

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



PERFIL DEL PROYECTO DE GRADO

**IMPLEMENTACIÓN PARA LA PLATAFORMA ANDROID
DEL DIAGRAMA PSICROMÉTRICO PARA MEZCLAS DE GASES
CON APLICACIONES EN EL AREA DE MEDIO AMBIENTE**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

POSTULANTE: Univ. Hector Raúl Bonifacio Condori

TUTOR: MSc. Ing. Omar Salinas Prudencio

LA PAZ - BOLIVIA

NOVIEMBRE, 2022

Índice General

1. ANTECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GENERAL	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. JUSTIFICACIÓN	6
3.1. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	6
3.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	7
3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	7
3.4. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	7
3.5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	8
4. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION	10
5. METODOLOGÍA A EMPLEAR	11
6. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	15
7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	17
8. ÍNDICE TENTATIVO	19
Apéndices	23
A. Definiciones	24
B. Figuras	28

Índice de figuras

3.1. Visualización de la aplicación cuando se sostenga en posición horizontal.	8
3.2. Visualización de la aplicación cuando se sostenga en posición vertical.	9
5.1. Diagrama de flujo del proyecto, desde su concepción hasta la entrega final	12
5.2. Diagrama de flujo para la implementación del código de la parte teórica	13
5.3. Diagrama de flujo para la integración de la parte teórica con la biblioteca para su visualización	14
B.1. Carátula del documento firmada por el docente tutor.	28

Índice de tablas

1. Cronograma de la elaboración del perfil de proyecto de grado .	17
2. Cronograma de la elaboración del proyecto de grado	18

Siglas

APK Paquete de Aplicación Android. 4, 7, 8

ASHRAE Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. 2

GNU *GNU* No es Unix. 15

HVAC Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado. 2, 24, 25

IDE Entorno de Desarrollo Integrado. 15

PC Computadora Personal. 15

RAE Real Academia Española. 24

RAM Memoria de Acceso Aleatorio. 15

SI Sistema Internacional Unidades. 5

1. ANTECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El comienzo de la psicrometría se remonta al año 1825, cuando Ernest Ferdinand August usa la palabra latina *psychro* para nombrar su invento, un termómetro de bulbo húmedo (Gatley, 2013, p. 9); sin embargo, diversos autores señalan que, la palabra *psicrometría* proviene de las palabras griegas *ψυχρόν* que significa frío, y la palabra *μέτρον* que significa medida (Shallcross, 1997).

A principios del siglo XIX, recién se ha hace uso el término psicrometría para describir a un dispositivo muy semejante al que se conoce en la actualidad, un termómetro con bulbo húmedo y otro seco, arreglado de lado a lado. Hoy en día, el psicrómetro, como instrumento, se refiere a cualquier dispositivo que permite medir, por cualquier medio, el contenido de vapor en una mezcla gas-vapor; el caso más común de su uso es en la medida del contenido de humedad o vapor de agua en el aire seco (Shallcross, 1997). Todo ello, fue posible gracias al invento del termómetro, el cual se atribuye a Galileo Galilei (1564-1642), en el siglo XVI.

En vista de las complejidades en el cálculo de las variables psicrométricas, se han desarrollado diagramas o cartas para realizar las lecturas de las propiedades de tales variables. El primer diagrama psicrométrico fue desarrollado por Willis Carrier, alrededor del año 1900 (Brandt, 2016); por aquel entonces, se conocía como cartas higrométricas. En 1911 definitivamente se ha renombrado a diagramas o cartas psicrométricas (Gatley, 2013, p. 10).

En latinoamérica, en los años 70, fue de uso común las tablas psicrométricas en el area de meteorología, muy similar a la tabla de logaritmos; tal como se evidencia en los archivos encontrados en las páginas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (antes conocido como, Servicio Co-

lombiano de Meteorología e Hidrología). Estas tablas permiten determinar la humedad relativa, la tensión de vapor (en milibares, mbar), el Punto de Rocío (en grados Celsius), tomando como variables de entrada la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo. Actualmente las instituciones del estado boliviano, se usa unas reglas manuales para determinar la humedad relativa, llamadas regla psicrométrica.

La **Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE)**, quien desde 1984 ha desarrollado directrices para Sistemas de Calefacción, Ventilación, Acondicionamiento¹ y Refrigeración (HVAC & R); recién en 1996, introduce el término *psicrometría* dentro de su glosario.

CONCEPTOS

Son diversas los conceptos que se han manejado en el estudio de la psicrometría; a continuación se mencionan algunos de ellos.

Para (Sugarman, 2007, p. 25) la psicrometría es la ciencia de la termodinámica del aire húmedo aplicado a los sistemas **HVAC**.

Para Himmelblau (2004), un diagrama de humedad o carta psicrométrica, no es mas que una representación gráfica del balance de materia y energía de la mezcla vapor de agua y aire seco; evidentemente asociados a las variables psicrométricas.

Según Martinez (1992), la psicrometría es el estudio del aire húmedo. Mientras que Y. A. Çengel (2015) evita usar el término psicrometría y solamente refiere como mezclas de gas-vapor y acondicionamiento de aire.

