

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN SOFTWARE PARA COMPARAR EL
RENDIMIENTO DE FLUIDOS DE TRABAJO EN CICLO RANKINE ORGANICO**



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

FABIO CAMILO VARGAS TORRES

COD.20112375025

JAVIER HUMBERTO DIAZ GIRALDO

COD. 20122375003

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTOS CURRICULAR DE TECNOLOGIA E INGENIERIA MECANICA
BOGOTA D.C.
2015**

TABLA DE CONTENIDO.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Contexto nacional.....	2
1.2. Contexto local.....	3
1.3. Diagnóstico de la situación actual.....	2
1.4. Problema del proyecto de grado.....	3
1.5. Estado del arte.....	3
1.6. Justificación.....	6
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. MARCO TEÓRICO.....	7
4. METODOLOGÍA.....	9
5. CRONOGRAMA.....	11
6. BIBLIOGRAFÍA.....	11

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto nacional.

El aumento cada vez más acelerado de la tecnología y su incursión agresiva en todos los aspectos de la vida humana ha obligado a la industria colombiana a demandar personal experto en áreas del conocimiento específicas de la ingeniería y además de eso con gran dominio de las herramientas informáticas actuales en busca de un nivel de competitividad aceptable que le permita continuar en el mercado global.

Como proveedor de recurso humano competente el sistema educativo colombiano en general y las universidades en particular ofrecen a la población estudiantil modelos de aprendizaje en muchos casos obsoletos, puesto que no se ha hecho una inclusión real de la tecnología en las aulas de clases sobre todo en las áreas de conocimiento clásicas como la física y las matemáticas. Es por esta razón que sería de gran importancia aportar en el fortalecimiento del proceso de aprendizaje y así obtener profesionales con una formación más adecuada para adaptarse al entorno laboral actual.

Contexto local.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas en su facultad tecnológica cuenta con diversas carreras de formación superior entre las cuales se encuentran tecnología e ingeniería mecánica. Dentro de sus programas académicos se encuentran materias de ciencias ingenieriles como termodinámica las cuales se desarrollan en un ambiente netamente teórico y enfocado en la solución de ejercicios de algunos libros de texto dejando de lado aspectos importantes como la aplicación de la teoría del diseño de sistemas termodinámicos o las clases enfocadas a comprender como funcionan los componentes propios de estos.

No se puede olvidar que la formación integral en un área de conocimiento de la ingeniería debe contener un componente de interpretación y solución de ejercicios planteados previamente por un autor pero también debe haber un componente propositivo en el cual los alumnos planteen soluciones de diseño a problemas que exponga el docente. Este tipo de formación aumentaría la calidad de ingenieros que gradúa nuestra institución.

Diagnóstico de la situación actual

En la facultad tecnológica no se cuenta con herramientas electrónicas como programas o aplicaciones que faciliten la enseñanza de la termodinámica, columna vertebral de un ingeniero mecánico, por lo tanto su enseñanza se viene realizando de forma obsoleta y fuera del contexto tecnológico actual. Para dar un primer paso a la solución de esta

problemática se pretende diseñar una aplicación informática que permita comparar el rendimiento de distintos fluidos de trabajo para un ciclo rankine orgánico con parámetros de diseño previamente definidos. Este puede ser un inicio para el desarrollo de un programa informático más complejo que permita gestionar los espacios académicos de las ciencias térmicas a través de este incluyendo evaluaciones.

Problema del proyecto de grado

Es de conocimiento general que las ciencias térmicas es una línea de profundización fundamental en las carreras de tecnología e ingeniería mecánica, ya que gracias a los conocimientos que de este se obtienen es posible participar en la industria en áreas como la refrigeración, el acondicionamiento de aire, el estudio de motores de combustión interna, las termoeléctricas, entre otros.

