



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA.

PROPUESTA TECNOLÓGICA.

Título:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE GASES DE UN DIGESTOR AVÍCOLA.”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Autor:

Monga Armas Daniel Alejandro.

Tutor:

Msc. Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera.

LATACUNGA – ECUADOR

ENERO-2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo Monga Armas Daniel Alejandro declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE GASES DE UN DIGESTOR AVÍCOLA.”** Siendo el Msc. Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera tutor del presente trabajo; eximo expresamente a la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI** y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo tecnológico, son de mi exclusiva responsabilidad.

Monga Armas Daniel Alejandro.

CC.: 0503093536.



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE GASES DE UN DIGESTOR AVÍCOLA.”, de Monga Armas Daniel Alejandro, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga 09 de Septiembre del 2020.

Tutor de Titulación
MSc. Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera
CC: 050215089-9



Ingeniería
Electromecánica

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante Monga Armas Daniel Alejandro con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE GASES DE UN DIGESTOR AVÍCOLA.”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 17 de Septiembre del 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Ing Msc. Cristian Fabián Gallardo Molina.
CC: 050284769-2

Lector 2
Phd. Ing Enrique Torres Tamayo.
CC: 175712194-0

Lector 3
Ing. MsC Luigi Orlando Freire Martínez.
CC: 050252958-9



AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer principalmente a Dios por brindarme la fuerza, paciencia y sabiduría para culminar este proyecto. A mi madre quien con su amor, paciencia y esfuerzo me apoyo de todas la maneras humanamente posibles para llegar a cumplir hoy un sueño más gracias madre por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades. A mi padre quien a su manera también contribuyo para llegar al final de una de tantas metas anheladas en mi vida. A la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus docentes por el conocimiento y experiencias compartidas durante estos años en las aulas de clases, a mi familia y mis amigos que siempre estuvieron hay. A mi tutor el Msc. e Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera por orientarme y apoyarme en todos los momentos que lo necesite.



DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mi hermana y hermano por estar siempre presentes, acompañándome y apoyándome moralmente a lo largo de esta etapa. A todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas del conocimiento. También dedico este trabajo a todos mis amigos y compañeros que me ayudaron y fueron testigos del esfuerzo y dedicación que le invertí a este trabajo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA.

TITULO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE GASES DE UN DIGESTOR AVÍCOLA"

Autor: Monga Armas Daniel Alejandro

RESUMEN

La propuesta tecnológica enfocada en la problemática que se generó debido a la emisión de gases al medio ambiente sin ningún tratamiento previo de un digestor industrial avícola que se encuentra en la planta de faenamiento de la empresa Incubandina S.A, se vio reflejada en el análisis y estudio para el dimensionamiento de un sistema de condensación con elementos y potencialidades que arrojaron como resultado la disminución de la temperatura de los gases a la salida del digestor, los mismos que son un sub producto no planificado de la generación de harina aviar la cual se realiza a base de plumas, sangre y vísceras de aves como materia prima lo que le proporciona la característica de un olor netamente desagradable. Para lo que fue la determinación del equipo que intervino directamente en el proceso de condensación se realizó un dimensionamiento, evaluación y simulación computarizada de un intercambiador de calor de tubo y coraza los mismos que asumen las cualidades de brindar o extraer calor de un fluido que circula por dentro de él reduciendo de forma significativa los costos directos de la propuesta tecnológica. No obstante el sistema de condensación debía poseer un monitoreo y control constante de las variables que intervienen en el cuándo este se active o se encuentre en funcionamiento para ello se ejecutó la programación computarizada de un autómata programable Logo el cual ofrece soluciones para problemas y aplicaciones de ingeniería, y ayudo de esta manera a la simulación de la apertura y cierre de electro válvulas para el paso de los gases y también al encendido de la bomba inyectora de fluido refrigerante para el proceso.

Palabras clave: condensación, digestor, gases, harina aviar, temperatura, variables, fluido.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA.

Title: "Design of a condensation system for the treatment of gases from a poultry digester"

Author: Monga Armas Daniel Alejandro

ABSTRAC

The technological proposal focused on the problem that was generated due to the emission of gases into the environment without any previous treatment of an industrial poultry digester that is located in the slaughter plant of the company Incubandina SA, was reflected in the analysis and study for the sizing of a condensation system with elements and potentialities that resulted in a decrease in the temperature of the gases at the outlet of the digester, which are an unplanned by-product of the generation of poultry flour which is carried out at base of feathers, blood and bird viscera as raw material which gives it the characteristic of a distinctly unpleasant odor. For what was the determination of the equipment that intervened directly in the condensation process, a sizing, evaluation and computer simulation of a tube and shell heat exchanger was carried out, which assume the qualities of providing or extracting heat from a circulating fluid inside it, significantly reducing the direct costs of the technological proposal. However, the condensation system had to have constant monitoring and control of the variables that intervene in when it is activated or is in operation. For this, the computerized programming of a programmable automaton was executed Logo which offers solutions for problems and applications of engineering, and in this way I help simulate the opening and closing of electro valves for the passage of gases and also the ignition of the refrigerant fluid injector pump for the process.