Para la elaboración de este proyecto, se tomará la definición de (Perry et al.,

¹En las traducciones españolas erróneamente llamado, climatización. Ver en el anexo de definiciones.

2000), donde la psicrometría se refiere a la determinación de las propiedades de la mezcla de gas-vapor, donde la mezcla aire seco-vapor de agua es el sistema más representativo.

IMPLEMENTACIONES INFORMÁTICAS

Las primeras implementaciones informáticas se han dado en el lenguaje de programación FORTRAN-70; desde entonces, se han desarrollado diversos programas para PC's de los cuales se pueden listar a continuación:

- Psicro (2009), desarrollado por (Compagnon et al., 2010)
- Simulación de los procesos psicrométricos utilizando el lenguaje de programación java (Cardoso et al., 2016)
- PsychroLib, es una biblioteca de funciones psicrométricas para calcular las propiedades termodinámicas del aire (Meyer & Thevenard, 2019)

El trabajo más destacado de los mencionados previamente es de Meyer y Thevenard (2019) que, al no encontrar implementaciones numéricas apropiadas para los cálculos de las propiedades psicrométricas de manera libre, publica un conjunto de bibliotecas en el repositorio de software [Github](#), para la mezcla de vapor de agua y aire seco; escrito para los lenguajes de programación, C/C++, C#, Javascript, Python, R y Visual Basic para Aplicaciones (VBA); los cuales fueron publicados bajo la licencia [MIT](#).

Los softwares especializados en el area de procesos, tales como: ASPEN ONE, Chemcad y DWSIM, disponen de la capacidad para generar estas cartas o diagramas. Este conjunto de softwares unicamente generan imágenes estáticas; inmediatamente se percibe la falta dinamismo y capacidad de mostrar resultados de los resultados de manera interactiva. Estos softwares, también requiere de una

PC para su instalación y funcionamiento y generar tales diagramas; por lo cual, se hace necesario el desarrollo de una **Paquete de Aplicación Android (APK)**¹ para este propósito.

Hoy en día, la mayoría de las personas disponen de teléfonos inteligentes; por lo cual, es más que razonable disponer de una aplicación para el cálculo de las propiedades psicrométricas.

La ASHRAE recientemente ha publicado su aplicación del diagrama psicrométrico del aire húmedo en la tienda AppStore, para teléfonos IOS; mas no en la tienda PlayStore, para para teléfonos Android.

Todo los diagramas que se han revisado unicamente presentan diagramas para el aire húmedo. Los diagramas psicrométricos representado mediante ecuaciones viriales, pueden extenderse para mezclas vapor-gas de otras sustancias.

APLICACIONES DE LA PSICROMETRÍA

Las aplicaciones de la psicrometría se extiende por diversas areas de la ingeniería; desde la térmica, meteorología, agricultura, hasta la industria textil.

En el area de agricultura, puede contribuir a reducir la pérdida de agua por evaporación durante el riego por aspersión o goteo de los campos de cultivo; mejorando de esta manera el uso del agua en la agricultura.

También puede ayudar a desarrollar nuevas nuevas formas de cultivo en espacios reducidos; tales como el cultivo de hongos comestibles de la especie *Suillus luteus* en el altiplano, cuando este se cultiva generalmente en hectareas de pinos de la especie: *Pinus radiata* o *Pinus patula*.

En la meteorología, ayuda con el pronóstico del tiempo, en cuanto a las precipitaciones, o el grado de saturación de la humedad en la atmósfera.

¹También llamado, aplicación.

Un diagrama psicrométrico para el vapor de CO₂ y aire seco, puede ayudar a estudiar y desarrollar nuevas formas de reducción del CO₂ de la atmósfera.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una aplicación para la plataforma Android que permita visualizar cartas psicrométricas para múltiples mezclas de vapor de líquido y gas seco, relacionada con aplicaciones ambientales.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la aplicación en el lenguaje de programación Java, de manera que permita la extensión a mezclas de vapor de líquido - gas seco.
- Implementar para la mezcla de vapor de agua-aire seco, de manera predefinida.
- Desarrollar algoritmos para la determinación de las variables psicrométricas dependientes: Humedad absoluta, Humedad relativa, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de rocío, volumen específico.
- Implementar la aplicación para el **Sistema Internacional Unidades (SI)** de unidades y otras unidades de interés en las ciencias ambientales.
- Comparar los resultados obtenidos a partir de la aplicación desarrollada con el simulador **DWSIM**.
- Justificar el uso de la ecuación de gases ideales respecto a la ecuación virial de gases para las mezclas de vapor de agua — aire seco.

- Presentar a Google para su comprobación y aprobación de la originalidad del documento terminado.
- Mostrar el producto final en la tienda oficial de aplicaciones de Google, PlayStore.
- Desarrollar dos casos de aplicación de la herramienta en el area de Ingeniería Ambiental

3. JUSTIFICACIÓN

3.1. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

Para llevar a cabo este proyecto, se ha apelado a los conocimientos adquiridos durante la formación académica; especialmente en las asignaturas: Balance de Materia y Energía, Operaciones Unitarias IV, Termodinámica, Fisicoquímica, Meteorología y Climatología, Hidrología e Hidráulica, Programación y Análisis Numérico, entre otros. En las dos primeras de la lista anterior, se ha abordado el estudio de los diagramas psicrométricos; durante el proceso, se ha tenido la necesidad de contar con una herramienta informática simple y apropiada para realizar las lecturas; por lo cual, se ha realizado búsquedas en la tienda de aplicaciones para teléfonos Android; se encontró únicamente aplicaciones que muestran de forma directa los resultados del cálculo.

