCHEZ
ROBIN ALEXIS CRISTANCHO PERILLA

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director
William Pinto Hernández
PhD Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2021

AGRADECIMIENTO

Los autores de este proyecto expresan su sincero agradecimiento a:

La Universidad Industrial de Santander, por ser nuestra alma mater y contribuir en nuestro proceso de formación.

La Escuela de ingeniería Mecánica, por servir de centro de estudios y ofrecernos un espacio para el desarrollo integro.

A todos los docentes de la UIS, quienes nos acompañaron durante el proceso formativo.

A los profesores William Pinto y Jabid Quiroga, por brindarnos su apoyo y conocimiento en el desarrollo del proyecto.

Al profesor Diego Franco, quien brindó su apoyo en el proceso de validación de la herramienta desarrollada.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por guiar mi camino y darme la fuerza cada día para salir adelante.

*A la señora Mercedes, mi madre, quien incansablemente ha luchado cada día por hacer realidad
el sueño de su hijo.*

*A mi hijo Jerónimo, que junto con mi madre fueron la recarga energética que muchas veces
necesité.*

*A mi hermano Duban y todos los niños de mi familia, con la esperanza de que este libro les sirva
de ejemplo y nunca dejen de perseguir sus sueños.*

A la señora Inés, mi tía, quien fue una de mis primeras maestras.

A todos mis compañeros y amigos que de diferente manera me motivaron y apoyaron.

Fabián Andrés Pérez Sánchez

DEDICATORIA

A Dios y/o al universo por permitirnos estar presentes.

*A mis Padres, Carmen y Robinson, por su apoyo, sacrificio y amor incondicional que me han
brindado siempre.*

A mis hermanos y sobrinos, por su compañía desde la distancia.

A mi mejor amiga Angelica, por ser mi apoyo incondicional.

A mi mejor amigo, Nicolás, por la amistad que me brindado por tantos años.

Al resto de mis amigos y compañeros que estuvieron presentes cuando los necesité.

Robin Alexis Cristancho Perilla

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	20
4. MARCO DE REFERENCIA	22
4.1 GENERALIDADES	22
4.1.1 Termodinámica.	22
4.1.2 Herramientas de apoyo docente.	25
4.1.3 Moodle-XML (<i>Extensible Markup Language</i>).....	30
4.1.4 Plataforma de desarrollo del software.....	32
4.1.5 Ingeniería de software.	37
4.2 ESTADO DEL ARTE.....	39
5. CONFIGURACIÓN DEL BANCO DE PREGUNTAS.....	42
5.1 FASE DE RECOPIACIÓN	43
5.1.2 Primera ley – Sistemas cerrados.	45
5.1.3 Primera ley – Sistemas abiertos.	45
5.1.4 Segunda ley.....	46
5.1.5 Entropía.	47
5.1.6 Exergía.	47
5.2 FASE DE AJUSTES	47

5.2.1 Ajuste de preguntas.....	48
5.2.2 Estructura del ejercicio.....	49
5.2.3 Individualización de ejercicios.....	50
5.3 PROCEDIMIENTOS Y PREGUNTAS NO CALCULADAS	53
6. INGENIERÍA DEL SOFTWARE SIGENEXA.....	55
6.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	55
6.2 DISEÑO CONCEPTUAL.....	58
6.3 DISEÑO EN DETALLE	61
6.3.1 Diseño de módulos y flujo de datos.	61
6.3.2 Diseño de interfaz gráfica de usuario (GUI).....	70
6.3.3 Revisión del diseño.....	74
6.4 PRUEBAS Y VALIDACIÓN.....	74
6. RESULTADOS.....	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de estudiantes que admitió haber cometido fraude por lo menos una vez en la universidad.	17
Figura 2. Contenidos y categorías de la asignatura Termodinámica I (21802).	25
Figura 3. Ejemplo de sincronización de comodines.	29
Figura 4. Ejemplo de etiquetas en Moodle – XML.	31
Figura 5. Resultado de la bibliometría coocurrencia de palabras claves Moodle AND Python.	40
Figura 6. Resultado de la bibliometría coocurrencia de palabras claves Moodle AND Matlab.....	41
Figura 7. Diferencia en los niveles de dificultad.	44
Figura 8. Ejemplo de ejercicio para la categoría Definición de estados.....	48
Figura 9. Ejemplo de examen parcial Termodinámica I.	49
Figura 10. Ejemplo visualización de pregunta en Moodle.	50
Figura 11. Diagrama P-v y respuestas del ejercicio.....	51
Figura 12. Comportamiento del agua para diferentes versiones del ejercicio.	52
Figura 13. Esquema general del software.	59
Figura 14. Modelo interno del software.....	60
Figura 15. Distribución inicial del entorno gráfico.....	61
Figura 16. Esquema de flujo de datos global.....	62
Figura 17. Flujo de datos del módulo usuario.	63
Figura 18. Flujo de datos del módulo banco de parciales.....	65
Figura 19. Flujo de datos del módulo nueva pregunta.....	67
Figura 20. Flujo de datos del módulo de ajuste evaluativo.	68
Figura 21. Flujo de datos del módulo de exportación.	70
Figura 22. Ejemplo de la distribución de información en la interfaz.....	72
Figura 23. Ejemplos de las señales de alerta en la interfaz.....	73

LISTA DE ANEXOS

Los anexos están adjuntos y pueden visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS.

ANEXO A. Resultados de la encuesta.

ANEXO B. Manual de Usuario.

ANEXO C. Quiz de resistencia de materiales como prueba Alpha del software.

ANEXO D. Quiz de dinámica como prueba final del software.

ANEXO E. Examen de termodinámica I como prueba final del software y validación del banco de preguntas.

ANEXO F. Carpeta con material audiovisual del manual de usuario.

ANEXO G. Carpeta con el ejecutable del software.

RESUMEN

TÍTULO: HERRAMIENTA COMPUTACIONAL DE APOYO DOCENTE PARA LA GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE EXÁMENES EN LA ASIGNATURA TERMODINÁMICA I*

AUTOR: FABIÁN ANDRÉS PÉREZ SÁNCHEZ, ROBIN ALEXIS CRISTANCHO PERILLA**

PALABRAS CLAVE: TERMODINÁMICA, MATLAB, MOODLE, XML, SOFTWARE.

DESCRIPCIÓN:

El presente documento describe el proceso investigativo y de desarrollo de la herramienta SIGENEXA, la cual tiene como finalidad la generación de exámenes individualizados y autocalificables como estrategia para disminuir la ocurrencia de copia en las evaluaciones.

Inicialmente, se plantea el estudio de los factores que promovieron la creación de la herramienta, como lo son el fraude académico, la influencia de las TICs en esta problemática y las ventajas que la creación del software proporciona a la labor docente. Se continúa con la descripción de los elementos contemplados para el desarrollo de la herramienta, empezando por el análisis del contenido y competencias evaluativas de la asignatura termodinámica I, pasando por la revisión de las herramientas actuales de apoyo docente, y finalizando con el estudio de la plataforma utilizada para el desarrollo del software (Matlab).

Seguidamente, se presenta el proceso para la creación del banco de preguntas, se establece la estructura requerida por Moodle y las premisas para la clasificación según el tópico a evaluar y nivel de dificultad. Asimismo, se expone la ingeniería del software donde se abarcan temas como: requerimientos de diseño y los medios para su adquisición, diseño (en concepto y detalle) y validación por parte de los usuarios finales.

Posteriormente, se describe el funcionamiento del software obtenido, se analiza su desempeño y cumplimiento frente a las expectativas planteadas, esto, a partir de la implementación en exámenes aplicados en el semestre en curso. Finalmente, se formulan las recomendaciones que promueven la generación de nuevas herramientas o el mejoramiento del software obtenido.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: PhD. William Pinto Hernández. Codirector: PhD. Jabid Eduardo Quiroga Méndez.

ABSTRACT

TITLE: TEACHING SUPPORT COMPUTER TOOL FOR THE AUTOMATIC GENERATION OF EXAMS IN THE THERMODYNAMIC SUBJECT I*

AUTHOR: FABIÁN ANDRÉS PÉREZ SÁNCHEZ, ROBIN ALEXIS CRISTANCHO PERILLA **

KEY WORDS: THERMODYNAMICS, MATLAB, MOODLE, XML, QUESTION BANK, SOTWARE.

DESCRIPTION:

This document describes the research and development process of the SIGENEXA tool, which aims to generate individualized and self-qualifying exams as a strategy to reduce the occurrence of copying and fraud in evaluations.

Initially, the study of the factors that promoted the creation of the tool is proposed, such as academic fraud, the influence of TICs on this problem and the advantages that the creation of the software provides to the teaching work.

Continuing with the description of the elements contemplated for the development of the tool, starting with the analysis of the content and evaluative competences of the thermodynamics I subject, passing through the review of current teaching support tools, and ending with the study of the platform used for software development (Matlab).

Next, the process for creating the question bank is presented, the structure required by Moodle is established and the premises for classification according to the topic to be evaluated and level of difficulty. In the same way, software engineering is exposed where topics such as: design requirements and the means for its acquisition, design (in concept and detail) and validation by end users are covered.

Subsequently, the operation of the software obtained is described, its performance and compliance with the expectations raised are analyzed, this, from the implementation in exams applied in the current semester. Finally, recommendations are formulated that promote the generation of new tools or the improvement of the software obtained.

* Degree work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of mechanical engineering. Director: PhD. William Pinto Hernández. Co-director: Jabid Eduardo Quiroga Méndez.

INTRODUCCIÓN

La UNESCO plantea que¹: las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) han tenido un desarrollo acelerado al punto de que han dado forma a lo que hoy por hoy se denomina “sociedad del conocimiento” o “de la información”, facilitando así la comunicación, permitiendo que el mundo se vuelva un lugar más pequeño e interconectado. Esta omnipresencia de las TICs es al mismo tiempo una oportunidad y un desafío, determinando la urgente tarea de direccionarlas para que permitan la distribución mas justa del conocimiento que contribuya a una educación de calidad y equitativa para todos.

La educación, como derecho fundamental y de acceso para todas las personas, se enfrenta a un cambio de paradigma al comenzar el siglo XXI producto del crecimiento de las TICs, determinando así una actualización que implica un desafío pedagógico para incorporarlas al aula y en el currículum escolar. Sin embargo, el esfuerzo realizado en las últimas dos décadas por implementar dichas tecnologías en los sistemas educativos de América Latina y el Caribe ha mostrado poco efecto en el aumento de la calidad de la educación, principalmente porque la filosofía de integración de las TICs ha sido la de la importación, introduciendo en las escuelas dispositivos y programas sin claridad previa del objetivo pedagógico ni las estrategias para alcanzarlos, generando así que las TICs ocupen un lugar marginal dentro de las practicas educativas; que siguen siendo, relativamente, las mismas que habían antes de su integración².

La renovación de las prácticas educativas y las estrategias para la medición del aprendizaje junto con la creciente tendencia de transformación de las aulas físicas a espacios completamente virtuales, acelerada en el último año por la coyuntura

¹UNESCO, Enfoques estratégicos de las TICs en educación en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. p. 10.

² Ibid., p. 6.

sanitaria que atraviesa el mundo, configuran un reto para el desarrollo del nuevo paradigma educativo. Paradigma que además debe contemplar el fraude académico, comportamiento que según un estudio realizado por Lina Martínez y Enrique Ramírez³, en universidades colombianas, tiene una tendencia a prevalecer y aumentar con el paso del tiempo.

Muchas han sido las estrategias que se han intentado implementar para combatir esta realidad, por ejemplo: instituciones con modelo presencial realizan exámenes diferentes para cada grupo seleccionado de estudiantes, por otro lado, instituciones con modelos virtuales, poseen costosos softwares enfocados en la comparación de las respuestas entregadas por los alumnos y la validación de su identidad. No obstante, en situaciones como la que se vive actualmente en el mundo producto de la pandemia por Covid-19, en donde sistemas educativos netamente presenciales debieron transformarse a modelos virtuales, como consecuencia del aislamiento, algunas de estas estrategias son inaplicables y otras suponen un gran desafío para las instituciones, esto como consecuencia del consumo de recursos humano, económico y tecnológico que estas requieren para su implementación.

La estrategia habitual para combatir el fraude, durante la aplicación de exámenes en las diferentes asignaturas de ciencia e ingeniería, consiste en el proceso de individualización de los ejercicios, donde el objetivo es obtener versiones diferentes de un mismo problema a partir de la parametrización de las respuestas, sin embargo, esta tarea resulta tediosa para los docentes por la cantidad de estudiantes con que se cuenta en las aulas, producto de ello, se han originado herramientas de apoyo que disminuyen el tiempo empleado para esta tarea y que

³MARTÍNEZ, Lina y RAMÍREZ, Enrique. Fraude académico en universitarios en Colombia: ¿Qué tan crónica es la enfermedad?. *Educação e Pesquisa* [en línea]. São Paulo: Universidad de São Paulo, 2018, vol. 44, [Consultado: 01 de junio 2020]. ISSN 1678-4634. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201706157079>.

además, se complementan para realizar todo el proceso evaluativo y de seguimiento que plantea el nuevo paradigma; un ejemplo de esto es, la plataforma educativa Moodle, espacio virtual con el que cuenta la Universidad Industrial de Santander, a pesar de ello, y como ocurre en el resto de América latina, los procesos evaluativos se continúan realizando de la forma habitual, por la dificultad de apropiarse la herramienta al contexto educativo.

Como consecuencia, el objetivo principal de este proyecto es la construcción de una herramienta software que permita a los docentes la generación automática de exámenes individualizados que, en conjunto al proceso evaluativo realizado en Moodle, contribuya a la disminución en la ocurrencia de fraude académico y que a su vez, refleje la incorporación de las herramientas TICs en la educación, donde, además, los resultados del proyecto se extrapolen para fortalecer el uso de las diferentes herramientas educativas con las que cuenta la Universidad. Configurando así las estrategias para desarrollar el nuevo paradigma educativo permitiendo alcanzar las metas para la construcción de sociedades integrales y educadas.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software de generación automática de exámenes auto calificables en interacción Matlab-Moodle para la asignatura Termodinámica I, como herramienta de apoyo docente que contribuya a la aplicación y divulgación del conocimiento, cumpliendo con la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander permitiendo fortalecer la cátedra y labor docente.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Configurar un banco de preguntas para evaluación de contenidos de la asignatura termodinámica I, donde se incluya: el uso de tablas de propiedades, definición de estados termodinámicos, análisis y aplicación de Primera y Segunda ley de la termodinámica en sistemas abiertos y cerrados con una cantidad mínima de 15 problemas en cada uno de los tópicos mencionados.
- Diseñar una interfaz gráfica haciendo uso de la extensión *App Designer - Matlab*, que contribuya a la interacción hombre-máquina en la generación automática de evaluaciones con un formato extendido a *Moodle*.
- Generar un Manual de Usuario para el manejo y operación adecuado del software en donde se incluyan los paso a paso para: la instalación de la aplicación ejecutable, el uso de la interfaz para la generación de exámenes personalizados con su debida solución, que sean exportables a la plataforma *Moodle*, y la realización de nuevas preguntas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

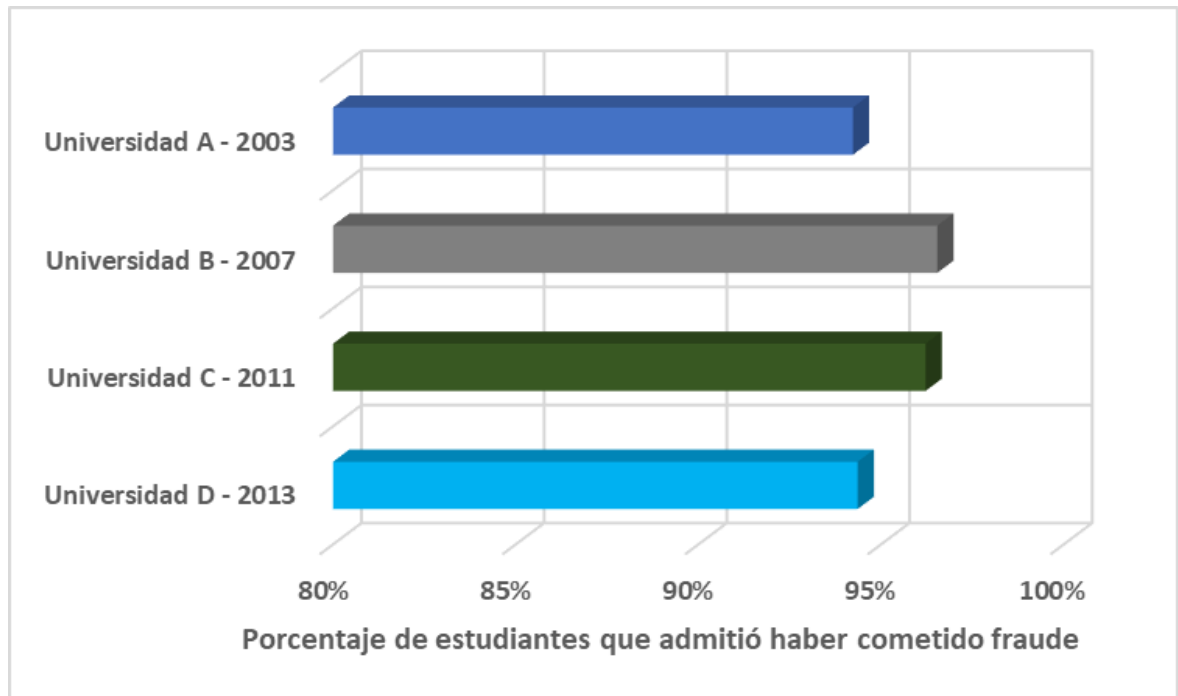
Una verdad innegable, en la actualidad mundial, es la importancia que han adquirido las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TICs) como herramienta fundamental para afrontar los diversos desafíos a los que se enfrenta la humanidad hoy en día, transformando en gran medida las esferas de la sociedad actual, siendo la educación y, más específicamente, el proceso educativo uno de los sectores más influenciados por esta; se ha puesto a disposición de los estudiantes y profesores herramientas potentes y dinámicas para evaluar los conocimientos de diversas maneras y aproximaciones pedagógicas.

