

**Desarrollo de material didáctico para asistir el diseño y simulación de los procesos de
recobro de líquidos del gas natural.**

Silvia Juliana Fletcher Peña y Jhoan Steven Pinto Acosta

Trabajo de grado para Optar el título de Ingeniero(a) de Petróleos

Director:

Manuel Enrique Cabarcas Simancas

MSc. en ingeniería química

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físicoquímicas

Escuela De Ingeniería De Petróleos

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

Quien a Dios tiene, todo lo puede.

Es grato poder llegar a un momento como este.

A pesar de las circunstancias atípicas y adversas que se viven actualmente,

Aun así, el esfuerzo y la dedicación prevalecen

y se ven reflejados en este libro.

Por eso dedico este triunfo

A mí madre,

Familiares y Amigos.

Silvia Juliana Fletcher Peña

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi madre Marilyn Peña Vega, por ser fuente de inspiración de todos mis logros. Esta mujer solo se puede describir de una forma "GUERRERA". Es admirable ver la fortaleza que posee y todo lo que me ha inculcado.

No dejaré de repetir cuan agradecida me encuentro con mi mami, puesto que he sido testigo de todo el esfuerzo que ha hecho en mi crianza, y gracias a ella soy la mujer que quiero ser y de la cual espero esté orgullosa. Este triunfo es para ti.

A mi abuela María Celina Vega de Peña, ya que siempre estuve presente en sus oraciones.

A mi prima Laura Vanessa Camargo Peña, por darme alientos para continuar y a mi tía Sandra Milena Peña Vega, por infundirme sus consejos como docente.

A mis padrinos Rosario Peña Silva y Eduardo Forero Barrera, porque siempre han estado pendientes de mí.

A mi familia por soportarme en mis momentos de estrés, y aun así siempre encontrar las palabras adecuadas para motivarme en impulsarme a seguir adelante, puesto que son pocas ojeras para tantos sueños.

A Jairo Agudelo no sólo por ser uno de mis mejores amigos, sino porque ha estado incondicional en mis momentos más lúgubres y ha logrado sacarme una sonrisa. Además de que nos guio en el diseño e iconografía.

A Jahir y Wendy por ser unos excelentes mentores.

En general a mi familia Casabe, porque a pesar del corto tiempo que pase con ellos me acogieron e instruyeron en mi formación profesional.

De igual manera agradezco a todas aquellas personas que creyeron en nosotros y fueron un pilar en nuestro proyecto aportando su apoyo, conocimiento e ideas.

Silvia Juliana Fletcher Peña

Dedicatoria

Este trabajo de grado se lo dedico a mis padres Aida Acosta y Diego Pinto quienes siempre han sido mi ejemplo para seguir en la vida, ellos siempre han creído verdaderamente en mis capacidades y me han brindado el apoyo necesario para seguir adelante y superar cualquier inconveniente.

A mi hermanita Valeria Pinto, quien siempre me ha brindado cariño, juegos y risas.

A mi nona querida ya que para ella siempre fui el mejor de los mejores.

A mi novia Geraldyn quien siempre estuvo a mi lado dándome la motivación y buenos momentos.

Dedico este triunfo a mi compañera de tesis Silvia Fletcher, mi gran amiga, mi compañera de carrera, gracias por estos años de amistad, por compartir conmigo alegrías y tristezas, por su apoyo académico y personal durante esta travesía, ya que sin ella no pude haber culminado esta etapa de mi vida. Por todo su apoyo incondicional y por ser la motivación incesante en la realización de este trabajo, gracias por su guía y por ser la luz que despejaba el camino cuando este se tornaba oscuro.

Ella me ha enseñado el significado de ser un equipo, ya solo me resta decir ¡Lo hicimos!

A Jairo Agudelo por su apoyo y sincero deseo e intención de vernos cosechar cada día más logros. Por sus constantes empujones que nos motivaban a ir más allá y a perfeccionar hasta el más mínimo detalle.

¡Silvia y Jairo son lo mejor!

Jhoan Steven Pinto Acosta

Dedicatoria

A DIOS

Por la vida y salud, para lograr culminar con éxito una etapa más de la vida.

A nuestras familias

Por ser fuente de inspiración de todos nuestros logros

Porque gracias a su amor, su incondicional apoyo constancia, esfuerzos y sacrificios hemos podido alcanzar nuestras metas y cumplir cada uno de nuestros sueños.

A los amores de nuestra vida

Por la fe, sabiduría, fortaleza, y amor otorgado.

Por hacernos una mejor persona día a día.

Al Profesor Manuel Cabarcas por su colaboración y apoyo.

A nuestros amigos y aquellas personas que fueron importantes en la realización de este proyecto por su amistad sincera, y ayuda brindada.

Y a la Escuela de Ingeniería de Petróleos, por permitir la realización de este proyecto.

Los autores

Agradecimientos

Queremos expresar nuestros agradecimientos a:

La Universidad Industrial de Santander por ser nuestra alma mater y ayudarnos en nuestro crecimiento personal y profesional.

A nuestros profesores de la Escuela de Ingeniería de Petróleos por compartir con nosotros su conocimiento, en especial al Ingeniero Manuel Enrique Cabarcas Simancas, por brindarnos su incondicional apoyo, asesoría y dirección a lo largo de la realización de este proyecto.

A nuestros padres por siempre darnos fuerzas e impulsarnos a llegar lejos.

A nuestros amigos y aquellas personas que fueron importantes en la realización de este proyecto por su amistad sincera, y ayuda brindada.

Los autores

Resumen

Título: desarrollo de material didáctico para asistir el diseño y simulación de los procesos de recobro de líquidos del gas natural*

Autores: silvia juliana fletcher peña, jhoan steven pinto acosta**

palabras claves: recobro de líquidos, procesamiento del gas natural, fraccionamiento, refrigeración, gas natural licuado, condensados.

Descripción:

Actualmente se vive un panorama global, singular producto de la epidemia del SARS-Cov-2, esto ha llevado que las personas transformen sus estilos de vida e inventen nuevas formas de adquirir la información según sus necesidades. Uno de los sectores afectados fue la educación, a causa de una migración forzosa a la virtualidad, razón por la que ha presentado falencias, debido a que los estudiantes suelen exponerse a la sobreinformación, como consecuencia se crea un ambiente ineficiente e improductivo de trabajo bajando los índices de calidad. Por esta razón, el presente trabajo se enfoca en la creación de una guía interactiva con información sustancial para el estudiante y que será relevante en la materia ingeniería de gas.

La importancia del recobro de líquidos del gas natural reside principalmente en su valor comercial, puesto que en ese estado figura una mayor cuantía y encabeza un atractivo económico para los mercados internacionales. Además, presenta menos dificultades para su transporte y almacenamiento, porque al comprimirse el gas se reducen los volúmenes de espacio, siendo así más versátiles de adaptar a cualquier estructura para su contención; por consiguiente, se puede obtener grandes cantidades. Otro factor influyente es la seguridad, en razón a que el líquido es más estable con relación al gas, esto implica un menor grado de peligro en su manipulación, y por ende mitiga el riesgo de accidente.

Este libro tiene como eje central el procesamiento del gas natural, sus pilares son la refrigeración, la criogenia, el fraccionamiento y la estabilización de condensados; direccionados al concepto, diseño y dinamismo presentes en cada etapa. Adicional a esto se cuenta con un capítulo de ejercicios y casos de estudio que van acorde al proceso operativo de cada temática, con el fin que el estudiante pueda profundizar y generar un ambiente adecuado de aprendizaje.

* Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Manuel Enrique Cabarcas Simancas, MSc. en ingeniería química

Abstract

Title: development of didactic material to assist the design and simulation of the processes for the recovery of liquids from natural gas*

Author: silvia juliana fletcher peña, jhoan steven pinto acosta**

keywords: liquid recovery, natural gas processing, fractionation, refrigeration, liquefied natural gas, condensates.

Description

Currently, we live an awful global situation, singular product of the SARS-Cov-2 epidemic, which has led people to change their lifestyles and invent ways of acquiring information according to their needs. The education sector was affected, in view of that it had a forced migration to virtuality, which is why it has presented shortcomings, because students often expose themselves to over information, therefore have an inefficient and unproductive work environment and downing the quality indices. Therefore, the present paper has a purpose the creation of an interactive guide with substantial information for the student and that will be relevant in the course of gas engineering.

The importance of the recovery of liquids from natural gas is mainly in its commercial value, given that the liquids has higher economic value and is led to an economic attraction for international markets. In addition, it presents fewer difficulties for its transport and storage, since compressing the gas reduces the volumes of space, making it more versatile to adapt to any structure for its containment; as a result, large quantities can be obtained. Another main factor is safety, because the liquid is more stable in relation to the gas, this implies less danger in its handling, and therefore mitigates the risk of an accident.

This book has as its main theme the processing of natural gas, its topics are refrigeration, cryogenics, fractionation and stabilization of condensates; directed to the concept, design and dynamism present in each stage. In addition to this, there is a module of exercises and case studies that are in accordance with the operational process of each subject, for the student to deepen and has a good learning environment.

* Bachelor Thesis

**Physicochemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering Department. Advisor: Manuel Enrique Cabarcas Simancas, MSc. en ingeniería química

Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Generalidades	19
1.1. Antecedentes de la educación	22
1.2. Educación virtual un nuevo reto para la sociedad	24
1.3. Procesos de aprendizaje y enseñanza	26
1.3.1. Historia de la didáctica.....	27
1.3.2. Definición	29
1.4. ¿La educación virtual favorece el aprendizaje autónomo?.....	36
1.5. Herramientas tic para el uso de aprendizaje	38
1.5.1. Libro electrónico o libro digital	41
1.5.2. Los formatos más usados para libros digitales	46
2. Marco de referencia	47
2.1. Estrategias de diseño para el aprendizaje	49
3. Sistemas de refrigeración.....	55
4. Gas natural licuado	57
5. Fraccionamiento	59

6. Estabilización de condensados	61
7. Ejercicios y casos de simulación	62
8. Conclusiones.....	77
9. Recomendaciones	78
Referencias Bibliográficas	79

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama piramidal de la taxonomía de Bloom.....	24
Figura 2. Procesos de Comunicación. Adaptado de Saza-Garzón, I. D. (2016).....	27
Figura 3. Visualización de las portadas del libro didáctico preliminar.....	50
Figura 4. Croquis final de las portadas del libro didáctico.	50
Figura 5. Ciclo básico de GNL.	52
Figura 6. Diseño gráfico de los diagramas de fases.....	53
Figura 7. Carátula oficial del libro.....	53
Figura 8. Diagrama P-H del propano.....	54
Figura 9. Visualización del módulo de refrigeración.....	56
Figura 10. Visualización del módulo de GNL.....	58
Figura 11. Visualización del módulo de Fraccionamiento.	60
Figura 12. Visualización del módulo de estabilización de condensados.....	61
Figura 13. Planta refrigeración para un sistema simple. Tomado de Aspen Hysys V10.....	64
Figura 14. Parámetros tomados de Aspen Hysys V10.....	65
Figura 15. Parámetros de Separador tomados de Aspen Hysys V10.....	66
Figura 16. Pestaña diseño de intercambiador de calor. Tomada de Aspen Hysys V10.....	67
Figura 17. Diagrama de intercambiador de calor tubos y coraza. Tomado de Aspen Hysys V10.	67
Figura 18. Pestaña parámetros del intercambiador de calor. Tomado de AspenHysys V10.....	68
Figura 19. Parámetros del intercambiador gas-gas.....	69
Figura 20. Pestaña diseño del chiller.	70

Figura 21. Diagrama de un separador. Tomado de Aspen Hysys V10.....	70
Figura 22. Balance de materia corriente de Gas a LTS. Tomado de Aspen Hysys V10.	71
Figura 23. Parámetros tomados para el ejemplo. Tomado de Aspen Hysys V10.....	74
Figura 24. Paleta de conexiones para el ejemplo. Tomado de Aspen Hysys V10.....	74
Figura 25. Lista de parámetros para ajustar variables. Tomado de Aspen Hysys V10.	74
Figura 26. Lista de parámetros a editar. Tomado de Aspen Hysys V10.	75
Figura 27. Sistema de refrigeración simple. Tomado de Aspen Hysys V10.	76
Figura 28. Visualización del módulo de ejercicios y casos de simulación.	77

Lista de tablas

Tabla 1. Elementos presentes en la definición de didáctica.....	29
Tabla 2. Características del Libro digital.....	32
Tabla 3. Especificaciones de calidad del gas natural.....	48
Tabla 4. Datos composicionales del gas natural de alimentación.....	63

Lista de anexos

**(Ver Apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la
Biblioteca UIS)**

Apéndice A. Propiedades de los refrigerantes más comunes utilizados en la industria.

Apéndices B. Compilación de casos de estudio ejecutables pertenecientes a los sistemas de recobro de líquidos del gas natural por medio del *Software Aspen Hysys*.

Glosario

Condensado: Hace referencia a cualquier mezcla de hidrocarburos relativamente livianos los cuales permanecen líquidos a presión y temperatura normales. Comúnmente poseen alguna cantidad de propano y butano disueltos y tienen poca o ninguna cantidad de hidrocarburos pesados. Existen tres fuentes principales de condensado. Están los hidrocarburos líquidos que se separan cuando el gas crudo es tratado. Allí el condensado se encuentra en el rango de C₅ a C₈. También están los hidrocarburos líquidos provenientes del gas no asociado que son recuperados en la superficie. Y por último se encuentran los hidrocarburos líquidos que provienen de los yacimientos de gas/condensado. Estos pueden ser apenas distinguibles de un crudo ligero estabilizado.

Destilado: Son aquellos productos de condensación obtenidos durante el proceso de destilación fraccionada, por ejemplo, combustibles gaseosos, nafta, gasolina y gasóleos.

Gas licuado de petróleo (LPG-GLP): Es la mezcla de propano y butano la cual puede ser total o parcialmente licuada bajo presión con fin de facilitar su transporte y almacenamiento.

Gas Natural: Es la combinación de hidrocarburos gaseosos, principalmente metano (80%) y proporciones significativas de etano, propano y butano junto con alguna cantidad de condensado y otros componentes contaminantes como el nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico.

Gas natural licuado (Liquefied Natural Gas - LNG): Es el gas natural que ha sido licuado mediante enfriamiento a aproximadamente -321,8°F y 14,695 psia para facilitar su transporte. Este gas tiene 600 veces menos volumen que el gas natural.

Gas pobre o gas seco: Es un gas compuesto principalmente de metano. Su poder calorífico es de alrededor de 1,000 BTU/SCF, a menos que esté presente una proporción significativa de gases que no sean hidrocarburos.

Gas rico: Es un gas predominantemente con metano, pero con una proporción relativamente alta de otros hidrocarburos. Muchos de estos hidrocarburos normalmente se separan como líquidos del gas natural.

Licuefacción del gas: El proceso de enfriamiento del gas natural a una temperatura de -260°F , con lo cual se reduce su volumen por un factor de 600, convirtiéndose en líquido. El gas natural licuado resultante es entonces transportable en buques diseñados para tal propósito, o puede ser almacenado en tanques.

LNG (Liquefied Natural Gas): Gas Natural, principalmente metano, que se licua reduciendo su temperatura a -260°F a 14,695 psia.

LPG (Liquefied Petroleum Gases): Es la combinación de gases hidrocarburos derivados del crudo refinado o gas natural fraccionado. Por lo general se compone de etano, etileno, propano, propileno normal-butano, butileno, isobutano e isobutileno. Estos gases se licuan por presurización, debido a que así es más conveniente para su transporte.

Procesamiento del gas: Es la separación del aceite y el gas, junto con la remoción de impurezas y líquidos del gas natural.

Productos blancos: Son los productos con componentes claves ligeros resultantes del proceso de destilación como la gasolina, nafta, kerosina y gasóleo.

Productos negros: Son los productos con componentes claves pesados resultantes del proceso de destilación como diesel y aceites combustibles.

Punto de rocío: Es la temperatura o presión en la cual se forma la primera gota de líquido de una corriente de gas o vapor. Para el gas natural, este concepto se aplica cuando la mezcla de hidrocarburos contenidos en el gas de alimentación empieza a condensarse (punto de rocío de hidrocarburos o hydrocarbon dew point- HDP)

Terminal de gas natural licuado (LNG terminal): Es una estación para recibir embarques de LNG, típicamente con instalaciones para almacenamiento y regasificación.

Transportador de LNG (LNG carrier): Es un buque tanque especialmente diseñado para transportar gas natural licuado, dotado con recipientes para presión, con aislamiento, fabricados con acero inoxidable o con aluminio. La carga es refrigerada a -260°F .

Tratamiento del gas: Consiste en la remoción de impurezas, condensado, ácido sulfhídrico y cualquier otro líquido diferente proveniente del gas natural crudo, contenidos en el campo de gas.

Tren de LNG: Es una planta para LNG que comprende una o más torres de LNG, siendo cada unidad independiente para la licuefacción del gas.

Unidad flotante de almacenamiento: Es un depósito grande en el cual se almacena el aceite proveniente de una plataforma de producción offshore, antes de ser transferido a un buque tanque.

Introducción

Ante el presente dinamismo y transición que se da en el momento hacia la asistencia remota en respuesta al cambio de estilo de vida de la sociedad producto de la pandemia, es evidente el nuevo reto que debe enfrentar el estudiante de Educación Superior, puesto que se expone a largas jornadas frente a una pantalla para navegar en un mar de información. Esto en conjunto con otros problemas como son las adecuaciones ergonómicas y de iluminación óptimas para la generación de un ambiente adecuado de aprendizaje, y las distracciones de las multimedia y redes sociales hacen que pierdan rápidamente el interés o ralenticen su proceso de aprendizaje.