Keywords: condensation, digester, gases, poultry meal, temperature, variables, fluid.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés de la Facultad de Ciencias Humanas y Educación de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor estudiante Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECHANICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA, MONGA ARMAS DANIEL ALEJANDRO**, cuyo título versa “Diseño de un sistema de condensación para el tratamiento de gases de un digestor avícola 1”, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

Mg. José Ignacio Andrade M.
DOCENTE UTC
C.C. 0503101040



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	XIII
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	XIII
2.1. Título de la propuesta tecnológica	XIII
2.2. Tipo de propuesta alcance.....	XIII
2.3. Área del conocimiento	XIII
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	XIV
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	XIV
2.6. Situación problémica y problema	XIV
2.7. Hipótesis o formulación de preguntas directrices	XV
2.8. Objetivo(s)	XV
2.8.1. Objetivo general	XV
2.8.2. Objetivos específicos.....	XV
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	XVI
3. MARCO TEÓRICO	17
3.1. Introducción	17
3.2. Trabajos precedentes.....	17
3.3. La harina aviar	19
3.4. Proceso de producción de la harina aviar	20
3.5. Digestor.....	23
3.6. Productos y subproductos del proceso de fabricación de harina aviar	24
3.7. Composición de los gases subproducto de la producción de harina aviar.....	25
3.8. Lavado químico	25
3.8.1. Tipos de lavadores de gases	26
3.8.2. Lavado químico por aspersión de Soda cáustica.....	29
3.9. Sistemas de intercambio de calor.....	30
3.9.1. Sistemas de intercambio de calor indirecto.....	31
3.10. Intercambiadores de calor de coraza y tubos:	32
3.10.1. Características de los intercambiadores de calor de coraza y tubos:.....	32
3.11. Clasificación de intercambiadores de calor por el sentido de circulación de fluidos	33
3.12. Condensación.....	35
3.13. Balance de masa y energía en equipos de intercambio térmico con cambio de fase.	36

3.14. Sistemas CAD – CAE.....	37
4. METODOLOGÍA.....	39
4.1. Proceso de diseño.....	39
4.1.1 Definición de requisitos	39
4.1.2. Estructura funcional del sistema de enfriamiento	40
4.1.3. Diseño conceptual	41
4.1.4. Análisis de opciones.....	41
4.1.5. Diseño Dimensional	43
4.1.6. Diseño dimensional del sistema de alimentación del fluido refrigerante.....	50
4.1.7. Dimensionamiento para la selección de la bomba de alimentación:.....	51
4.1.8. Diseño dimensional de la tubería de transporte de gases.	51
4.1.9. Diseño del sistema de control y alarma para el sistema de condensación. ...	52
4.1.10. Diseño dimensional con el uso de sistemas de CAD-CAE.....	52
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
5.1. Dimensionamiento del equipo para el sistema de condensación.....	53
5.2. Características de los gases a enfriar.	53
5.3. Características del fluido refrigerante.....	54
5.4. Resultados del dimensionamiento del intercambiador de calor para el sistema de condensación de gases.	54
5.5. Dimensionamiento y selección de tuberías para el sistema de condensación.	55
5.6. Dimensionamiento para la selección de la bomba de alimentación del fluido refrigerante.....	57
5.7. Control para el sistema de condensación.....	58
5.8. Diseño del sistema de condensación.....	59
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	62
6.1. Presupuesto para la implementación del sistema de condensación	62
6.2. Análisis de impactos	62
7. CONCLUSIONES	64
8. RECOMENDACIONES	65
9. REFERENCIAS	65
10. ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 3.1. Elementos del proceso de generación de harina aviar.....	20
Tabla 4.1. Criterios para la selección del equipo condensador.	42
Tabla 5.1. Temperatura de los gases por diez días en lapsos de 20 minutos.....	53
Tabla 5.2. Características de los gases a enfriar.....	54
Tabla 5.3. Características del fluido refrigerante para el proceso de condensación.....	54
Tabla 5.4. Características del equipo condensador intercambiador de calor.....	54
Tabla 5.5. Resultados obtenidos mediante calculo y simulación del proceso de condensación.....	55
Tabla 5.6. Diámetro de tuberías para el líquido refrigerante.....	56
Tabla 5.7. Diámetro de tuberías para la conducción de gases.....	56
Tabla 5.8. Parámetros de selección de la bomba de agua.....	57
Tabla 5.9. Características de la bomba.....	58
Tabla 5.10. Elementos del sistema de condensación.....	60
Tabla 6.1. Presupuesto total de la propuesta tecnológica.....	62
Tabla 10.1. Criterios para la selección del equipo condensador.	67
Tabla 10.2. Propiedades de los fluidos.....	68
Tabla 10.3. Resultados del escenario 1 obtenidos mediante simulación del proceso de enfriamiento.	75
Tabla 10.4. Resultados del escenario 1 obtenidos mediante simulación del proceso de enfriamiento.	77
Tabla 10.5. Características de la bomba.....	85
Tabla 10.6. Detalle de materiales para el sistema de condensación.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 3.1. Elementos del Proceso de producción de harina aviar dentro de la planta de faenamiento.	20
Figura 3.2. Cuadro mental del proceso de generación de harina aviar.	21
Figura 3.3. Digestor	24
Figura 3.4. Sistema de lavado químico	26
Figura 3.5. Clasificación de los lavadores de gases.....	26
Figura 3.6. Configuraciones de los lavadores de gases.....	27
Figura 3.7. Lavador de gas tipo Venturi.....	28
Figura 3.8. Lavador de gas tipo torre empacada.....	28
Figura 3.9. Lavador de gas tipo torre de aspersion.....	29
Figura 3.10. Clasificación de los sistemas de intercambio térmico.....	30
Figura 3.11. Clasificación de los tipos de intercambiadores de calor.....	31