Buscando que la Universidad Distrital optimice sus procesos de enseñanza y pueda entregar a sus futuros egresados conocimientos sólidos en las ciencias térmicas, se pretende diseñar una calculadora termodinámica que aporte datos importantes para la selección del mejor fluido de trabajo en un ciclo rankine orgánico dadas unas condiciones iniciales conocidas por ejemplo la potencia neta de salida, las presiones y temperaturas en la caldera o en el condensador, la eficiencia de la bomba o la turbina, entre otros. Esto permite a los estudiantes de tecnología e ingeniería mecánica obtener rápidamente datos concretos como cuál es el fluido con el que se obtiene una mayor eficiencia del ciclo o cual es el flujo de masa necesario dependiendo del fluido de trabajo considerado, por ejemplo, permitiendo que haya un enfoque mayor en la toma de decisiones de ingeniería, aspecto olvidado en algunas materias de la carrera.

Estado del arte

Este estado del arte presenta la información relacionada el diseño de aplicativos (en distintas interfaces de programación) localizado en artículos, páginas web especializadas y cursos de termodinámica teniendo como punto común su uso para fines académicos.

Las calculadoras termodinámicas no han sido un campo investigado de manera profunda en nuestro continente más allá de calculadoras de propiedades de sustancias, por lo cual la búsqueda de aplicativos capaces de comparar distintos fluidos de trabajo para una caso específico ha sido complicada y dispendiosa.

A continuación se presenta un listado de aplicaciones encontradas en internet:

1. Nombre: SteamTab

Creado por: ChemicaLogic Corporation

<http://termodinamicaparaiaq.blogspot.com/p/los-programas-que-se-muestran.html>

- Suministra propiedades del vapor de agua según ciertos datos de entrada.
- Trabaja en diversos sistemas de unidades.
- Rango de trabajo temperatura: 190-5,000 K; presión: 0 a 100.000 bar.
- Suministra resultados numéricos y gráficos.

2. Nombre: Calculador para ingeniería TLV

Creado por: TLV Compañía especialista en vapor.

<http://www.tlv.com/global/LA/calculator/superheated-steam-table.html>

Esta página contiene una interfaz con la cual se puede calcular algunas propiedades termicas de diferentes fluidos, introduciendo en las casillas determinadas los datos iniciales necesarios para que el programa calcule, esta interfaz suministra los resultados sin generar ninguna explicación o procedimiento. Los módulos son:

- Dimensionamiento de Tubería para Vapor por Caída de Presión
- Dimensionamiento de Tubería para Vapor por Velocidad.
- Dimensionamiento de Tubería para Venteo de Vapor
- Caída de Presión de Vapor en la Tubería.
- Velocidad del Vapor Dentro de la Tubería.
- Rango de Flujo del Vapor en la Tubería
- Grosor del Aislamiento Económico de las Tuberías de Vapor.

Lo anterior aplicado para agua, aire y gas según corresponda.

3. Nombre: Calculadora termodinámica en línea

Creado por: easycalculation.com

<http://es.easycalculation.com/physics/thermodynamics/thermodynamics.php>

Al igual que en el caso anterior esta calculadora permite obtener ciertos datos de salida como por ejemplo volumen inicial, volume final, temperatura de entrada y salida, el

usuario tiene la opción de escoger entre ellos y decidir que desea calcular, para ello lo primero es precisar que necesitamos calcular, segundo, ingresar los datos de entrada y salida si se tienen y por ultimo iniciar el calculo. La calculadora maneja diferentes opciones de procesos en los cuales los generales son:

- Flujo de calor
- Velocidad de transferencia de calor
- Conductividad Térmica
- Difusividad térmica
- Expansión térmica lineal
- Relación térmica lineal y volumétrica de expansión
- Expansión térmica volumétrica.

5. Nombre: TPX

Creado por: David G.Goodwin.

<http://es.easycalculation.com/physics/thermodynamics/thermodynamics.php>

“TPX es un complemento de Excel Add-In para la termodinámica de ingeniería. Implementa funciones para calcular las propiedades termodinámicas de los fluidos, y proporciona fácil de utilizar herramientas para configurar simulaciones de procesos complejos de Excel y los ciclos.