Por ello el presente trabajo de grado se enfoca en la realización de un material didáctico, para que el estudiante adquiera los conocimientos abstractos de forma eficiente y concisa. Este abarca los tópicos correspondientes a los de una planta de procesamiento de gas natural, porque se consideró que estos conocimientos juegan un rol importante en la vida profesional del ingeniero de petróleos.

Se requirió entonces realizar un buen diseño y selección del material bibliográfico junto con ejemplos y gráficos para el modelamiento del diseño de refrigeración y fraccionamiento a partir de correlaciones y modelos matemáticos. Los procesos de recobro de líquidos del gas natural componen una parte fundamental en la industria de los hidrocarburos dado que con ello se cumple a cabalidad con las especificaciones de venta del gas natural. Estos procesos son una serie de sistemas complejos los cuales buscan ajustar algunas variables como son la presión, la temperatura, el calor requerido, entre otros, para así optimizar y obtener la mayor cantidad de condensados posibles, debido a que presentan un alto valor comercial con respecto al gas. Estos sistemas van más allá del simple montaje de los equipos que los conforman, ya que también es necesario conocer los fenómenos fisicoquímicos y termodinámicos que ocurren allí.

En el primer capítulo se realiza una revisión bibliográfica de los distintos aportes que se tienen de la educación virtual frente a la tradicional. Contiene las diferentes metodologías para la elaboración de material didáctico bajo la modalidad de libros y textos digitales ilustrados junto con la recopilación de diferentes estrategias pedagógicas.

En el segundo capítulo se hace una recopilación de los distintos procesos empleados para la obtención de líquidos del gas natural, iniciando con los sistemas de refrigeración. En el tercer capítulo inician las tipificaciones de los componentes refrigerados a utilizar para el enfriamiento del gas natural.

El cuarto capítulo comienza con la utilidad que representan las torres de fraccionamiento con respecto a las columnas *Flashes* y cómo estas son una de las inversiones más rentables en el tiempo.

En el quinto capítulo, se observa el funcionamiento de los estabilizadores de crudo, así como las columnas absorbedoras y de despojo.

En el sexto capítulo se presenta la metodología seguida a partir de la información recopilada de los capítulos anteriores, para poder obtener los perfiles de presión y temperatura de operación óptimos para cada proceso.

El resultado de este proyecto se convierte en base para que el estudiante tenga apropiación del tema, pueda realizar análisis de los comportamientos termodinámicos en los diferentes escenarios que se pueden presentar incluso en un solo proceso y tenga claridad en los criterios de selección para tener en cuenta la elección de los componentes según la disposición del producto que requiera y cuales deberán ser los parámetros operacionales del proceso.

1. Generalidades

Existen diferentes métodos para la obtención de recobro de líquidos en los sistemas de procesamiento de gas, algunos de ellos son la refrigeración, la estabilización de condensados, el fraccionamiento y la criogenia para conseguir gas natural licuado. Todos estos son una serie de procesos independientes, no obstante, tienen en común que se debe interpretar de forma adecuada la envolvente de fases de los hidrocarburos para así determinar la temperatura de salida óptima del gas necesario para realizar el control del punto de rocío de hidrocarburos (*HCDP*), esta es una variable muy importante y con la cual se puede predecir las deficiencias del sistema, dado el caso que se llegue a presentar, y así pronosticar o hallar la forma de solucionarlo, pero esto, implica que el estudiante comprenda el equilibrio de fases y las rutas termodinámicas como lo son los cambios de entalpía y entropía.

La importancia de estos módulos radica en que la educación ha cambiado debido a los avances tecnológicos, por ello los libros digitales son una opción tentativa a la hora de estudiar, porque suponen un menor costo y presentan una interfaz más amigable para el estudiante. Por ende, este libro digital contará con gráficos, tablas y diferentes herramientas de alta calidad a fin de facilitarle al estudiante la comprensión de los temas de manera lógica, interactiva y en menor tiempo acerca de cualquier tópico en específico relacionado con el recobro de líquidos del gas natural.

Se requirió entonces realizar un buen diseño y selección del material bibliográfico junto con ejemplos y gráficos que componen cada módulo para que el estudiante pudiese comprender el diseño y corroborar los resultados, de manera que pudiera dedicar más tiempo al análisis obtenido y sus efectos. Esto se realizó a través de casos de estudio mediante la ayuda del *software Aspen Hysys* y ello deberá permitir al estudiante que, durante su formación como ingeniero de petróleos, adquiera los conocimientos de manera interactiva, permitiéndole

comprender el adecuado funcionamiento y diseño de los sistemas de recobro de líquidos del gas natural.

En el diseño de los sistemas de refrigeración y fraccionamiento existen una gran cantidad de información requerida y procedimientos matemáticos necesarios para mantener el sistema estable, por lo general se enfoca al estudiante en el desarrollo de cálculos de forma manual, lo cual de cierta manera le impide comprender el diseño y corroborar lo hallado, debido a que aún no existen formas de visualizar y comparar los resultados obtenidos. Por ello, se busca brindar al estudiante el medio adecuado para el aprendizaje de estos procesos mediante el uso del material didáctico digital.

Para entender el funcionamiento de los diferentes equipos que se manejan en el recobro de líquidos de gas natural se debe tener en cuenta las composiciones del gas que se recibe y las especificaciones del comprador, y así poder estimar las variables de operación pertinentes para la compresión del gas.

La generación de un ambiente adecuado para el aprendizaje de estos procesos es primordial por eso se desarrolló el libro digital a nivel educativo. Por medio del uso de este material didáctico se quiere llevar a la práctica conocimientos teóricos y una mejor aprehensión de los fenómenos presentes en el proceso, a su vez que el estudiante pueda corroborar los cálculos realizados a mano con los resultados obtenidos en los ejercicios por medio de la herramienta *Aspen Hysys* y con ello la oportunidad de analizar de manera más rápida lo previamente calculado.

Esta guía práctica fue diseñada para estudiar los diferentes tipos de procesos que existen actualmente en la industria y que son económicamente viables para la obtención de condensados y analizar los diferentes casos que se pueden presentar en la vida real como ingeniero de operaciones, esto orienta al estudiante a la creación de un pensamiento crítico frente a diversas

situaciones que se presentan durante los procesos de procesamiento y transporte, así como los efectos causados producto de la toma de decisiones que este como ingeniero decida bajo condiciones críticas.

1.1. Antecedentes de la educación

En la materia de ingeniería de gas se tratan las temáticas previamente mencionadas, sin embargo, se ha detectado una dificultad en general debido a la presentación del material de aprendizaje con un alto lenguaje técnico y monotonía en la presentación, lo cual puede prestarse para interpretaciones indebidas por parte de los estudiantes y/o pérdidas de interés de estos. La educación ha estado en continua evolución debido a los avances tecnológicos, por tal razón los libros digitales son una buena opción a la hora de la enseñanza y aprendizaje, dado que suponen una serie de ventajas respecto a los recursos convencionales tales como: un menor costo, conveniencia para el medio ambiente y una interfaz más amigable para el estudiante. Este libro digital cuenta con gráficos, tablas y diferentes herramientas de alta calidad con el fin de proveer al estudiante una completa comprensión de los temas de manera lógica, y una inmersión de él en ellos creando en el estudiante un interés por aprender, resultando así en una asimilación más rápida y amigable en materia del recobro de líquidos del gas natural.

La interacción del ingeniero de petróleos con las diferentes herramientas de simulación de procesos es cada vez más relevante. El manejo de *software* se hace indispensable y un factor diferenciador. Otra alternativa adicional al libro digital viene dada con los ejercicios simulados en el *software Aspen Hysys* que contienen resueltos los casos de estudio similares a los propuestos en el libro, para que el estudiante tenga adicional una herramienta que le facilite ejecutar el análisis dimensional y de sensibilidad de variables para cada situación en particular, en cuestión de segundos. Los esfuerzos por parte del aprendiz se pueden distribuir de forma

más rápida al estudio de cómo se relaciona cada variable del proceso, esto complementará las horas en clase, siendo que el estudiante puede dedicarse más hacia problemas ingenieriles en vez de ejercicios de reemplazar variables o seguir un algoritmo de cálculo, y consecuentemente, poder resolver y/o plantear preguntas e inquietudes relacionadas con el diseño o el proceso en sí.

Al analizar las estrategias de aprendizaje que emplean los estudiantes hoy en día y comparándolas con las de hace 10 años atrás, se puede reconocer que los estudiantes no han avanzado mucho con respecto a los niveles de razonamientos críticos planteados por la taxonomía de Bloom, éste es un modelo jerárquico que se utiliza para clasificar los objetivos de aprendizaje según sus niveles de complejidad. La taxonomía de Bloom asume que el aprendizaje a niveles superiores depende de la adquisición del conocimiento y habilidades de ciertos niveles inferiores. Al mismo tiempo, muestra una visión global del proceso educativo, promoviendo una forma de educación con un horizonte holístico. (Bloom, 1956)

De acuerdo con la taxonomía de Bloom se establecen unos niveles básicos de aprendizaje, los cuales inician con acciones esenciales como son recordar, entender y aplicar, a medida que se avanza aumenta el nivel de complejidad como analizar, evaluar y crear. En teoría los alumnos deben trabajar con autonomía antes de la clase para así lograr la comprensión y el recuerdo de los conceptos, definiciones y sus aplicaciones correspondientes; y respecto a esto, en clase desarrollar los otros niveles de razonamiento superior con el fin de proponer soluciones a los diferentes problemas. La mayoría de los estudiantes no alcanzan a llegar a los niveles más altos del aprendizaje, pues este tipo de contenido como lo es el recobro de líquidos de gas natural, maneja un lenguaje técnico propio del idioma y al encontrarse esta temática en un idioma el cual no es el nativo, para algunos estudiantes puede representar dificultad por una indebida traducción,

consecuentemente la utilización errónea de las definiciones o conceptos que trae consigo al no poder adquirir y retener de buena forma el conocimiento.

Figura 1.

Diagrama piramidal de la taxonomía de Bloom.



En referencia a esto, se quiso incluir de otra forma estas estrategias de aprendizaje con el fin que el estudiante pueda obviar los primeros dos niveles de aprendizaje y pueda llegar de una vez al análisis y resolución de problemas, para ello se buscó la manera de que pudieran retener la información por el mayor tiempo posible, a través de mnemotecnias y neuropsicología del color. Con esto se espera que ellos conserven y almacenen la información a través del tiempo y no se quede de forma pasajera.

1.2. Educación virtual un nuevo reto para la sociedad

El estudiante debe adaptarse al modelo semipresencial o *blended learning* que se usa actualmente, y, en consecuencia, alinear los planteamientos creados por los paradigmas que nos preceden. No obstante, el mismo concepto de *blended learning* ha necesitado adaptación debido al crecimiento exponencial en la implementación de las TIC y su relación con el *e-learning*. Con la aparición de

la emergencia sanitaria contractual, este proceso se hace más urgente. Nos encontramos en un periodo de cambios.

Para Bahry (2001), el *e-learning* consiste en el reemplazo y actualización de los medios de comunicación como constituyentes del desarrollo formativo, sin alterar sus bases o fundamentos, sino más bien formar parte en su desarrollo. Además, Dudezert (2002) considera que la pedagogía del *e-learning* no es algo ajeno como tal en el desarrollo formativo, de hecho, lo considera una evolución del desarrollo en pedagogía en la educación a distancia. Lo cual abre las puertas a como emplear las herramientas TIC en la educación para hacerlo de forma efectiva. El *e-learning* no es más que una consecuencia a nuestro desarrollo evolutivo, que impacta, y al principio, aunque cuesta, luego de adaptarse se aprecia y se vuelve imprescindible. Este trabajo de grado no pretende predecir los posibles impactos y repercusiones que tiene, sin embargo, hace parte de un esfuerzo a la causa que obedece la necesidad de tomar medidas como quedarse en casa y que la educación sea virtual sin sacrificar calidad.

Una de las ventajas que posee este libro digital es que, al tener la versión electrónica del libro de papel, cualquier persona puede acceder a él, considerando que su stock va a ser ilimitado, aparte que es simple de almacenar, en razón que no se requiere una biblioteca o una estantería, y su distribución sería sin barreras gracias al internet, debido a que se puede acceder desde cualquier dispositivo electrónico.

La idea de crear este *e-book* nace de la necesidad que se está viviendo en estos momentos a nivel mundial, debido a circunstancias anómalas se ha tenido que cambiar la forma de trabajo y aprendizaje de las personas. Como bien se sabe, hoy en día se está reevaluando el sistema educativo estándar, y con ello se plantea modificaciones para trasladarlo al siguiente nivel debido a la implantación de la informática en todos los ámbitos de nuestra vida diaria, es decir, manejar todo

de manera virtual, por eso es indispensable que los estudiantes cuenten con el material necesario para que puedan ser autodidactas y desempeñarse desde cualquier lugar. Este cambio de la percepción de la práctica académica y pedagógica trae consigo diversos enfoques didácticos que se pueden aplicar a la enseñanza virtual. Aprovechamiento de los recursos según las condiciones en que se vaya a producir el proceso de aprendizaje.

1.3. Procesos de aprendizaje y enseñanza

El presente capítulo consiste en la recopilación bibliográfica de los avances respecto a pedagogía de los últimos tiempos con énfasis en la presentación de diferentes alternativas para la enseñanza, la incorporación de las TICS (Tecnologías de la información y Comunicación) en las aulas universitarias, y la utilización de libros electrónicos como complemento en la formación académica universitaria con sus respectivas ventajas.

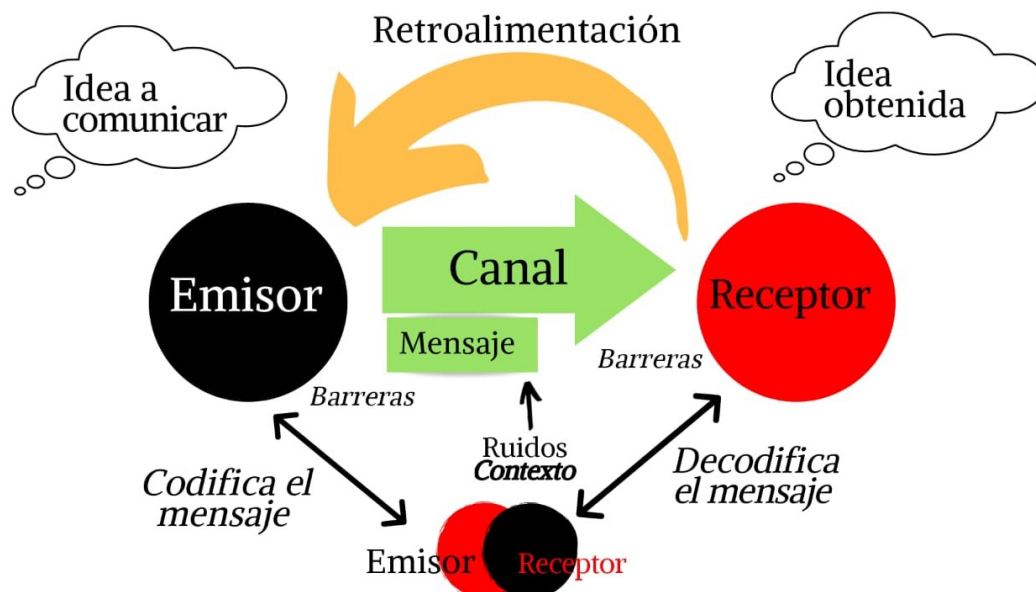
El proceso de aprendizaje y enseñanza presenta como objetivo final la transferencia de conocimiento sea conceptual o actitudinal (llámese moral o valores). Tradicionalmente, el proceso ocurre con la presencia de dos figuras comunes en los procesos comunicativos, un emisor y un receptor. El emisor es el portador de la información y se encarga de transmitirla al receptor que es el aprendiz o el que la asimila. En el pasado la educación giraba en torno a este esquema, sin embargo, con la facilidad en la accesibilidad a la información, el esquema ha variado siendo que ahora el receptor o estudiante tiene los recursos para tener una mayor participación en el proceso de aprendizaje, mostrando de antemano una gran diferencia respecto al primer esquema en el que la comunicación se mostraba unilateral y jerárquica.

La ventaja que ofrece el nuevo modelo es que al ser bilateral permite más opciones de retroalimentación y enriquece el contenido presentado en el aula por medio de la interacción dinámica del estudiante, maestro y las actividades propuestas. De modo que en ambas partes

Aprendizaje y Enseñanza, se llega a incrementar la participación de ambos individuos en el proceso. Es un proceso constructivista, que invita a cuestionar, analizar, revisar, verificar por parte de los partícipes. Sin embargo, la verificación de las actividades forma parte en mayor medida en las responsabilidades del instructor.

Figura 2.

Procesos de Comunicación. Adaptado de Saza-Garzón, I. D. (2016)



1.3.1. Historia de la Didáctica

Etimológicamente, el término Didáctica procede del griego: *didaktiké, didaskein, didaskalia, didaktikos, didasko (didaktike, didaskein, didaskalia, didaktikos, didasko)* Todos estos términos tienen en común su relación con el verbo enseñar, instruir, exponer con claridad (Alcolea & Cabrales, 2011)

Si bien la palabra didáctica data desde la antigüedad griega clásica, el sustantivo hace referencia a un género literario cuya pretensión es enseñar, formar al lector. Esta intención siempre debe verse

reflejada y existen múltiples ejemplos como: Los Trabajos y los días, o la Teogonía de Hesíodo (citado por Benedito, 1986), las Geórgicas de Virgilio o el Arte de amar, de Ovidio.