Por tal razón es de suma importancia, para el proceso educativo, incorporar el uso de dichas tecnologías en su metodología de trabajo. Cada vez más universidades están transformando sus programas en modelos híbridos (presenciales/virtuales) o en modelos 100% en línea. Sin embargo, así como estas herramientas aumentan las posibilidades y recursos de enseñanza, también proporcionan nuevas problemáticas, siendo el fraude en el proceso evaluativo una de las más serias y relevantes.

Según un estudio realizado, publicado en 2018, más del 94% de los estudiantes de educación superior encuestados admitieron haber realizado un tipo de fraude en su vida universitaria⁴. Aunque dicha encuesta, por el nivel de incertidumbre en términos estadísticos, no es generalizable para todas las instituciones de educación superior, pues se realizó con una muestra de 3.300 estudiantes de 4 diferentes instituciones de educación superior en Colombia, encuestados en cuatro periodos diferentes entre los años 2003 y 2013, si proporciona una vista descriptiva de la situación problema.

⁴Ibid.

Figura 1. Porcentaje de estudiantes que admitió haber cometido fraude por lo menos una vez en la universidad.



Fuente: MARTÍNEZ, Lina y RAMÍREZ, Enrique. Fraude académico en universitarios en Colombia: ¿Qué tan crónica es la enfermedad?. *Educação e Pesquis* [en línea]. São Paulo: Universidad de São Paulo, 2018, vol. 44, [Consultado: 01 de junio 2020]. ISSN 1678-4634. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201706157079>.

Se puede observar en la figura 1 que no se encuentran diferencias relevantes entre los distintos periodos en que fue realizada la investigación, ni entre las universidades que participaron en ella, lo que conduce a pensar que es muy probable que el fraude académico sea una conducta que prevalece en el tiempo. Incluso teniendo una tendencia a aumentar, como consecuencia de la disminución en la percepción de gravedad en conductas deshonestas en el ámbito académico, pues en este mismo estudio se concluye que la percepción de gravedad pasa de

92% en el año 2003 a 49% en el año 2013⁵. Otro factor relevante que promueve dichas tendencias, son las crecientes facilidades para la comunicación en tiempo real por parte de los estudiantes que proporcionan las nuevas tecnologías.

Entonces surge la pregunta ¿Cómo evitar el fraude en los exámenes?, si los estudiantes hoy día cuentan con la facilidad para enviar información en tiempo real y, por ende, la posibilidad de compartir respuestas y procedimientos durante el tiempo de presentación de un examen, ante esto se pueden emplear diferentes soluciones tanto para evaluaciones presenciales como virtuales. Pueden ser, entre otras, los inhibidores de frecuencia para los dispositivos móviles cuando se aplica la evaluación presencial o la generación de exámenes con preguntas y/o datos diferentes para cada uno de los alumnos.

Esta última opción se puede realizar en el ámbito presencial y virtual, sin embargo, contiene un problema que radica en el tiempo que le toma al docente la elaboración y calificación de varios exámenes, de allí surge el problema a resolver en el presente proyecto. ¿Cómo se puede optimizar el proceso de creación, ejecución y calificación de exámenes que presenten diferentes preguntas para cada uno de los estudiantes (exámenes individualizados) y así disminuir la copia en las evaluaciones?

Dada esta situación, se propone el diseño y desarrollo de una herramienta computacional (software) de ayuda docente que permita la generación automática de exámenes auto calificables, la comunicación con otras herramientas tecnológicas, la variación de los parámetros de entrada y por ende diferentes soluciones para una misma estructura de parcial, entre otros. Con el fin de disminuir el tiempo invertido por el docente en este proceso.

⁵Ibid.

El desarrollo de este software se realizará, en este proyecto, para la asignatura termodinámica I en donde la aplicación de parciales con datos diferentes proporciona una mayor efectividad en cuanto a la disminución de fraude, puesto que la solución de estos exámenes incluye la búsqueda de propiedades físicas en tablas, generando procesos iterativos únicos para cada estudiante.

3. JUSTIFICACIÓN

La ejecución de este proyecto es de alta relevancia para la escuela de Ingeniería mecánica ya que proporciona un software que apoya al docente en los procesos de elaboración, ejecución y calificación de exámenes, puesto que la herramienta propuesta cumplirá con la tarea de contener las respuestas de los ejercicios que, mediante la interacción con Moodle, genere el proceso de calificación automática de cada uno de los exámenes aplicados, generación de preguntas diferentes para la disminución en la ocurrencia de fraude, un banco de preguntas asociado a los tópicos a evaluar en la asignatura propuesta en este documento (Termodinámica I) y una guía de usuario para el uso eficiente del software.

Con la implementación de este software el docente contará con más tiempo para el desarrollo íntegro de su labor. El rol del docente universitario consiste en brindar un aprendizaje que favorezca la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la academia en la vida profesional del egresado, esto requiere no solo la enseñanza de los conocimientos necesarios para la destreza de las profesiones, sino también una educación que impulse la creatividad y el pensamiento crítico, en este orden de ideas, la Universidad Industrial de Santander describe en su reglamento docente las pautas, lineamientos, misión y deberes que tiene el docente UIS para el ejercicio de su profesión. Este reglamento docente en el Título IV Capítulo I Artículo 20 y 21 expone:

Artículo 20. Para el cumplimiento de su misión el profesor de la Universidad desarrollará actividades de docencia, investigación, extensión, administración y dirección universitaria.

Artículo 21. La docencia se desarrolla en forma directa e indirecta. Las actividades de docencia directa incluyen:

- a) Dirección de asignaturas.
- b) Consultoría, asesoría y tutoría a estudiantes.

- c) Enseñanza, dirección y supervisión personal a grupos de estudiantes en laboratorios, talleres, campos deportivos, escenarios, centros de prácticas y demás lugares debidamente programados por la Universidad.
- d) Discusión, exposición y análisis con participación de estudiantes y profesores en seminarios.
- e) Dirección y calificación de trabajos de grado⁶

El profesor, en cumplimiento de su misión, cuenta con tiempo limitado para desarrollar tareas cada vez más tediosas como lo es elaborar y calificar exámenes individuales de forma manual para grupos de estudiantes que pueden alcanzar los 40 integrantes por asignatura. Así pues, la puesta en marcha de la herramienta computacional propuesta garantizará la disminución sustancial en el tiempo empleado en esta tarea que además incluye un aporte como solución para la disminución del fraude académico e indirectamente, el docente contará con la posibilidad para desarrollar de forma más eficiente el resto de procesos que, en el ejercicio de su profesión deba cumplir, generando mayor investigación y/o procesos de extensión, pilares fundamentales en la misión de una universidad.

⁶COLOMBIA. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. (5, octubre, 1996). ACUERDO No. 63 DE 1994 [en línea]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2010. pp. 7-8. [Consultado: 18 de junio 2020]. Disponible en: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/reglamentos/reglamentoProfesor.pdf>

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 GENERALIDADES

El objetivo en desarrollo en el presente proyecto es una herramienta computacional con el fin de generar exámenes en el curso de pregrado Termodinámica I, para su desarrollo es necesario definir las generalidades de la asignatura, de la plataforma educativa donde se realizarán dichos exámenes, de la plataforma de desarrollo de la herramienta y de los elementos adicionales que aportan en la ejecución del objetivo.

4.1.1 Termodinámica. La Termodinámica se considera como la ciencia de la energía y la entropía. Originalmente, el término termodinámica se refería a los esfuerzos para convertir calor en trabajo. Hoy en día se interpreta más ampliamente para abarcar todos los aspectos de la energía y sus transformaciones, incluyendo la producción de potencia, la meteorología, la biología y las relaciones entre las propiedades de la materia.

La termodinámica ha sido por mucho tiempo una parte fundamental de los programas de estudio de ingeniería en todo el mundo. Es una ciencia que tiene una amplia aplicación: desde los organismos microscópicos hasta los electrodomésticos, los vehículos de transporte y los sistemas de generación de energía eléctrica, en estos tres últimos, el ingeniero mecánico puede participar con diseños, optimizaciones o incluso, creación de nuevos procesos.

El conocimiento termodinámico brinda una visión más global de todos los procesos ingenieriles aportando conceptos, definiciones y fundamentos, que proporcionan herramientas indispensables para la configuración de planes y estrategias de solución a problemas de ingeniería, su estudio y comprensión debe ser una tarea de cada estudiante de ingeniería, para ello se deben brindar

procesos necesarios para alcanzar dicho objetivo con apoyo docente y/o bibliográfico.

Al ser una ciencia que cuenta con múltiples campos de aplicación, los departamentos y escuelas de ciencia e ingeniería suelen estructurar varias asignaturas con enfoque en la termodinámica. Cada uno de estos cursos cuenta con objetivos de aprendizaje, metodologías y competencias, en el contexto de Ingeniería Mecánica en la Universidad Industrial de Santander, existen 2 cursos destinados al aprendizaje de la termodinámica. Estos cursos son: Termodinámica I (21802) con un enfoque en los conceptos y uso de herramientas como tablas de propiedades y Termodinámica II (23029) enfocada a la aplicación de los conocimientos adquiridos en el curso anterior.

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander establece una serie de competencias académicas que el estudiante, que curse la asignatura Termodinámica I (21802), debe desarrollar para contribuir a su formación, además de un conjunto de estrategias de enseñanza y aprendizaje, enmarcadas dentro del contenido de la asignatura. A continuación, se muestran las competencias, se describen las estrategias metodológicas usadas y el contenido de la asignatura.

- Capacidad de identificar y formular problemas de ingeniería relacionados con la termodinámica y transformaciones energéticas en una forma conceptual, así como en términos de modelos fisicomatemáticos.
- Habilidad de aplicar los principios básicos de termodinámica clásica para el análisis de procesos y ciclos que involucran sustancias simples y puras.

- Capacidad para generalizar efectivamente los axiomas básicos de los análisis de la termodinámica clásica, macroscópica y extrapolar estos conceptos a sistemas y sustancias no necesariamente cubiertas específicamente por el curso⁷.

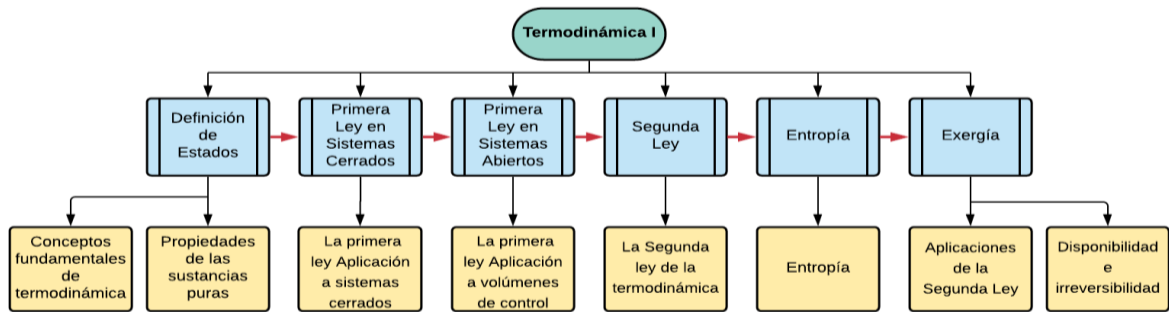
En cuanto a las estrategias de aprendizaje y enseñanza, el curso cuenta con espacios de aprendizaje interactivo y presencial que incluyen experiencias prácticas de carácter demostrativo. Fomentando la discusión continua sobre los temas tratados por medio de sesiones impartidas por el docente o exposiciones de los estudiantes, promoviendo el desarrollo de ejercicios donde se presenten aplicaciones en sistemas de ingeniería, otorgando espacios para la participación en el planteamiento de casos y soluciones⁸. El docente encargado de impartir el curso tiene como objetivo el desarrollo de cada una de estas estrategias, abarcando el contenido del curso mediante la aplicación de su propia metodología. Este contenido contempla 8 temas principales comúnmente organizados, por el docente, en 6 categorías como se muestra en la figura 2 donde el segundo nivel representa las categorías y el tercer nivel los contenidos.

Las categorías son una jerarquía en donde se organizan los enunciados y preguntas que se diseñan para el banco de preguntas propuesto en los objetivos del presente trabajo de grado, para este diseño, se tiene en cuenta estos contenidos, las estrategias y competencias, y su configuración se detalla en capítulos posteriores.

⁷ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA. PLANES DE ESTUDIO: Pregrado, Termodinámica I [en línea]. [Consultado: 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://meganicaxserver.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp>

⁸Ibid.

Figura 2. Contenidos y categorías de la asignatura Termodinámica I (21802).



4.1.2 Herramientas de apoyo docente. Son estrategias educativas didácticas diseñadas como apoyo a la labor docente en los procesos de enseñanza, están destinadas para el aprendizaje autónomo, en algunos casos, o como innovación para la optimización de los procesos evaluativos, permitiendo la implementación de nuevas formas de enseñar, evaluar y retroalimentar a un estudiante. Como consecuencia, estas herramientas de apoyo permiten, por ejemplo, que los procesos educativos cuenten con soporte a partir del desarrollo de presentaciones visuales y la digitalización de material para los procesos de enseñanza o con plataformas de enseñanza virtual para los procesos evaluativos.

Las herramientas de apoyo se pueden encontrar desde elementos físicos, como el ábaco para enseñar a contar, hasta plataformas educativas robustas que brindan la posibilidad de acompañamiento continuo, en tiempo real o de forma asincrónica, visualizar tendencias y estadísticas de evaluación en los cursos, optimizar los procesos evaluativos y facilitar la experiencia de aprendizaje; por más completa o sencilla que puede llegar a ser la herramienta implementada, estas deben cumplir con su objetivo y estar dotadas de ciertas características comunes como: fáciles de usar, que permitan la comunicación alumno-docente y que sean interactivas. En cuanto a las herramientas que apoyan los procesos evaluativos, estas deben automatizar las actividades propias de dicho proceso, en la actualidad se encuentran varias de estas herramientas que permiten la realización de exámenes

o cuestionarios a partir de la creación de bancos de preguntas que se pueden reutilizar disminuyendo así los tiempos empleados para el proceso evaluativo.

Moodle, la plataforma educativa con la que se desarrolla una parte del presente proyecto, es un ejemplo de herramienta de apoyo que cuenta con una serie de ventajas, pero que presenta algunas restricciones, que se describirán en este documento posteriormente. Esta plataforma permite el desarrollo de complementos que pueden comunicarse con ella y que desarrollen un rol adicional, para el caso específico de este proyecto, el software que se pretende desarrollar como herramienta de apoyo cumplirá el rol de generar preguntas de forma automática en la asignatura termodinámica I y que, a su vez, dichas preguntas generadas puedan agregarse a Moodle para utilizarlas en el proceso evaluativo docente.

4.1.2.1 Moodle. Una plataforma educativa debe presentar soluciones que permitan el seguimiento y apoyo por parte de los docentes, el diseño de herramientas extracurriculares que aporten al desarrollo del estudiante con actividades como: implementación de quices de seguimiento por competencias, material bibliográfico y material multimedia, configurando un proceso de aprendizaje más eficaz. En este sentido, la plataforma se utilizada como un centro de recursos y de espacio colaborativo, invitando a los estudiantes a participar en foros de discusión propios de cada asignatura.

Moodle, es una plataforma educativa que cuenta con las características que se mencionan en el párrafo anterior, y que hoy por hoy es usada en muchos centros de estudios. La Universidad Industrial de Santander cuenta con la licencia para que cada una de sus escuelas tenga acceso a estos servicios usando principalmente los procesos de aplicación de exámenes en algunos cursos de pregrado, en cuanto a estos procesos, Moodle cuenta con un módulo llamado *Cuestionario* que permite al profesor, diseñar y construir exámenes con diferentes

tipos de pregunta que se almacenan dentro de un *Banco de preguntas interno* en cada uno de los cursos Moodle.

Los cuestionarios de Moodle cumplen una de la función más importante dentro del aula virtual, pues gracias a ellos se realizan las evaluaciones de desempeño dentro de una asignatura, estas evaluaciones pueden ser programadas para ser respondidas en una fecha y hora determina con límite de tiempo o habilitarse durante un largo periodo⁹, es posible también restringir el número de intentos permitidos y la navegación entre preguntas, es decir, si es posible volver a una pregunta ya contestada.

El Banco de preguntas, por su parte, es un espacio que permite la creación de varios tipos de preguntas, cada una con características específicas, como pueden ser, entre otras, preguntas de falso/verdadero, de opción múltiple, de tipo ensayo, de tipo calculada¹⁰; éstas dos últimas presentan características relevantes para la ejecución del presente proyecto. En especial, las preguntas de tipo calculada establecen la condición para individualizar los ejercicios y que le permiten ser autocalificables, por ende, su descripción en detalle se muestra a continuación.