Figura 3.12. Intercambiador de tubo y coraza.....	33
Figura 3.13. Flujo equicorriente de un intercambiador de calor.	34
Figura 3.14. Configuración contra flujo de un intercambiador de calor.	34
Figura 3.15. Configuración contra flujo de un intercambiador de calor.	35
Figura 3.16. Tipos de condensación.....	35
Figura 3.17. Curva del comportamiento del vapor de agua.	36
Figura 3.18. Relación de fluidos de entrada y salida del intercambiador.	37
Figura 3.19. Relación de fluidos de entrada y salida del condensador.	37
Figura 3.20. Sistemas CAE ejemplos de análisis de transferencia de calor.....	38
Figura 4.1. Definición de elementos, variables de entrada y salida del digestor.	39
Figura 4.2. Definición de la estructura funcional para el sistema de enfriamiento de gases.....	40
Figura 4.3. Digestor más intercambiador de calor.	41
Figura 4.4. Digestor más lavador de gases.....	41
Figura 4.5. Diagrama mental del proceso de enfriamiento de gases.....	43
Figura 4.6. Balance de energía del intercambiador.	43
Figura 4.7. Balance de energía para la obtención de masa de agua.	44
Figura 4.8. Configuración contra flujo de un intercambiador de calor.	45
Figura 4.9. Curva para la obtención de la efectividad del intercambiador.....	48
Figura 4.10. Lavador de gases tipo torre de aspersión para balance de masa y energía.	49
Figura 5.1. Intercambiador de calor.	55
Figura 5.2. Selección de tuberías.	56
Figura 5.3. Programación del sistema de control de la propuesta.	59
Figura 5.4. Pantalla de visualización del logo.....	59
Figura 5.5. Propuesta del sistema de condensación.	61
Figura 10.1. Simulación del fluido refrigerante.	74
Figura 10.2. Simulación del fluido caliente.	76
Figura 10.3. Simulación de los fluidos que intervienen en el proceso.....	78
Figura 10.4. Ventana de simulación del proceso.	78
Figura 10.5. Cuadro de balance de masa.....	78
Figura. 10.6. Curva para la selección de la bomba.	84
Figura 10.7. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.....	87
Figura 10.8. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.....	87
Figura 10.9. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.....	88
Figura 10.10. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.....	88

1. INFORMACIÓN GENERAL

PROPUESTO POR: Monga Armas Daniel Alejandro.

TEMA APROBADO:

“Diseño de un sistema de condensación para el tratamiento de gases de un digestor avícola.”

CARRERA: Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Msc. Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera.

EQUIPO DE TRABAJO:

Monga Armas Daniel Alejandro

Reinoso Peñaherrera Héctor Raúl

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Región Sierra, Provincia Cotopaxi, Cantón Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi.

TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:

FECHA DE ENTREGA: Jueves 17 de septiembre del 2020

LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA EL PROYECTO:

Línea de investigación:

Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Sistema de condensación de gases resultantes de un proceso de producción.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONDENSACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE GASES GENERADOS POR EL DIGESTOR DE LA PLANTA DE FAENAMIENTO EN LA EMPRESA INCUBANDINA S.A EN EL SECTOR DE LASSO.”