Posterior a los griegos, en el oscurantismo o Edad Media dentro de los autores importantes para este género literario destacan: Ramón Llul junto con Alfonso X o Juan Manuel, debido a que la intención de sus escritos trata de forma literaria consejos religiosos, morales o técnicos. Otra mención honorable, es el Marqués de Santillana en sus esfuerzos por dar una definición de lo que es la poesía, donde utiliza una pregunta retórica la cual invita a cuestionar y responder a sus lectores "¿Qué cosa es la poesía... sino un fingimiento de cosas útiles, encubiertas o veladas con muy hermosa cobertura?". Estos autores dirigieron sus esfuerzos de modo que llegaron a crear las primeras antologías como por ejemplo Refranes que dicen las viejas tras el fuego, cuya finalidad es persa didáctica.

Posterior, con la época del Renacimiento, el cual fue un movimiento cultural comprendido entre la edad Media y la Edad Moderna que tuvo sede a grosso modo en Europa Occidental durante el siglo XV y XVI. Los campos más influenciados fueron los de las artes, las ciencias tanto naturales como humanas. Por ejemplo, No obstante, pese a lo que el nombre del movimiento puede sugerir, no deja de ser un periodo de transición, es por ello Renauld María afirma que:

“Diversas ideas y prácticas propias de la Edad Media siguieron vigentes en el campo educativo y se modificaron lentamente, conforme al desarrollo y evolución de los procesos de transformación social, política, económica y cultural.”

Fue hasta el siglo XVII que se encontró una definición de didáctica más allá de la literaria. En Centroeuropa Ratke y Comenio emplearon la definición de didáctica derivada del latín en vez del griego. Comenio, el autor más importante en los inicios de esta disciplina, define en su

obra Didáctica Magna que la didáctica es “el artificio universal para enseñar todas las cosas a todos, con rapidez, alegría y eficacia”. Sin embargo, la palabra cayó en desuso, pasaron dos siglos hasta que el autor Herbart en acompañamiento de sus discípulos retomaron este concepto. El término se limitó a sus contenidos de medios educativos e instructivos. Otto Willman se encargó de resucitar el carácter más general de la didáctica, definiéndola como teoría de la adquisición de lo que posee un valor formativo, en otras palabras, como la teoría de la formación humana. Esta definición generó confusión entre la Pedagogía y la ciencia global de la educación.

Renauld María añade que:

“Hoy el término Didáctica está completamente extendido en todo el ámbito europeo continental y países de su órbita cultural. En Alemania, Francia, Italia, España e Iberoamérica goza de una gran tradición y desarrollo. Pertenece al léxico culto generalizado.” (1)

En contraparte, en el territorio anglosajón, el término es poco usado. En esta localidad se utiliza el contenido de la didáctica, pero recibe el nombre de enseñanza o aprendizaje, según el punto de vista del instructor.

1.3.2. Definición

Ya mostrado el origen etimológico de la palabra y el uso brindado por autores desde Ratke hasta Comenio, es posible consensar una definición precisa. Todos los que han escrito obras de didáctica han aportado su propia definición por medio de variaciones de las definiciones de los demás. Se conserva la esencia, en otras palabras, todas estas interpretaciones poseen un alto nivel de coincidencia y por ende de compatibilidad.

Estebaranz (1994, 41) Sáenz Barrio (1994, 14) y Ruiz (1996, 25) presentan un amplio estudio de las definiciones de muchos autores con el fin de hallar los elementos comunes a todas ellas. Otro trabajo similar lo llevó a cabo Benedito (1987, 34) y de la misma manera Rufino Blanco lo hizo,

pero con el concepto de educación. Con la recopilación de sus resultados, se llegan a las siguientes conclusiones:

1. La definición más simple sin sacrificar precisión es la de Folch (1952): "Ciencia del aprendizaje y de la enseñanza en general". En ella se especifica la definición, el objeto, sin añadir nada más.
2. Fernández Huerta (1985, 27) apunta que la "Didáctica tiene por objeto las decisiones normativas que llevan al aprendizaje gracias a la ayuda de los métodos de enseñanza".
3. Escudero (1980, 117) insiste en el proceso de enseñanza-aprendizaje: "Ciencia que tiene por objeto la organización y orientación de situaciones de enseñanza-aprendizaje de carácter instructivo, tendentes a la formación del individuo en estrecha dependencia de su educación integral".

Con todo lo expuesto arriba es posible hacer un compendio donde la definición de didáctica es: la ciencia de la educación que estudia e interviene en el proceso de enseñanza-aprendizaje con el fin de conseguir la formación intelectual del educando. (1) En la siguiente tabla se resumen los elementos tenidos en cuenta para la definición:

Tabla 1.

Elementos presentes en la definición de didáctica

Aspectos	Descriptorios en la Definición de Didáctica
-----------------	--

Carácter	disciplina subordinada a la Pedagogía teoría, práctica ciencia, arte, tecnología
Objeto	proceso de enseñanza-aprendizaje enseñanza aprendizaje instrucción formación
Contenido	Normativa Comunicación Alumnado Profesorado metodología
Finalidad	formación intelectual optimización del aprendizaje integración de la cultura desarrollo personal

La idea de crear un libro digital enfocado en los sistemas de recobro de líquidos del gas natural nace como una iniciativa para apoyar a los estudiantes de ingeniería de petróleo ya que en la actualidad es reducida la bibliografía que se encuentra de los sistemas de procesamiento de gas, además de que éstas no están traducidas al español, lo cual supone un desafío extra al estudiante. Por otra parte, se busca que este sea digital con el pretexto de que es más funcional y práctico puesto que, si se compara los libros digitales con los tradicionales, estos ofrecen mejores comodidades ya que son un medio más práctico en cuanto a almacenamiento, solucionando los problemas del espacio físico; de igual forma acarrearán menos costos y son más asequibles en menor tiempo, como plus se pueden conseguir sin la necesidad de trasladarse físicamente.

En estas épocas de la contingencia sanitaria causada por la pandemia del COVID-19 la educación virtual está en su apogeo. Este libro pretende llenar esa necesidad que tienen los estudiantes y profesores como medio para facilitar la transferencia de conocimiento de manera segura sin comprometer la salud de ninguno de los partícipes. Es importante destacar que las condiciones actuales solo aceleraron el proceso para la implementación de las TIC en la didáctica a otro nivel. No obstante, el éxito en su implementación es directamente proporcional con la interacción del profesor y el estudiante.

Los conocimientos previos juegan un rol importante en el desarrollo del estudiante. Como consecuencia, es necesario evaluar inicialmente los conocimientos del estudiante. Para Ausubel en la estructura mental del ser humano, le resulta más fácil a las personas aprender por asimilación (en especial por inclusión). Según Domenech (2006)

Esto significa que cuando alguien va a aprender, si no existe en su estructura mental un concepto más inclusivo del que enganchar los subordinados, hay que crearlo, introduciendo lo que él llama un "organizador previo", que viene a ser como un puente entre lo que el estudiante conoce y lo que debe conocer para que los nuevos conocimientos puedan ser significativamente asimilados. Por eso, cuando el profesor se dispone a enseñar algo es totalmente necesario, desde este planteamiento, conocer antes lo que el estudiante ya sabe, es decir, sus conocimientos previos, mediante una exploración inicial (a través de preguntas directas, lluvia de ideas, u otras técnicas apropiadas para este fin.). Para “enganchar” con los conocimientos previos de los estudiantes, los nuevos contenidos que se proponen no deben estar demasiado alejados de la capacidad cognoscitiva de los alumnos, de su experiencia y de su realidad, ya que en ese caso pueden resultar inaccesibles e incomprensibles; pero también es cierto que, si no implican cierto esfuerzo, el aprendizaje puede resultar poco motivador y convertirse en rutinario. En función de los conocimientos previos que posean los estudiantes el profesor decidirá la estrategia docente a seguir: ampliarlos (si son escasos), modificarlos (si son erróneos), bajar el nivel de su exposición, etc. Así pues, la garantía de éxito se incrementará si se favorece el establecimiento de relaciones entre aquello que se conoce y aquello que se desconoce. Este ejercicio exigirá una constante actividad intelectual del sujeto, facilitada por la manipulación y la experimentación. (p.6)

Entonces el aprendizaje es dinámico, fluctuante y va de la mano con la experiencia particular que posea cada persona, sus conocimientos previos, su interacción con el mundo e incluso la naturaleza, se puede decir, que pese a que se utilicen las mismas técnicas de enseñanza no se tendrán los mismos efectos y que es en ese punto donde la posibilidad de complementar cualquier medio de información con interacción y reflexión de más que solo una persona. El libro digital es

de este modo un interlocutor, un mediador entre el alumno y el maestro que invita a la reflexión de un mensaje que se quiere dar a entender. Es vital realizar una mención a la alegoría de la caverna elaborado por Platón donde expone una situación en la cual existía un primer grupo de personas que se encontraban atrapados en una caverna y nunca habían visto la luz, así mismo existía un segundo grupo de personas que tenían acceso a la salida de la caverna y eran los intermediarios con los del primer grupo, es decir, les explicaban como era el mundo afuera, y los guiaban para cuando pudieran salir. Como parámetro diferenciador llamaremos al primer grupo A y al segundo B. Cuando una de las personas del grupo A, salía de la caverna, primero se enfrentaba a que todo era mucho más claro afuera y generaba sus propias conclusiones de cómo era el mundo fuera de la caverna, luego, cuando regresaba a describirles el mundo a sus compañeros de la caverna, estos lo rechazaban. Este relato deja como enseñanza que el aprendizaje es particular en cada persona, que, pese a que la información, la luz, el sol sea en principio el mismo para todos, no todo el mundo detalla en estos objetos las mismas cualidades ni las describe como tal con la misma intensidad. El relato toca el conocimiento e invita a salir de la caverna que puede ser considerada como la ignorancia, y describe perfectamente el proceso, ya que inicialmente genera confusión, pero una vez se encuentra la salida, es único, no se olvida, moldea y cambia paradigmas. Por lo expuesto, a medida en que se parte en la búsqueda de él, este se esconde un poco y hasta no llevar a cabo una profunda reflexión no se logra obtener ni generalizar hasta que más personas con conocimiento se reúnan y presencien el mismo fenómeno a discutir.

Han existido múltiples esfuerzos en la humanidad para universalizar el conocimiento y la manera de transmitirlo, y tal hecho será una lucha constante con el progreso y desarrollo del ser humano. La ingeniería de petróleos no es ajena a esta discusión, e incluso, tiene una dificultad

adicional suministrada por el lenguaje en que se encuentran la mayoría de los textos académicos del área.

Las bondades que ofrece el libro se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Características del Libro digital

ASPECTOS PEDAGOGICOS	FUNCIÓN EN EL APRENDIZAJE
Elementos multimedia llamativos y de fácil accesibilidad para estudiantes con diferentes tipos de aprendizaje	Captar la atención del lector, facilitar su aprendizaje y retentiva por medio de colores y formas atractivas
Ejercicios de dificultad adaptable conforme las necesidades del estudiante o profesor	Versatilidad para ensayar con ejercicios desde nivel sencillo hasta problemas más avanzados de manera rápida
Incluye ejemplos en <i>Hysys</i> para una mejor adaptación del estudiante a problemas reales de la industria	Incita al manejo y desarrollo de competencias al demandar el uso herramientas tecnológicas utilizadas en la industria
Selección de tipografía fácil de leer con una organización estratégica en cada párrafo	El texto se elaboró de manera que para el lector se presente la información de la manera más amena posible y generar atracción e interés al lector
Rompe la barrera del idioma ya que la mayoría de buenos textos en ingeniería de petróleos se encuentran en inglés	Generar esa universalidad que debe existir en el método científico, base de todas las ciencias e ingenierías

1.4. ¿La educación virtual favorece el aprendizaje autónomo?

Una de las grandes incógnitas respecto a la educación virtual es si como tal fortalece e incita al alumno a que intente obtener el conocimiento o si simplemente está suministrando información la cual nunca será revisada en detalle.

El aprendizaje autónomo según Augusto Cesar (2012) consiste:

En una tendencia generalizada según la cual, en la actualidad, los estudiantes deben aprender no solamente los contenidos de una asignatura, sino también el aprendizaje mismo. Los estudiantes deben convertirse en aprendices autónomos, por lo que hacemos referencia a la manera en que se debe enseñar a aprender. Una reflexión que se desprende de este hecho es que debemos aprender a aprender, para convertirnos en aprendices autónomos. (p. 10)

Esto implica que los estudiantes en el aprendizaje autónomo aprenden a identificar y desarrollar técnicas para implementar durante su etapa de adquisición de conocimientos, así como sus puntos fuertes y débiles. Lo cual presenta una ventaja a la hora de buscar la mejor estrategia para obtener los mejores resultados en el menor tiempo posible. Luego, el aprendizaje autónomo genera estudiantes más activos y eficientes de cara a los diferentes temas y problemas que se le presenten.

Asimismo, Augusto C (2012) afirma que “El pensamiento crítico se puede entender como una habilidad adquirible que demanda competencias para evaluar, intuir, debatir, sustentar, opinar, decidir y discutir, entre otras.” (p.11). Por tal motivo esta habilidad es fundamental a la hora de desarrollar un aprendizaje autónomo ya que permite clasificar la información y darle una relevancia conforme la utilidad representativa que posee cada estudiante.

Ahora bien, regresando al tópico de si la educación virtual genera estudiantes autónomos. Se puede decir que ocurre lo opuesto, los estudiantes autónomos son los que mejor aprovechan la educación virtual, dado que son los que cuentan con mejores cualidades para adaptarse a las herramientas suministradas. Una incógnita que se posee es la desconfianza generada por el hecho de la ausencia de un docente que no pueda responder al llamado de las dudas del estudiante de manera inmediata. Sin embargo, esto no es más que un prejuicio ya que el hecho de no poseer quien brinde las respuestas de manera inmediata genera la necesidad de la reflexión y la duda, las cuales son herramientas vitales para llegar a comprender y profundizar en cualquier tipo de aprendizaje.

Solórzano Yelena (2017) en pro a que el estudiante con aprendizaje autónomo es más versátil se encuentra en que la autora afirma que:

El ejercicio autónomo posibilita y estimula la creatividad, la necesidad de la observación, sin embargo, su trabajo debe ser confrontado por todos los actores de la comunidad educativa e incluso por la sociedad en la cual interactúa. La experiencia de muchos pedagogos ha demostrado que cuando el estudiante tiene una mayor participación en las decisiones que inciden en su aprendizaje, aumenta la motivación y facilita la efectividad del proceso educativo. (p. 4)

Lo cual fortalece lo planteado previamente y da pie a la inclusión de las TIC al mencionar la interacción que cada estudiante posee con la sociedad. Hoy por hoy las interacciones sociales se presentan en mayor medida por medios virtuales, de modo que los medios digitales son el terreno donde se encuentran la mayoría de los estudiantes en el momento.

Con que herramientas cuenta la educación virtual para que el estudiante desarrolle un aprendizaje autónomo; es decir, que aprenda a aprender.

La educación virtual recibe los cambios en los procesos de aprendizaje acatando diversos factores constituyentes. Dentro de las ventajas encontramos que la comunicación junto con la educación virtual ya las nuevas tecnologías de la información guardan una relación directa y dentro de éstas bondades encontramos según Rodríguez, Hernández y Albarracín (2008):

Se facilita la comunicación entre profesores (tutores) y alumnos, eludiendo los problemas de horarios y distancias.

Se facilitan nuevos canales de comunicación entre los estudiantes, según sus intereses e inquietudes. Se suministra una cantidad enorme de información, con gran rapidez y a un bajo costo.

1.5. Herramientas TIC para el uso de aprendizaje

En el mundo en que vivimos, las comunicaciones juegan un papel muy importante en la vida del ser humano. Podemos comunicarnos desde cualquier lugar del mundo sin importar si estamos en la playa, en la selva, en cualquier país o continente sin necesidad de cables. Por esta razón las tecnologías de la Información y comunicaciones también son utilizadas para el aprendizaje y la enseñanza porque nos facilitan el acceso a la educación sin necesidad de estar presentes físicamente. Las nuevas tecnologías rompen los paradigmas que existían sobre la enseñanza. La educación en línea impulsa el desarrollo y el crecimiento intelectual del ser humano desde la presencialidad remota, ya que, por razones de distancia o dinero no pueden estar presentes físicamente en un salón de clases.

Por medio de la web el acceso a la información es infinito ya que promueve materiales didácticos que pueden ser consultados por varias personas al mismo tiempo.

Las aulas virtuales son espacios vacíos que se debe acondicionar de acuerdo con las necesidades, y una de las principales herramientas es la biblioteca digital y los enlaces seleccionados.