Las preguntas del tipo calculada cuentan con un par de variantes, sin embargo, todas conservan la característica principal y es poder utilizar versiones diferentes de la misma pregunta, estas versiones se caracterizan por contener el mismo cuerpo(enunciado) y variar un conjunto de datos en el ejercicio. Estos datos, representados inicialmente por un número, se seleccionan y reemplazan por un comodín que se representa con caracteres sin espacio encerrados por corchetes, por ejemplo, {base}, {altura}, {P_1}, {Va_DEP1N3}.

⁹MOODLE. MoodleDocs: Edición del cuestionario [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Edici%C3%B3n_del_cuestionario.

¹⁰MOODLE. MoodleDocs: Banco de preguntas [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Tipos_de_preguntas.

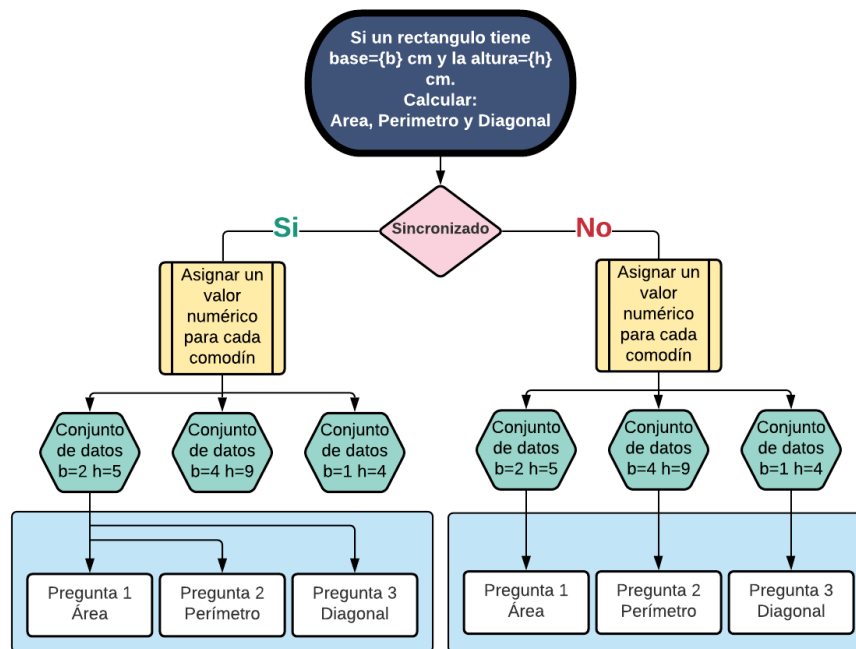
Estos comodines toman los valores numéricos individuales desde un conjunto de datos (*dataset*) predefinido, dicho conjunto se selecciona dentro de un rango y con una cantidad finita de valores definida por el docente, lo que sugiere un control en los valores que toman los comodines, pero no en la combinación entre ellos, puesto que esta combinación se realiza de forma aleatoria para los comodines de un mismo enunciado, no obstante, Moodle permite previsualizar estas combinaciones y cambiarlas manualmente.

Con respecto a la respuesta de la pregunta de tipo *Calculada*, esta debe ser expresada como una ecuación explícita, que debe contener en la expresión, cuanto menos, uno de los comodines usados en el enunciado de la pregunta, esto representa una desventaja, pues restringe las respuestas de un ejercicio a solo las que se puedan expresar en función de otras variables, por ejemplo, el área de un rectángulo se puede expresar como la multiplicación del valor de su base por el valor de su altura, así entonces, si se usan los comodines $\{b\}$ =base y $\{h\}$ =altura la respuesta programada será $\{b\}*\{h\}$, mientras que si el ejemplo es calcular la presión al final de un proceso termodinámico resultará difícil expresar la respuesta como una función de los comodines que representen temperatura= $\{T\}$, volumen= $\{v\}$ o cualquier otra propiedad física, pues esta expresión depende de factores como la fase en la que se encuentre la sustancia (gaseosa, líquida, o sólida) o el tipo de proceso. Al final, cada fase y/o proceso tiene su propia expresión, y para controlar que sea la misma fase o proceso para cada estudiante dentro de la pregunta, habría que controlar la combinación de los comodines, pero como se mencionó anteriormente esto no se puede realizar de forma automática.

Por último, las preguntas del tipo calculada permiten realizar varias preguntas bajo un mismo enunciado a partir de la sincronización de los comodines, es decir, si se tiene un enunciado para 3 preguntas, por ejemplo, los comodines dentro del enunciado repetirán su valor numérico individual en cada una de estas 3 preguntas, como se muestra en la figura, además, cada respuesta deberá tener su

correspondiente ecuación de solución; se evidencia también en la figura 3 que, al no sincronizarse, cada pregunta contará con un valor diferente para el mismo comodín ocasionando errores en el cálculo de la respuesta.

Figura 3. Ejemplo de sincronización de comodines.



En cuanto a la pregunta de tipo ensayo, esta permite obtener un espacio para escribir una respuesta textualmente o subir un documento de tipo PDF, JPG, entre otros, que contenga un procedimiento de solución o un escrito o ensayo según sea el caso, teniendo esto en cuenta, este tipo de pregunta resulta útil para subir evidencias de cálculos de las preguntas calculadas, si lo requiere el docente.

El banco de preguntas de Moodle permite, también, importar las preguntas de forma externa a Moodle en diferentes formatos, para el caso del presente trabajo de grado, se centrará el estudio en el formato de importación Moodle-XML, este es un formato de texto que cuenta con la información completa de la pregunta, es decir, tipo de pregunta, enunciado, figuras, respuestas, etc.

La Información se encuentra codificada en un conjunto de etiquetas(tags) que al importarse, el algoritmo de Moodle las decodifica y las convierte en una pregunta almacenándolas dentro del banco de preguntas, esta posibilidad de importación de las preguntas, basada en una codificación, propone una solución a las desventajas anteriormente mostradas en las preguntas del tipo calculada, pues es posible automatizar la combinación de los comodines, recibir respuestas sin la necesidad de una ecuación, entre otros detalles, incluso estéticos, que no se pueden desarrollar directamente en la interfaz gráfica que ofrece Moodle para la creación de preguntas. Los detalles de la automatización para la combinación de comodines y codificación se tienen en cuenta para el desarrollo del software.

4.1.3 Moodle-XML (*Extensible Markup Language*). Dentro del diseño y el texto manejado en sitios web siempre existe un lenguaje propio y uno de estos es el lenguaje XML, el cual es un lenguaje basado en marcas o etiquetas que definen un conjunto de órdenes para codificar documentos creados por medio de un software o escritos por personas, este lenguaje proporciona una plataforma para definir los elementos necesario para la creación de formatos de lectura y lenguajes personalizados, simplificando así el intercambio de datos entre aplicaciones.

En cuanto a Moodle, esta plataforma cuenta con un formato de lenguaje propio llamado Moodle-XML este es un formato específico que maneja la plataforma educativa para realizar el proceso de importación y exportación de preguntas desde y hacia al Banco de preguntas con el que cuenta para la realización de los exámenes desde el Módulo de cuestionario¹¹.

Durante el proceso de importación, el archivo recibe una validación por medio de un revisor de XML, donde se decodifica y se convierte en pregunta, este archivo debe contener la estructura definida y escrita correctamente, de no ser así, se

¹¹MOODLE. MoodleDocs: Formato Moodle XML [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Formato_Moodle_XML.

obtendrán errores inesperados, es necesario entonces, conocer el conjunto de etiquetas utilizados y la información que contienen. Las etiquetas o marcas del archivo XML son propios de Moodle y pueden ser comunes o individuales, es decir, etiquetas globales que deben estar contenidas en todos los archivos de importación o marcas individuales que solo se escriben para un tipo de pregunta específico.

La metodología de escritura del archivo se basa en abrir una etiqueta, ingresar la información que debe contener y posteriormente cerrarla, esta información puede ser números, texto, imágenes o incluso otra etiqueta, en la figura 4 podemos observar un ejemplo de escritura para agregar una pregunta, en donde la etiqueta *question* es un etiqueta global que contiene la información del tipo de pregunta y otro conjunto de etiquetas para agregar información específica del tipo de pregunta seleccionada o información global como enunciado y nombre de la pregunta. Para el conjunto de etiquetas únicas, describiremos las etiquetas para las preguntas del tipo Calculada, pues esta se usa en el desarrollo del presente proyecto.

Figura 4. Ejemplo de etiquetas en Moodle – XML.

```
<question type="multichoice|truefalse|shortanswer|matching|cloze|essay|numerical|description">
  <name>
    <text>Nombre de la pregunta</text>
  </name>
  <questiontext format="html">
    <text>¿Cual es la respuesta a esta pregunta?</text>
  </questiontext>
  .
  .
  .
</question>
```

Fuente: MOODLE. MoodleDocs: Formato Moodle XML [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Formato_Moodle_XML

Las preguntas de tipo *Calculada*, como se menciona anteriormente, cuentan con un conjunto de *comodines* que se usan para obtener diferentes versiones de la misma pregunta mediante la variación de algunos datos numéricos, para ello es necesario crear los comodines, asignarle un valor dentro de un conjunto de datos y sincronizarlos, si es necesario; toda esta información debe estar contenida dentro de una etiqueta y se agrega de forma externa. Esta etiqueta puede contener incluso información de comodines que no se encuentren contenidos en el enunciado pues en el proceso de decodificación, por parte de Moodle, este seleccionará solo los comodines que necesite, por ende, es posible crear comodines que el estudiante no puede visualizar desde el enunciado de la pregunta pero que si pueden ser usados en los cálculos de las respuestas pues la sincronización también permite usar comodines desde cualquier conjunto de datos creados, estas dos características son demasiado relevantes y están presentes en el algoritmo que genera los exámenes.

4.1.4 Plataforma de desarrollo del software. La plataforma utilizada para desarrollar y programar SIGENEXA es la ofrecida por el software Matlab, que gracias a su amplia gama de funciones y complementos proporciona el ambiente adecuado para el desarrollo rápido de aplicaciones.

Otra de las características por las cuales se decide utilizar este software de programación es el amplio despliegue en soporte técnico que posee, pues todos sus toolboxes y funciones están totalmente documentados, es decir, posee manuales y tutoriales de libre acceso y fácil consecución para cada una de las funciones utilizadas en programación, como también para cada uno de los complementos utilizados en el proceso de compilado y empaquetado de aplicaciones, poniendo a disposición del usuario la información necesaria para la correcta y eficaz utilización del software.

4.1.4.1 Matlab. Es una herramienta de cómputo y cálculo numérico que dispone de un extenso conjunto de librerías y comandos de alto nivel, versátiles y completos que permiten: la programación de algoritmos, la entrada, salida, procesamiento y visualización de datos de forma versátil y funcional. Haciendo posible la resolución de problemas científicos e ingenieriles de manera más sencilla que utilizando los lenguajes de propósito general y tradicional como C y C++¹². Además, como complemento a sus características ofrece al usuario lo que en el contexto de desarrollo de software se conoce como un entorno de desarrollo integro, el cual, es un conjunto de herramientas que apoyan las etapas del desarrollo de software, permitiendo la creación, desarrollo y distribución de aplicaciones.

Como se mencionó anteriormente el software posee un amplio portafolio de funciones y subfunciones, que pueden ser complementadas por algoritmos creados y programados por el usuario, estos algoritmos pueden ser compartidos entre usuarios Matlab, Además, tiene la capacidad de interactuar con otras herramientas computacionales, tales como Excel u otros lenguajes de programación.

Matlab es un programa multiplataforma, es decir, se encuentra disponible para los principales sistemas operativos (Unix, Windows, macOS y GNU/Linux) con variaciones únicamente en la interfaz y el aspecto gráfico entre las versiones. Por si fuera poco, también dispone de aplicaciones para versiones móviles (iOS y Android).

¹²REINOSO CARGIA, Oscar, et al. MATLAB: Conceptos básicos y descripción gráfica [en línea]. Elche, España: Universidad Miguel Hernández de Elche. 08 noviembre 2018. p. 1-2. [consultado el 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=ioVxDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. ISBN: 978-84-16024-52-0.

Hasta hace algunos años el software se percibía como un programa para la solución de problemas de ingeniería y no como un lenguaje de programación, esta perspectiva ha cambiado con el paso del tiempo y ampliado su enfoque en los últimos años hasta convertirse en un entorno completo de desarrollo, esto como consecuencia de la incorporación de gran variedad de funciones y complementos al paquete de desarrollo convencional. Dentro de los que resalta el programa app designer, que es un conjunto de herramientas enfocadas a la creación de aplicaciones, con una interfaz diseñada de forma tal que promueve la interacción con el usuario.

4.1.4.2 Lenguaje de programación. Todas las aplicaciones creadas en Matlab se desarrollan en un lenguaje de programación propio, este lenguaje es del tipo interpretado, es decir, es un lenguaje cuyo código no necesita ser procesado mediante un compilador, permitiendo al ordenador la ejecución de las instrucciones dadas por el programador sin necesidad de leer y traducir exhaustivamente todo el código de programación a lenguaje máquina (lenguaje utilizado por la CPU del ordenador). Todo esto es posible gracias a la participación de un programa llamado interprete, el cual, es el encargado de traducir cada instrucción escrita por el humano a código máquina.

El intérprete se encarga de leer las instrucciones del programa conforme estas necesitan ser ejecutadas, no se ejecuta la siguiente orden hasta que no se ha terminado de ejecutar la anterior, para seguidamente descomponerlas en comandos que son enviados al sistema operativo. Otra de sus características más relevantes es la de automatizar algunas de las tareas típicas del programador como la declaración de variables o dependencias, lo que agiliza el proceso de escritura del código, siendo esta una de las principales ventajas de este lenguaje en épocas donde factores como: el tiempo y versatilidad de desarrollo de una aplicación son tan importantes como la calidad del resultado final.

Dentro de las ventajas que posee este tipo de lenguaje se destaca su independencia de la maquina y el sistema operativo, esto debido a que no posee instrucciones propias de un procesador, en su lugar dispone de llamadas a funciones que el intérprete deberá reconocer. Esta característica le proporciona al desarrollador importantes ventajas en el proceso de creación de aplicaciones, entre las que se destaca la facilidad para escribir programas multiplataforma, pues este solo debe escribir el programa para una plataforma específica y son las diferentes versiones de los intérpretes disponibles quienes dan la capacidad de ser multiplataforma, es decir, al existir un intérprete del lenguaje para cada sistema operativo, se garantiza que cualquier programa escrito en ese lenguaje funcione correctamente en cualquier plataforma. En cambio, no sucede de la misma manera con programas compilados, pues en estos es el programador el encargado de gestionar las diferencias entre plataformas. Añadiéndose complejidades como las que se generan cuando el código (programa) depende de librerías externa, siendo necesario que estas librerías sean compatibles con la plataforma para la cual se desea compilar el programa. Por otra parte, se tiene el hecho de que los programas desarrollados en lenguajes compilados solo pueden ser ejecutados en la plataforma para la cual fueron compilados. Es decir, un programa escrito en C++ podría funcionar en Windows, pero en Linux.

La desventaja de los lenguajes interpretados radica en que son de entre uno o dos órdenes de magnitud más lentos que los lenguajes compilados, esta desventaja se hace significativa en programas robustos y que exigen un consumo de recursos computacionales alto.

4.1.4.3 Matlab App designer. Es un programa que se caracteriza por permitir al usuario crear aplicaciones profesionales sin ser este experto en el campo del desarrollo de software, esto mediante la integración de las dos tareas fundamentales en la elaboración de aplicaciones: la distribución de los

componentes visuales de la interfaz gráfica de usuario (GUI) y la programación del comportamiento de esta¹³.

Para la organización de la interfaz gráfica de usuario, el software dispone de una configuración que permite desplazar y colocar componentes visuales con total libertad sobre el panel de diseño. De igual manera, el software cuenta con un menú de componentes prediseñados, entre los que se encuentran: botones, áreas de texto, listas desplegables, casillas de verificación, elementos de control, entre otros. Para los cuales, sus características visuales tales como: tamaño, color, forma y/o tipo de fuente pueden ser personalizados de forma rápida y sencilla desde la ventana de diseño. Ofreciendo al diseñador un gran abanico de opciones que facilitan la creación de aplicaciones visuales de todo tipo.

En cuanto a la programación, App Designer cuenta con un editor integrado, el cual, al agregarse un componente a la pestaña de diseño genera automáticamente código orientado a objetos que especifica la distribución y el diseño de la aplicación, suprimiendo la escritura de numerosas líneas de código para describir la apariencia y la ubicación de los elementos dentro de la interfaz, es decir, por cada componente que se agrega la plataforma crea un objeto de programación, las características visuales y el comportamiento de este objeto son modificables desde la ventana de diseño y el código de programación, lo que facilita la definición del comportamiento de la aplicación.

Otra característica relevante de la plataforma App Designer es su capacidad para comprobar automáticamente la existencia de problemas de codificación, la plataforma muestra mensajes de advertencia, error, y sugerencias de solución a estos sobre el código a medida que se escribe y modifica la aplicación. Lo que optimiza el tiempo de escritura del código.