TPX fue desarrollado para uso en la enseñanza de la termodinámica de pregrado de ingeniería, y es actualmente la versión "beta" del software (la mayoría de las características funciona como se describe, unos pocos no). Ahora está disponible para su descarga gratuita por cualquier usuario para la Educación, o por cualquier otra persona dispuesta a probar y proporcionar información para ayudarnos a mejorar TPX.”

6. Nombre: Steam97Web v7.0

Creado por: MegaWatSoft Inc.

<http://www.steamtablesonline.com/steam97web.aspx?lang=es>

El uso de las tablas de vapor calcula 31 características termodinámicas y de transporte de agua y de vapor. Permite que 16 diversas combinaciones de variables de entrada sean

utilizadas para los cálculos. Las variables de entrada que pueden ser utilizadas son: presión, temperatura, entalpía, entropía, volumen, energía interna y calidad del vapor.

Además puede realizar cálculos de energía en distintos puntos del circuito así como de eficiencias en turbinas y bombas.

7. Nombre: Steam97 Excel Add-In.

Creado por:

<http://www.megawatsoft.com/steam-tables/iapws-if97-excel.aspx#.VNKdnTGG9e9>

Es un aplicativo en Microsoft Excel que determina las propiedades del vapor de agua dependiendo de unos parámetros de entrada. Trabaja con las variables presión, temperatura, entalpía, entropía, volumen específico, energía interna y calidad del vapor.

8. Nombre: TermoGraf.

Creado por: Grupo de Didáctica de la Termodinámica de la Universidad de Zaragoza

<http://termograf.unizar.es/www/descargas/termograf.htm>

TermoGraf es un simulador termodinámico con:

- Cálculo de propiedades termodinámicas dibujando los estados, procesos y ciclos directamente sobre el diagrama termodinámico.
- Creación de gráficas y diagramas termodinámicos en tiempo real, fácilmente insertables como imágenes en otros documentos.
- Configuración de sustancias, unidades, convenio de signos, etc.
- Creación de tablas termodinámicas con análisis gráfico para, por ejemplo, la optimización de un ciclo.
- Cálculo de intercambiadores de calor y rendimientos de ciclos.
- Balances de energía y entropía, con análisis de trabajos e irreversibilidades.
- Editor de ecuaciones para funciones termodinámicas personalizadas con variables de usuario y gráficas personalizadas.
- Traducido a 10 idiomas (contacte con nosotros para más traducciones).
- Multi-plataforma (Linux, Windows, Macintosh, navegador web, etc).

Justificación

Este proyecto de grado está enfocado en fortalecer los métodos de enseñanza que aplica la Universidad Distrital Francisco José de Caldas específicamente en la materia termodinámica dictada en las carreras de tecnología e ingeniería mecánica.

Para destacar la importancia que tiene la ejecución de este proyecto es necesario inicialmente recalcar el problema fundamental que en la actualidad se presenta en las materias de la línea de las ciencias térmicas y es la falta de uso de herramientas tecnológicas (de la información) para facilitar el aprendizaje para la solución de ejercicios termodinámicos.

En las materias termodinámica, termodinámica aplicada y maquinas térmicas se usa la mayor parte del tiempo en la explicación de la mecánica de solución de ejercicios planteados por un autor. La idea que soporta este proyecto es que con la ayuda de un software se pueda obtener información de forma rápida para que el tiempo de clase se pueda utilizar también en la explicación mucho más detallada de los aspectos físicos de los problemas, el uso de técnicas de diseño aplicados a maquinas térmicas y la toma de decisiones en casos prácticos de la ingeniería.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una aplicación (software) que permita comparar el rendimiento de al menos tres distintos tipos de fluidos de trabajo en un ciclo rankine orgánico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los fluidos de trabajo más apropiados para la aplicación, teniendo en cuenta la disponibilidad de la información.
- Facilitar a los usuarios potenciales la comprensión del manejo de la aplicación a través de la producción de un manual de funcionamiento.
- Hacer una prueba piloto de la aplicación con estudiantes de tecnología mecánica para verificar su funcionamiento, detectar posibles fallas y realizar los ajustes correspondientes.