Es un sistema de tecnología diseñado para la enseñanza – aprendizaje de cursos de formación formal y no formal. Cuentan con una serie de herramientas tales como:

- ✓ Las Bibliotecas Virtuales
- ✓ Cursos
- ✓ Imágenes
- ✓ Audios
- ✓ Textos
- ✓ Juegos
- ✓ Videos
- ✓ Material Educativo
- ✓ Simuladores
- ✓ Foros
- ✓ Lista de Alumnos
- ✓ Correo
- ✓ Laboratorios Virtuales
- ✓ Exámenes virtuales
- ✓ Sistema de Calificación
- ✓ Sistema de Notas

Ventajas de las Aulas Virtuales

- ✓ Profesores y estudiantes no tienen que desplazarse de los sitios donde se encuentren para estar en clase
- ✓ Las clases se pueden conferir y recibir desde cualquier lugar, pues lo importantes es que el contenido virtual sea suficiente bueno
- ✓ Ingresar al aula en cualquier momento y lugar, siempre van a encontrar el contenido para el aprendizaje
- ✓ El profesor puede subir el material con anticipación y organizar su tiempo, no necesita un horario especial
- ✓ El profesor también puede grabar las clases con anticipación
- ✓ También puede planificar el tiempo desde la plataforma para la entrega de trabajos y evitar el desorden en el envío de estos
- ✓ Profesor y alumno pueden interactuar en tiempo real, ya sea por medio de una video llamada, correo o chat
- ✓ Profesor y alumno, ahorran tiempo, combustible o costo del transporte para desplazarse, por lo tanto, es una ventaja financiera
- ✓ Trabajo colaborativo con los compañeros
- ✓ En épocas de pandemias como la que estamos viviendo, es la mejor opción para no perder clases y continuar con los programas de aprendizaje, por lo tanto, son muy utilizadas para evitar el contagio de cualquier enfermedad como lo es el covid-19 virus del 2020

Desventajas de las Aulas Virtuales

- ✓ Necesita wifi conexión a internet
- ✓ Necesita de un pc ya sea portátil o computador de mesa
- ✓ Necesita tener concentración dependiendo del lugar donde se conecte

- ✓ Tiene que ser autodidacta
- ✓ No hay interacción física ni con el profesor ni con los compañeros
- ✓ Su herramienta tecnológica tiene que estar en muy buenas condiciones para lograr el objetivo
- ✓ Se requiere de disciplina y esfuerzo para no quedarse atrasado hasta querer desertar

1.5.1. Libro Electrónico o Libro Digital

Un libro digital es un libro no de papel que contiene imágenes, textos y puede almacenarse en una memoria USB, o en una memoria SD, o en un archivo dentro de una Tablet o un computador.

Existen desde tiempo atrás, casi desde que empezaron a existir los programas de digitación de textos en los computadores, solo que no podían ser tan leídos como ahora, debido a que en la época en que aparecieron los computadores, muy pocos eran los que poseían uno. Los libros eran digitados para que tuvieran una letra estándar que pudiera ser entendida por todos y así comprender mejor la lectura. Estos debían ser impresos para que personas interesadas en leerlos pudiera tener acceso a ellos, ya que aparte de esta forma de conseguirlos, estos solo podían leerse en un computador de tamaño gigante. Departiendo más concretamente de nuestro país Colombia y más específicamente de la ciudad de Bucaramanga los primeros computadores llegaron para los años 80's y muy contados tenían acceso a ellos. Para los 90's ya estaban en algunas instituciones por las clases de informática y en especial la Universidad Industrial de Santander ya contaba desde los 80's con un único que para que los alumnos ingresaran tenían que hacer largas filas. Después vienen los años 2000 y casi toda la mayoría de la población cuenta con al menos uno por casa y el computador portátil entra en la lista de útiles de cualquier estudiante y es donde se incrementa el uso de los libros digitales puesto que son descargables, a veces vienen en archivos pdf para facilitar

su descarga y almacenamiento en cualquier medio de almacenamiento digital como lo son los CD's, las memorias USB, y las SD y también para ser enviados por medio de las redes sociales en correos electrónicos, WhatsApp, mensajes de texto, los chats y las plataformas de educación formal y no formal, y poder ser leídos a través del celular, las tablets y los computadores ya sean de mesa o portátiles, o cualquier dispositivo que posea pantalla y memoria.

Así que un estudiante ya no tiene que cargarse en su espalda libros que pesan kilos, sino que una memoria fácilmente puede llegar a almacenar más de 5 libros dependiendo del tamaño y de la capacidad de almacenamiento de la memoria.

En cuestión del medio ambiente un libro digital no contamina mientras que un libro físico necesita de papel y tinta, y si sus imágenes son de color ya aumenta el costo de materiales para ser elaborado porque la mayoría de los libros de papel son a blanco y negro, y además ocupan espacio en el planeta. Diferente a un libro digital que, si ya no lo quieres en tú memoria USB, Tablet o computador porque necesitas ese espacio es solo dar eliminar al archivo que lo contiene.

Ventajas de un Libro Electrónico o Digital

- ✓ Son de fácil acceso
- ✓ No ocupan espacio físico ya que los puedes almacenar en memorias USB, SD o en archivos en la Tablet y computador
- ✓ No contaminan el medio ambiente
- ✓ Lo pueden consultar varios usuarios a la vez
- ✓ Las descargas y tenerlos contigo
- ✓ Los puedes compartir por medio de las redes sociales
- ✓ Los puedes consultar de manera gratuita
- ✓ Los puedes ver a color

- ✓ Puedes aumentar el tamaño de la letra para una mejor lectura
- ✓ Pueden tener audio y video de manera directa
- ✓ Puedes tener una biblioteca en casa sin necesidad de un espacio físico
- ✓ Si el autor del libro necesita agregar, cambiar o eliminar información no tiene que volver a digitarlo sino simplemente va a la parte del libro donde quiere hacer el cambio
- ✓ Los puedes comprar por internet

Desventajas del Libro Electrónico o Digital

- ✓ La más usual, es la piratería por los derechos de autor
- ✓ Necesitas de una pantalla con memoria para visualizarlos

1949: Ángela Ruiz Robles Desarrolla la primera propuesta de enciclopedia mecánica: "Procedimiento mecánico, eléctrico y a presión de aire para lectura de libros", precursora del libro electrónico. Patentada con fecha 7 de diciembre de 1949, según la patente núm. 190.698. En 1962 se realiza un prototipo de la enciclopedia mecánica, construido en el Parque de Artillería de Ferrol (La Coruña), siendo ella misma quien dirigió los trabajos. Desde el 2006, la Enciclopedia formó parte de la Exposición del Museo Pedagógico de Galicia (MUPEGA)⁴ en Santiago de Compostela (La Coruña) hasta el 4 de mayo de 2012, que pasó a la Exposición permanente del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de La Coruña.

1949-1970: Roberto Busa crea el que probablemente es el primer libro electrónico, el Index Thomisticus, un índice electrónico con numerosas anotaciones acerca de la obra de Tomás de Aquino, compilado por Roberto Busa, entre 1949 y la década de 1970.³

1971: Michael Hart es considerado por muchos el auténtico inventor del libro electrónico.⁴ Michael Hart lidera el proyecto Gutenberg que busca digitalizar libros y ofrecerlos gratis.⁵

1992-1993: Francos Crugnola e Isabella Rigamonti planean y realizan, por su tesina de licenciatura a la Politécnica de Milán, el primer libro electrónico (soporte electrónico por la sola lectura de textos) y lo llaman INCIPIT.

1993: Zahur Klemath Zapata registra el primer programa de libros digitales, Digital Book, y se publica el primer libro digital: Del asesinato, considerado como una de las bellas artes, de Thomas de Quincey.

1993: Digital Book lanza a la venta los primeros 50 libros digitales en disquete en Colombia en Formato Digital Book (DBF).

1993: aparece Bibliobytes, un proyecto de libros digitales gratuitos en Internet.

1995: Amazon comienza a vender libros a través de Internet.

1996: el proyecto Gutenberg alcanza los 1000 libros digitalizados. La meta es un millón.

1998: son lanzados dos lectores de libros electrónicos: Rocket e-book y Softbook.

2000: Stephen King lanza su novela Riding Bullet en formato digital en inglés y Corín Tellado su novela Milagro en el camino en español. Sólo pueden ser leídas en ordenadores.⁶

2001: Grupo Planeta y Microsoft lanzan Veintinueve.com, la primera tienda de libros electrónicos en español, en el nuevo formato de la compañía de Seattle .LIT (Microsoft Reader). También en el mismo formato el Grup Enciclopèdia catalana empieza a distribuir y vender seis títulos de su fondo en catalán a través de la librería virtual Llibres.com.

2002: las editoriales Random House y HarperCollins comienzan a vender versiones electrónicas de sus títulos en Internet.

2005: Amazon compra Mobipocket en su estrategia sobre el libro electrónico.

2006: Sony lanza su lector Sony Reader que cuenta con la tecnología de la tinta electrónica.

2007: Zahurk Technologies, Corp. dueña de la tecnología digital Book lanza la primera biblioteca de libros digitales para su lectura en Internet, 'BibliotecaKlemath.com', al igual que loslibrosditaes.com y digitalbook.us.

2007: Amazon lanza Amazon Kindle.

2007: Grammata lanza al mercado español el Papyre.

2008: Adobe y Sony hacen compatibles sus tecnologías de libros electrónicos (lector y DRM).

2008: Sony lanza su PRS-505 en Reino Unido y Francia.

2009: Neotake lanza su buscador de libros electrónicos.

2009: Se lanza booq, el primer libro electrónico español.

2009: Wolder lanza el Boox, el primer lector de libros electrónicos con Wi-Fi y pantalla táctil.

2010: booq pasa a denominarse bq readers y comercializa sus primeros e-Reader con Wi-Fi.

Enero de 2010: Apple lanza el iPad y comienza a vender libros electrónicos para su producto.⁷

13 de julio de 2010: Velocity Micro anuncia una familia de libros electrónicos basadas en Android.

29 de julio de 2010: Amazon.com desata la guerra de precios al lanzar su Kindle 3 por 139 dólares USA.

Octubre de 2010: Barnes & Noble lanza el NookColor, el primer lector de libros electrónicos en color con sistema operativo Android.

2011: bq readers diseña y fabrica los primeros e-readers de las empresas Telefónica (Movistar e-book bq), Fnac (Fnacbook) y Casa del Libro (Tagus).

Septiembre de 2012: Amazon.com lanza el lector Amazon Kindle de 5ª generación y el lector Amazon Kindle Paperwhite7.

2013: Google comienza a distribuir libros a través de su tienda de aplicaciones para posteriormente lanzar la tienda Google Play Books.

Septiembre de 2013: Nubico desarrolla el modelo de suscripción de libros electrónicos en España.

2013: Kobo llega a España en las Librerías La Central

2014: Kobo empieza a vender eReaders en MediaMarkt.

1.5.2. Los Formatos más usados para libros digitales

PDF

El formato de documento portátil (PDF, Portable Document Format), de Adobe, se usa para cualquier documento digital y también en los libros electrónicos.

e PUB

Basado en el estándar libre promovido por el International Digital Publishing Forum (IDPF) y actualizado a partir del antiguo formato Open e-book (.opf), ha sido adoptado por empresas como Google y Apple, aunque es incompatible con Kindle.

MOBI

Fue creado inicialmente para el lector Mobipocket Reader (.mobi) y fue adquirido por Amazon como base para desarrollar el formato AZW de los lectores electrónicos Kindle.

txt

El formato más sencillo de texto plano que no admite estilos de texto ni imágenes.

HTML

El conocido lenguaje de marcado para la construcción de páginas web sirve también para la visualización de libros digitales.

2. Marco de referencia

El gas natural es una serie de compuestos hidrocarburos asociados con otros componentes gaseosos contaminantes como son el nitrógeno, el dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico, junto con componentes líquidos provenientes del yacimiento, generalmente agua y cierto porcentaje de hidrocarburos líquidos. Por eso se dice que este es un gas amargo, hidratado y húmedo. Por subsecuente este debe ser tratado, ya que en este estado no es rentable para su uso y comercialización. El procesamiento del gas natural entonces consiste en la remoción o eliminación de aquellos componentes ácidos nocivos y líquidos indeseados.

La obtención de líquidos producto de este gas juega un rol importante en el sistema de mercado, pues es la mejor forma de aprovechamiento del gas dado que son los combustibles más utilizados hoy en día. Estos se dividen en dos corrientes, la producción de productos blancos, aquellos principalmente compuestos por componentes claves ligeros y los productos negros, aquellos compuestos por los componentes claves pesados. El producto final dependerá de las concesiones que se realicen con el cliente, puesto que estos deben cumplir con ciertas especificaciones y regulaciones para su venta.

Como ingeniero de petróleos deberá comprender que se pueden presentar diferentes problemas operacionales en el tratamiento y adecuación de este gas, estos pueden estar relacionados con la corrosión, el taponamiento, la toxicidad, el déficit calorífico entre otros. Se hace referencia a la corrosión que se puede dar entre equipos y tuberías como consecuencia de sus componentes ácidos tales como H_2S y CO_2 . Al taponamiento como resultado de la formación de hidratos (cantidad de agua contenida en el gas que se condensa producto de los cambios de presión y temperatura). La remoción de dichos compuestos se debe hacer con sumo cuidado debido a que no solo causan problemas operacionales y ambientales, sino que al ser tóxicos atentan contra la integridad humana. Y el principal obstáculo que se debe atravesar es la pérdida del poder calorífico del gas, ya que este es directamente proporcional a su calidad, y al disminuirse afecta su comercialización.

Por eso para tener un sistema integral existe un ente regulador que establece los parámetros de calidad con que se debe hacer entrega del gas natural para su transporte y venta.

Tabla 3.

Especificaciones de calidad del gas natural.

ESPECIFICACIONES	VALOR
H_2O	6 lb H_2O /MMSCF
Máximo contenido de CO_2	2%
Máximo contenido de O_2	0,1%
Máximo contenido de N_2	3%
Temperatura de entrega	[40-120] °F
Poder calorífico	[950-1150] Btu/SCF
Temperatura de rocío	45 °F

Nota. Adaptado de Resolución CREG 071 DE 1999

2.1. Estrategias de diseño para el aprendizaje

"En los periodos de las grandes transiciones tecnológicas y culturales emergen, invariablemente, innumerables perplejidades y un hondo sentimiento de desesperación. Nuestra "Eva de la ansiedad" se debe, en gran parte, a que tratamos de ejecutar las tareas de hoy con las herramientas de ayer —con los conceptos de ayer." Marshall McLuhan, El medio es el mensaje.

Gracias al desarrollo tecnológico y a un ambiente exógeno, los sistemas educativos han tenido que incursionar e ir más allá en el mundo digital puesto que de no ser así, está presentaría una gran deserción. La transición forzosa condujo a la educación a evolucionar sus métodos de enseñanza y crear nuevas estrategias de aprendizaje, como lo es la migración hacia el modelo semipresencial o *blended learning*, a pesar de que los estudiantes se están adaptando cada vez más a él, éste sigue representando un desafío de aprendizaje dado que el estudiante de hoy al contar con todos los medios informativos, tiende a agobiarse naufragando en un mar de sobreinformación, y de esa forma desestimando y repudiando aquello que requiere conocer y que le será de utilidad para su vida profesional.

La disminución del rendimiento hace que afloren nuevas metodologías de aprendizaje, basándose en las ya establecidas, el plan es volver a generar esa motivación y sentido de investigación en el estudiante.

El ser humano es un ser sensitivo y emocional, cosa que no se ha logrado perder pese a que con el confinamiento éste ha tenido que aislarse y ensimismarse. No obstante, sigue siendo un ser influenciable y maleable. Uno de los métodos más efectivos y primitivos para su discernimiento es el uso de los colores y formas, puesto que estos al ser llamativos estimulan el ojo y hace que genere en el cuerpo una respuesta sensorial favorable.

Este tipo de estímulos dependerán del color a emplear y el efecto a desear, pues cada uno puede conseguir diversas asociaciones. Por ende, para la elaboración del libro pedagógico se utilizó un

análisis de la teoría del color, haciendo una interfaz sugestiva y atractiva al espectador que origine en él la intención a educarse. Para cada módulo se desarrolló un acorde cromático diferente, porque así facilita su interpretación. Para el primer capítulo de refrigeración se usaron tonalidades frías siendo el color predominante el azul. En el segundo capítulo se manejó una combinación principal amarillo-anaranjada, para la sección de fraccionamiento se escogieron colores con mayor saturación utilizando matices verdes. Con el apartado de estabilización de condensados se usaron colores con opacidad como el morado. Y, por último, para los ejercicios y casos de simulación se intensificó la luminosidad y el brillo escogiendo tonalidades rosáceas.

Figura 3.

Visualización de las portadas del libro didáctico preliminar.



De acuerdo con la figura 1 este fue el diseño base, no obstante, se realizaron cambios, dado a que no se podía distinguir la totalidad de la imagen expuesta. Por lo que se optó por una



Figura 4.

Croquis final de las portadas del libro didáctico.

caratula sencilla. Como resultado final después de escoger varios diseños, se seleccionó un bosquejo llano y conciso, mostrado a continuación.