Esta aplicación contribuirá a un aprendizaje más rápido del uso de cartas psicrométricas tales como balance de materia, humidificación, termodinámica de mezclas.

3.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Buscar un diagrama con la calidad deseada, implica un coste energético. cada búsqueda en la web contribuye en la emisión de CO_2 a la atmósfera. Alex Wissner-Gross de la Universidad de Harvard menciona que, permanecer 1 segundo en la red consume aproximadamente 20 mg de CO_2 . Una búsqueda en google implica generar 7 gramos de CO_2 (Gombiner, 2011, p. 122). Disponer de un diagrama psicrométrico en forma de **APK**, ayudará a reducir en el número de búsquedas en la web; por lo tanto, también en la reducción de CO_2 que se emite a la atmósfera.

3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Algunas instituciones que se dedican en la predicción del tiempo (por ejemplo, SENAMHI), aún realizan los cálculos mediante instrumentos parecidos a reglas manuales, diseñadas específicamente para este propósito. El producto final de este proyecto, permitirá acercarnos un poco más a la modernización, no solo a centros e instituciones nacionales, sino a personas interesadas que se desenvuelven en esta area.

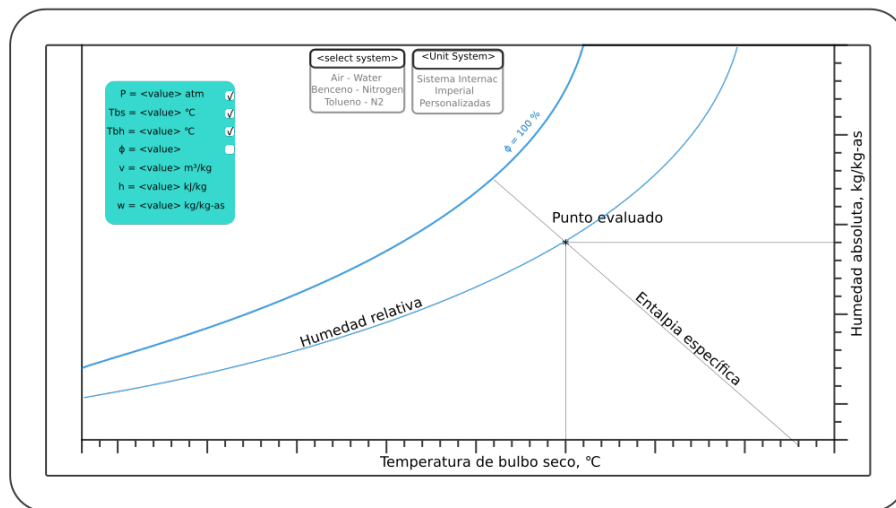
3.4. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La búsqueda de un diagrama psicrométrico es una tarea que conlleva tiempo; aún más, si se trata de encontrar a una presión diferente al nivel del mar; muchos de los diagramas que resultan de la búsqueda en la web, son imágenes escaneadas y de calidad cuestionable, complicando su lectura y uso. La mayoría de los diagramas revisados abarcan un rango de 0 a 50 °C. En los procesos de secado se requieren diagramas que mayores que 50 °C, hasta cerca a la temperatura de saturación a una presión específica.

La **APK** que se desarrolla, permitirá disponer a los usuarios de una interfaz gráfica, simple y dinámico, con movimiento de los ejes conforme se vaya estableciendo el punto a evaluar; presentará un menú que mostrará los resultados variables psicrométricas, tal como se muestra en la figura 3.1 y la figura 3.2.

Figura 3.1

Visualización de la aplicación cuando se sostenga en posición horizontal.



Nota: Creado con el editor de gráficos vectoriales, **Inkscape**, versión 1.1.2.