- Capacitar mínimo un docente de planta de la Universidad Distrital en el adecuado uso de la aplicación y el procedimiento a seguir en caso de querer aumentar el número de fluidos de trabajo que es capaz de comparar la aplicación.

3. MARCO TEÓRICO

Termodinámica: Ciencia que estudia el movimiento de la energía y sus consecuencias; también estudia las relaciones entre un sistema y su entorno, la cual permite transformar la materia.

Propiedades termodinámicas: Son solo aquellas cantidades cuyos valores numéricos no dependen de la historia del sistema, en la medida que el sistema evoluciona entre dos condiciones diferentes, sino que dependen de la condición instantánea durante las cuales ellas son medidas". Por ejemplo la presión y la temperatura cumplen estas condiciones. No obstante, la transferencia de calor, la transferencia de trabajo, la transferencia de masa, entropía, la generación de entropía, son ejemplos de cantidades que no son propiedades termodinámicas.

Volumen específico: Relación entre el volumen de un sistema y su masa. Dado que la densidad se define como la relación de la masa sobre su volumen, ella será el inverso del volumen específico.

Presión: Es la interacción resultante por unidad de área del número de las partículas moleculares en contra de las paredes que conforman el contorno de un sistema. La presión es una medida de la frecuencia de las veces que una partícula pasa por un mismo punto.

La presión en un punto de un fluido en reposo solo depende de la profundidad del punto y es igual en todas las direcciones.

Temperatura: Es el potencial que provoca un flujo de calor, el cual está asociado con el grado de vibración molecular y la energía cinética de átomos, moléculas y electrones. La temperatura es una medida del movimiento molecular de las partículas que conforman un sistema.

Entalpía: Es la energía interna que posee un flujo de materia más el trabajo de flujo que impulsa el movimiento de dicho flujo. El cambio de entalpía con respecto a un nivel de referencia mide el contenido energético de una corriente de materia que fluye a través de un ducto.

Calor específico: Es una medida de la cantidad de la energía que puede ser almacenada en la materia para cada valor de su temperatura. También es la cantidad de calor por unidad de masa que se requiere transferir para producir un cambio unitario de temperatura de una sustancia a volumen o a presión constante.

Entropía: Es la medida del grado de desorden de un sistema como consecuencia de la diversificación de los estados energéticos presentes en la materia. En otras palabras, la entropía es la medida de la distribución de estos estados energéticos.

Ciclo Rankine: Se utiliza para la generación de energía eléctrica. Consiste en aprovechar la energía que adquiere el agua por su calentamiento previo en una *caldera* a temperaturas superiores a la de su evaporación y su presurización. Este vapor a alta presión se hace pasar a través de los alabes de una *turbina* que le dan movimiento a un eje. Después de aprovechada su energía el agua pasa por un condensador para retirar el excedente de calor y obtener líquido, que posteriormente llegará a la bomba que lo impulsará de nuevo a la caldera para comenzar el ciclo de nuevo.

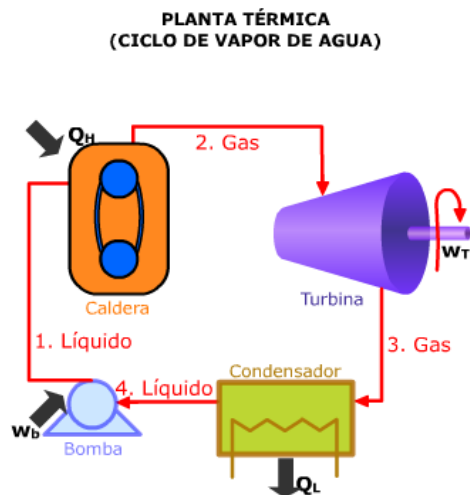


Fig. 1. Esquema del ciclo Rankine ideal.

Ciclo Rankine orgánico: El proceso de ciclo orgánico de Rankine (OCR) es similar al ciclo básico de Rankine pero en vez de agua utiliza un aceite orgánico o fluido orgánico en una caldera de baja temperatura como fluido intermedio.