2.2. Tipo de propuesta alcance

a) **Multipropósito:** apoyo técnico a la producción y reducción de contaminación del medio ambiente

2.3. Área del conocimiento

Termodinámica, fluidos, medio ambiente, eficiencia energética.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

La planta de faenamiento de la empresa Incubandina S.A ubicada en el sector de Lasso no cuenta con un sistema de condensación o enfriamiento de gases el cual pueda evitar la difuminación de los mismos fuera de los límites de la empresa. Estos gases que se expulsan al medio ambiente tienen una temperatura de salida considerablemente alta y son producidos por un digestor industrial que se encarga de la producción de harina aviar utilizando como materia prima la mezcla entre plumas, sangre y vísceras que son el resultado del faenamiento de las aves. Las plumas contienen proteínas de queratina y aminoácidos, la sangre contiene grandes cantidades de hierro mientras que las vísceras contienen calcio, cenizas, fibra cruda, fosforo, lisina y sodio todos estos elementos hacen que los gases resultantes posean un olor completamente desagradable para las personas. Por lo cual se dimensionara un sistema que pueda llevar al estado líquido a dichos gases mediante el uso de equipos de intercambio térmico para de esta manera poder desechar los residuos condensados al medio ambiente.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

Objeto de estudio

Sistema de enfriamiento de gases.

Campo de acción

Termodinámica, fluidos, medio ambiente, eficiencia energética

2.6. Situación problémica y problema

Situación problemática

Para el proceso de creación de harina aviar que se realiza en la planta de faenamiento de la empresa Incubandina S.A se utiliza un digestor industrial al que se le inyecta vapor sobrecalentado de una caldera con el objetivo de realizar la cocción de toda la materia prima que se introduce en él cabe recalcar que el vapor y la materia prima no se mezclan sino que el vapor sede su poder calorífico a la materia prima mediante un proceso de convección. Al culminar el proceso de producción se abre un ducto para liberar presión lo que da como resultado la expulsión y difuminación de gases al medio ambiente por la chimenea del digestor. Debido a la mezcla y reacción química interna entre la materia prima que está compuesta por plumas, sangre y vísceras de pollo los gases resultantes poseen características tales como temperatura de salida considerablemente alta y un olor netamente desagradable que es capaz de viajar distancias de hasta 1km a la redonda en dirección del viento ya que no existe un sistema

de condensación a la salida de estos gases, causando de esta forma malestar para el sentido del olfato de quienes residen y cumplen sus labores a los alrededores de la empresa.

Problema

El gas caliente y odorífero que se expulsa y difumina a la atmósfera por el proceso de creación de harina aviar.

2.7. Hipótesis o formulación de preguntas directrices

¿Es posible la disminución de temperatura de los gases producto del proceso de un digestor, así como su condensación?

2.8. Objetivo(s)

2.8.1. Objetivo general

- Dimensionar un sistema de condensación que permita la disminución de la temperatura de gases a la salida del digestor avícola de la planta de faenamiento en la empresa Incubandina S.A.

2.8.2. Objetivos específicos

- Analizar las variables que intervienen en el sistema de condensación y tratamiento de gases.
- Evaluar los elementos y componentes técnicos que posee la empresa para un sistema de condensación de gases.
- Realizar un análisis computacional de la operacionalidad del sistema de condensación de gases expulsados al medio ambiente por el digestor industrial de la empresa.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN.
Analizar las variables que intervienen en el sistema de condensación y tratamiento de gases.	1. Visita y determinación del fenómeno en planta.	Identificación de la temperatura de salida de gases.	Investigación de campo. Mediciones con un termómetro industrial. Fotografías.
	2. Revisión bibliográfica que sustente las variables que utiliza el proceso de un digestor, así como de un sistema de condensación	Determinación de las variables que intervienen en el proceso de condensación.	Informe de levantamiento de información.
	3. Entrevistas con técnicos especialistas en sistemas de energía	Atributos funcionales del sistema.	Guía de entrevista, audios
Evaluar los elementos y componentes técnicos que posee la empresa para un sistema de condensación de gases.	1. Revisión de artículos científicos y normativa ligada a sistemas de condensación	Identificación de elementos.	Normas e informes técnicos.
	2. Caracterización cualitativa y cuantitativamente de los elementos que intervienen en un sistema de condensación.	Selección de elementos para el sistema de condensación.	Listado de elementos.
	3. Diseño computacional de los elementos que intervienen en el sistema.	Obtención de elementos para simulación.	Planos, figuras y temperaturas.
Realizar un análisis computacional de la operabilidad del sistema de condensación de gases expulsados al medio ambiente por el digestor industrial de la empresa.	1. Selección de un software de simulación con las potencialidades para el análisis de fluidos.	Utilización del software Solidworks para la simulación.	Información legal y características del programa.
	2. Realización del ensamble del sistema.	Diseño elemental del sistema.	Imágenes y planos computacionales.
	3. Comprobación de la potencialidad del sistema de condensación.	Efectividad del sistema de condensación.	Informes y tablas de contenido.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Introducción