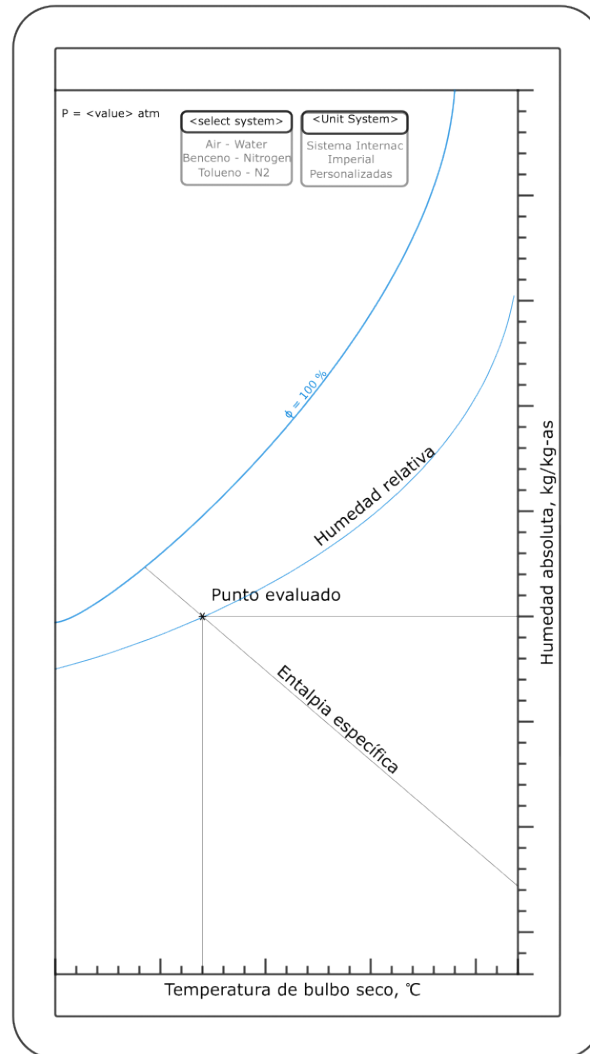
Fuente: Elaboración propia.

3.5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Las aplicaciones de diagramas psicrométricos que se han revisado en la tienda oficial de google, PlayStore, su adquisición tiene un costo económico. ASHRAE, como se ha mencionado anteriormente, dispone de una aplicación en la tienda oficial para para teléfonos IOS, AppStore, a un precio de \$ 14.99 en la 29 fecha abril de 2022. El diagrama psicrométrico para el aire húmedo se publicará de

Figura 3.2

Visualización de la aplicación cuando se sostenga en posición vertical.



Nota: Creado con el editor de gráficos vectoriales, **Inkscape**, versión 1.1.2.

Fuente: Elaboración propia.

manera gratuita para su uso; de esta manera los usuarios tengan acceso a una aplicación gratuita; mientras que con el de los diagramas para mezclas diferentes al aire húmedo, se desea generar ingresos.

4. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION

En la actualidad, el marco teórico de la psicrometría del aire húmedo está completamente desarrollado; sin embargo, la visualización en forma de diagramas está limitado a softwares especializados. En la actualidad, el marco teórico de la psicrometría del aire húmedo está completamente desarrollado; sin embargo, capacidad para la visualización de la información en diagramas está limitado a a softwares especializados. Existen bastantes cartas psicrométricas impresas para la mezcla aire-agua, la mayoría de ellas a 101.325 kPa. También puede encontrarse en la tienda de aplicaciones de google, Playstore; se ha revisado alrededor de 5 aplicaciones ninguna de ellas disponen de la flexibilidad que se busca (visualización inmediata de la información calculada, capacidad de acercarse y alejarse, ocultar líneas innecesarias para facilitar la lectura) en la fecha abril 2022.

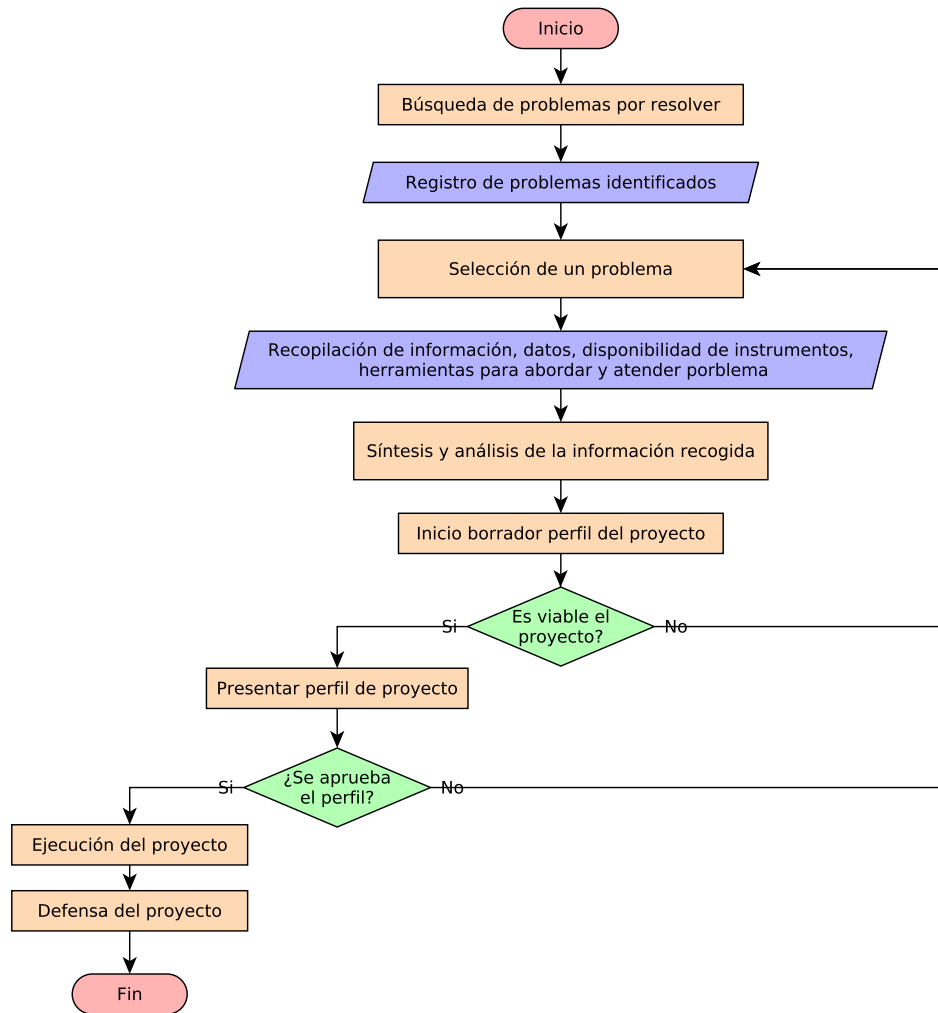
[Github](#) y [Gitlab](#), son dos repositorios de código fuente muy conocidos en el area del desarrollo de software. El último proyecto desarrollado es [psychrometric-chart](#), publicado en el repositorio [Github](#) en año 2019, es uno de los últimos proyectos de software desarrollados para esta area. Según su documentación, se ha escrito en varios lenguajes de programación de propósito general; sin embargo, este proyecto trata unicamente para el cálculo de las propiedades psicrométricas de la mezcla vapor de agua-aire seco.