¹³MATHWORKS. Matlab: App Designer [sitio web]. [Consultado: 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>

Vale la pena resaltar que Matlab, dentro de su amplia gama, ofrece gran cantidad de opciones de compilado y empaquetado de aplicaciones que van desde aplicaciones independientes, aplicaciones web y complementos de Excel hasta aplicaciones de Big Data, así mismo, las aplicaciones y programas creados en Matlab pueden ser empaquetados en componentes de software para ser integrados con otros lenguajes de programación. Todo ello hace de Matlab y específicamente Matlab App Designer la plataforma idónea para el desarrollo de la herramienta.

4.1.5 Ingeniería de software. De este concepto existen numerosas definiciones que varían dependiendo del enfoque de cada autor. Los autores del presente proyecto comparten la idea fundamental propuesta por Fritz Bauer, la cual expone “La ingeniería de software es el establecimiento y uso de principios fundamentales de la ingeniería con objeto de desarrollar en forma económica software que sea confiable y que trabaje con eficiencia en máquinas reales”¹⁴.

En este orden de ideas, la ingeniería de software suministra los procesos, métodos y herramientas necesarios para la realización de ingeniería con el software. Los procesos de software constituyen los cimientos para el control de proyectos de software y establecen el contexto en el que se aplican los métodos. Mientras que los métodos suministran la experiencia técnica para la realización de actividad basándose en principios fundamentales que gobiernan el área de aplicación, por otro lado, las herramientas son las encargadas de proporcionar apoyo automatizado al proceso y los métodos¹⁵. Una vez definidos estos conceptos es importante profundizar en aquellos cuya definición es de gran

¹⁴NATO SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE. (1: 7-11, OCTUBRE, 1968: Garmisch, Alemania). Citado por PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del software: un enfoque práctico. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2010. p. 11. ISBN 978-607-15-0314-5.

¹⁵PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del software: un enfoque práctico. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2010. p. 12. ISBN 978-607-15-0314-5.

relevancia para la contextualización de las herramientas utilizadas en el desarrollo del presente proyecto.

Un proceso de software es un conjunto de actividades enlazadas que conducen a la elaboración de un producto de software, existen numerosos modelos de procesos donde cada uno de ellos pretende organizar de manera sistemática el proceso de desarrollo de software. Debido a los diferentes tipos de software no existe un proceso universal o ideal, sin embargo, cualquier proceso debe incorporar las actividades elementales para la ingeniería de software.

- Especificación del software. Define la operatividad del software y las restricciones presentes en su operación.
- Diseño e implementación del software. Se elabora el software que cumple con las especificaciones.
- Validación del software. Se verifica que el software cumpla con las expectativas del cliente.
- Evolución del software. El software debe evolucionar para suplir las necesidades del cliente¹⁶.

En el desarrollo de estas actividades se despliega un concepto fundamental dentro de la ingeniería de software, este es el de arquitectura del software que según Pressman¹⁷, en su definición más sencilla, es la estructura en que se ordenan los elementos de un sistema (módulos), el modo en el que estos interactúan y la estructura de datos que emplean. Para complementar la idea anterior es necesario estudiar otro concepto elemental del diseño de software conocido como modularidad.

¹⁶SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería de software. 9a ed. México: Pearson Educación, 2011. p. 28. ISBN 978-607-32-0603-7.

¹⁷PRESSMAN. Op. cit., p 190.

La modularidad hace referencia a la división del sistema en componentes (módulos) con nombre distinto y abordables por separado, de manera que cada uno de estos resuelvan un conjunto de acciones que al integrarse satisfacen los requerimientos del sistema, en otras palabras, la modularidad es la manifestación del concepto elemental de diseño denominado división del problema, el cual sugiere que cualquier problema complejo es más fácil de solucionar si se divide en elementos que puedan ser solucionados de manera individual.

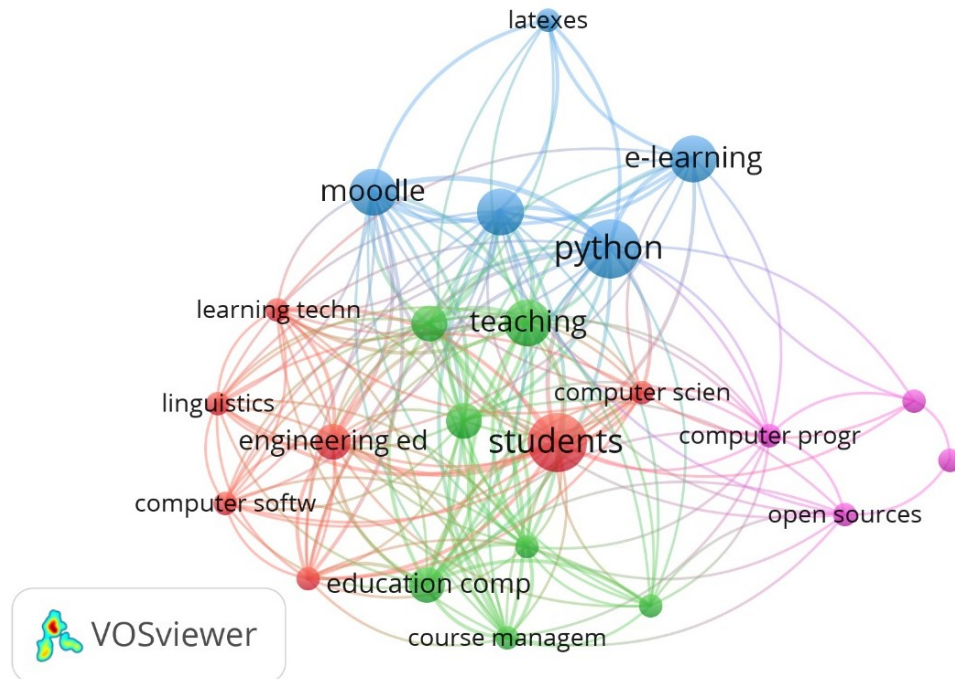
4.2 ESTADO DEL ARTE

Para el estado del arte se realizó un estudio bibliográfico donde se esperaba obtener la mayor información acerca de autores y/o investigaciones previas que permitan observar la actualidad y estadística de proyectos de investigación con enfoque similar a este. Para mostrar de forma adecuada estos resultados, se realizó una bibliometría* basada en la coocurrencia de palabras claves. Las ecuaciones de búsquedas fueron Moodle AND Python y Moodle AND Matlab.

La revisión bibliográfica y conjunto de datos bibliométricos se obtuvieron de la base de datos SCOPUS licenciada por la universidad, como se puede observar en las figuras 5 y 6, existen ya varios autores que han dedicado su tiempo a la investigación en la interacción de Moodle con otros softwares para producir una mejora a esta plataforma educativa.

*La bibliometría es una parte de la cienciometría que aplica métodos matemáticos y estadísticos a toda la literatura de carácter científico y a los autores que la producen, con el objetivo de estudiar y analizar la actividad científica.

Figura 5. Resultado de la bibliometría coocurrencia de palabras claves Moodle AND Python.



Este estudio conduce a varios artículos en donde se pueden destacar ideas como generadores automáticos de tareas usando Matlab en interacción con Moodle y el lenguaje XML¹⁸, un plugin de conexión entre Moodle y una herramienta desarrollada con Python que permiten obtener un mayor aprovechamiento de la plataforma educativa con seguimientos continuos entre el docente interesado y su curso o asignatura¹⁹.

¹⁸GANGUR, Mikulas. Matlab Implementation of the Automatic Generator of the Parameterized Tasks. Trabajo de investigación [En línea]. Pilsen: Universidad de Bohemia Occidental. Facultad de Economía. 2013. 24 p. [Consultado: 8 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/259901567>.

¹⁹VEGA ROMERO, Jeyson y HERNANDEZ QUINTERO, Julián. Herramienta software para automatización y aseguramiento de información académica en la plataforma Moodle. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas e Informática. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. 2018. 75 p.

5. CONFIGURACIÓN DEL BANCO DE PREGUNTAS

Un banco de preguntas es una biblioteca que cuenta con varios enunciados y preguntas al que se puede acceder fácilmente y que permite agregarlas a un examen rápidamente. Estas preguntas deben estar escritas, resueltas y certificadas, es decir, su solución debe ser correcta y debe evaluar las competencias de la asignatura para la cual se desarrolla el banco, teniendo esto en cuenta, el presente capítulo, muestra el proceso de configuración del banco de preguntas de la asignatura Termodinámica I (21802) ofertada en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Como se menciona en la sección 4.1.1 de este documento, la asignatura Termodinámica I (21802) tiene una organización jerárquica en cuanto a los tópicos que se incluyen en la misma, por ende, el banco de parciales estará dividido en 6 diferentes categorías. Cada categoría cuenta con 15 enunciados, donde cada enunciado cuenta con un número determinado de preguntas y respuestas, además, los enunciados dentro de cada categoría disponen de una organización por nivel de dificultad de 1 a 3, siendo 3 el nivel más alto.

Para la configuración del banco inicialmente se recopiló información de exámenes, trabajos y talleres realizados en años anteriores y ejercicios propuestos dentro de los textos guías, esta información se organizó dentro de cada una de las categorías y niveles de dificultad para luego pasar por un proceso de depuración de información, donde se definió la estructura con la que debe contar cada enunciado y pregunta para que un ejercicio pueda ser evaluado dentro de la plataforma Moodle, que cumpla con los requisitos de la pregunta de tipo *Calculada* y que permita la individualización de los exámenes, cada una de estas etapas por las que pasan los ejercicios seleccionados se detallan únicamente para la categoría Definición de estados; este proceso se realiza de forma análoga en el resto de categorías.

5.1 FASE DE RECOPIACIÓN

En esta primera fase de la configuración del banco de parciales, se organizaron todos los ejercicios preseleccionados dentro de cada una de las categorías anteriormente definidas, junto con la división por nivel de dificultad. Para la ejecución de esta fase es necesario discriminar las competencias individuales que pretende evaluar cada categoría con relación a su contenido, por ende, es necesario describir, con mayor detalle, el contenido correspondiente a cada categoría para seleccionar los ejercicios que se ajustan a esta, a continuación, se enlistan dichos contenidos detallados.

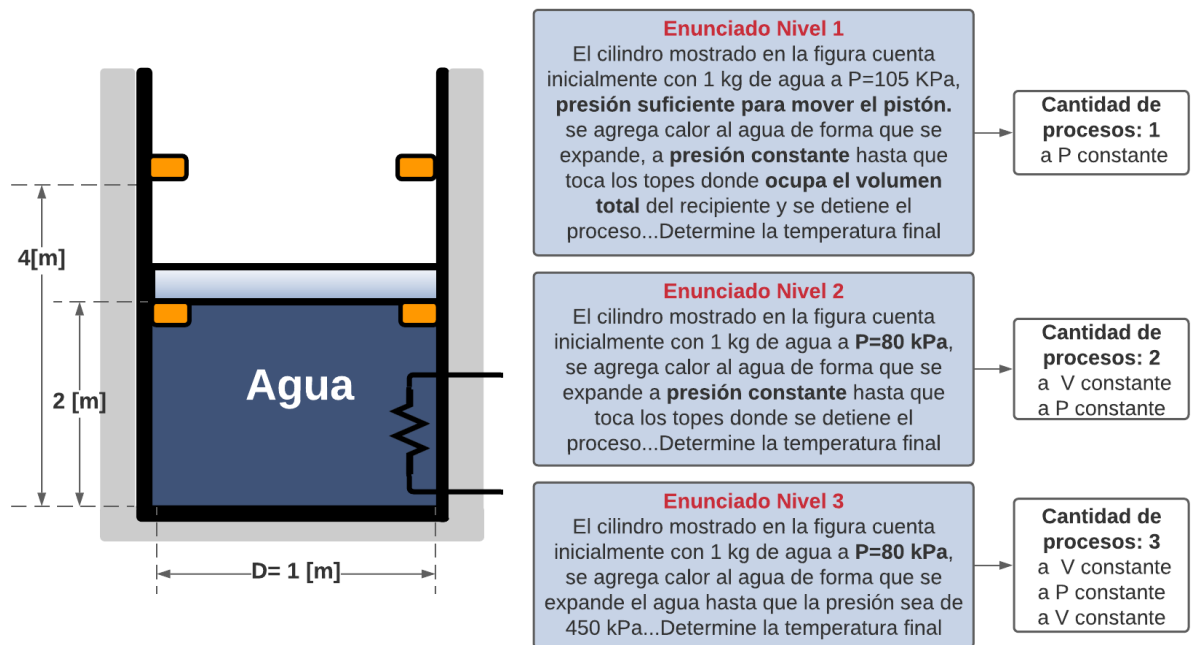
5.1.1 Definición de estados. Los ejercicios contenidos en esta categoría evalúan en el estudiante la capacidad para definir un estado termodinámico a partir de un conjunto de propiedades teniendo en cuenta el postulado de estado y aplicado a procesos que se llevan a cabo en sistemas cerrados²⁰. Los sistemas masa control seleccionados para estas categorías son: cilindro-pistón convencional, cilindro-pistón resorte y recipientes rígidos; dichos elementos proporcionan la posibilidad de establecer procesos termodinámicos que suceden a presión constante, a volumen constante, a presión como función del volumen, a temperatura constante y la combinación de todos estos procesos en una misma situación.

Como resultado, en esta categoría se encuentran ejercicios con preguntas relacionadas directamente con el cálculo de propiedades como temperatura, presión, volumen y/o energía interna, a partir del uso de las tablas o ecuaciones de estado para gases ideal y teniendo en cuenta los conceptos de equilibrio térmico y equilibrio mecánico.

²⁰CENGEL, Yunus A y BOLES, Michael A. Propiedades de las sustancias puras. En: Termodinámica. 5 ed. México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2007. p. 111.

En cuanto a la diferencia en los niveles de dificultad, prevalece el hecho de que los problemas organizados en el mayor nivel son ejercicios donde se combina varios tipos de procesos y donde el enunciado no contiene información explícita del tipo de proceso, por ejemplo, en un enunciado se puede describir un proceso que se da dentro de un cilindro pistón convencional sin especificar que este se da a presión constante, esta especificación si sucede en las preguntas de los niveles 1 y 2 respectivamente, sin embargo, los problemas del nivel 1 difieren en dificultad con los de nivel 2 en la cantidad de procesos que se lleva a cabo en el ejercicio. En la figura 7 se puede observar un ejemplo donde se visualiza la diferencia en los enunciados para cada nivel.

Figura 7. Diferencia en los niveles de dificultad.



Es necesario aclarar, que el ejemplo mostrado en la figura 7 corresponde a la diferencia que tienen los enunciados, para un mismo ejercicio, en los diferentes niveles de dificultad, sin embargo, en el banco de preguntas desarrollado, los ejercicios son diferentes en cada nivel.

5.1.2 Primera ley – Sistemas cerrados. Continuando con los procesos que ocurren dentro de sistemas cerrado, esta categoría cuenta con ejercicios que, en forma, son equivalentes a los de la categoría anterior, es decir, se basan en procesos que suceden en cilindros pistón o tanques rígidos, para establecer nuevamente procesos a presión, volumen o temperatura constante, incluyendo además los que suceden de forma politrópica y los conceptos de calores específicos a presión y volumen constante respectivamente.

El proceso de selección por niveles de dificultad también es equivalente al de la categoría definición de estados, sin embargo, se agregan algunos conceptos adicionales como los procesos transitorios, estos se organizaron para problemas de nivel 3. Los problemas propuestos deben incluir, además, la evaluación de los conceptos de trabajo, calor, conservación de la energía y, por ende, primera ley de la termodinámica.

Correspondiendo con lo anterior, los enunciados y preguntas organizados dentro de esta categoría contienen información adicional sobre la energía que se transfiere en el proceso, proponiendo la evaluación conceptual de términos como proceso adiabático, trabajo de frontera, aislamiento térmico, equilibrio termodinámico, calores específicos, entre otros, para su posterior uso en el cálculo de las condiciones finales, iniciales o intermedias en un proceso determinado o el cálculo de la energía total transferida y la forma en cómo se transfiere; todo esto teniendo en cuenta la primera ley de la termodinámica aplicada a sistemas cerrados.

5.1.3 Primera ley – Sistemas abiertos. La primera ley de la termodinámica aplicada a los sistemas abiertos contempla conceptos nuevos como la energía en flujo o entalpía y su forma de evaluación contiene un enfoque un poco mas práctico, pues los problemas diseñados para esta categoría contienen un contexto operacional a partir de la caracterización, desde la termodinámica, de procesos

que se dan en la realidad como pueden ser un refrigerador o una planta de generación de energía eléctrica. A pesar de que en estos procesos sea necesario calcular propiedades, el objetivo de esta categoría no es la evaluación directa de esta competencia; lo que realmente se busca evaluar son los conceptos de potencia, flujo de calor, la interacción entre 2 o mas equipos, que conectados entre sí generan un ciclo termodinámico y, en general, la evaluación de los conceptos de conservación de energía.

La clasificación por niveles de dificultad se basó principalmente en 2 aspectos, el primero se manejó de forma similar a los anteriores, es decir, basado en la cantidad de información explícita con que cuenta el enunciado y el segundo aspecto fue la cantidad de equipos relacionados que configuran un ciclo, por consiguiente, los ejercicios de nivel 3 cuentan con más de 5 equipos interactuando en promedio, los de nivel 2 con mas de 3 y, por último, los de nivel 1 cuentan con 1 o máximo 2 equipos. Estos equipos mencionados anteriormente pueden ser: intercambiadores de calor, turbinas, bombas, válvulas, compresores, difusores o toberas.