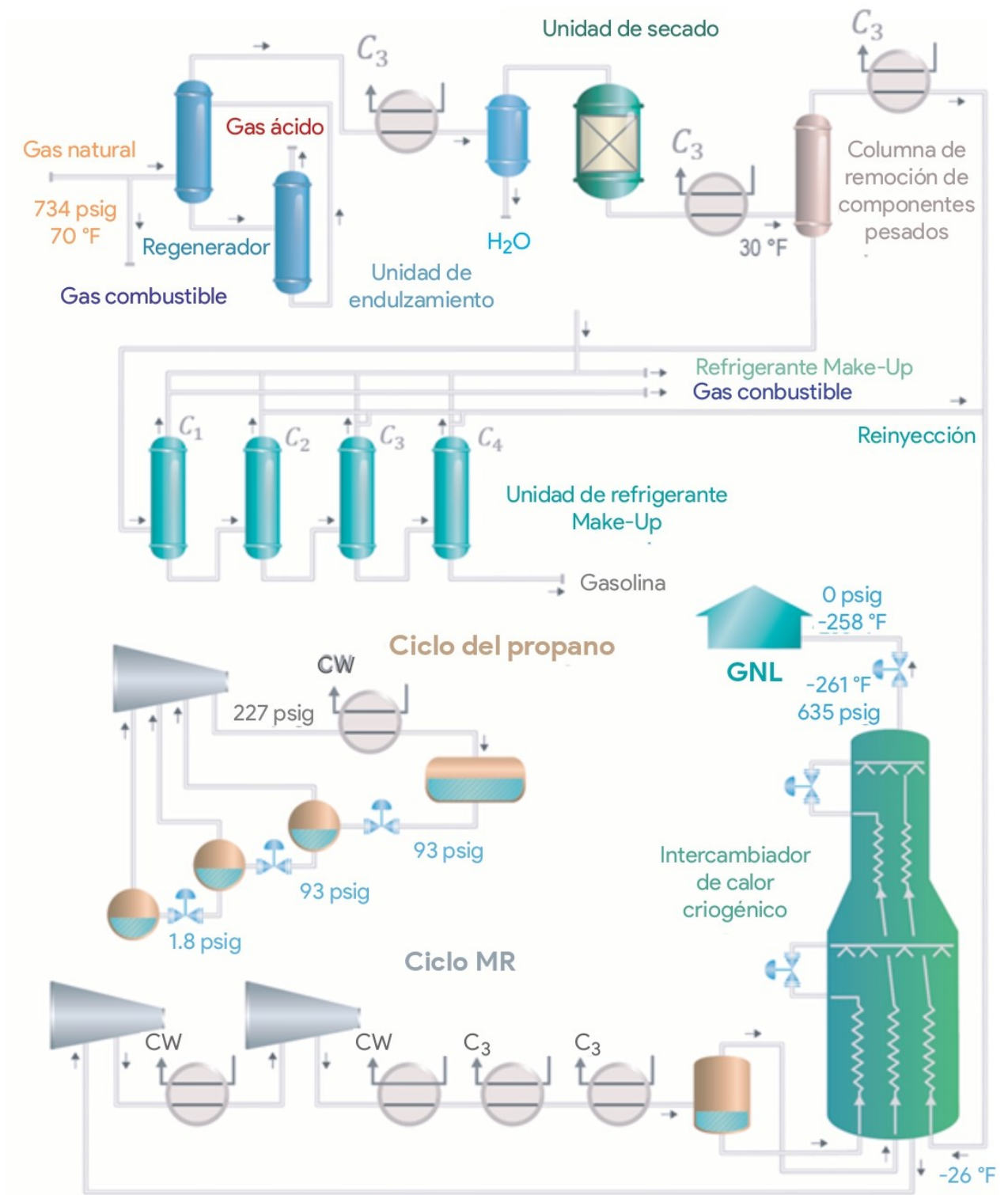
Cada tomo cuenta con imágenes alusivas a su temática, es decir, si se da entrada a los sistemas de refrigeración, el alumno hallará la imagen de una planta de refrigeración, si se habla del GNL, será el de un buque cisterna, si gira entorno a las torres de fraccionamiento este será el de un tren de torres fraccionadoras y si es de la obtención de condensados consecuentemente será la de unos estabilizadores. Esto permite que el estudiante pueda identificar y seguir una secuencia lógica del tema a tratar.

Al adentrarse en los capítulos el alumno encontrará una interfaz dinámica de los procesos operativos correspondientes a la temática establecida. El programa de gráficos básicos se modificó a uno altamente detallado para esta edición. Ahora se incluyeron nuevos modelos generados por medio de *software* de punta que apoyan el tema de procesamientos de gas.

El diseño de los equipos se realizó con el programa *Adobe illustrator*, en ellos se trató de que tuvieran un toque más realista con efectos 3D mediante trazos suaves y biselados que pudieran definir los contornos y se viera estéticamente agradable. También a través del uso de sombras y luces se crearon reflejos en los flanches de los aparatos para así dar la percepción tridimensional del objeto. El resultado final se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5.

Ciclo básico de GNL.

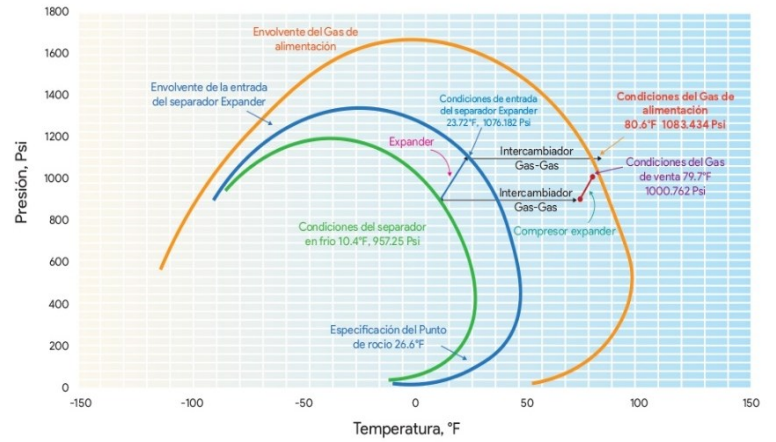
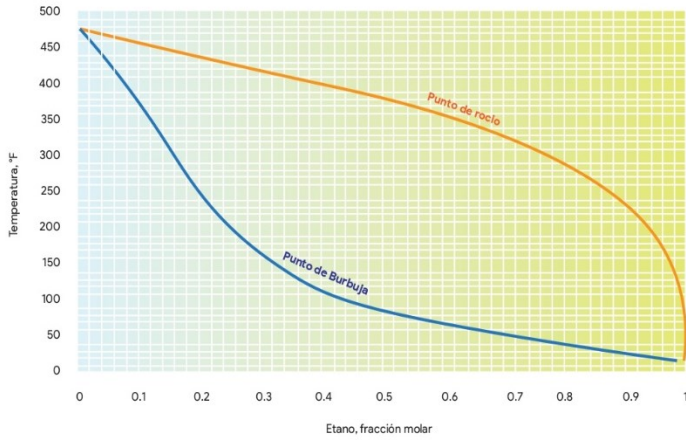


Nota. Tomada del módulo 2. Gas Natural licuado.

Muchos modelos (tanto de líneas como compactos) se han redibujado para representar de manera más exacta los procesos y así lograr que los estudiantes tengan una mejor comprensión conceptual. Algunos de estos se pueden ver en las figuras de abajo.

Figura 6.

Diseño gráfico de los diagramas de fases.



A su vez se recrearon los diagramas del Apéndice 16A, dado que los originales carecían de nitidez, esto se hizo a fin de que se facilitará la visualización de los datos, para que el estudiante pueda verificar con claridad los datos a hallar, muestra de esto es la Figura 8.

El producto final es la compilación de todos estos módulos concretados en el libro. Figura 7.

Figura 7.

Carátula oficial del libro.

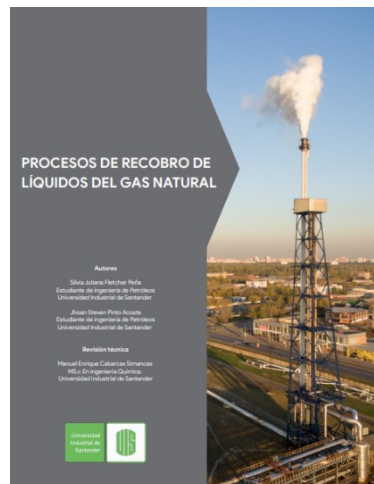
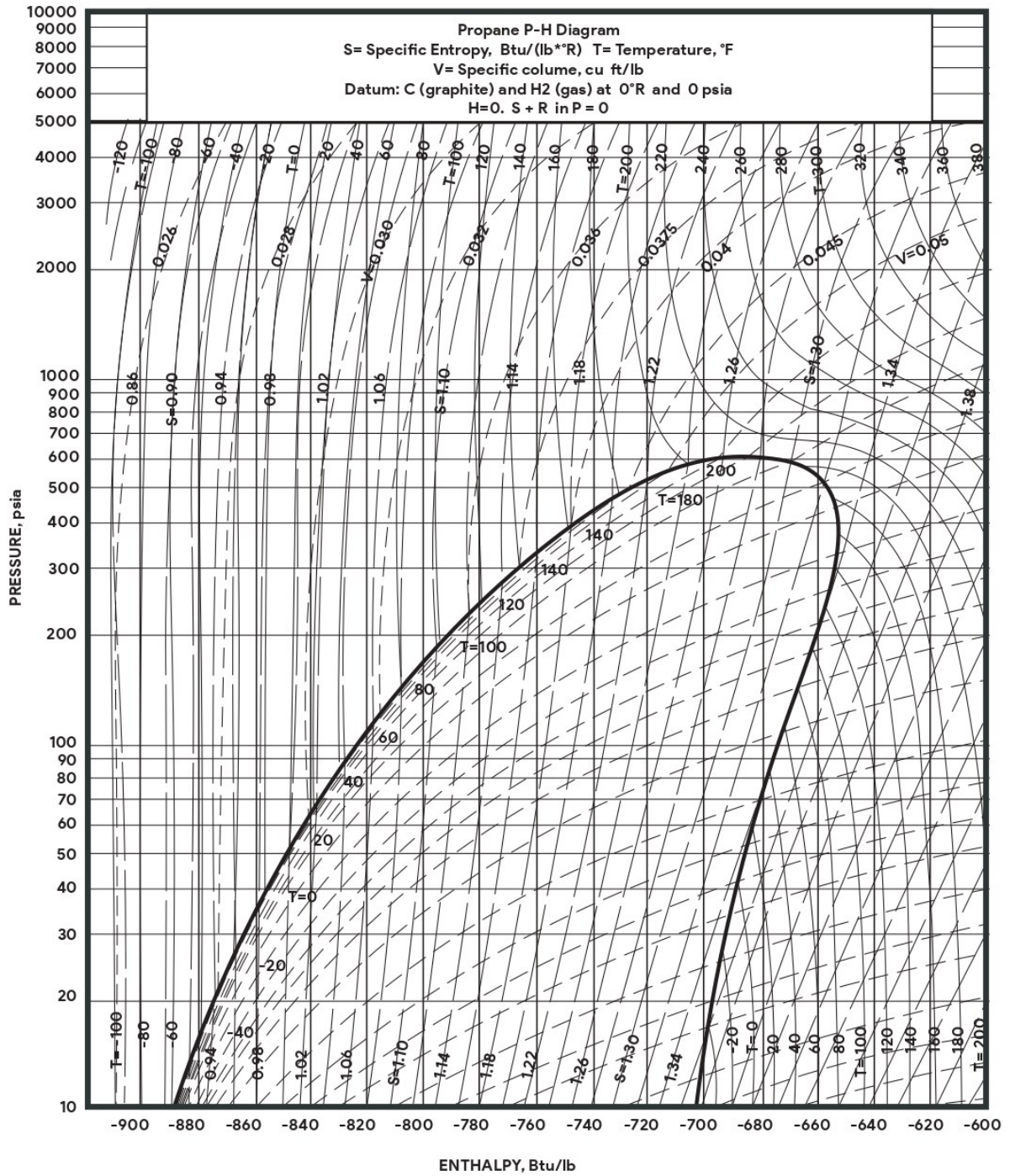


Figura 8.

Diagrama P-H del propano.

APÉNDICE 16A

Figura 16A.1(b) Pressure-Enthalpy Diagram for propane (FPS Units)



Nota. Adaptado del apéndice 16A del libro de Campbell.

3. Sistemas de refrigeración

Un sistema de refrigeración consiste en un circuito que busca reducir la temperatura de un fluido por debajo de las condiciones de su entorno. Es la combinación de un conjunto de equipos interconectados entre sí y que mediante un fluido refrigerante logra someter al gas natural, extrayendo su energía y transfiriéndola a un disipador de calor logrando así su condensación. La temperatura producida depende del objetivo del proceso. Si el objetivo es recuperar líquidos comercializables de una corriente de gas producido, la economía estándar controla la temperatura especificada. Por el contrario, si se trata de alcanzar el punto de rocío de hidrocarburos (HCDP), esa especificación y la presión de operación será quienes establecerán la temperatura requerida.

Los sistemas de refrigeración de gas natural son empleados por la industria de gas natural y la del petróleo en procesos de refinación, química y petroquímica. Existen diversos motivos para hacer uso de estos sistemas, los cuales determinarán a que temperatura se deberá llevar el gas a refrigerar, entre los cuales están: el control de punto de rocío (HDP), la condensación de la corriente de reflujo en los sistemas de fraccionamiento, la recuperación ya sea de GNL o GLP para uso de plantas de GNL.

En los sistemas de refrigeración lo más utilizados son:

Válvulas JT: Este proceso se realiza a través de una válvula Joule-Thompson, la cual genera una expansión isoentálpica, que permite una reducción de temperatura al reducir la presión a la salida de la válvula.

Turbo expander: Estos equipos hacen uso de una turbina con el fin de aprovechar la energía presente en el gas y lograr una reducción de presión y de temperatura, además de utilizar el trabajo generado por el proceso, ya sea para recomprimir el gas luego de acondicionarlo o para producir

energía si el proceso de recomprimir no es requerido donde el equipo que recibe el trabajo es un generador.

Refrigeración mecánica: Según Campbell un sistema de refrigeración es una bomba de calor. Se remueve el calor de baja temperatura del fluido del proceso y este es "Bombeado" a una alta temperatura donde es liberado al ambiente. Es necesaria energía para bombear el calor. La cantidad de energía depende de la cantidad de calor a ser bombeado (*duty* del *chiller*) y que tan lejos el calor tiene que ser bombeado (la diferencia de temperatura entre el *chiller* y el condensador).

Este es un pequeño abrebocas de la información que el estudiante podrá encontrar en el módulo de refrigeración.

Figura 9.

Visualización del módulo de refrigeración.

REFRIGERACIÓN

Problemas Operacionales

La potencia de refrigeración, desde el punto de vista de costos operativos, se minimiza disminuyendo la temperatura de condensación y operación del chiller tan cerca de la temperatura del fluido como sea posible, es decir un enfriaje mínimo. En términos generales, el medio de condensación será el agua o el aire, pero existen aplicaciones donde se utiliza un fluido enfriador que pueda proveer un medio de condensación con menor temperatura. Para de las facilidades de procesamiento de gas, utilizar el gas de forma como fluido refrigerante en el condensador, especialmente si el gas que entra a la facilidad se encuentra a temperaturas inferiores a las del ambiente y se usa por la refrigeración del subsuelo o del techo mismo.

La actividad del chiller aumenta la diferencia de temperatura requerida entre el fluido de proceso y el refrigerante, y obliga al sistema de refrigeración a trabajar más duro para entregar la misma cantidad de refrigeración. Puede haber actividad sobre el lado del refrigerante del chiller cuando por compromiso en el refrigerante, igualmente viene del subsuelo o del acueducto de agua del proceso. Puede haber actividad en la parte del fluido del proceso debido a helados, coque, o complemento del TEO que se encuentra dentro del sistema de deshidratación con glicol.

En algunas plantas se producen variaciones significativas de temperatura ambiente entre el verano y el invierno, cuando sea necesario restringir el enfriamiento del condensador en los días más fríos del invierno. Hay dos razones para esto. Primero, debe existir una diferencia de presión suficiente entre el acumulador y el chiller para que el refrigerante fluya a través de las válvulas y las válvulas. Esto es particularmente cierto en los sistemas evaporativos. En segundo lugar, el compresor de refrigerante es controlado, una baja presión de descarga puede hacer que el compresor funcione en la línea de Chiller (estancamiento).

El problema operacional más común en los sistemas de refrigeración son las pérdidas de refrigerante, usualmente debido a fugas y contaminación del refrigerante. Las fugas de refrigerante se producen por fugas en las bridas, los empaques de las válvulas, válvulas de alivio, etc. Si se usa Freón, se pueden instalar discos de ruptura por debajo de las válvulas de alivio para ayudar a reducir las pérdidas. Además, del hecho de liberar los refrigerantes pueden estar contaminados por fluidos no condensados como lo es el aire al sistema. El operador tiene la capacidad de contener el refrigerante debido a la presencia de fugas en el chiller. El aire puede entrar al sistema si las válvulas de succión del compresor operan a presiones de vacío. Ambos reducen la eficiencia del sistema de refrigeración puesto que incrementan artificialmente la presión de condensación.

El objetivo principal de los sistemas de control de refrigeración es enfriar el fluido del proceso a la temperatura deseada (en algunos casos la temperatura deseada es la temperatura más fría que se puede obtener por las restricciones de potencia del compresor y/o las restricciones). El principal cambio en la carga del sistema la brida el calor requerido por el chiller, usualmente generado por los cambios de estado en el fluido del proceso.

La cantidad de calor transferido en el chiller está dada por la relación $Q = U A \Delta T_m$

Para propósitos de control, brida de área, A, la diferencia de temperatura, ΔT_m pueden ser manipuladas para controlar el calor transferido. (U) Si área se manipula con los cambios de nivel del refrigerante en el chiller y la diferencia de temperatura por medio de cambios en la presión del chiller por ende, la temperatura de saturación del refrigerante). El último es el preferido para la mayoría de las aplicaciones. Un esquema típico de control es mostrado en la Figura 16.4.

La capacidad del compresor se controla usando las técnicas presentadas en el Capítulo 15.

Figura 16.4 Ejemplo de un Esquema de Control para un Chiller

REFRIGERACIÓN

En cuanto al control anti-surgencia para los compresores refrigerantes centrífugos en un tanto diferente que el de compresión por gas natural ya que el comportamiento de fase del refrigerante es distinto. El enfriamiento del condensado de recirculación causa condensación en el refrigerante, los esquemas de control de recirculación como se muestra en la Figura 16.7

Figura 16.7 Control Anti-surgencia de un sistema de refrigeración

El flujo de recirculación primero prefiere el gas de descarga caliente que sale del compresor. Si este gas no pasara por el condensador para enfriarse, esto provocaría realmente un dispositivo de alta temperatura de descarga en el compresor cuando está operando la línea de recirculación. Por ello, se inyecta refrigerante líquido en la línea de recirculación para enfriar este gas. La velocidad del líquido es controlada por la temperatura de succión.