5. METODOLOGÍA A EMPLEAR

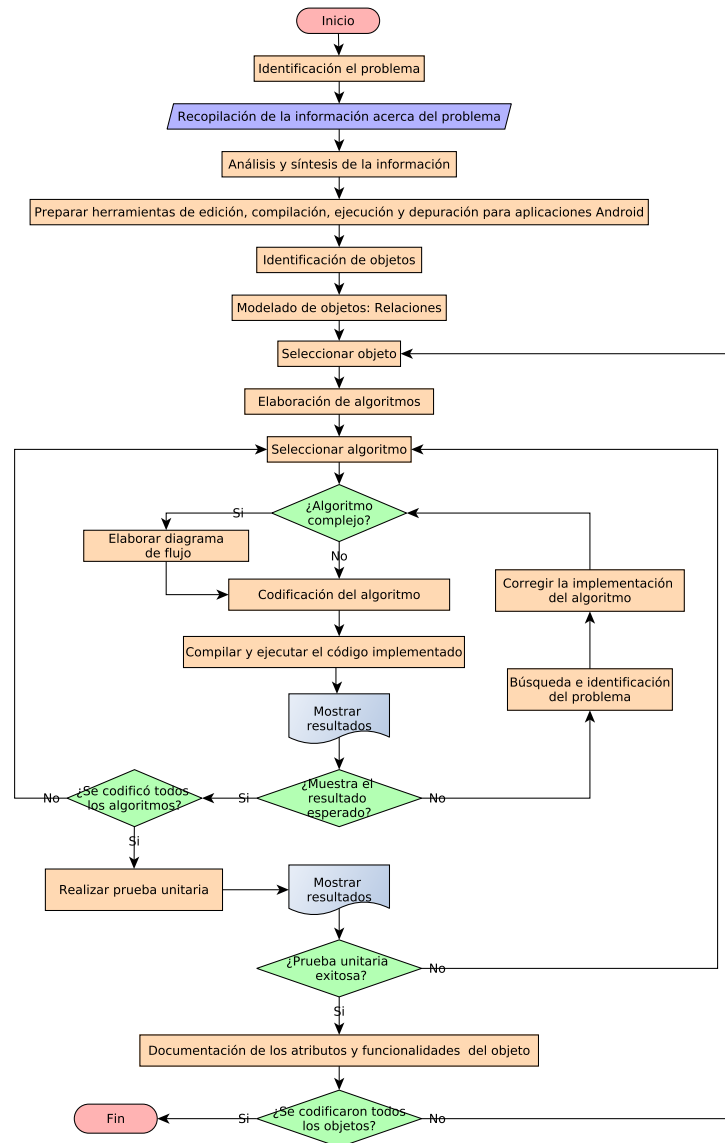
La metodología que se empleará se describe en los diagramas de flujo que se muestran en las siguientes figuras. La figura 5.1, muestra los pasos desde la concepción de la idea hasta defensa del proyecto. La figura 5.2, muestra el desarrollo de la parte teórica para su codificación. La figura 5.3, permite integrar el código desarrollado en la 5.2 con el código para visualización del diagrama psicrométrico.