5.1.4 Segunda ley. La segunda ley de la termodinámica aplicada tanto a sistemas cerrados como a sistemas abiertos establece el sentido en que deben ocurrir los procesos, introduciendo los conceptos de irreversibilidad, procesos ideales, procesos irreales, depósitos de energía térmica, maquinas térmicas, refrigeradores, bombas de calor y ciclo ideal de Carnot para finalizar con el análisis de las máquinas térmicas.²¹. Nuevamente aquí, es necesario utilizar cálculos de primera ley o de propiedades de la sustancia pura, sin embargo, las preguntas se encuentran enfocadas a evaluar los conceptos recientemente introducidos. Para la clasificación por niveles, se sigue manejando el aspecto de la

²¹Ibid., p. 279.

información en los enunciados y, específicamente, en esta categoría el aspecto del conocimiento a priori del ciclo que se puede dar incluso en un sistema cerrado.

5.1.5 Entropía. A diferencia de la energía, la entropía es una cantidad que no se conserva, por ende, esta categoría evalúa la capacidad para calcular el cambio de entropía en un sistema para luego determinar la generación de entropía en un determinado proceso aplicados especialmente a sistemas abiertos y ciclos²². Los ejercicios que se encuentran contenidos aquí presentan la situación de un ciclo real y como, bajo unas determinadas condiciones, se pueden tratar como ciclos ideales para su caracterización, a partir de esta idea, se establecen criterios para los niveles de dificultad, puesto que el nivel más sencillo cuenta, de forma explícita, con estas condiciones que hacen aproximar el ciclo a un proceso ideal, mientras que las de mayor nivel cuentan con esta información de forma indirecta.

5.1.6 Exergía. Por último, esta categoría final introduce los conceptos de disponibilidad de energía y trabajo útil, estos conceptos son consecuencia de la segunda ley de la termodinámica. Por ende, los ejercicios están nuevamente diseñados para ciclos en sistemas abiertos y considerando los mismos aspectos para su clasificación por nivel, sin embargo, el enfoque de las preguntas se enfoca exclusivamente al cálculo de irreversibilidades, disponibilidades y contabilización de la energía.

5.2 FASE DE AJUSTES


Como se menciona en el principio de este capítulo, inicialmente los ejercicios preseleccionados se organizaron por categorías y niveles, ahora es necesario ajustarlos para que pueden ser desarrollos en la plataforma educativa Moodle. Correspondiendo a ello, esta sección detalla el proceso por el que pasaron los

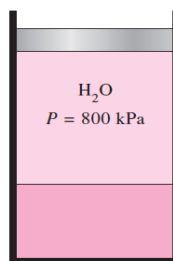
²²Ibid., p. 331.

enunciados y preguntas, de la categoría definición de estados, para establecer un formato final que contenga preguntas del tipo calculada que están almacenados en la herramienta SIGENEXA desarrollada en este proyecto.

5.2.1 Ajuste de preguntas. La categoría *Definición de estados*, como se menciona anteriormente, evalúa las competencias donde el estudiante desarrolla la capacidad para establecer el estado en que se encuentra una sustancia pura luego de pasar por un proceso determinado. Los ejercicios recopilados para esta categoría contienen preguntas donde se pide calcular, por ejemplo, la temperatura al iniciar un proceso o el esquema que representa dicho proceso en un diagrama presión volumen, sin embargo, en esta fase se eliminan aquellas preguntas que no cuenten con la característica de ser una pregunta del tipo calculada, por ejemplo, la pregunta del inciso d de la figura 8.

Figura 8. Ejemplo de ejercicio para la categoría Definición de estados.

- 3-55**  Un dispositivo de cilindro-émbolo contiene 0.1 m³ de agua líquida y 0.9 m³ de vapor de agua en equilibrio a 800 kPa. Se transfiere calor a presión constante hasta que la temperatura alcanza 350°C.
- a) ¿Cuál es la temperatura inicial del agua?
 - b) Determine la masa total del agua.
 - c) Calcule el volumen final.
 - d) Muestre el proceso en un diagrama P - v con respecto a las líneas de saturación.



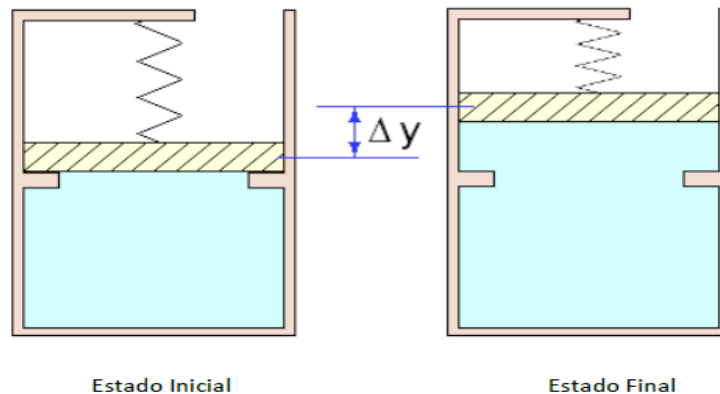
Fuente: CENGEL, Yunus A y BOLES, Michael A. Propiedades de las sustancias puras. En: Termodinámica. 5 ed. México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2007. p. 157.

5.2.2 Estructura del ejercicio. La estructura de los ejercicios o problemas recopilados suelen contener un enunciado general donde se describe la situación a resolver con todos los datos para la solución, una cantidad específica de preguntas y una figura para detallar el proceso, esta última es opcional. No obstante, los ejercicios recopilados no cuentan siempre con este tipo de estructura, algunos están escritos en un único párrafo o con las preguntas sin separar, como el problema mostrado en la figura 9, donde se observa que existe un solo inciso que contiene 3 preguntas.

Figura 9. Ejemplo de examen parcial Termodinámica I.

Una cantidad de agua está contenida en un sistema cilindro-émbolo como se muestra en la figura. La masa del agua es 1 kg y el área del émbolo es de 0.5 m². En el estado inicial del agua la temperatura es de 110 grados Celsius y posee una calidad del 80%. El resorte apenas toca el émbolo, pero no ejerce fuerza sobre él. Se suministra calor del agua y el émbolo empieza a subir. La fuerza de resistencia del resorte es proporcional a la distancia recorrida a una razón de 10 N/mm. (Valor 80%). Determine:

- a) La presión, la temperatura y el volumen específico en el estado final cuando la temperatura del agua es 400 grados Celsius.



Si el ejercicio, presentado en la figura anterior, se agrega como pregunta en Moodle, el estudiante lo visualiza como se presenta en la figura 10, donde se observa que solo se cuenta con un recuadro para un respuesta a pesar que en el enunciado se tienen 3, este es un error común por no tener en cuenta la

importancia de la estructura del ejercicio, para tal caso, los problemas recopilados para cada categoría recibieron una revisión para asegurar que el esquema que presenten sea de un enunciado general, preguntas separadas por ítems y, de ser el caso, una imagen o figura que complemente la información del enunciado, todos los ejercicios que no cuentan con este esquema se ajustaron y pasaron a la siguiente etapa.

Figura 10. Ejemplo visualización de pregunta en Moodle.

Una cantidad de agua está contenida en un sistema cilindro-émbolo como se muestra en la figura. La masa del agua es 1 kg y el área del émbolo es de 0.5 m². En el estado inicial del agua la temperatura es de 110 grados Celsius y posee una calidad del 80%. El resorte apenas toca el émbolo, pero no ejerce fuerza sobre él. Se suministra calor del agua y el émbolo empieza a subir. La fuerza de resistencia del resorte es proporcional a la distancia recorrida a una razón de 10 N/ mm. (Valor 80%). Determine:

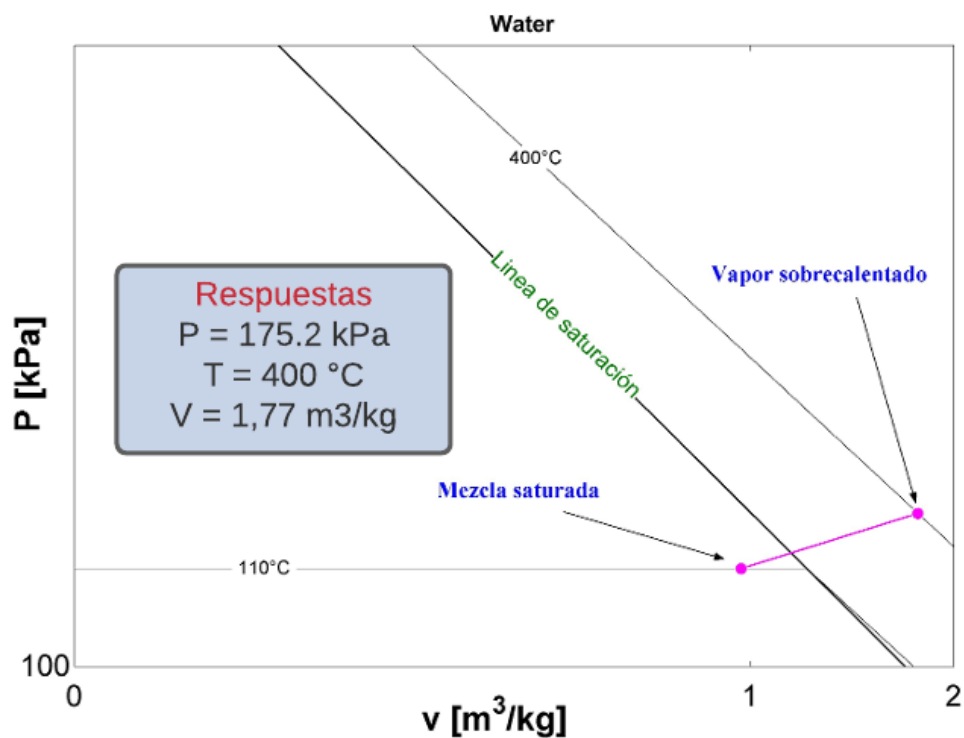
a) La presión, la temperatura y el volumen específico en el estado final cuando la temperatura del agua es 400 grados Celsius.

Respuesta:

5.2.3 Individualización de ejercicios. Como consecuencia de la fase anterior, todos los ejercicios cuentan con una estructura determinada por un enunciado general donde se encuentran todos los datos que se usan para resolver el ejercicio y un conjunto de preguntas separadas. Para el proceso de individualización, fue necesario seleccionar el conjunto de datos donde se tuvo en cuenta las restricciones físicas relacionadas con las propiedades de las sustancia con la que se trabajó, para ello, se estableció un proceso de variación donde inicialmente y, a partir de la versión original de la pregunta, se solucionó el ejercicio, se determinaron los procesos y estados por los que pasa la sustancia y se definió la tolerancia en las respuestas, para luego estructurar la variación en los datos que generarán las diferentes versiones de un mismo ejercicio.

Tomando como ejemplo el enunciado y las preguntas del ejercicio presentado en la figura 9, inicialmente se soluciona con los datos suministrados para luego dar paso a la variación de estos, de este proceso se determinaron las respuestas a las tres preguntas planteadas y se realizó un esquema P-v para mostrar los procesos por los que pasa la sustancia, en este caso agua, los resultados de este proceso se muestran en la figura 11.

Figura 11. Diagrama P-v y respuestas del ejercicio.



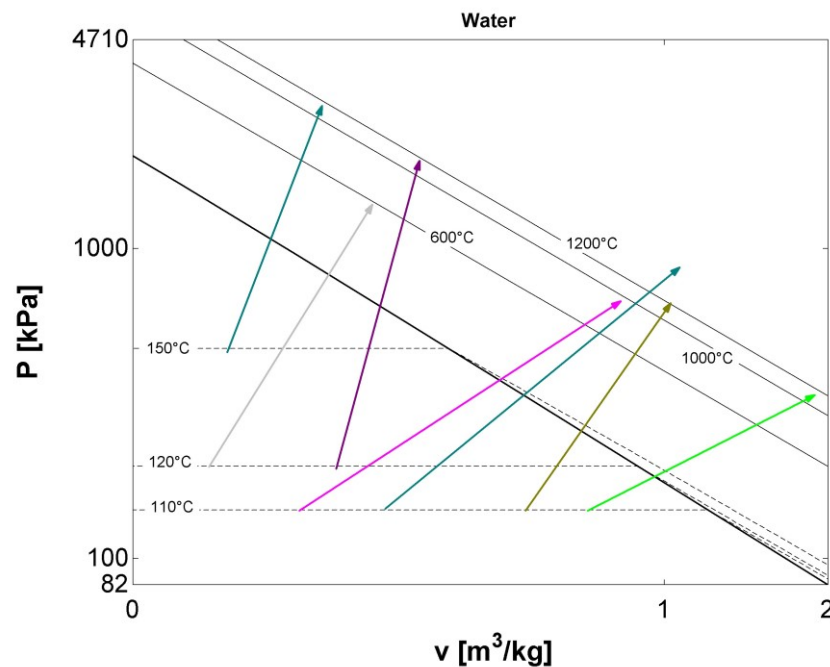
Con la solución establecida, se procede a determinar las cantidades que proporcionan mayor cambio en el ejercicio, para el caso del ejemplo, las cantidades fueron: calidad, temperatura inicial, área, y temperatura final considerando que la calidad debe ser un valor porcentual entre 0 y 100, la temperatura inicial debe ser superior a la temperatura de 100 °C para garantizar que el pistón se mueva desde el inicio, y que la temperatura final sea de vapor sobrecalentando esto se garantizó tomando temperaturas superiores al punto

crítico. En la figura 12 se puede visualizar el comportamiento del agua para algunas versiones de este ejercicio.

Por último, las tolerancias se establecieron a partir de la comparación entre la solución obtenida con una calculadora de propiedades termodinámicas y las tablas de propiedades con las que cuentan los textos guías, como consecuencia, se establecieron un conjunto de situaciones y su correspondiente valor de tolerancia, estas situaciones son las siguientes:

- Cálculo directo de propiedades. 1%
- Cálculo con interpolación de propiedades. 1.5%
- Cálculo final con posibilidad de pérdida de decimales. 3%
- Cálculo con procesos iterativos. 5%

Figura 12. Comportamiento del agua para diferentes versiones del ejercicio.



Con esto se verificó que los posibles caminos que pueda tomar el proceso estén dentro de condiciones razonables, es decir que no se incurran en estados irreales desde el punto de vista termodinámico. Además, que los procesos por los que pasa la solución del ejercicio sean procesos equivalentes para todos los estudiantes.

5.3 PROCEDIMIENTOS Y PREGUNTAS NO CALCULADAS

Como se menciona anteriormente, una de las fases de ajuste incluyó un proceso en donde se descarta la presencia, en el banco, de preguntas que no cuenten con una respuesta numérica, por ejemplo, preguntas de componente teórico o las de describir mediante un esquema el comportamiento termodinámico del sistema. Este proceso de eliminación se llevó a cabo para facilitar el proceso de auto calificación en la plataforma Moodle puesto que las preguntas no numéricas deben ser revisadas una a una por el docente para luego obtener la calificación en Moodle.

Sin embargo, como una estrategia para no eliminarlas y enriquecer el proceso evaluativo, se incluyen las preguntas de tipo ensayo, que como se menciona en el capítulo 4, son aquellas preguntas Moodle que permiten al estudiante, que contesta el cuestionario, anexar un documento pdf que contenga información adicional sobre la solución del ejercicio, y si es el caso, la respuesta a preguntas no numéricas.

Como el documento anexado también puede incluir los cálculos utilizados para responder las respuestas del tipo calculada, la integración de las preguntas tipo ensayo, sugiere un complemento para el proceso evaluativo puesto que es posible incluir la calificación del procedimiento realizado por el estudiante, es necesario aclarar que esta posibilidad de incluir una pregunta del tipo ensayo se encuentra como una opción que podrá seleccionar el docente cuando determine las preguntas que usará en la aplicación de un examen y que es necesario incluir, en

los detalles del cuestionario Moodle, la información exacta que debe contener el pdf que se anexe; en el anexo B se encuentra una guía para la selección de las preguntas tipo ensayo y los detalles que debe llevar la descripción del cuestionario.

6. INGENIERÍA DEL SOFTWARE SIGENEXA

En el presente capítulo se describen las pautas que se siguieron en cada una de las etapas de la ingeniería del software. Por consiguiente, vale la pena aclarar que el modelo de proceso tomado como referencia para el desarrollo del software es el modelo de diseño convencional (secuencial lineal). El cual consta de cuatro etapas fundamentales que se mencionan a continuación y que se desarrollan en el transcurso del capítulo.

- Requerimientos de diseño.
- Diseño en concepto.
- Diseño en detalle.
- Validación.

6.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Con la obtención de los requerimientos de diseño se busca delimitar la funcionalidad del sistema, es decir, definir el servicio que ofrece y las restricciones presentes en su operación. Para ello se debe tener presente que estas especificaciones sirven como base para la elaboración de las instrucciones de operación del sistema, y por ende el diseño de cada módulo que lo conforma. En este orden, los requerimientos de diseño deben estar claramente definidos, organizados y no deben dar espacio a interpretaciones ambiguas.

Los requerimientos dependen del tipo de software a desarrollar y de las necesidades del cliente, para la obtención de estos se recopiló información acerca de los sistemas existentes (Moodle) y del sistema requerido (necesidades del cliente). La recopilación de esta información se llevó a cabo mediante el estudio del sistema evaluativo utilizado y la aplicación de encuestas a los interesados en la herramienta.