4. METODOLOGÍA

Fase de documentación estableciendo la necesidad del proyecto

La metodología para el diseño y programación de la aplicación inicia en la fase de documentación, en la cual se definirán las especificaciones del proyecto que dependen de los ya mencionados en el planteamiento del problema, para dar las pautas iniciales del diseño, luego se definen las funciones y restricciones del aplicativo y los criterios de evaluación; por otra parte se hará la recopilación del material teórico, libros, revistas, normas técnicas, programas informáticos y demás que sean necesarios para generar el diseño conceptual y de detalle.

Fase de diseño

Diseño conceptual.

Se relaciona con la actividad de análisis de la documentación recopilada y la propuesta de varios conceptos de diseño alternativos para evaluar cada opción propuesta y valorar mediante los criterios de evaluación seleccionados en la fase de documentación. En esta fase se selecciona la posible solución definiendo la información que debe arrojar el aplicativo, la información de entrada y las bases de datos que se deben alimentar para ejecutarlo.

Diseño de detalle.

Luego del diseño conceptual se realizan las actividades de definición de los algoritmos de funcionamiento, la creación de las bases de datos, y se definirá la interface de comunicación con el usuario.

Fase de programación

En esta fase se escribe en lenguaje de programación los comandos necesarios para crear la aplicación que cumpla con los requisitos del diseño siguiendo la lógica planteada en el algoritmo gestado en la fase de diseño de detalle. En términos generales se tendrá una etapa de programación por módulos y al final se integraran para la obtención del aplicativo final.

Fase de validación y puesta a punto.

Luego de realizar la programación se llevará a cabo la puesta a punto realizando las pruebas respectivas comparando los resultados obtenidos de la aplicación con resultados obtenidos por expertos en aplicaciones conocidas. El objetivo aquí es descubrir la mayor cantidad de inconsistencias para resolverlas y perfeccionar el programa.

Fase de elaboración de documentos.

Realizaremos para esta fase los siguientes documentos:

Documento teórico

Básicamente es el manual del usuario, en este se describe el programa sus funciones, sus límites de funcionamiento, entre otras características. Además muestra cómo se debe alimentar las bases de datos en caso de querer analizar otros fluidos de trabajo.

Documento práctico

Se elaborará una guía de estudio que pueda desarrollarse en el aplicativo como apoyo para el docente que decida usarlo como apoyo para su programa de clase.

Documento final

Se elaborará el documento que se entregara ante la Universidad Distrital para optar al título de ingeniero mecánico el cual tendrá incluido toda la documentación que respalda el diseño del aplicativo informático.

5. CRONOGRAMA

FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN																								
		MES	6				7				8				9				10				11			
		SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DOCUMENTACIÓN	Definición de especificaciones de diseño																									
	Funciones y restricciones de la aplicación																									
	Recopilación de información																									
DISEÑO CONCEPTUAL	Análisis de la documentación																									
	Creación de la propuesta de diseño																									
	Evaluación de la propuesta de diseño																									
	Definición de la información de entrada y salida de la aplicación																									
DISEÑO DE DETALLE	Definición de los algoritmos de funcionamiento																									
	Creación de las bases de datos																									
	Diseño de la interface																									
PROGRAMACIÓN	Programación de módulos																									
	Integración de módulos																									
PUESTA A PUNTO	Comparación de resultados																									
	Optimización de la aplicación																									
ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS	Elaboración del manual de uso																									
	Elaboración de la guía práctica																									
	Elaboración de la monografía																									

Tabla 1. Cronograma

6. BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Documentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1481-ISO 9001. Bogotá DC.

HERNANDEZ SAMPERI, Roberto y FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. 4 ed. Editorial Mc Graw Hill.

TORRES, Ruth. Desarrollo de una aplicación para el manejo de elementos gráficos en el entorno de arcmap 9.2. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. 2009.

CENGEL, Yanus y BOLES, Michael. Termodinámica. 6 ed. Editorial Mc Graw Hill.