Figura 5.1

Diagrama de flujo del proyecto, desde su concepción hasta la entrega final



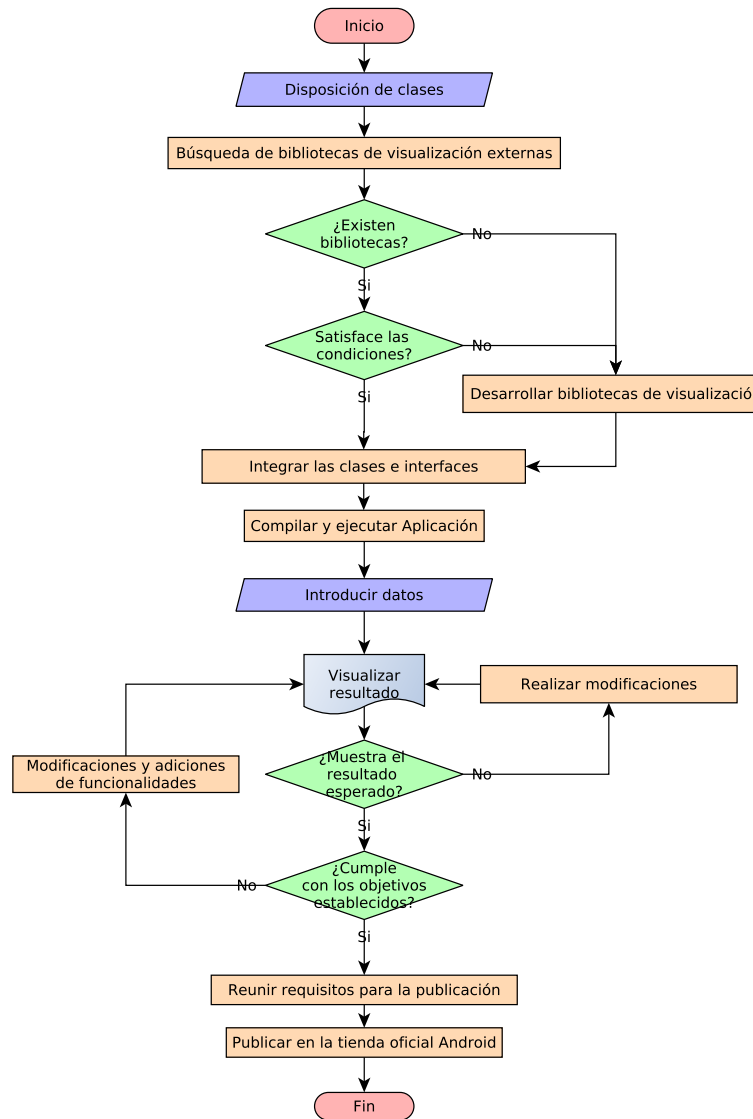
Nota: Realizado con el editor de diagramas yEd, un producto de **yWorks GmbH**. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2*Diagrama de flujo para la implementación del código de la parte teórica*

Nota: Realizado con el editor de diagramas yEd, un producto de **yWorks**
GmbH. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.3

Diagrama de flujo para la integración de la parte teórica con la biblioteca para su visualización



Nota: Realizado con el editor de diagramas yEd, un producto de **yWorks GmbH**. Fuente: Elaboración propia.

6. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La aplicación se desarrollará y ejecutará en el **Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)** AndroidStudio en el sistema operativo GNU/Linux, en la distribución Debian, el cual es adecuado para tareas de desarrollo de software.

Durante el desarrollo de las aplicaciones, para la plataforma, se necesita un dispositivo virtual que emula al dispositivo físico, donde la aplicación que se desarrolla se instala temporalmente; la cantidad de **Memoria de Acceso Aleatorio (RAM)**, consumida por estos dispositivos virtuales son aproximadamente de 5 GB (lo cual incluye la memoria interna del dispositivo virtual y el sistema operativo dispositivo emulado). El inconveniente de esto es, que esa cantidad de **RAM** mencionada previamente, restará de la **Computadora Personal (PC)** donde se desarrolla la aplicación. Actualmente se dispone de una laptop con 8 GB de RAM; lo cual significa que solo queda un cantidad 3 GB de **RAM** para el funcionamiento del Sistema Operativo y un navegador para realizar búsquedas en la web. Los portátiles con sistemas operativos Windows con la cantidad de **RAM** que se dispone, tienden a congelarse durante el desarrollo de aplicaciones. **GNU/Linux** (GNU, es es acrónimo de: GNU no es Unix), dependiendo de la distribución, necesita menos de 1 GB de RAM. La distribución Debian con el entorno de escritorio Cinnamon, solo necesita 0.7 GB para inicializar todas las tareas para su funcionamiento); mientras que, con un sistema operativo de Windows 7, necesita alrededor de 2 GB. Los requerimientos de **RAM** en los sistemas operativos Windows, aumentan con las sucesivas versiones y actualizaciones; es decir, la cantidad de **RAM** consumida en Windows 8 ó 10, será mucho mayor a 2 GB.

Otra de las razones para desarrollar aplicaciones en Sistemas Operativos GNU/Linux, es la incorporación por defecto de *shell*, que permite interactuar y administrar instrucciones desde la línea de comandos (Negus, 2015); además,

permite instalar ficheros ejecutables con una simple instrucción. Otra de las herramientas que se requiere al momento de escribir código, es un sistema de control de versiones (no requiere de un emulador de shell tales como, cygwin para Windows), que permite administrar ficheros de código sin la necesidad de eliminar o alterar el fichero que contiene el código. **Git**, es el controlador de versiones más conocido para administrar las versiones del código.

El código se escribirá principalmente en el lenguaje de programación, Java. Posiblemente se extienda a otros lenguajes de programación; tales como C/C++. Se tomará la decisión cuando se observe del desempeño de la aplicación ya desarrollada.