Refrigeración en cascada

Cuando la refrigeración se debe proporcionar a muy bajas temperaturas, por debajo de -40°C [-40°F], a veces se utilizan sistemas de refrigeración en cascada. Los sistemas en cascada emplean más de un refrigerante y proporcionan refrigeración en múltiples niveles. En la Figura 16.8 se muestra un sistema de cascada de propano / etano. En este sistema, la refrigeración se proporciona en cinco niveles.

Temperatura, °C	Temperatura, °F
7	44
-20	-4
-40	-40
-61	-78
-84	-120

El propano a -40°C se utiliza para condensar el refrigerante de etano. Todo el calor recogido en el proceso finalmente se equilibra al agua de enfriamiento en el condensador de propano. Se ha desarrollado una curva de enfriamiento hipotética para el fluido del proceso con el fin de mostrar las variaciones y los niveles de refrigeración.

4. Gas natural licuado

El gas natural licuado (GNL o LNG) es un líquido criogénico, es decir un líquido puro que ha pasado por el proceso de licuefacción, el cual mediante el uso de refrigerantes es enfriado a temperaturas por debajo del cero absoluto. Por lo general su rango se encuentra entre -460°F a -251°F . Los contaminantes presentes en la corriente de gas de alimentación se remueven para evitar que se congelen y dañen los equipos y con ello poder cumplir con las especificaciones de venta para su transporte y almacenamiento. Como resultado de este proceso el GNL está compuesto casi en su totalidad por metano.

El GNL está principalmente compuesto por hidrocarburos de bajo peso molecular ($\text{C}_1\text{-C}_4$), cerca del 80% es metano, aunque también cuenta con cantidades mínimas de nitrógeno. El GNL producido depende de la composición del gas de la corriente de alimentación, así como de los contratos de entrega que se realicen con el cliente, con estos parámetros el GNL producido puede ser un gas rico o pobre.

Los parámetros de operación óptimos para la entrega del GNL son a -260°F y 14,695 psia. Al ser un sistema de circuito cerrado, el fluido refrigerante puede reciclarse continuamente. El proceso de licuefacción consta principalmente de tres etapas: la extracción de CO_2 , la deshidratación y filtrado y por último la licuefacción y almacenamiento.

El transporte y almacenamiento de este hace parte de uno de los sectores más críticos de la industria, en razón a que tienen que velar por la protección del medio ambiente, a su vez de acatar con las regulaciones y normativas internacionales. La aplicabilidad de estas normativas depende principalmente de la adopción de estas que se decida por parte de las empresas productoras, de los gobiernos y de los territorios en los que se lleve a cabo su actividad. Los sistemas de

5. Fraccionamiento

Un sistema de fraccionamiento es una columna compuesta por un separador y dos intercambiadores de calor que se usa para separar una mezcla en dos o más componentes dependiendo de la diferencia en las volatilidades o puntos de burbujeo. Por eso dentro de la torre se crean varias zonas de separación, las cuales cada una cuenta con diferentes condiciones de presión, temperatura y composición o fase. Existen dos tipos de sistemas internos en la torre, platos o bandejas y empaques, la selección de estas depende de las especificaciones del producto y el valor de la inversión económica que se realice, ya que con ello varía el diámetro y la altura de la columna, el tipo de condensador, de rehervidor, entre otros equipos.

Se hace referencia a un tren de fraccionamiento al conjunto de dos o más columnas fraccionadoras consecutivas. El número de unidades requeridas dependerá del número de componentes individuales solicitados por el comprador. Los sistemas más utilizados son los trenes de fraccionamiento compuestos por cuatro torres, estos son las columnas De-metanizadora, De-etanizadora, De-propanizadora y De-butanizadora.

Aquí como en casos anteriores, los parámetros operacionales dependerán de lo delimitado por el comprador, pues entre mayor sea el grado de separación requerido y la volatilidad de los compuestos, entonces mayor será el número de bandejas compuestas por la torre, dado que requerirá una mayor tasa de reflujo y por consiguiente aumentan el tamaño y diámetro de la columna incrementando los costos del sistema.

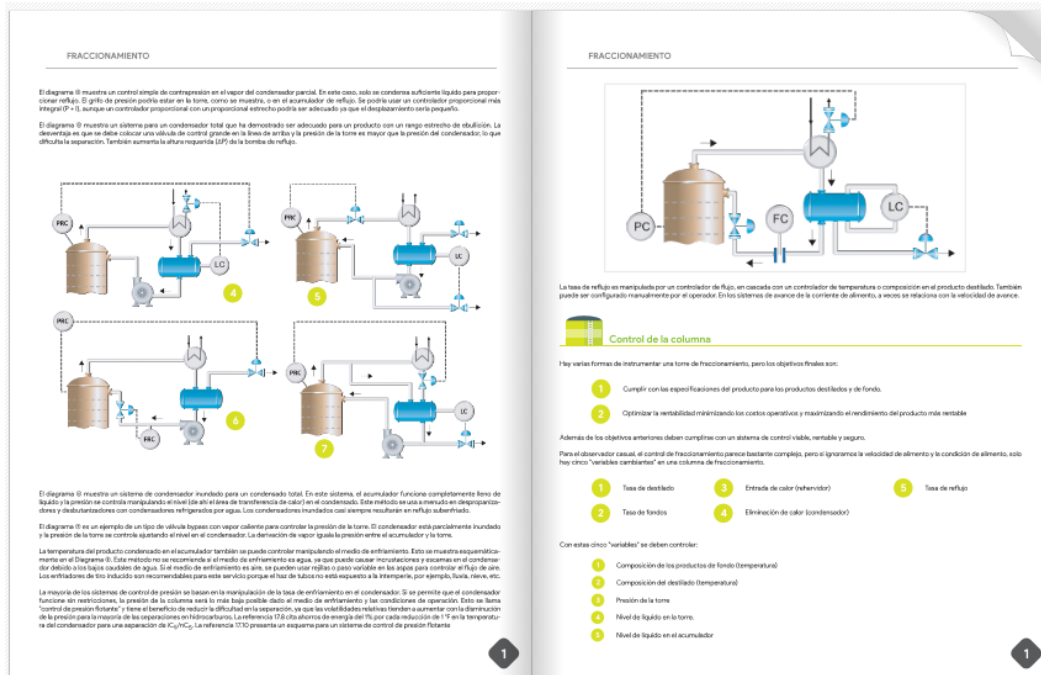
Cabe aclarar que el grado de fraccionamiento, es decir si decidir recuperar en su mayoría componentes puros como etano, propano, propano comercial, isobutano, n-butano, gasolina (o condensado estabilizado) es netamente dependiente del mercado y de la ubicación geográfica del mismo. Los tipos de Fraccionadores típicos son:

1. Desmetanizadora (C2+)
2. Desetizador (C3+)
3. Mezcla Etano-Propano (EP)
4. Propano Comercial
5. Mezcla Propano-Butano (LPG)
6. Butano
7. Mezclas Butano-Gasolina
8. Gasolina Natural
9. Mezclas con presiones de vapor específicas

El principio clave para la separación por fraccionamiento es el de volatilidad relativa, y gracias a esta propiedad se consigue la separación en componentes puros.

Figura 11.

Visualización del módulo de Fraccionamiento.



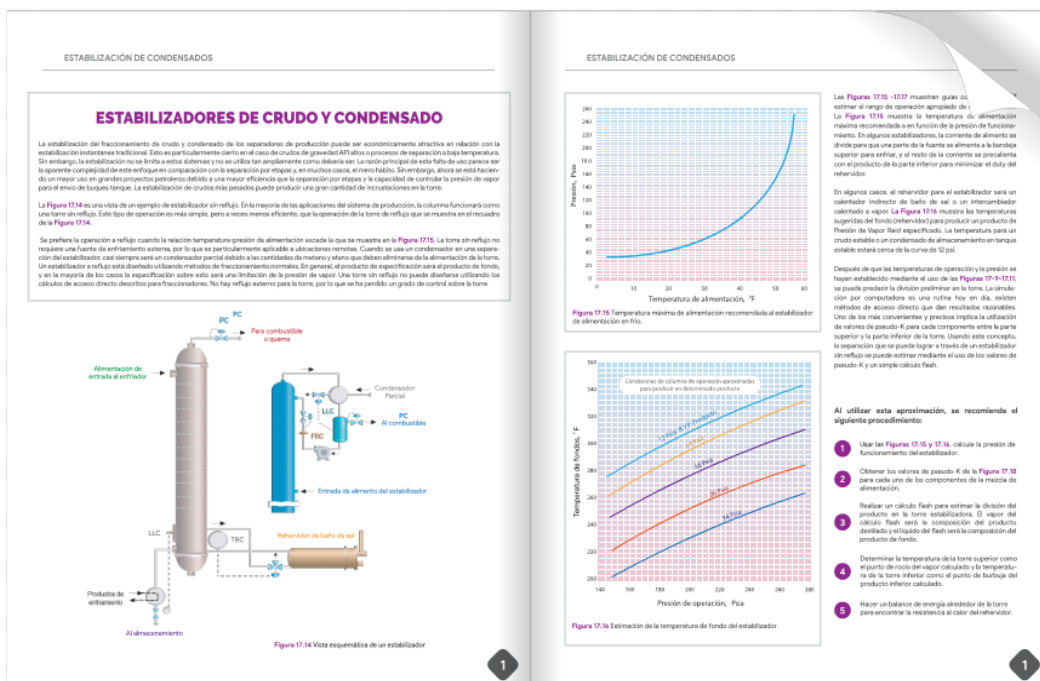
6. Estabilización de condensados

La estabilización de condensados es un proceso que forma parte del tratamiento de los hidrocarburos (gas- petróleo), este sistema al igual que los separadores ofrece una mejor separación entre fases, siendo su prioridad bajar la presión de vapor de componentes livianos sobre los componentes pesados, esto se hace con el fin de remover los componentes livianos, controlar la presión de vapor del condensado (gasolina), cumplir con las especificaciones de transporte de condensado y garantizar la obtención de la fase gas sin pérdida de los componentes comerciales.

La estabilización de condensados es un proceso de control de punto de rocío que une la expansión a LTS y sistemas de refrigeración mecánica para remover líquidos. Los líquidos deben ser estabilizados por medio del flasheo a una presión más baja o por medio de una columna de estabilización. Cuando el condensado pasa a un punto de menor presión pierde componentes livianos, los cuales se disponen en un sistema de gas combustible. (GPSA; 2014).

Figura 12.

Visualización del módulo de estabilización de condensados.



En el libro se dispone de diferentes herramientas para la mejor comprensión de este tema con ejemplos para reflexionar y simulaciones en *Hysys*, Así como de gráficos mejorados con colores del diagrama y el texto organizado estratégicamente para su fácil comprensión.

7. Ejercicios y casos de simulación

Este pertenece al último capítulo del libro y está dirigido para que los estudiantes pongan a prueba sus capacidades y lo aprendido en los capítulos anteriores, y así poder cuantificar su nivel de entendimiento y demostrar que con los recursos dispuestos son capaces de desarrollar a plenitud las competencias necesarias para aprobar y culminar con éxito la asignatura. Por último, se quiere dar a entender al estudiante que, para casos de la vida real como ingenieros, ellos deberán desarrollar un pensamiento crítico, ya que con frecuencia para la resolución de problemas se deberán hacer suposiciones y simplificaciones.

Aquí un adelanto de uno de los ejercicios.

Un proceso de refrigeración consta del manejo de cuatro equipos, un compresor, un *Chiller*, un condensador y una válvula de expansión, esto en conjunto con un fluido refrigerante.

La función de la Planta de Refrigeración X es mantener refrigerado y en estado líquido los productos que llegan a ella, es decir, los gases butano, propano y gasolina, para ello se utiliza un ciclo cerrado con propano como medio refrigerante. Este proceso es reseñado a continuación:

Tabla 4.*Datos composicionales del gas natural de alimentación.*

Composiciones	
Nitrógeno	0,0066
Ácido Sulfhídrico H₂S	0,0003
Dióxido de carbono CO₂	0,0003
Metano	0,7575
Etano	0,1709
Propano	0,0413
i-Butano	0,0068
n-Butano	0,0101
i-Pentano	0,0028
n-Pentano	0,0027
n-Hexano	0,0006
(C₇+*)	0,0001
(H₂O)	0
Gas para refrigerar	
Temperatura	60 °F
Presión	900 psia
Flujo molar	3175 lbmol/h
Gas-Gas	
Caída de presión del lado del tubo	5 psi
Caída de presión lateral de la coraza	1 psi
Punto de rocío de Hc	
Fración de vapor	1
Presión	870 psia
Peso molecular C₇+	100,2 lb/mol
Densidad del C₇+	42,63 lb/ft ³
Caída de presión Chiller	5 psi
Valor objetivo del HCDP	5 °F

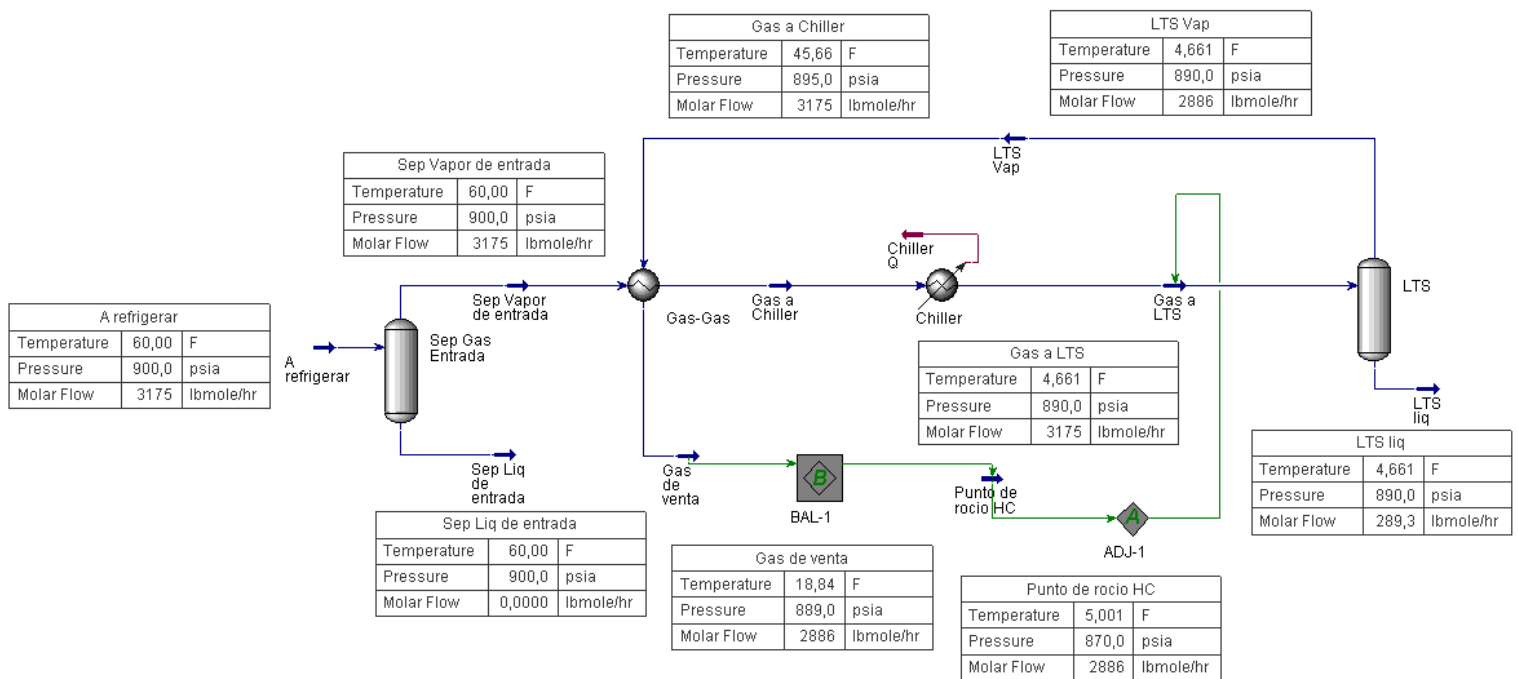
En esta simulación, se modela una versión simplificada de una planta de refrigeración de gas. El propósito es encontrar la temperatura LTS (Separador de baja temperatura) a la que se alcanza el objetivo del punto de rocío de hidrocarburos. El punto de rocío de hidrocarburos del Gas de venta no debe exceder 5°F a 870 psi. El gas entrante se enfría en dos etapas: primero mediante el intercambio con el producto del Gas de venta en un intercambiador de gas-gas (*Gas-Gas*) y luego en un enfriador de propano (*Chiller*), representado aquí por una operación *Cooler*. Se utiliza una operación de balance para evaluar el punto de rocío de hidrocarburos de la corriente del producto a 870 psi.

Planta de refrigeración

Vista general del proceso

Figura 13.

Planta refrigeración para un sistema simple. Tomado de Aspen Hysys V10.



Paso 1:**Definir las bases de simulación**

Para ello se utiliza como base la ecuación de estado de Peng- Robinson EOS y se agrega a la corriente de alimento los siguientes componentes N₂, H₂S, CO₂, C₁, C₂, C₃, iC₄, nC₄, iC₅, nC₅, C₆, C₇*+ y H₂O.



Nota: 1* Para crear el Heptano plus se debe hacer como un caso hipotético y se debe ingresar el peso molecular y la densidad, el resto de las propiedades se calculan con el botón de estimación.

2* Verificar que todo esté en unidades de campo.

Figura 14.

Parámetros tomados de Aspen Hysys V10.

The figure consists of three screenshots from the Aspen Hysys V10 software interface, illustrating the steps to define a simulation basis for a hypothetical component.

Screenshot 1: Component List
 The 'Component List - 1' window shows a table of components. A new component, 'c7*', is listed as a 'User Defined Hypothetical' component within the 'HypoGroup2' group.