Varias industrias a nivel mundial ocupan el vapor de agua para brindar energía térmica a diferentes procesos de producción ya sean industriales, farmacéuticos o alimenticios estos a su vez dan como reacción directa o indirecta la expulsión de gases al medio ambiente por la mezcla que se realiza con otros elementos, en el caso de la empresa Incubandina se pretende reconocer las diferentes etapas que intervienen en la creación de harina aviar para de esta manera determinar en qué punto y mediante que se generan los gases a los cuales se pretenden darles un proceso de condensación. Para ello son varios los elementos que intervienen directamente con funciones específicas en el proceso pero el estudio ara mayor énfasis en el digestor y los equipos de intercambio térmico o intercambiadores de calor de uso industrial. Ya que estos dispositivos expulsan gases y poseen la característica de brindar y extraer calor de un fluido que circula por él mediante un flujo de agua o líquido refrigerante respectivamente.

3.2. Trabajos precedentes

- **“Estudio del impacto ambiental del condensado de gases tóxicos en la producción de harina aviar (PRONACA – BUCAY).”**

La política ambiental sobre residuos contaminantes tiene como principios básicos la prevención de posibles riesgos para la salud humana, recursos naturales y el medio ambiente.

El sistema de condensación de gases tóxicos durante las diferentes etapas de elaboración de harina aviar, los transporta, procesa y somete a un procedimiento químico tratando de disminuir su grado de toxicidad y los expulsa. Entonces un buen y adecuado procedimiento de dosificación química que se aplique al sistema encargado de enfriar los gases garantiza la disminución o eliminación por completo del agente contaminante que se origina durante las labores de producción.

La elaboración de harina aviar en los cocinadores generan en su interior gases que son extraídos por la fuerza de extractores y conducidos por ductos hacia el sistema de condensación.

La producción de harina aviar a base de sangre, viseras y plumas en sus etapas de cocción desprenden gases tóxicos que contienen gran cantidad de compuestos de ácido sulfúrico.

Evacuación del condensado.- todo el condensado que en esta etapa logro enfriarse se elimina por una tubería dispuesta en la parte central inferior del condensador que lo deposita en un

desagüe que lo conduce al afluyente de un río. Este gas enfriado se elimina al ambiente previamente lavado.

Este fluido condensado contiene sustancias tóxicas y contaminantes para el medio ambiente entre ellas: **nitrate de plata y ácido sulfúrico**. [1]

- **Importancia del vapor como medio para mejorar y aumentar la eficiencia y productividad.**

Hoy en día, la mayoría de las plantas industriales de todos los sectores utilizan el vapor como uno de los principales generadores de energía. La generación, transporte y distribución de este medio requiere una cantidad considerable de costos y energía, por lo que el objetivo de cada operador de planta debe ser el ejecutar y controlar estos procesos tan eficientemente como sea posible. Algunos de los insumos más importantes de las compañías industriales son los combustibles y la mayoría de ellos se utilizan en calderas para generar vapor. Calculando qué porcentaje de los insumos es el combustible y qué porcentaje de él va hacia la caldera probablemente nos entregue un valor elevado de la inversión final.

- **Tecnologías para la Industria Alimentaria. Procesamiento de Subproductos Avícolas**

Publicado el: 8/1/2019

Autor/es: Lic. Magali Magdalena Parzanese. Alimentos Argentinos – Secretaria de Agroindustria. Argentina

Desde hace algunos años la industria avícola de nuestro país está en constante expansión. Son diversos los factores que contribuyen a este crecimiento, entre los que se pueden mencionar la mejora en la eficiencia productiva y la reducción de costos de producción, que son consecuencia de una mayor inversión en tecnología en toda la cadena. Así mismo el aumento del consumo de carne aviar, ligado al bajo precio relativo de este producto, y a la tendencia hacia el consumo de carnes magras y de fácil preparación generan una demanda y un desarrollo constante. Si bien este crecimiento tiene innumerables ventajas económicas y productivas, también se plantea el problema de un considerable aumento de los desechos orgánicos de esta industria, principalmente los derivados de la faena como son las plumas, vísceras y sangre. Actualmente sólo algunas empresas avícolas del país cuentan con plantas para procesamiento de subproductos, mientras que la mayor parte de estos son desechados (se acumulan o se incineran) ocasionando perjuicios al ambiente. Además generan un gasto extra a las empresas ya que

deben ser transportados diariamente fuera de las plantas faenadoras. La producción de harinas de plumas, de vísceras, de sangre y de aceite o grasa de pollo se presenta como una opción para solucionar tales inconvenientes. Así mismo, agrega valor a estos subproductos los cuales se utilizan, principalmente, como materia prima en la industria de alimentación animal (saborizantes y harinas para alimentos de mascotas, harinas para concentrados, alimentos para acuicultura, etc.). Esto último asegura la existencia de un mercado para la comercialización de los subproductos obtenidos. [2]

- **HARINAS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Ventajas y desventajas

Las ventajas y desventajas de la implementación de tecnología de procesamiento de subproductos en la industria avícola son las siguientes:

Ventajas

- Ingresos adicionales para la empresa como resultado de la comercialización de las harinas obtenidas.
- Prevenir la contaminación producida por los desechos orgánicos (plumas, vísceras, sangre) a corrientes de agua o su concentración en rellenos sanitarios, cuando no se les realiza ningún tipo de procesamiento.