La primera parte de esta investigación consistió en la aplicación de dicha encuesta, la cual, se realizó a las docentes de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, que, para el caso, se espera sean los usuarios finales de la herramienta. La estructura y el cuerpo de esta encuesta se evidencian en el anexo A. Se presenta a continuación un resumen con los resultados obtenidos.

Los resultados de la encuesta arrojaron información que, después de ser procesada y analizada, se convirtió en los requerimientos del cliente. Estos requerimientos, para el caso, se distinguen en dos grupos, aquellos que centran su enfoque en definir las funciones y características del sistema y aquellos que se encargan de establecer el proceso interactivo entre el cliente y la aplicación.

Los primeros son de gran utilidad en el diseño arquitectónico del sistema, estos se presentan en la siguiente lista, organizados en orden de importancia según la información suministrada por el cliente.

- Facilidad en el proceso evaluativo, es decir, que además de realizar este proceso, permita modificaciones como: el establecimiento de tolerancia, definición del peso de cada pregunta dentro del examen, retroalimentación(feedback) y revisión del procedimiento.
- Personalización del examen para cada estudiante. Un mismo enunciado, con diferentes datos de entrada para cada estudiante.
- Realización de varias preguntas dentro de un mismo enunciado.
- Clasificación del banco de preguntas según el tópico a evaluar y el nivel de dificultad.
- Visualización de la solución de los ejercicios del banco de preguntas.
- Versatilidad, permitir la creación de nuevas preguntas externas al banco con el que cuenta la herramienta.

Los segundos adquieren un papel relevante en el diseño de la interfaz gráfica de usuario, pues estos reflejan la preferencia del cliente en la manera como intercambia información con el sistema.

- Se requiere una interfaz amigable y de fácil manejo, con preferencia que disponga de un equilibrio (40%-60%) en la relación imagen - texto.
- Se requiere una interfaz que simplifique las actividades a realizar por el usuario, es decir, que el usuario no tenga la necesidad de introducir información redundante, ni agregar variables que se puedan obtener dentro de la herramienta.
- En cuenta a los elementos, los botones y menús desplegables son las preferencias de interacción con el software suministradas por el cliente.

Además del estudio de los requerimientos del cliente también se hizo necesario el estudio del sistema evaluativo actual (Moodle), esto con el fin de identificar las falencias de este y las oportunidades de mejora que presenta. se estudiaron las herramientas con que disponen los docentes, así como las ventajas y desventajas que éstas presentan, además se estudió la posibilidad de articular las herramientas existentes con el software en desarrollo para complementar el proceso evaluativo. De esta investigación se derivó el siguiente resultado que complementa las especificaciones de diseño.

- La herramienta debe poder comunicarse con la plataforma Moodle, que como se mencionó en capítulos anteriores es la plataforma utilizada por la universidad para apoyar el proceso educativo, dicho proceso comunicativo debe centrar sus esfuerzos al cumplimiento de la estructura y formato requerida por la plataforma para la realización de exámenes.
- La herramienta debe flexibilizar la forma en la que se obtienen las respuestas a las preguntas del tipo calculada, pues como se menciona en la sección 4.1.2 estas presentan una única forma de obtención.

6.2 DISEÑO CONCEPTUAL

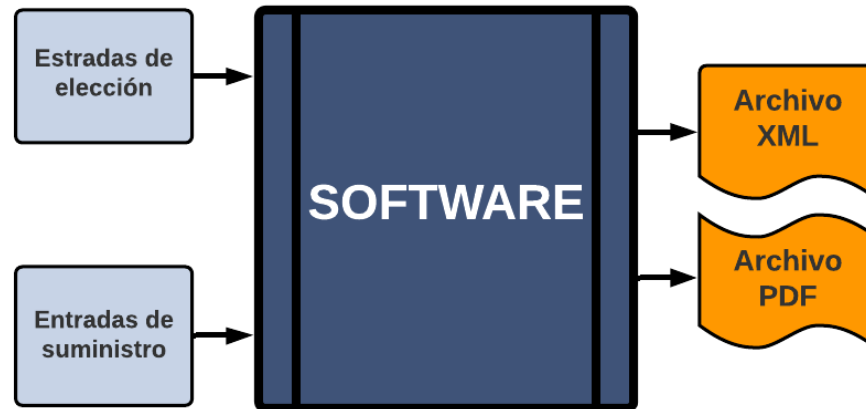
En esta etapa, el enfoque se centra en obtener una o más soluciones al problema de diseño planteado a través de los requerimientos del cliente y las condiciones de operación del sistema. Estas especificaciones se transforman en ideas y conceptos que darán paso a la estructura global del sistema a partir de la identificación y definición de los componentes que dotarán a la herramienta de la funcionalidad requerida, así como de la interacción entre ellos. Como resultado de este proceso se obtiene un modelo arquitectónico que describe la organización del sistema como un conjunto de componentes que se comunican entre sí y con el usuario.

En primera instancia, se estudiaron los requerimientos referentes a los datos de entrada y salida del sistema para identificar las principales características de estos, y comprender la relación existente entre el software que se desarrolla y el ambiente externo, este proceso es esencial para definir como se le proporcionará al software la funcionalidad requerida y como estructurar el sistema para que se comunique con su entorno. En esencia se busca que estas entradas le suministren al programa, de manera coherente, los datos necesarios para la ejecución de las tareas asignadas, así mismo, se espera que con la información procesada el sistema pueda generar las salidas requeridas para lograr una efectiva comunicación con el usuario y la plataforma Moodle. En la figura 13 se presenta un esquema donde se indican las entradas del sistema y la respuesta esperada.

En las entradas de selección se organizan todas aquellas entradas que se encuentran acotadas dentro de las opciones que proporciona el sistema, como ejemplo se tienen: la asignatura y el tópico a evaluar, el nivel de dificultad entre otros. Las entradas del tipo suministro son todos los datos ajenos al sistema, es decir aquellos cuyo valor no se encuentra directamente influenciado por el

sistema, algunos ejemplos de este tipo de entrada son el enunciado, las gráficas y datos de las nuevas preguntas.

Figura 13. Esquema general del software.

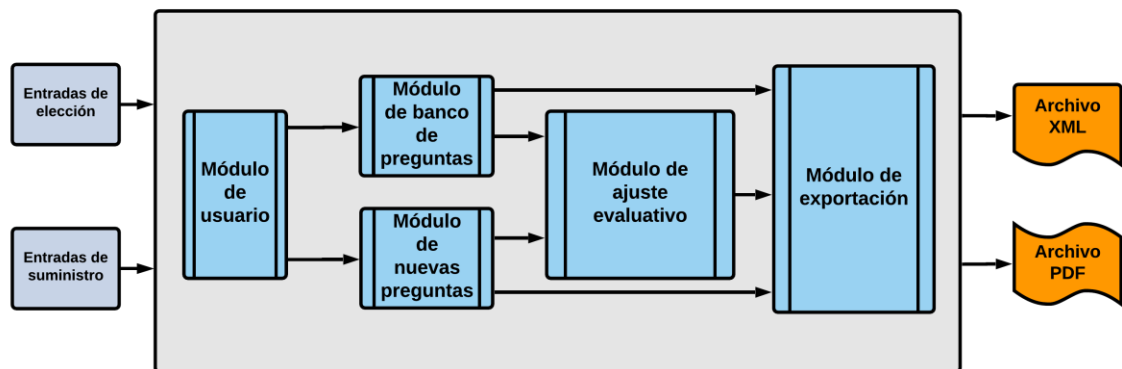


Después de definirse la interacción entre el sistema y su entorno se utilizó esta información como base para definir el modelo interno del sistema. Este modelo se basa en el concepto de modularidad del software definido en la sección 4.1.5, puesto que se hace necesario identificar los componentes individuales que al unirse entre sí constituyen la herramienta virtual, en este orden de ideas se procedió a definir los módulos necesarios para satisfacer los requerimientos de diseño, cada uno de estos módulos tiene como finalidad dotar de características funcionales al sistema, y la manera en que estos interactúan. Como resultado se obtuvieron cinco módulos, de los cuales se hace una pequeña definición a continuación, pero su descripción y funcionamiento se detalla en la siguiente sección.

- Módulo de usuario (principal): direcciona al usuario hacia las diferentes herramientas que el software posee.
- Módulo de banco de preguntas: encargado de buscar los datos existentes en el banco del sistema.

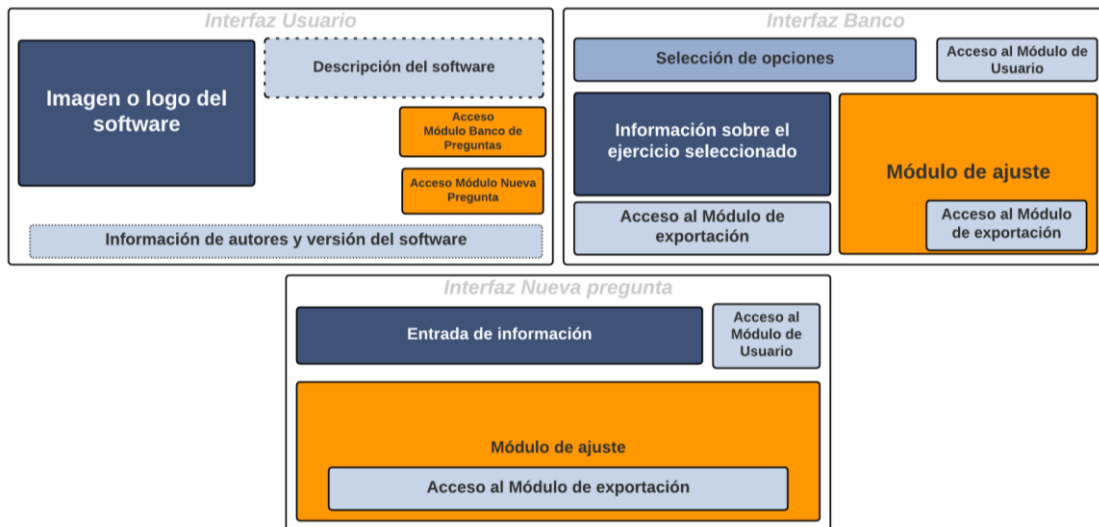
- Módulo de nueva pregunta: proporciona la estructura para la creación de nuevas preguntas.
- Módulo de ajuste evaluativo: posibilita el ajuste de los ítems que conforman el sistema evaluativo.
- Módulo de exportación: encargado de crear archivo en el formato requerido por Moodle.

Figura 14. Modelo interno del software.



Finalmente, el sistema y, específicamente, cada módulo debe intercambiar información con el usuario, para ello se requiere el diseño del entorno gráfico, es decir, el conjunto de interfaces gráficas, que como se mencionó en las especificaciones resultantes de la fase anterior, debe facilitar la comunicación con el usuario y generar un ambiente de trabajo agradable, manteniendo las preferencias del cliente en cuanto a los elementos de interacción establecidos. Además, esta interfaz debe permitir el rápido acceso e interacción con los diferentes módulos propuestos. para ello, se propone construir un conjunto de tres interfaces graficas dentro de las cuales se pretende almacenar el contenido del sistema, la propuesta de distribución inicial se representa en la figura 15 y la descripción en detalle de la construcción de este entorno se encuentra en la sección 6.3.2 de este documento.

Figura 15. Distribución inicial del entorno gráfico.



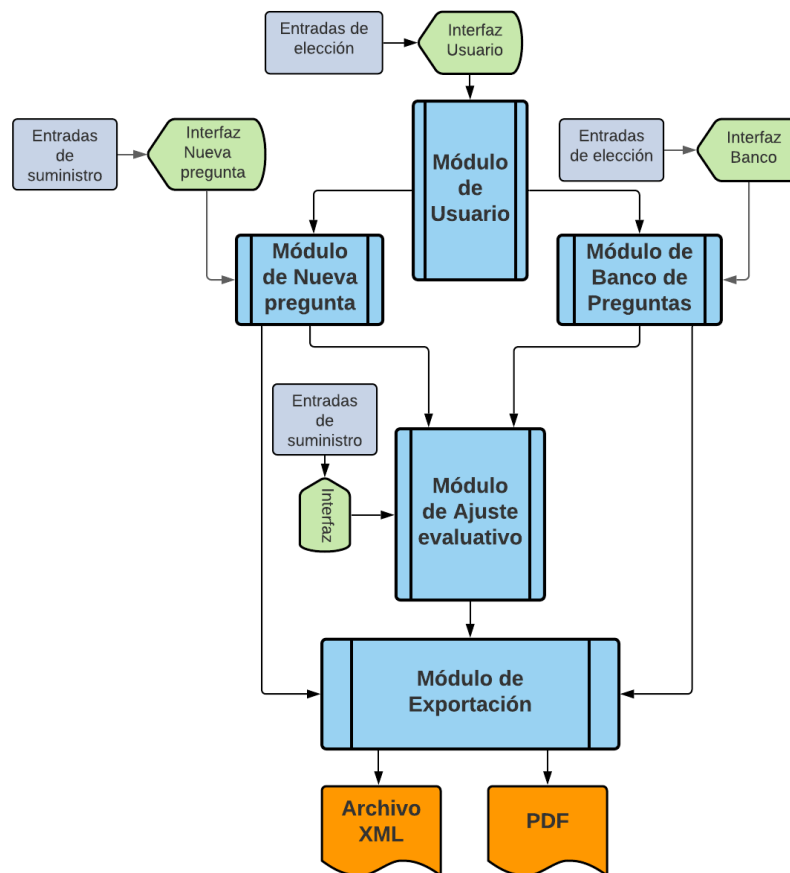
6.3 DISEÑO EN DETALLE

En esta etapa, se retomaron los requerimientos obtenidos en la sección 6.1 y los modelos realizados en la etapa anterior y se determinó la mejor manera de satisfacerlos, manteniendo los estándares de calidad acordados. Del diseño conceptual se pasó al diseño final que es utilizado en la implementación, es decir, se detalló el comportamiento, las operaciones y atributos de los componentes definidos en la etapa de diseño conceptual, considerando aspectos como: requisitos de rendimiento, uso de memoria por parte de los datos, tiempos de respuesta, propiedades del lenguaje de programación, entre otros. Este diseño se divide en dos partes, el diseño de módulos y flujo de datos y el diseño de la interfaz gráfica.

6.3.1 Diseño de módulos y flujo de datos. Para esta fase, se tomó cada componente del sistema y se diseñó su estructura y funcionamiento, detallando el proceso que realiza y la lógica utilizada para suministrar la funcionalidad requerida. Además, se especificó el flujo de datos entre módulos y con la interfaz

gráfica de usuario, es decir, se establecieron los datos de entrada y salida correspondientes a cada módulo del sistema, especificando el formato de estos. En la figura 16 se presenta un diagrama que modela el flujo de datos a través de los módulos y en general el funcionamiento del sistema.

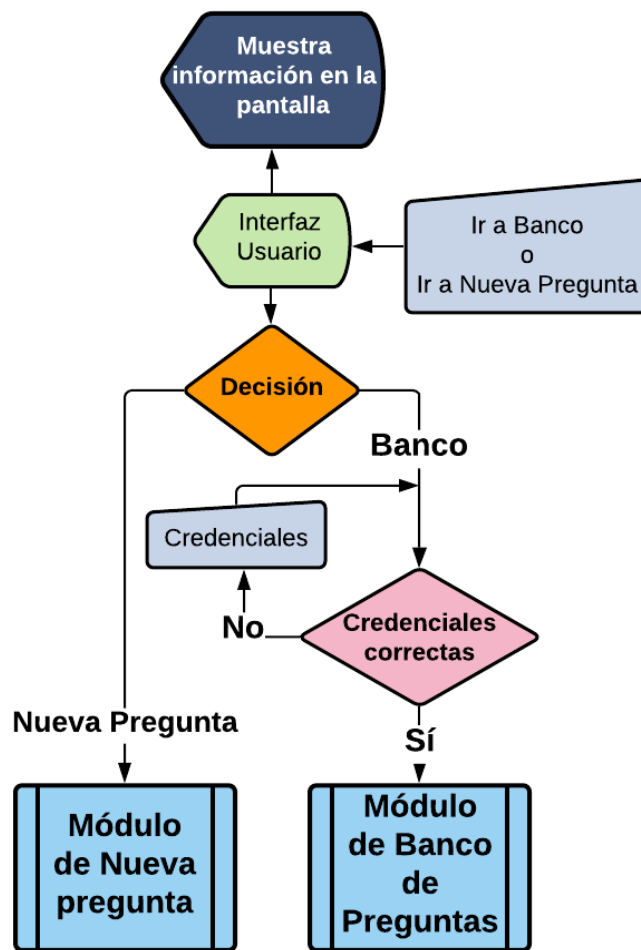
Figura 16. Esquema de flujo de datos global.



6.3.1.1 Módulo de usuario. surge como estrategia para dotar al software y específicamente al banco de preguntas de un primer nivel de seguridad, esto mediante la verificación de credenciales al usuario. Además, cumple la función de dirigir al usuario por las herramientas del sistema. Este es el módulo de inicio del software, el cual, presenta al usuario la información pertinente para contextualizarlo dentro de la herramienta, recibe entradas de selección por parte

del usuario y dependiendo de estas proporciona dos posibles caminos, el primero dirige al módulo de banco de preguntas, pero antes, verifica las credenciales necesarias para el acceso a este. Si estas no son válidas, la herramienta no permite el acceso y además proporciona su respectiva advertencia. El segundo camino dirige al módulo de nueva pregunta el cual es de libre acceso, debido a que no suministra información confidencial del sistema.