7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Cuadro 1

Cronograma de la elaboración del perfil de proyecto de grado

CRONOGRAMA		SEMANAS																
FASE	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Identificación de habilidades	Prospección de las habilidades que se dispone																	
Búsqueda del problema por resolver	Buscar los problemas que no se han atendido																	
Reconocimiento de contexto	Identificar la situación actual del problema a resolver																	
Explorar conceptos	Establecer la base teórica para sustentar la idea																	
Viabilidad de la idea	Ver, explorar las herramientas e instrumentos con el que se disponen para el desarrollo del proyecto																	
Elaboración de perfil	Elaborar el perfil del proyecto de grado																	
Presentación del perfil	Presentar el perfil del proyecto de grado para su aprobación																	

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 2

Cronograma de la elaboración del proyecto de grado

CRONOGRAMA		SEMANAS																
FASE	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Estructuración	Elaboración del marco teórico, desarrollo de algoritmos, diagramas de clases																	
Codificación	Traslación de los algoritmos, diagrama de clases a código																	
Refactorización	Revisiones y modificaciones al código a posibles problemas rendimiento, mejora de legibilidad y otros																	
Pruebas	Pruebas en dispositivos móviles físicos o reales para diferentes versiones del sistema operativo Android																	
Registro de observaciones	Edición de observaciones de rendimiento de la aplicación, dificultades halladas en el camino y conclusiones																	
Avances del documento	Continuar con la maquetación en \LaTeX , corregir posibles errores de referencia, gramática entre otros																	
Publicación de la aplicación	Preparar los elementos necesarios para su publicación en la tienda oficial, PlayStore																	
Presentación del documento y la aplicación	Presentación del documento limpio y la aplicación publicada en la tienda oficial Android																	

Nota. Elaboración propia.

8. ÍNDICE TENTATIVO

1. GENERALIDADES

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Planteamiento del Problema
- 1.3. Objetivos
 - 1.3.1. Objetivo General
 - 1.3.2. Objetivos Específicos
- 1.4. Justificación
 - 1.4.1. Justificación Académica
 - 1.4.2. Justificación Ambiental
 - 1.4.3. Justificación Social
 - 1.4.4. Justificación Técnica
 - 1.4.5. Justificación Económica
- 1.5. Alcance

2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Historia de las ciencias de la computación
- 2.2. Paradigmas en el desarrollo de software
- 2.3. Introducción a la programación orientada a objetos
- 2.4. Magnitudes físicas
- 2.5. Abstracción de las magnitudes físicas a objetos
- 2.6. Encapsulación, herencia, polimorfismo en la programación orientada a objetos
- 2.7. propiedades volumétricas de los fluidos
- 2.8. Ecuaciones de los gases ideales reales
- 2.9. Ecuaciones de estado viriales
- 2.10. Comportamiento de la fase vapor

- 2.11. Termodinámica del equilibrio Líquido y Vapor
- 2.12. Propiedades de la mezcla de aire
- 2.13. Temperatura de saturación adiabática
- 2.14. Procesos de enfriamiento y humidificación
- 2.15. Procesos de calentamiento y humidificación
- 2.16. Procesos de deshumidificación y calentamiento
- 2.17. Procesos de acondicionamiento de aire
- 2.18. Propiedades psicrométricas
- 2.19. Construcción de la carta psicrométrica psicrométrica
- 2.20. Métodos numéricos
- 2.21. Introducción a patrones de diseño en el desarrollo de software
- 2.22. Introducción a la programación funcional
- 2.23. Principios SOLID en el desarrollo de software
- 2.24. Bibliotecas de software y licencias de uso

- 3. METODOLOGÍA
- 4. RESULTADOS
- 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 - 5.1. Conclusiones
 - 5.2. Recomendaciones

Referencias

- Almeida, D. (2017). Psicrometría Aplicada en la Refrigeración. *Linkedin*. <https://www.linkedin.com/pulse/psicrometr%C3%ADa-aplicada-la-refrigeraci%C3%B3n-diego-almeida-kalume>
- Cardoso, G., Puzhi, M., & Zhinín, S. (2016). Simulación de los Procesos Psicrométricos Simulation of Psychrometric Processes. *Facultad de Ciencias Químicas*, 13, 25-39. <http://www.vpclima.upv.es/psicro.htm>
- Compagnon, A. M., Gava, R., Dalpasquale, V. A., & Martins, C. H. (2010). Psicro 2009 -programa computacional para determinação das propriedades psicrométricas do AR. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente*, 3(3), 251-269.
- Gatley, D. P. (2013). *Understanding Psychrometrics* (Handbook & S. Publications, Eds.; 3.^a ed.). American Society of Heating, Refrigerating; Air-Conditioning Engineers.
- Gombiner, J. (2011). Carbon Footprinting the Internet. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 5(1), 119-124.
- Himmelblau, R. (2004). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering* (Amundson, Ed.). Prentice-Hall, Inc.
- Jiménez, R. M. R., Capa, Á. B., & Lozano, A. P. (2004). *Meteorología Y Climatología*. <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- Martinez, I. (1992). *Termodinamica Básica y Aplicada*.
- Meyer, D., & Thevenard, D. (2019). PsychroLib: a library of psychrometric functions to calculate thermodynamic properties of air. 4, 10-11. <https://doi.org/10.21105/joss.01137>
- Negus, C. (2015). *Linux Bible* (R. Blum, Ed.). John Wiley & Sons, Inc.

- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (2000). *Perry's chemical engineers' handbook Seventh Edition* (Vol. 38).
- Shallcross, D. C. (1997). *Handbook of Psychrometric Charts*. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0027-1>
- Sugarman, S. C. (2007). *HVAC Fundamentals*. The Fairmont Press, Inc.
- Tejeda-Martínez, A., Méndez, I., Rodríguez, N. C., & Tejeda-Zacarías, E. (2018). *La humedad en la atmósfera: Bases físicas, instrumentos y aplicaciones*. Univerdidad de Colima.
- Ventilation for acceptable indoor air quality. (2013). *ASHRAE Standard, 2013*(62.1-2013).
- Y. A. Çengel, M. B. (2015). *Termodinámica* (McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, Ed.). McGraw-Hill Education.

Apéndices

A. Definiciones

Acondicionamiento del aire

Proceso de tratamiento del aire para cumplir con los requisitos de un espacio acondicionado mediante el control de la temperatura, humedad, limpieza y distribución del aire («Ventilation for acceptable indoor air quality», 2013, p. 3)

Clima

Cuando afirmamos que en un lugar específico (por ejemplo, nuestra ciudad), los inviernos son secos y fríos; realmente estamos haciendo una valoración de las condiciones meteorológicas de muchos años; intuitivamente estamos definiendo el clima (Jiménez et al., 2004) como una condición permanente y propia del lugar. De esta forma definimos *clima*, como la síntesis de 30 años o más, de las condiciones meteorológicas (Tejeda-Martínez et al., 2018). A menudo el término clima se confunde con las condiciones meteorológicas o tiempo atmosférico cuando realmente se debería llamarse así, por su nombre: condiciones meteorológicas, tiempo atmosférico o simplemente, tiempo.

Climatización

Término utilizado de manera inadecuada en los procesos HVAC; que se refiere a acondicionar el aire (Air Conditioning, en Inglés). El término apropiado para describir este proceso es, **acondicionamiento del aire**, y lo que busca es confort (bienestar o comodidad material, de acuerdo a la RAE), para un momento determinado y específico; es decir una condición no permanente. Mientras que climatización, palabra derivada de *clima*, se refiere a una forma de acondicionamiento del aire casi inalterable en el tiempo, no menos de 30 años. En los

procesos HVAC, este último no sucede.

Entalpía

Se define como la suma de la energía interna y el flujo de trabajo (Gatley, 2013, p. 137). El profesor R. Mollier, famoso por su diagrama, se refirió a la *entalpía* como contenido de calor y calor total (Y. A. Çengel, 2015, p. 125).

Entalpía Específica

Se define como la entalpía respecto a una unidad de masa; es una propiedad intensiva.

Humedad Específica

Es la relación de la masa de vapor y la masa del gas seco.

Humedad Relativa

Es la fracción de vapor en el gas. Se expresa en tanto por uno o en tanto por cien.

Meteorología

Es la ciencia que se encarga de estudiar la atmósfera, sus propiedades y los fenómenos que ocurren en ella (Jiménez et al., 2004); tales como, la lluvia, nevada, etc. A este conjunto de fenómenos se llama, meteoros. Los comienzos de meteorología fue en base a observaciones empíricas. Hoy en día, es una ciencia basada en los conocimientos de la Física y las Matemáticas.

Temperatura aparente

Propuesta por **R. Steadman (1979)**; se define como la temperatura a la cual una combinación dada de temperatura de bulbo seco y humedad relativa una persona percibe el mismo (Tejeda-Martínez et al., **2018**, p. 220).

Temperatura de Bulbo Seco

Para (Almeida, **2017**), es la temperatura del aire medido por un termómetro o sensor, expuesto al aire atmosférico y libre de la exposición directa al sol.

Punto de Rocío

Es la temperatura debajo del cual el vapor en el gas, comienza a condensarse. Sucede cuando la temperatura de bulbo seco y húmedo alcanzan el mismo valor; es decir, cuando el gas alcanza las condiciones de saturación y empieza a aparecer la primera gota de rocío.

Temperatura de Bulbo Húmedo

Es la temperatura indicada por el termómetro de bulbo seco pero, con el bulbo cubierto o bañado de humedad. Su valor es igual o menor a la temperatura de bulbo seco.

Tiempo atmosférico

Tiempo atmosférico ó simplemente tiempo (weather, en Inglés). Es la descripción de las condiciones atmosféricas en un momento y lugar dado. Reporte que dan los medios de comunicación a diario (Jiménez et al., **2004**, p. 6).

Ventilación

Proceso que añade o remueve aire de manera natural o mecánica desde o hacia un espacio; el aire puede ser acondicionado o no (ASHRAE, 2012).

Volumen Especifico

Representa el volumen que ocupa un kilogramo de aire seco en una condición dada (Almeida, 2017).

B. Figuras

Figura B.1

Carátula del documento firmada por el docente tutor.



Nota: Imagen tomado de la documentación en físico presentado.