Component	Type	Group
Nitrogen	Pure Component	
H2S	Pure Component	
CO2	Pure Component	
Methane	Pure Component	
Ethane	Pure Component	
Propane	Pure Component	
i-Butane	Pure Component	
n-Butane	Pure Component	
i-Pentane	Pure Component	
n-Pentane	Pure Component	
n-Hexane	Pure Component	
c7*	User Defined Hypothetical	HypoGroup2

Screenshot 2: Hypo Group Configuration
 The 'Hypo Group' configuration window shows the following data for the 'c7*' component:

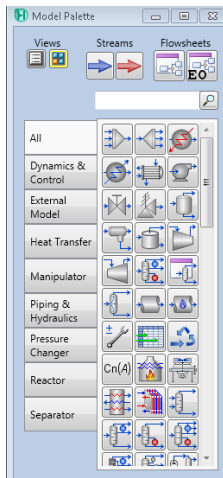
Name	Normal Boiling Point [F]	Molecular Weight	Liquid Density [lb/ft3]	Tc [F]
c7*	207.02	100.20	42.69	509.8

Screenshot 3: Property Package Selection
 The 'Property Package Selection' dialog box shows the 'Peng-Robinson' package selected. The 'Options' section is configured as follows:

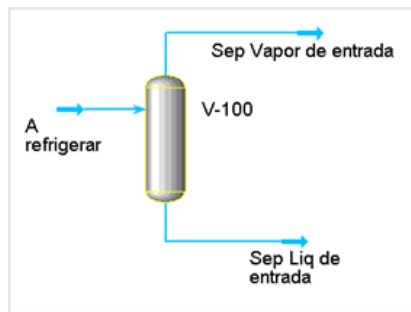
Option	Selected Value
Property Package	EOS
Enthalpy	Costald
Density	Costald
Modify Tc, Pcrit for H2, He	Modify Tc, Pcrit for H2, He
Indexed Viscosity	HYSYS Viscosity
Peng-Robinson Options	HYSYS
EOS Solution Methods	Cubic EOS Analytical Method
Phase Identification	Default
Surface Tension Method	HYSYS Method
Thermal Conductivity	API 12A3.2-1 Method

Paso 2:

Agregar un separador



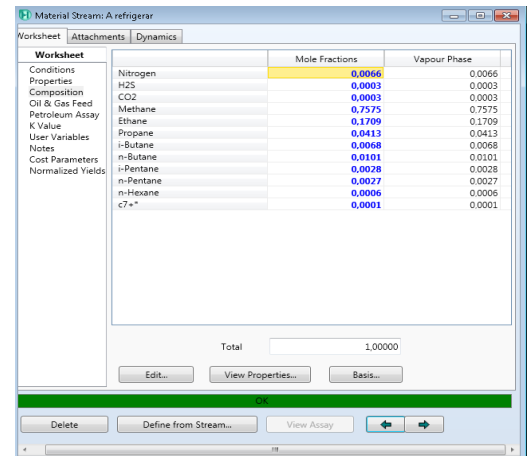
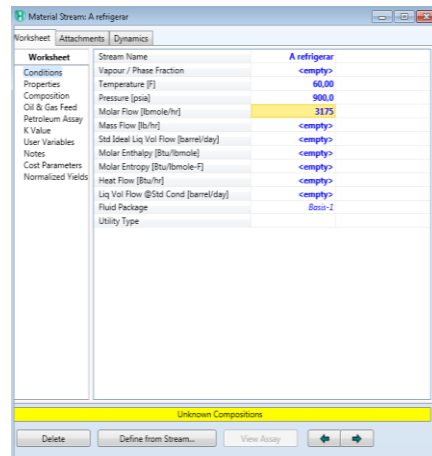
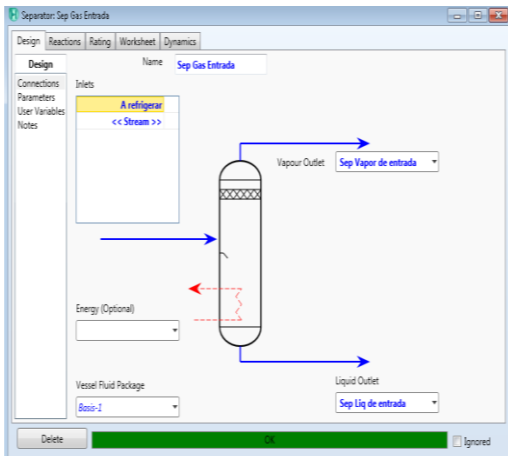
En la paleta de objetos que se encuentra en la pestaña de vista, haga doble clic y seleccione un separador con los siguientes parámetros:



Corriente	
Nombre	Separador de gas de entrada
Alimento	A refrigerar
Vapor de salida	Sep Vapor de entrada
Líquido de salida	Sep Liq de entrada

Figura 15.

Parámetros de Separador tomados de Aspen Hysys V10.



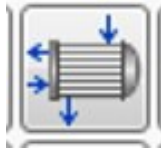
Paso 3:

Agregar un intercambiador de calor

El intercambiador de calor realiza un balance de materia y energía de dos lados.

El intercambiador de calor es capaz de resolver temperaturas, presiones, flujos de calor (incluyendo pérdida y fuga de calor), flujos de materia y UA.

1. Haga doble clic en el botón Intercambiador de calor en la Paleta de objetos.



2. En la pestaña Conexiones, ingrese la siguiente información:

Figura 16.

Pestaña diseño de intercambiador de calor. Tomada de Aspen Hysys V10.

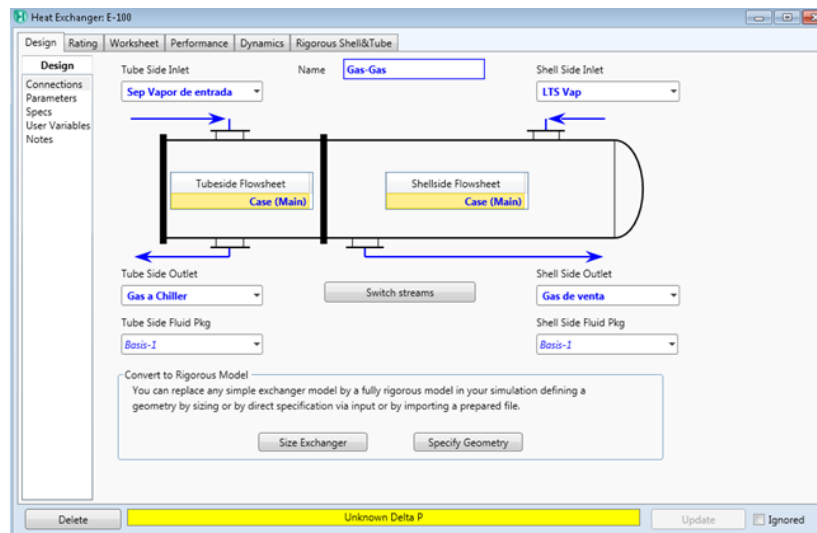
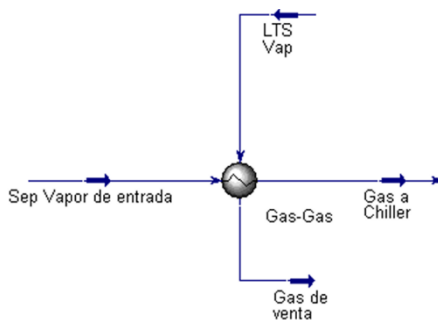


Figura 17.

Diagrama de intercambiador de calor tubos y coraza. Tomado de Aspen Hysys V10.



Nota: En el intercambiador de tubos y coraza el fluido más caliente y corrosivo siempre irá por los tubos para así evitar la emisión de gases.

3. Cambie a la pestaña de Parámetros. Complete la página como se muestra en la siguiente figura. La presión cae para los lados del tubo y coraza, en unidades de campo, será de 5 psi y 1 psi, respectivamente.

Figura 18.

Pestaña parámetros del intercambiador de calor. Tomado de Aspen Hysys V10.



Nota: Existen dos formas de definir los modelos de intercambiadores de calor. Estas son:

- **Weighted:** Este es usado para intercambiadores de contracorriente.
- **Endpoint:** Se usa para problemas simples donde no hay cambio de fase y la capacidad calorífica específica (C_p) es relativamente constante.

En este caso se utiliza *weighted*.

4. Ahora vaya a la pestaña de especificaciones. Para resolver el intercambiador de calor, el *software* manipula parámetros desconocidos (flujos, temperaturas). Cada especificación del parámetro reducirá los grados de libertad en uno. El número de restricciones

(especificaciones) debe ser igual al número de variables desconocidas. Si todo está bien entonces los grados de libertad serán iguales a cero y se calculará una solución.

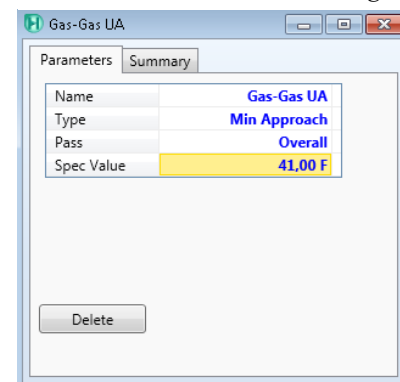
Se necesitan dos especificaciones para este intercambiador:

- **Balance de energía = 0.** Esta es una especificación del trabajo y es necesaria para garantizar que la ecuación de energía se equilibre. Esta es una especificación predeterminada que siempre agrega *HYSYS*, por lo que no es necesario que la proporcione.
 - **Approach mínimo = 41°F.** Esta es la diferencia mínima de temperatura entre la corriente fría y caliente.
5. Primero se desactiva la especificación UA. Para hacer esto, haga clic en la casilla de verificación **Activo** para la especificación UA.
 6. Para agregar una especificación, haga clic en el botón **Agregar**, aparecerá la *ExchSpecview*.
 7. Ahora ingrese la siguiente información:

Corriente	
Nombre	Temperatura Approach
Tipo	Approach mínimo
Paso	Overall
Valor especificado	41°F

Figura 19.

Parámetros del intercambiador gas-gas.



Nota: Puede tener múltiples especificaciones de estimación. No obstante, el intercambiador de calor solo utilizará las especificaciones activas para la convergencia.

Paso 4:

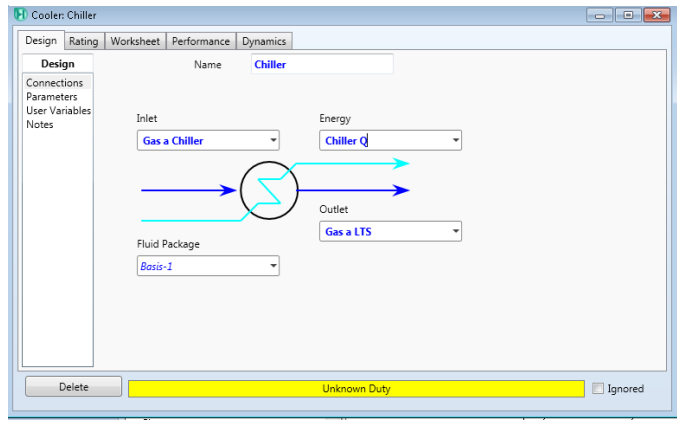
Agregar un Chiller

1. Debido a que no se encuentra el equipo *chiller*, agregue un *cooler* ya que este es un tipo de enfriador y proporcione la siguiente información:

Conexiones	
Nombre	Chiller
Corriente de alimentación	Gas a Chiller
Corriente de producto	Gas a LTS
Corriente de energía	Chiller Q
Parámetros	
Caída de presión	5 psia

Figura 20.

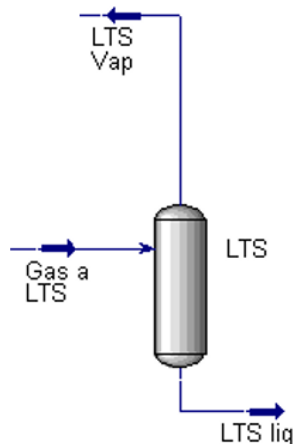
Pestaña diseño del chiller.



2. Agregue un separador y proporcione la siguiente información en la pestaña de conexiones:

Figura 21.

Diagrama de un separador. Tomado de Aspen Hysys V10.



Conexiones	
Nombre	LTS
Corriente de alimentación	Gas a LTS
Vapor de salida	LTS Vap
Líquido de salida	LTS Liq



Nota: La temperatura de alimentación del LTS variará utilizando una operación de ajuste en la siguiente sección para encontrar una temperatura a la que se cumpla la restricción del punto de rocío. Por ahora, especifique que la temperatura de la corriente de gas a LTS sea (-4°F).

Figura 22.

Balance de materia corriente de Gas a LTS. Tomado de Aspen Hysys V10.

Worksheet		Gas a LTS	Vapour Phase
Conditions	Vapour / Phase Fraction	0.8737	0.8737
Properties	Temperature [F]	-4.000	-4.000
Composition	Pressure [psia]	890.0	890.0
Oil & Gas Feed	Molar Flow [lbmole/hr]	3175	2774
Petroleum Assay	Mass Flow [lb/hr]	6.592e+004	5.388e+004
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	1.333e+004	1.130e+004
User Variables	Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-3.618e+004	-3.503e+004
Notes	Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	33.12	33.92
Cost Parameters	Heat Flow [Btu/hr]	-1.149e+008	-9.716e+007
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [barrel/day]	5.119e+006	4.475e+006
	Fluid Package	Basis-1	
	Utility Type		

Paso 5:

Agregar un balance



BAL-1

La operación Balance proporciona una instalación de equilibrio de masa y energía del esquema general. Hay diferentes balances disponibles en *HYSYS*.

- **Molar.** Se realiza un equilibrio general donde solo se conserva el flujo molar de cada componente. Las corrientes de salida tendrán el mismo caudal y composición molar que la corriente de entrada, pero no contendrán valores de fracción de vapor, temperatura o presión.
- **Másico.** Se realiza un balance general donde solo se conserva el flujo de masa. La corriente de salida no contendrá composición, fracción de vapor, temperatura o presión.
- **Energía.** Se realiza un equilibrio general donde solo se conserva el flujo de energía.
- **Molar y energía.** Se realiza un equilibrio general donde se conserva la energía y el flujo molar.

Ahora se mira los parámetros para el Gas de venta. Los parámetros de la corriente se calculan para que no haya forma de forzar la corriente a calcular una temperatura de punto de rocío a 870 psi. Se agrega un balance molar el cual permite crear una segunda corriente con el mismo caudal y composición molar del Gas de venta, pero sin la fracción de vapor, temperatura o presión.



1. Haga doble clic en el icono Balance en la Paleta de objetos.

2. Agregue la siguiente información en la pestaña Conexiones:

Corriente de entrada	Gas de venta
Corriente de salida	Punto de rocío de Hc
Seleccione en la pestaña de parámetros	Molar

3. Especifique una presión de (870 psia) para el punto de rocío HC de la corriente.
4. Configure la Fracción de vapor para calcular la temperatura del punto de rocío.

Paso 6:

Agregar un ajuste



ADJ-1

La operación de ajuste es una operación lógica; una operación matemática en lugar de una operación física. Variará el valor de una variable de flujo (la variable independiente) para cumplir con un valor o especificación requerida (la variable dependiente) en otro flujo u operación.

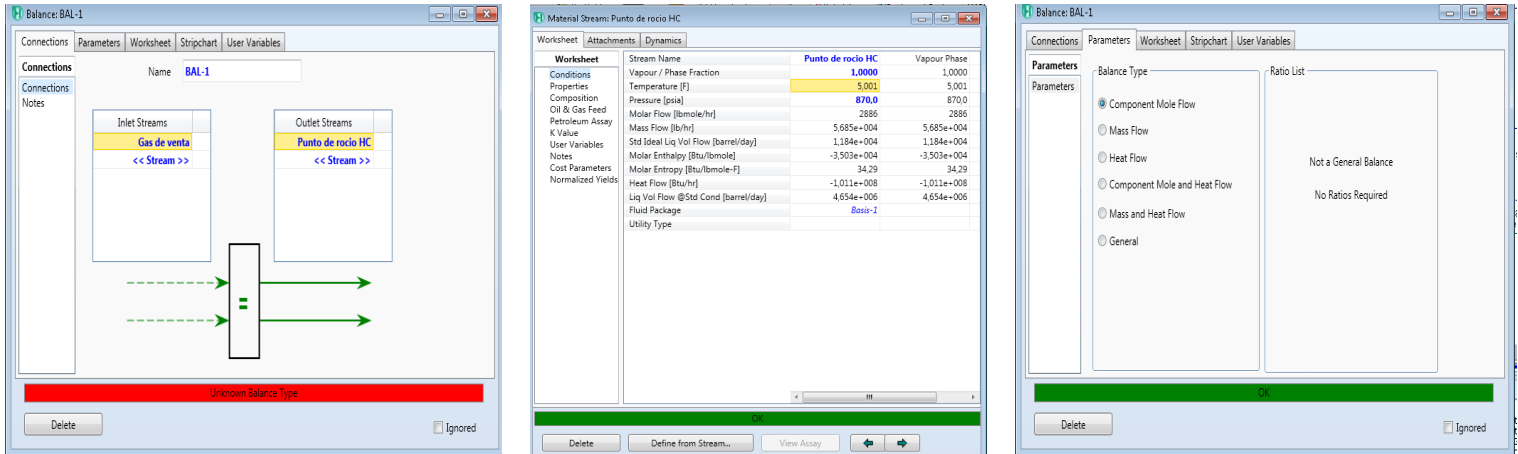
1. Haga doble clic en el icono Ajustar en la paleta de objetos.