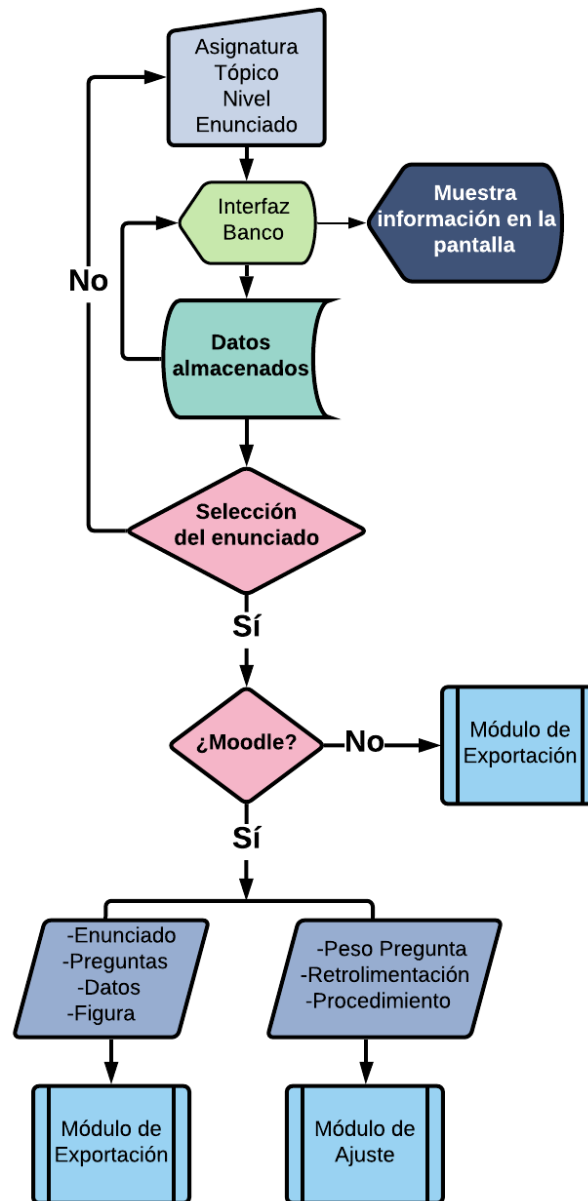
Figura 17. Flujo de datos del módulo usuario.



6.3.1.2 Módulo de banco de parciales. Este módulo surge como solución a los requerimientos que hacen referencia a poseer un banco con preguntas clasificadas por tópico a evaluar y nivel de dificultad. Su función principal es la de proporcionar al usuario dichas preguntas, realizando una búsqueda a partir de una serie de elecciones que el usuario suministra como entradas de selección. Además, concede el acceso para los módulos de ajustes evaluativos y exportación.

El flujo de datos de entrada al módulo es un conjunto de elecciones basadas en la asignatura, tópico y nivel de dificultad; proporcionando una cantidad de diferentes enunciados para su posterior elección, al finalizar este proceso el módulo realiza una búsqueda dentro de un conjunto de datos almacenados y estos son mostrados en la interfaz como parte de una previsualización, este proceso continúa hasta que el usuario seleccione el enunciado de su preferencia. Si el ejercicio seleccionado es para realizar de forma convencional, es decir, entregando un documento, físico o digital, al estudiante, el módulo comparte la elección del usuario con el módulo de exportación, mientras que, si el ejercicio seleccionado es para realizar por medio de la plataforma Moodle, el módulo divide los datos almacenados en dos conjuntos: el primer conjunto se dirige directamente al módulo de exportación y este contiene el enunciado, los datos y la imagen, todos como formato de texto y el segundo conjunto se dirige al módulo de ajuste evaluativo y contiene las preguntas junto con sus atributos (retroalimentación de las preguntas y el valor de cada pregunta dentro del examen), también en formato de texto.

Figura 18. Flujo de datos del módulo banco de parciales.



6.3.1.3 Módulo de nueva pregunta. Surge como respuesta a la necesidad de proporcionar versatilidad al software, permitiendo la creación de exámenes diferentes a los suministrados en el banco de preguntas, pero con características

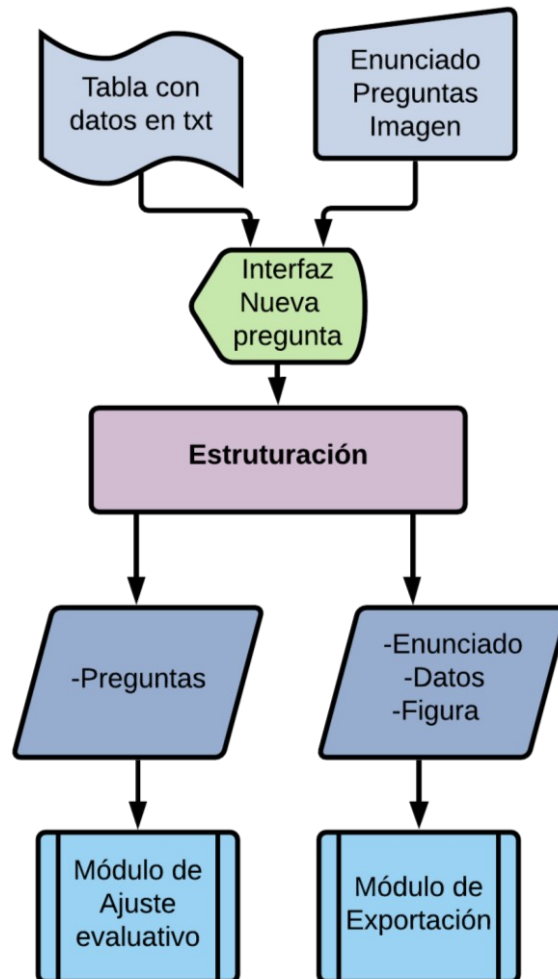
similares a estos, en cuanto a forma y formato, es decir, exámenes individualizados y con la estructura requerida por la plataforma Moodle.

Para su concepción se tuvieron en cuenta los premisas suministrados por la encuesta presente en el anexo A, en las que se evidencia dispersión entre las plataformas utilizadas por los docentes para la programación de la solución de sus exámenes y poca familiaridad con la plataforma Matlab que es el software predeterminada para la programación de las soluciones de los nuevos exámenes, por ende, se estableció que el cliente programe en su aplicación de preferencia la solución del examen, lo que proporciona versatilidad al software, pues no se restringe la programación de la solución de las preguntas a un software específico.

Tomando como punto de partida el dictamen anterior se establecieron las entradas al módulo, definiéndose estas como entradas de suministro, las cuales están constituidas por enunciado, imagen(opcional), preguntas y por el conjunto de datos conformado por los valores que toman los comodines a variar en el enunciado y su respectiva respuesta, todos en formato texto; el módulo organiza estos datos en la plantilla de exámenes para seguidamente compartir el enunciado, figura, y datos del ejercicio, con el módulo de exportación y las preguntas, junto con sus características a modifica, con el módulo de ajuste evaluativo, todos en formato texto.

Se puede observar en la figura 19, que los datos de entrada, en formato texto, ingresan en 2 grupos. El primer grupo corresponde al enunciado, preguntas e imagen que ingresan de forma manual a la interfaz, es decir, se escriben dentro de los cajones de texto, mientras que el otro grupo esta conformado por los datos de los comodines y las respuestas en un archivo de extensión .txt y organizados como una tabla.

Figura 19. Flujo de datos del módulo nueva pregunta.

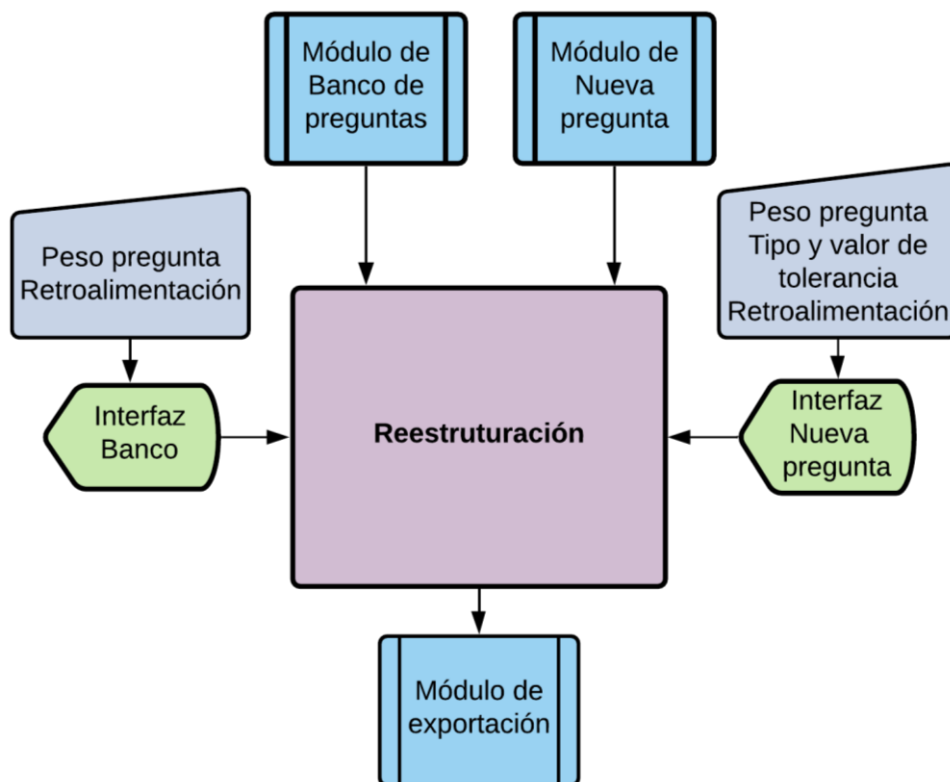


6.3.1.4 Módulo de ajuste evaluativo. Proporciona las funcionalidades más representativas del software desde el punto de vista del cliente, pues para su concepción se abarcaron los requerimientos que hacen referencia al proceso evaluativo. Este módulo es el encargado de permitir la modificación de parámetros como: peso(importancia) de cada pregunta en la calificación, tolerancia de las respuestas a las preguntas del examen (tipo de tolerancia e intervalo de aceptación), retroalimentación, de ser necesario, y si se desea o no solicitar el

procedimiento para la obtención de las respuestas, junto con la adjudicación de su respectivo valor dentro del examen.

Vale la pena resaltar que para el caso de las preguntas tomadas desde el banco de preguntas la tolerancia es un valor que no puede ser modificado, ya que estas están establecidas de acuerdo con los parámetros definidos en la configuración del banco de preguntas en el capítulo 5 de este libro.

Figura 20. Flujo de datos del módulo de ajuste evaluativo.



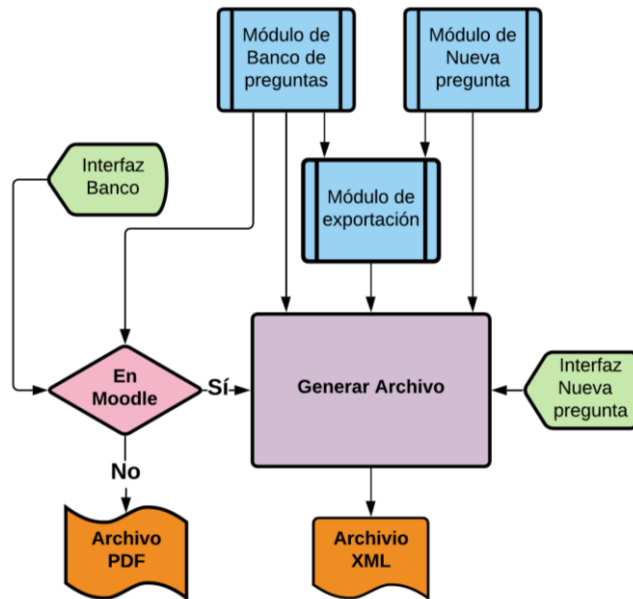
Las entradas que este módulo reciben se dividen en dos conjuntos, el primero de ellos está constituido por información suministrada por el cliente (valor de los atributos de las preguntas enunciadas en el párrafo anterior) en formato texto y el segundo por los datos suministrados por los módulos de nueva pregunta y banco

de preguntas en el formato definido en la explicación de cada uno de estos. las salidas de este módulo son las preguntas junto con sus atributos en formato texto que son dirigidas directamente al módulo de exportación.

6.3.1.5 Módulo de exportación. Es el subsistema que hace posible la exportación de archivos en sus diferentes formatos, permitiendo el acople entre la herramienta existente para soportar el proceso evaluativo (Moodle) y el software desarrollado (SIGENEXA). Implementando las oportunidades de mejora evidenciadas durante el estudio del proceso evaluativo actual. Además, permite la exportación de los exámenes pertenecientes al banco de preguntas en formato PDF para su aplicación de forma convencional.

Este es un módulo cuya comunicación es mayormente interna, es decir, la mayoría de la información utilizada para la realización de sus procesos proviene de los demás módulos del sistema, por ende, el formato de estos datos no se detallará, pues fue descrito con anterioridad, su única interacción con el usuario es a partir de la sentencia para la generación del examen en formato Moodle o PDF. La creación del archivo en formato Moodle inicia con la adquisición de los datos suministrados por los demás módulos, estos datos son: enunciado, preguntas junto con sus atributos, imágenes y valor de los comodines del problema, seguidamente son estructurados e insertados en el archivo de salida, archivo cuya estructura fue definida en la sección 4.1.3. Por otro lado, el proceso para la obtención de exámenes en archivo pdf se lleva a cabo por medio de la utilización del software Adobe Acrobat Reader, un programa de acceso gratuito que permite ver e imprimir documentos en formato PDF.

Figura 21. Flujo de datos del módulo de exportación.



6.3.2 Diseño de interfaz gráfica de usuario (GUI). Esta es la parte más importante en el diseño de la herramienta, ya que las interfaces graficas de usuario son las principales responsables de la comunicación entre la herramienta informática y el usuario, este proceso comunicativo es fundamental para el éxito del sistema y, en él, deben tenerse en cuenta factores como: el contenido y la organización de las pantallas, la familiaridad del cliente con los sistemas informáticos, los posibles errores de comprensión que pueda experimentar el usuario y la necesidad de instrucciones o ayuda en determinadas secciones del sistema. En resumen, el diseño de las interfaces trata de anticiparse a cualquier error de concepto o de uso que pueda darse, sin importar lo poco probable que parezca, para ello se debe buscar que la interacción entre el usuario y el sistema sea simple y eficiente.

Teniendo como eje de partida la afirmación anterior se diseñaron las entradas y salidas informáticas de la interfaz. En esta sección se hizo indispensable trabajar

de la mano con los usuarios finales del sistema con el fin de desarrollar las especificaciones que dan lugar al diseño de estas, obteniéndose como preferencia del usuario la interacción con botones y menús desplegados para el suministro de datos de selección e imágenes para la recepción de información.

En cuanto a las entradas del tipo suministro, fue importante diseñar el método para la obtención de datos que se utilizará, como ejemplo se presenta el caso del sistema de desarrollo de nuevas preguntas, en el que la captura de datos se realiza a través de cajones de texto y botones. Para el diseño de estas y las demás entradas del sistema se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- No introducir información que ya este contenida dentro de otro conjunto de datos que el software pueda encontrar internamente.
- Reducir la entrada de datos redundantes.
- Incluir instrucciones para el diligenciamiento de los campos.
- Reducir la necesidad de memorización por parte del usuario.

Como método para que el proceso interactivo entre la interfaz y el usuario se base en claves visuales que este comprende y ha utilizado durante su vida, evitando así la memorización de nuevas secuencias de interacción, se dispuso que tanto los datos que deben introducirse(teclearse), como la información que se presenta en la interfaz proveniente del software deben estar dispuestos de manera que puedan ser leídos de izquierda a derecha y de arriba abajo.

Figura 22. Ejemplo de la distribución de información en la interfaz.