Desventajas

- Emisión de gases y vapores de olor desagradable durante el procesamiento de los subproductos. Los compuestos orgánicos volátiles son los principales contaminantes presentes en estas emisiones y los causantes de los malos olores.
- Disponibilidad de áreas de terreno considerables para la instalación y funcionamiento de los equipos involucrados en el proceso. [2]

3.3. La harina aviar

La harina aviar es un subproducto que se obtiene del faenamiento de aves, ya que en algunas plantas avícolas se desecha o se crema todo lo que se refiere a sangre, viseras y plumas de pollos por ser considerados desperdicios, esta acción genera contaminación y a su vez egresos extras para deshacerse de esta materia prima la misma que puede llegar a generar ingresos económicos si se les brinda un correcto tratamiento. La harina aviar es un subproducto que se obtiene de la

cocción y mezcla de la sangre, viseras y plumas que en la actualidad es utilizada para la industria alimenticia de animales y como fuente de proteína natural.

Tabla 3.1. Elementos del proceso de generación de harina aviar.

1) Depósito de plumas.	8) Tubería de inyección de vapor.
2) Depósito de Sangre.	9) Agua de alimentación de la caldera.
3) Depósito de vísceras.	10) Tolva de receptora de harina aviar.
4) Digestor o cooker.	11) Zaranda para filtrado
5) Motor reductor del digestor.	12) Tolva de envasado.
6) Chimenea de gases del digestor.	13) Almacenamiento.
7) Caldera	

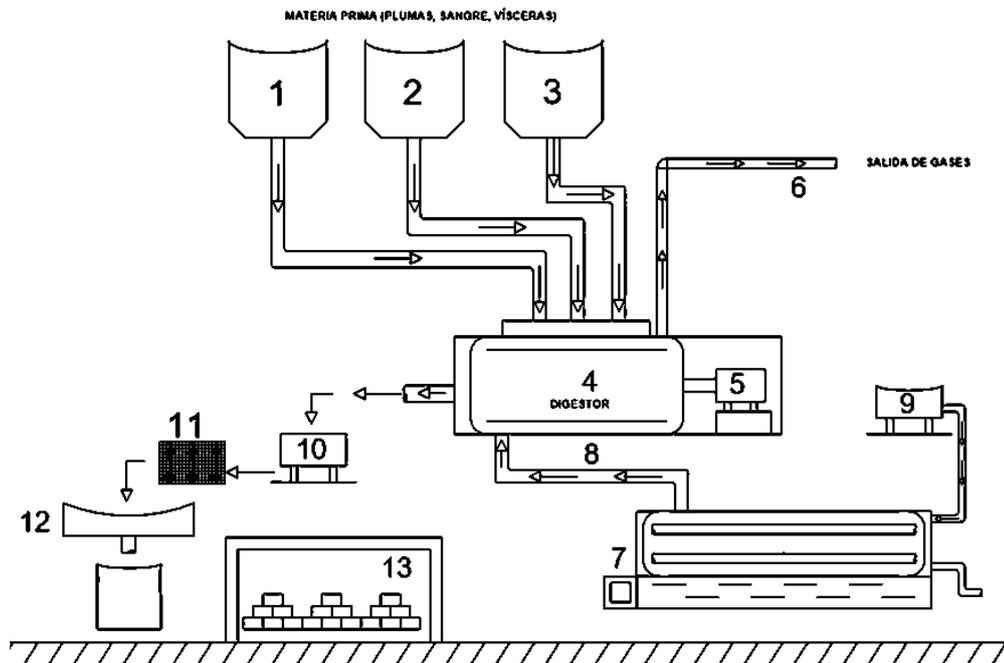


Figura 3.1. Elementos del Proceso de producción de harina aviar dentro de la planta de faenamiento.