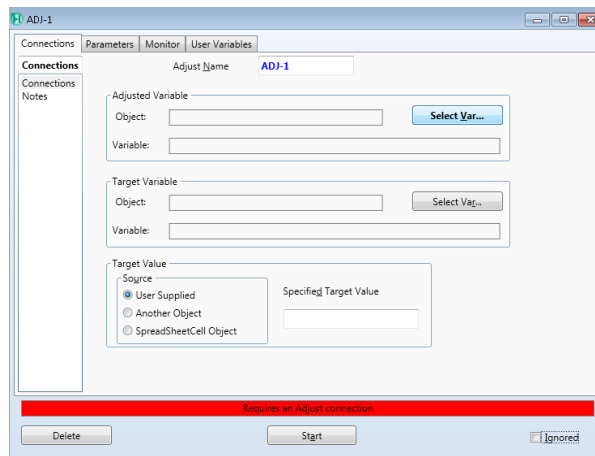
Nota: La variable ajustada siempre debe ser un valor especificado por el usuario.

Figura 23.

Parámetros tomados para el ejemplo. Tomado de Aspen Hysys V10.

**Figura 24.**

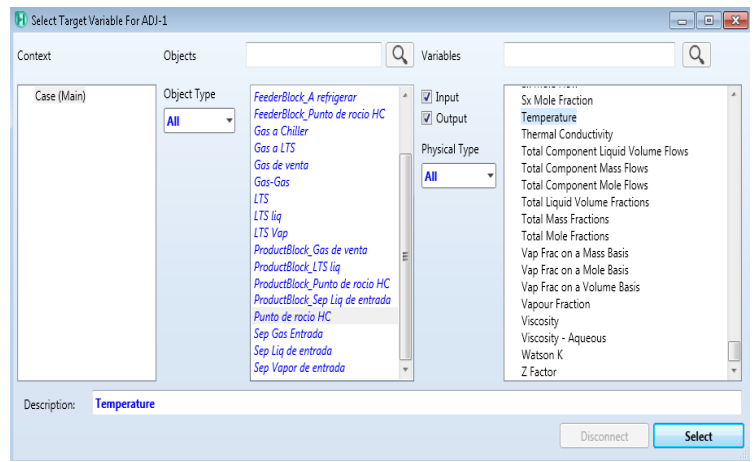
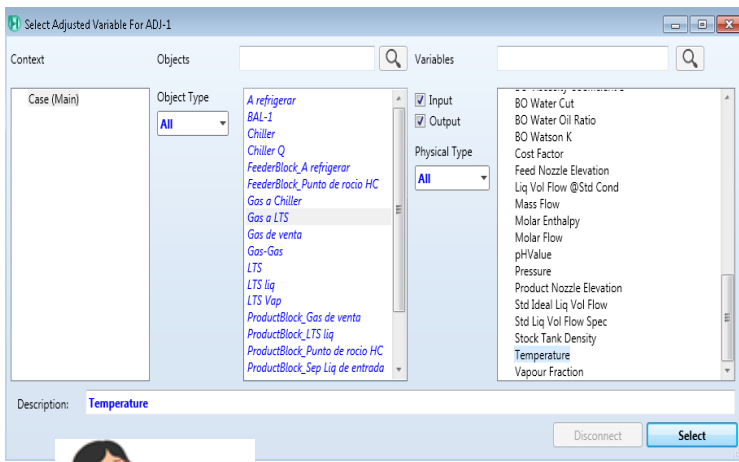
Paleta de conexiones para el ejemplo. Tomado de Aspen Hysys V10.



- Haga clic en el botón Seleccionar variable, en Variable Ajustada. Ahora aparece la vista del navegador de variables.
- En la lista Objeto, seleccione Gas a LTS. De la lista de variables que ahora está visible, seleccione Temperatura.

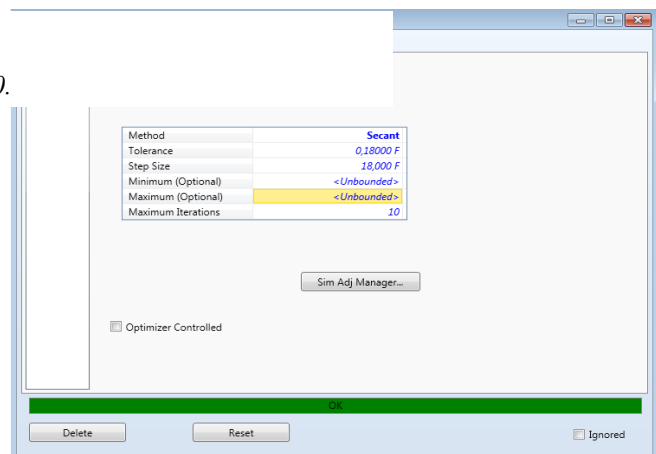
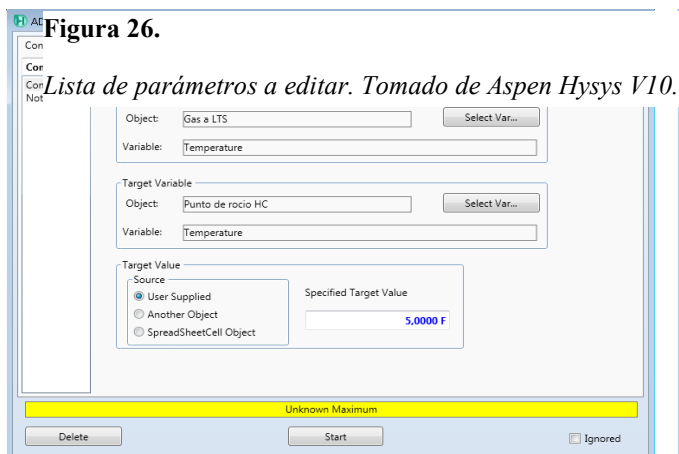
Figura 25.

Lista de parámetros para ajustar variables. Tomado de Aspen Hysys V10.



Nota: Siempre trabaje de izquierda a derecha en el Navegador de variables. No olvide que puede usar el filtro de objetos cuando la lista de objetos es demasiado grande.

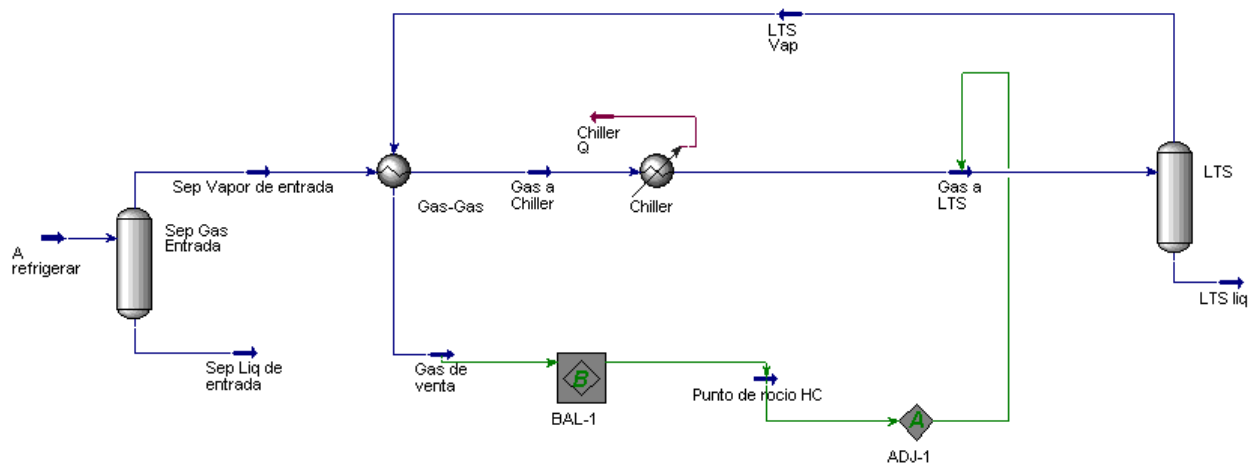
4. Haga clic en el botón **OK** para aceptar la variable y volver a la vista de propiedades Ajustar.
5. Haga clic en el botón Seleccionar Var ... en la Variable de destino.
6. Seleccione la temperatura del punto de rocío de Hc como la variable objetivo.
7. Ingrese un valor de 5°F en el cuadro Valor objetivo especificado.
8. La pestaña Conexiones completada
9. Cambie a la pestaña de Parámetros y deje los parámetros en valores predeterminados.



10. Tenga en cuenta los valores de Tolerancia y Tamaño de paso. Al considerar tamaños de pasos, use tamaños más grandes que pequeños. El método Secante funciona mejor una vez que la solución se ha incluido entre corchetes y al usar un tamaño de paso más grande, es más probable que coloque entre corchetes la solución rápidamente.
11. Haga clic en el botón Inicio para comenzar los cálculos.

Figura 27.

Sistema de refrigeración simple. Tomado de Aspen Hysys V10.



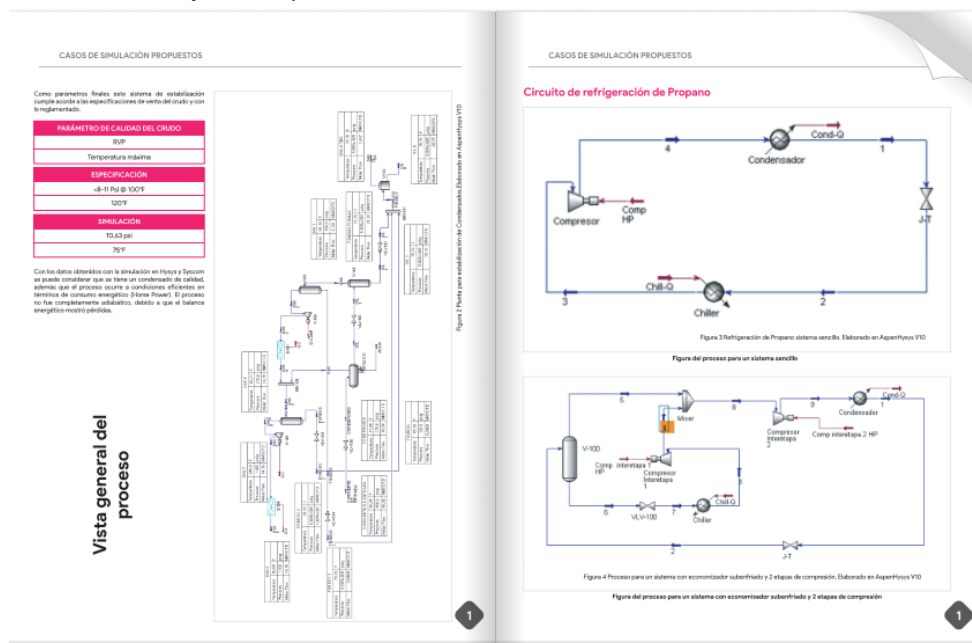
¡Listo! Ahora puede analizar las variables del proceso al obtener el debido cumplimiento de las especificaciones del gas de venta para el transporte por gasoductos. Recuerde que el diseño de un sistema de refrigeración puede estar influenciado por factores como los requisitos del proceso, la economía y la seguridad. Por lo cual se puede decir que las condiciones operacionales que más afectan el sistema de refrigeración en los procesos son las variaciones de carga del gas de entrada, con ello surge la necesidad de controlar o regular estas variables a

fin de lograr un proceso más estable para las condiciones óptimas. Todo esto se verá con más detalle en el libro.

También dentro del material didáctico se cuenta con las simulaciones elaboradas con el *software Aspen Hysys* lo cual le facilita al lector el estudio de diferentes casos al empezar a modificar las diferentes variables envueltas en cada proceso y verificar los ejemplos de este capítulo del libro.

Figura 28.

Visualización del módulo de ejercicios y casos de simulación.



8. Conclusiones

A partir de la extensa recopilación bibliográfica de los temas que hacen parte del módulo de procesos de recobro de líquidos del gas natural y mediante la compilación de información para tener en cuenta acerca de las tendencias modernas y metodologías para la elaboración de material didáctico bajo la modalidad de libros y textos digitales ilustrados, se alcanzó con satisfacción la elaboración de un libro digital interactivo que cuenta con imágenes ilustrativas y ejercicios con

aplicaciones prácticas, para que el estudiante por autonomía pueda instruirse de manera didáctica en los procesos operacionales y funcionales para así lograr una apropiación de los temas relacionados con el recobro de líquidos del gas natural.

A fin de lograr que el estudiante pueda interactuar con herramientas de la industria y aprenda su correcto funcionamiento, se desarrollaron casos de estudio para el diseño y simulación de los procesos de obtención. Los ejercicios propuestos dirigen a los estudiantes a fuentes externas al libro de texto como archivos .hsc, con el uso de estos recursos se espera que el usuario aprenda a construir circuitos sencillos del tratamiento del gas natural, además de que él juegue con las variables operacionales de estos y así adquirir la solución pertinente para resolver estos problemas y conocer el método más eficiente para la optimización de procesos. A partir de los resultados obtenidos mostrar la aplicabilidad a la que se enfrenta el ingeniero de petróleos en los procesos industriales de recuperación de líquidos en el gas natural.

9. Recomendaciones

Con la virtualización de la educación, se sugiere incentivar a los estudiantes en la creación de contenido multimedia con énfasis en el diseño y estructuración de metodologías referentes a áreas que carecen de suficiente información en la industria.

Desarrollar una herramienta académica que profundice en los procesos de obtención del GNL, mediante el uso de diferentes medios refrigerantes utilizados en la industria, demostrando de forma dinámica al usuario las implicaciones que esto tiene en las propiedades de operación la importancia de no despreciar ciertos términos en los cálculos ingenieriles.

Referencias Bibliográficas

- AHMED, T. (2000). *Reservoir Engineering Handbook* (4 ed.). Houston Tx: Gulf Publishing Company.
- Bahry, J. (2001). *Introduction du colloque. Les 2e Rencontres du FFFOD. FOAD: transition, mutation, ¿rupture? e-illusions & réalités. Colloque du Palais des Congrès du Futuroscope de Poitiers, 29 et 30 mars*
- Barrientos, J. (s.f.). *Fraccionamiento*. Maracaibo.
- BENEDITO, V. (1986): *Aproximación a la Didáctica*. Barcelona: PPU.
- BENEDITO, V. (1987): *Introducción a la Didáctica. Fundamentación teórica y diseño curricular*. Barcelona: Barcanova.
- Betoret, F. D. (2006). *EL PROCESO DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE EN LA SITUACIÓN EDUCATIVA*. Obtenido de: <https://www3.uji.es/~betoret/Instruccion/Aprendizaje%20y%20Personalidad/Curso%2012-13/Apuntes%20Tema%205%20La%20ensenanza%20y%20el%20aprendizaje%20en%20la%20SE.pdf>
- B. S. Bloom (ed.). *Taxonomic of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. David McKay Company; 1956. p.201.
- Campbell, J., Hubbard, R., & Madoxx, R. (1998). *GAS CONDITIONING AND PROCESSING* (8 ed.). Oklahoma: John M. Campbell and Company.
- Cukierman, U. Rozenhauz, J. & Santángelo, H. (2009). *Tecnología educativa, recursos, Modelos y Metodologías*. Buenos Aires. Editorial Pearson.
- Dolchs (1952): *"Ciencia del aprendizaje y de la enseñanza en general"*.

- Dulcey Ruso, C. (2018). *Análisis del sistema de refrigeración mecánica con propano industrial en una planta de gas natural en Colombia (Monografía)*. Universidad Industrial de Santander, Santander, Bucaramanga.
- Dudezert J. (2002). *Les technologies d'information et de communication en formation: Une révolution stratégique*. París: Editions Economice.
- Ecopetrol (2014). *Energy Information Administration Glossary*. Tomado de: <https://www.ecopetrol.com.co>
- ESTEBARANZ, A. (1994): *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla: Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- ESCUADERO, J.M. (1981): *Modelos didácticos*. Barcelona: Oikos-Tau.
- FERNÁNDEZ HUERTA, J. (1974): *Didáctica*. Madrid: UNED
- GPSA. (2004). En G. P. Association, *ENGINEERING DATA BOOK* (12 ed., Vol. I & II, págs. 1-26). Tulsa, Oklahoma.
- HOWELL, J. R., & BUCKIUS, R. O. (1990). *Principios de Termodinámica para ingeniería*. México D.F: McGRAW HILL.
- Importe, C. C.-S. (15 de abril de 2011). *Sistema de refrigeración por compresión*. Obtenido de: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>
- Mendoza, Y. D. (06 de marzo de 2017). *Aprendizaje autónomo y competencias*. *Revista científica*. Dominio de las ciencias, 241-253.
- Renauld, M. E. (2004). *EL CONCEPTO PEDAGÓGICO 'FORMACIÓN' EN EL UNIVERSO*. *Revista Educación*.
- RUIZ, J.M. (1996): *Teoría del currículum: diseño y desarrollo curricular*. Madrid: Universitas.
- SÁENZ BARRIO, O. dir. (1992): *Didáctica general. Un enfoque curricular*. Alcoy: Marfil.

Sinnott, R. k., & Towler, G. (2009). *Chemical Engineering Design (5 ed.)*. Butterworth-Heinemann.

Varón, C. A. (2013). *La educación virtual como favorecedora del aprendizaje autónomo*. Politécnico gran colombiano, 5-7. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/276254633_La_educacion_virtual_como_favorecedora_del_aprendizaje_autonomo

Xochimilca Galvis, I. D., & Lastre Guerrero, H. E. (2016). *Desarrollo de un software didáctico para el diseño de plantas de refrigeración de gas natural con propano (Tesis de pregrado)*. Universidad Industrial de Santander, Santander, Bucaramanga.