	Preguntas	Puntos	Retroalimentación
a	Presión Estado 1, en kPa.	6	
b	Presión Estado 2, en kPa.	6	
c	Temperatura Estado 2, en °C.	6	
d	Volumen Estado 3, en Litros.	6	
e	El cambio de energía interna en el sistema, en kJ.	6	

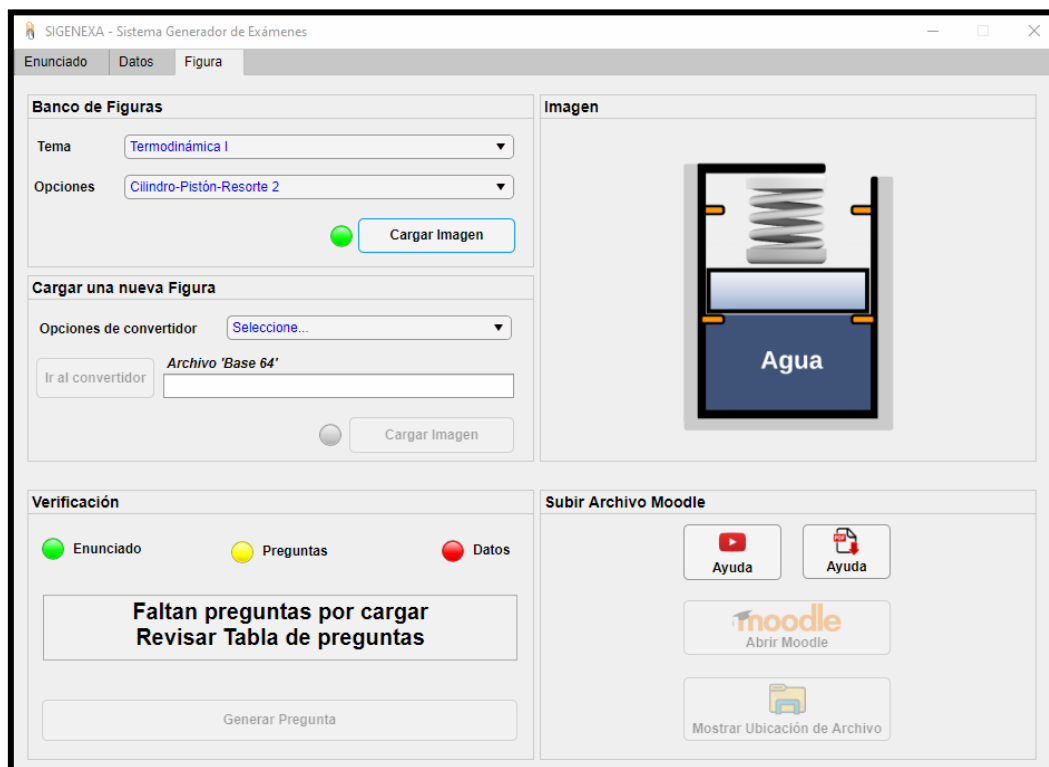
Frecuentemente cuando se introducen datos suelen cometerse errores de edición y olvidarse el llenado de espacios relevantes, por ello, se definieron controles sobre los datos de entrada para asegurar la precisión de estos, como consecuencia se definieron salidas adicionales para alertar al usuario de errores en el suministro de datos. Como un control adicional para evitar errores en el proceso, se diseñaron partes de la interfaz que solo se activan cuando la estructura de datos suministrada en las entradas anteriores es correcta.

Para las salidas del sistema que se imprimen en la interfaz de usuario, se hace necesario la especificación de sus formatos y estructuras, para ello se parte de la premisa de que las salidas informáticas deben ser de fácil interpretación por el usuario y que no generen ambigüedad, por ende, se estableció que la información de salida se presenta en formato tabla o imagen, evitándose el uso de texto lo mayormente posible.

Un ejemplo de ello son las salidas del sistema destinadas a dar orientación al usuario, las cuales se diseñaron en dos formatos diferentes, dándose al usuario la posibilidad de elegir la de su preferencia, las primeras se presentan en formato impreso por medio de pdf y ventanas de dialogo en el sistema. Las segundas que son el objeto de la presente descripción se presentan en formato de video, siendo esta una herramienta fundamental para el proceso de aprendizaje enlazado al uso de la plataforma.

Adicionalmente, teniendo en cuenta las especificaciones del cliente y como método para facilitar el trabajo en la plataforma, los botones se dotaron de imágenes alusivas a la función que realizan o que con su selección promueven, lo cual, facilita la interpretación y memorización de la función realizada por estos.

Figura 23. Ejemplos de las señales de alerta en la interfaz.



6.3.3 Revisión del diseño. En la elaboración del presente diseño fue de suma importancia trabajar de la mano con el cliente, pues a pesar de que durante su desarrollo se llevó un proceso de diseño estructurado, es posible incurrir en errores producto de la equivocada interpretación de un requerimiento. Por ello, antes de la implementación, el diseño fue revisado tanto por los usuarios finales del sistema como por sus desarrolladores. El enfoque de esta revisión se centra en el flujo global de datos, en la forma de dialogo entre el usuario y el terminal (salidas y entradas del nuevo sistema) y en el estudio de las funciones definidas para cumplir los requerimientos.

6.4 PRUEBAS Y VALIDACIÓN

Una vez ensamblado el software, y después de pasar por pruebas de funcionamiento hechas por parte de los desarrolladores, se procedió a realizar las pruebas de validación por parte del cliente, en estas, se comprueba si la funcionalidad del sistema corresponde a la definida por el usuario, se busca identificar defectos generados en el proceso de desarrollo y se pretende verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos.

El objetivo de estas pruebas es la validación de las acciones visibles por el usuario, para ello, se pretendió que estas se realizaran en el escenario más realista posible, es decir, en situaciones que se asimilen a las normalmente enfrentadas por los docentes y acercándose a casos extremos. En los siguientes párrafos se describen los casos de aplicación de las pruebas y sus respectivos resultados.

Dentro de las asignaturas ofertadas por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander existen algunas para las cuales sus exámenes son ejercicios de aplicación de conceptos, lo que se traduce en que para la obtención de una solución es necesario previamente realizar un proceso

de cálculo. por ende, algunos docentes consideran necesario que para la evaluación de las competencias adquiridas por parte de los estudiantes se tenga en cuenta el proceso para la adquisición de la respuesta y no solo la respuesta final. En condiciones habituales, es decir, para parciales realizados de manera presencial y con un único modelo de examen (mismos datos), la evaluación de dicho proceso es relativamente fácil, pero para parciales virtuales y con la metodología propuesta en el presente proyecto en donde cada estudiante posee un conjunto de datos diferentes, la evaluación de este proceso por parte del docente se vuelve compleja y poco factible.

Como método para acercarse al anterior planteamiento y teniendo en cuenta las ventajas ofrecidas por SIGENEXA se plantearon parciales con múltiples preguntas, con las que se pretende evaluar cada parte del proceso para la obtención de la solución a un problema establecido. Este tipo de parciales constituyen la prueba ideal para evaluar tanto la funcionalidad del software como su rendimiento, esto debido a la cantidad de datos que se deben procesar.

En este orden, la primera prueba de validación realizada a SIGENEXA fue del tipo alfa, en este tipo de pruebas el usuario utiliza el software bajo el acompañamiento y supervisión del equipo de desarrollo, la cual consistió en la construcción de un examen con las características anteriormente mencionadas para ser aplicado a dos grupos de estudiantes de la asignatura resistencia de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Los detalles de la realización de dicho quiz se encuentran en el anexo C.

Como resultado de esta prueba se obtuvo un concepto favorable por parte del docente que participó en ella, afirmando el total cumplimiento de sus expectativas y complementando con las siguientes recomendaciones desde el punto de vista estético de la interfaz.

- La interfaz de inicio es demasiado grande para la cantidad de información que proporciona, por ende, el usuario tiende a perderse en la navegación por esta.
- En la interfaz de usuario se debe presentar información de contextualización del software, como: versión de la herramienta, autores de esta y entidad a la cual pertenece.

Las sugerencias obtenidas como resultado de la primera prueba de validación fueron sometidas a un proceso de análisis por parte de los desarrolladores, en este proceso fue evaluada la factibilidad de su aplicación, además fueron reformuladas para ser acopladas al software.

Después de realizarse los ajustes necesarios a la aplicación y teniendo como base el resultado positivo de la evaluación del funcionamiento y rendimiento del sistema obtenidos en la prueba alfa, se procedió a realizar la prueba final, la cual se enfoca en evaluar los contenidos propuestos en el banco de preguntas y la efectiva interacción hombre máquina, mediante la valoración de lo intuitiva que es la interfaz de usuario.

Como resultado de esta prueba se obtuvieron dos exámenes listos para su implementación:

El primero para la asignatura dinámica, compuesto por un ejercicio con 6 preguntas, aplicado como quiz para evaluar los conceptos de los temas de cinemática del cuerpo rígido. Los detalles de la elaboración se pueden visualizar en el anexo D.

Por parte del docente se obtuvo un concepto favorable, valorando de forma positiva la interfaz diseñada puesto que es intuitiva y facilita el aprendizaje del uso de la herramienta.

El segundo para la asignatura termodinámica I, el cual consta de dos ejercicios que se aplicarán, posterior a la entrega de este documento, como previo para evaluar las competencias adquiridas por los estudiantes en el tema primera ley en sistemas cerrados y abiertos. Vale la pena resaltar que uno de los ejercicios generados para este examen, específicamente el correspondiente al tema de primera ley en sistemas abiertos, fue seleccionado por el docente desde el banco de preguntas diseñado para la herramienta, lo que valida el contenido de este. El otro ejercicio fue diseñado por el docente que dirige el curso, por lo tanto, se generó con el módulo de nuevas preguntas, los detalles de la generación de estos ejercicios se encuentran en el anexo E.

El docente que participó de esta prueba comentó que el banco cuenta con gran variedad de enunciados, presenta de forma adecuada los ejercicios, y estos, son adecuados para la evaluación de las competencias de la asignatura. La información que presenta cada interfaz, tanto la del banco como la del módulo de nuevas preguntas, es clara y los pasos para utilizarla son intuitivos, facilitando así el uso de la herramienta en futuros exámenes.

Analizando los conceptos generados por los participantes de las pruebas se establece que el diseño de la interfaz es el adecuado, la organización de la información dentro de la herramienta es la correcta y permite un rápido aprendizaje del uso de la herramienta. El software proporciona al usuario facultades como: la posibilidad de variar atributos referentes al proceso evaluativo (el valor porcentual de cada pregunta, retroalimentación, entre otros), personalización del examen para cada estudiante y realización de varias preguntas dentro de un mismo enunciado, cumplimiento así con los requerimientos planteados.

Adicionalmente, se espera tener una opinión por parte de los estudiantes y del docente encargado del curso de termodinámica en el cual se realizó la validación

del banco de preguntas y de la herramienta, pues en este, la aplicación de exámenes parciales no se realizaba dentro del módulo de cuestionarios de Moodle; la plataforma solo se utilizaba para recibir el documento con la solución del parcial. Esta retroalimentación se presentará en la sustentación del presente proyecto pues la aplicación del examen se realizará posterior a la entrega de este documento.

6. RESULTADOS

Como consecuencia del proceso de diseño ejecutado y en concordancia con los objetivos planteados en el presente proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:

- Un banco de preguntas configurado para la evaluación de las competencias a desarrollar en la asignatura termodinámica I, que contiene 90 enunciados con un promedio de 4 preguntas, cada uno, donde cada pregunta cuenta con 40 diferentes versiones, organizadas según el tema a evaluar y nivel de dificultad.
- La arquitectura del software que describe la disposición de módulos y complementos necesarios para suplir a totalidad los requerimientos establecidos por el cliente.
- El entorno gráfico que está dividido en interfaces gráficas donde se concede el acceso a los diferentes módulos del software y que permite la interacción hombre-máquina a partir del intercambio de datos, además, cuenta con controles internos que producen mensajes de alerta al detectar inconsistencia en los datos o un mal uso de la herramienta.
- SIGENEXA la herramienta propuesta, que cuenta con 5 módulos, para generar exámenes, aplicables en Moodle, desde un banco de preguntas propio o desde un archivo de texto y conjunto de datos externos; que permite, además, realizar ajustes a los parámetros evaluativos como la puntuación de cada pregunta, retroalimentación diferida, evaluación del procedimiento y tolerancia en las repuestas numéricas.
- El manual de usuario, que cuenta con material impreso y audiovisual organizado en 4 capítulos, cada uno con su respectivo video complementario

en donde se encuentran: guía de instalación, guía de uso del banco de preguntas, guía para la generación de nuevas preguntas y guía para la importación del archivo XML y configuración del cuestionario Moodle.

CONCLUSIONES

En el desarrollo del proceso investigativo llevado a cabo para la realización del presente trabajo de grado se obtuvieron las siguientes conclusiones que sintetizan las tareas realizadas.

- Se obtuvo una herramienta computacional de apoyo docente que al interactuar con la plataforma Moodle permite la realización de exámenes individualizados y auto calificables, proporcionando una opción adicional para combatir el fraude académico, esto mediante la automatización de tareas como la creación y calificación de exámenes, pilares fundamentales dentro del proceso evaluativo.
- La configuración del banco de preguntas permitió establecer una metodología para la creación de nuevos bancos en las asignaturas ofertadas por la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander que permita enriquecer el banco creado inicialmente.
- La arquitectura del sistema y el entorno gráfico obtenido, proporcionan a SIGENEXA la versatilidad requerida por el cliente y una interfaz intuitiva que a través de advertencias orienta al usuario en la navegación por el sistema y además promueve el aprendizaje de su uso.
- Se obtuvo un manual de usuario que, a través de la implementación de ayudas visuales y audiovisuales, proporciona una guía con las mejores prácticas para el uso del software. Además, el manual configurado determina el uso de la plataforma Moodle y la instalación de aplicaciones desarrolladas con el software Matlab, por lo tanto, el material puede ser utilizado de forma externa a la herramienta desarrollada, contribuyendo al uso adecuado de las plataformas

educativas con que cuenta la universidad y el desarrollo de elementos que fortalecen la labor docente.

- En primera instancia se pensaba obtener un software que permitiera la creación de exámenes únicamente para la asignatura termodinámica I desde el banco de preguntas o agregándolas de forma externa, sin embargo, durante el desarrollo del presente proyecto se evidenció que esta estructura de examen puede ser extrapolada a todas las materias ofertadas, lo que conllevó a la creación de un sistema que permite, además, la generación de exámenes con la estructura obtenida para cualquier asignatura.

RECOMENDACIONES

Con la situación actual, en donde el mundo se encamina a una era digital, es relevante que una institución como la Escuela de Ingeniería Mecánica cuente con un sistema de cómputo robusto que soporte la labor docente, el presente trabajo proporciona las bases para la construcción de dicho sistema. Por lo tanto, se recomienda seguir con esta línea de investigación, para la cual se hace necesario el trabajo interdisciplinario, por ejemplo, con ingenieros de sistemas y/o programadores, promoviendo el fortalecimiento de las tan renombradas habilidades blandas, indispensables para el desarrollo integro de cualquier profesional.

El sistema propuesto debe estar dotado de ciertos atributos, por consiguiente, los autores del presente proyecto recomiendan la realización de las siguientes ideas:

- Configuración de una base de datos con los exámenes realizados en los últimos años y un módulo que realice análisis estadísticos como frecuencia de realización de cada pregunta y promedio de nota obtenido por los estudiantes para esta. Dicha información debe ser mostrada en un panel de selección junto con la pregunta a seleccionar.
- Creación de nuevos bancos de preguntas para cada una de las asignaturas ofertadas por la escuela.
- Diseño de un sistema de seguridad que controle tanto el acceso a las diferentes herramientas del sistema, como la pérdida de información en caso de fallo o ataque al sistema.

El desarrollo de estas ideas puede ser objeto de posteriores trabajos de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. CENGEL, Yunus A y BOLES, Michael A. Propiedades de las sustancias puras. En: Termodinámica. 5 ed. México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2007. 1024 p.
2. COLOMBIA. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. (5, octubre, 1996). ACUERDO No. 63 DE 1994 [en línea]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2010. pp. 7-8. [Consultado: 18 de junio 2020]. Disponible en: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/reglamentos/reglamentoProfesor.pdf>.
3. ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA. PLANES DE ESTUDIO: Pregrado, Termodinámica I [en línea]. [Consultado: 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://mecanicaxserver.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp>.
4. GANGUR, Mikulas. Matlab Implementation of the Automatic Generator of the Parameterized Tasks. Trabajo de investigación [En línea]. Pilsen: Universidad de Bohemia Occidental. Facultad de Economía. 2013. 24 p. [Consultado: 8 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/259901567>.
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de trabajos académicos. NTC 1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. 47 p.
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2016. 52 p.

7. MARTÍNEZ, Lina y RAMÍREZ, Enrique. Fraude académico en universitarios en Colombia: ¿Qué tan crónica es la enfermedad?. *Educação e Pesquis* [en línea]. São Paulo: Universidad de São Paulo, 2018, vol. 44, [Consultado: 01 de junio 2020]. ISSN 1678-4634. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201706157079>.
8. MATHWORKS. Matlab: App Designer [sitio web]. [Consultado: 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>.
9. MOODLE. MoodleDocs: Banco de preguntas [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Tipos_de_preguntas.
10. MOODLE. MoodleDocs: Edición del cuestionario [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Edici%C3%B3n_del_cuestionario.
11. MOODLE. MoodleDocs: Formato Moodle XML [sitio web]. [Consultado: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: https://docs.moodle.org/all/es/Formato_Moodle_XML.
12. NATO SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE. (1: 7-11, OCTUBRE, 1968: Garmisch, Alemania). Citado por PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del software: un enfoque práctico. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2010. p. 11. ISBN 978-607-15-0314-5.
13. PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del software: un enfoque práctico. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2010. 777 p. ISBN 978-607-15-0314-5.

14. REINOSO CARGIA, Oscar, et al. MATLAB: Conceptos básicos y descripción gráfica [en línea]. Elche, España: Universidad Miguel Hernández de Elche. 08 noviembre 2018. pp. 1-2. [consultado el 15 de septiembre de 2020]. Disponible en:
https://books.google.com.co/books?id=ioVxDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. ISBN: 978-84-16024-52-0.
15. SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería de software. 9a ed. México: Pearson Educación, 2011. 773 p. ISBN 978-607-32-0603-7.
16. UNESCO, Enfoques estratégicos de las TICS en educación en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. 62 p.
17. VEGA ROMERO, Jeyson y HERNANDEZ QUINTERO, Julián. Herramienta software para automatización y aseguramiento de información académica en la plataforma Moodle. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas e Informática. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. 2018. 75 p.