3.4 Proceso de producción de la harina aviar

En el proceso de producción de harina aviar son varias las etapas que intervienen para poder obtener un producto final de calidad dichas etapas están resumidas en el siguiente mapa:

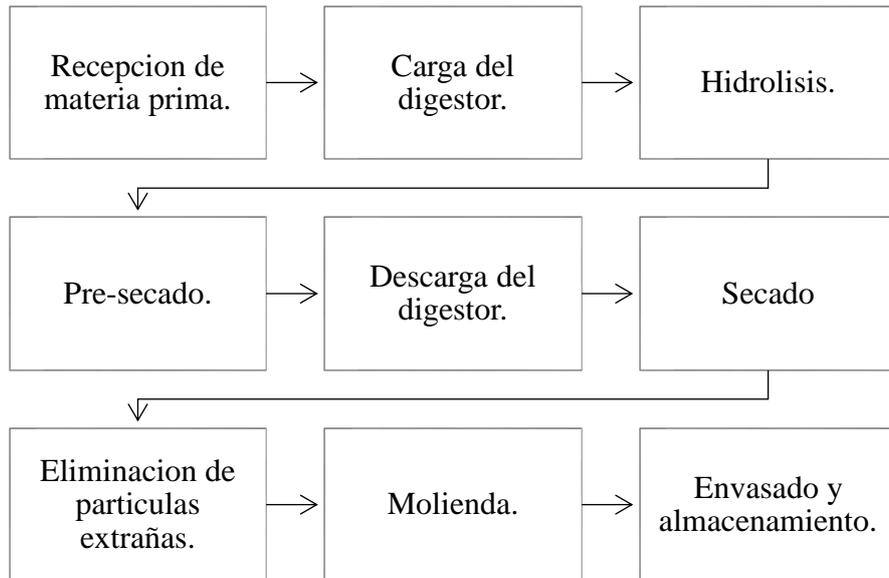


Figura 3.2. Cuadro mental del proceso de generación de harina aviar.

El proceso de producción de harina aviar comienza con el transporte de la materia prima como es las pluma, sangre y viseras (tripas, hígados, grasa de mollejas tráquea, buche) de las aves, dependiendo del sub producto del pollo el transporte es realizado manualmente desde diferentes áreas en el caso de sangre y viseras desde el área de eviscerado y en caso de las plumas se transporta desde el tambor desaguador o tamiz hacia la planta de producción de harina aviar. Cuando la materia prima ya se encuentra en la planta de producción de harina es ingresada a un digestor o cooker manualmente.

Recepción de materia prima-

Para la elaboración de harina aviar como primera etapa se tiene la recepción de la materia prima.

- **Plumas:**

Las plumas que son desprendidas de las aves por peladoras automáticas caen a un conducto por el cual circula agua a presión la misma que arrastra de esta manera las plumas hacia el tambor desaguador este tambor está girando constantemente de esta manera la pluma elimina el exceso de agua.

- **Sangre:**

La sangre que se obtiene tras el degollamiento de las aves.

Carga del digestor

- En el caso de las plumas al pasar el tambor desaguador completamente llegan a jivas las cuales son transportadas a la compuerta de carga del digestor todo este proceso se realiza manualmente. Al tratarse de la sangre esta es almacenada en tanques los cuales al llenarse son transportados manualmente hacia la compuerta de carga del digestor.

Hidrolisis

- Se realiza dentro del digestor fijando condiciones de presión, temperatura y tiempo para obtener un producto de calidad y mejores resultados. El proceso consiste en romper los enlaces de desulfuro presentes en la estructura proteica de las plumas.

Pre-secado

- Consiste en disminuir la humedad del hidrolizado de plumas resultante de la etapa anterior. Generalmente se lleva a cabo en el mismo equipo digestor donde se realiza la hidrólisis una vez que esta finalizó. Luego de este pre-secado la humedad del producto suele ser de 45 % aproximadamente. [2]

Descarga del digestor

- Al terminar la etapa de cocinado y secado de la materia prima se procede a descargar el material para esto primeramente se interrumpe la entrada de vapor y luego se abre la compuerta de descarga, se pone en funcionamiento las paletas las cuales son las encargadas de sacar el producto haciéndolo girar y ayudando a enfriarlo homogéneamente.

Secado

- El propósito es bajar el nivel de humedad de la harina hasta porcentajes iguales al 10%. Para esto se deposita la harina en tolvas receptoras de acero inoxidable y se les deja reposar durante un tiempo de terminado.

Eliminación de partículas extrañas

- La harina enfriada y con un porcentaje de humedad correcto es cernida o filtrada por una zaranda la misma que permite separar de ella partículas extrañas o de gran tamaño. Con esto se pretende aumentar la calidad de la harina que es distribuida.

Molienda

- Es la etapa donde se procede a separar todos los grumos que se encontraron en la harina después de filtrarla en la zaranda, todas estas partículas de tamaño considerable son introducidas nuevamente al proceso de producción.

Envasado y almacenamiento

- El envasado se convierte en la penúltima etapa de producción de harina aviar. Esta harina filtrada reposa en tolvas para su completo enfriamiento, después de esto se procede a llenar lonas con pesos específicos del producto. Todo este proceso de ensacado se realiza manualmente y finalmente se procede a almacenar hasta que pueda ser distribuida a los compradores.

Cuando toda la materia prima es ingresada al digestor se inyecta vapor sobre calentado en la chaqueta exterior del mismo, para posteriormente esperar un tiempo establecido el cual sirve para realizar la mezcla y cocción de la materia prima esto es conocido como hidrólisis, todo esto se realiza internamente lo que genera como penúltimo resultado harina aviar húmeda, para descargar el producto final y secar el mismo se procede a abrir los ductos que liberan la presión en este momento del proceso se expulsan al medio ambiente una cantidad considerable de gases que poseen temperaturas considerablemente altas y olor netamente desagradable en este punto se debe intervenir y tratar los gases que se pretende condensar o enfriar tomándolos desde la chimenea del mencionado digestor.

3.5. Digestor

Un digestor o cooker viene a ser el ejemplo práctico a gran escala de una olla a presión la cual tiene como finalidad el cocinar y deshidratar la materia prima que se le proporciona a base de una fuente de calor.

Tipos de digestores:

- **Digestor discontinuo.**

El digestor discontinuo es una unidad práctica y fácil de instalar que se puede incorporar para la cocción, cocción a presión, hidrólisis o secado de una excepcional variedad de subproductos animales y de aves de corral. Estos incluyen carne mixta, vísceras y huesos, vísceras de aves de

corral y plumas mojadas. Puede funcionar a temperaturas de 133 °C importantes para la esterilización, y es ideal para el procesamiento de lotes pequeños de partículas especialmente grandes (de hasta 50 mm), lo que permite reducir los requisitos de triturado previos a la cocción. [3]

- **Digestor continuo**

Un digestor continuo como se observa en la figura (3.1) calentado con vapor puede ayudarlo a mejorar la eficiencia operativa y los márgenes de ganancia de tales insumos. Realiza la cocción de subproductos animales, como carne, huesos y grasa, es parte de su configuración de procesamiento, es diseñado para usar presiones de vapor de hasta 10 bares, en resumen se considera una estufa sencilla y fácil de operar es ideal para eliminar el agua en configuraciones de procesamiento continuo, asegurando que las grasas y sólidos salientes sean consistentes y homogéneos. [4]

- Se hace referencia explícita al digestor discontinuo por motivos de ser en el cual va estar enfocado el análisis.

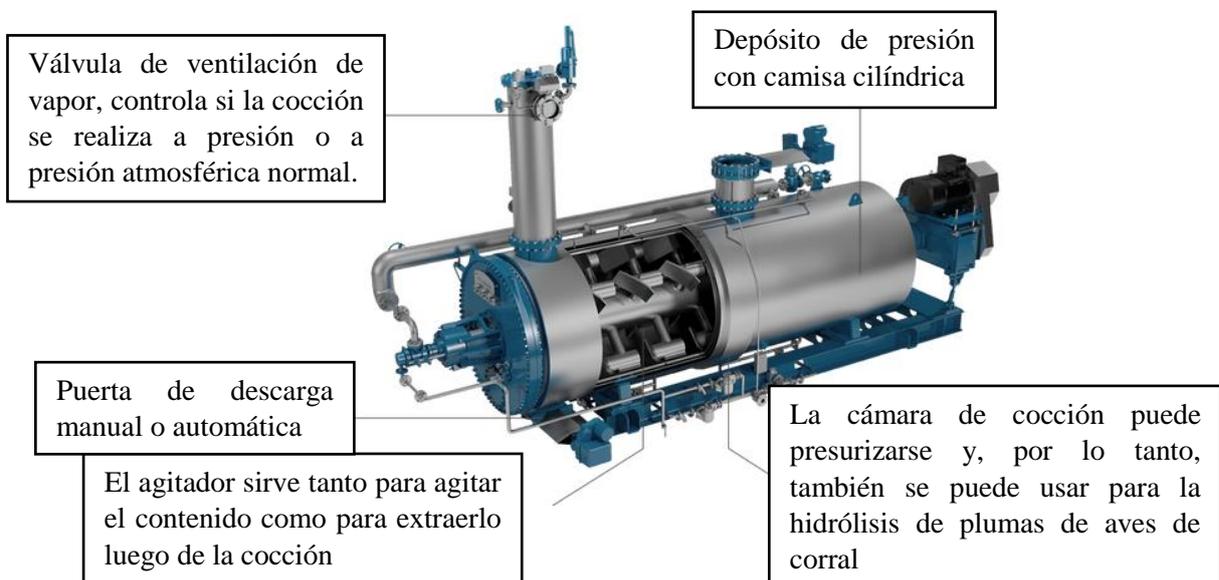


Figura 3.3. Digestor

Fuente: [3]

3.6 Productos y subproductos del proceso de fabricación de harina aviar

Las harinas de subproductos avícolas son utilizadas como materia prima en la industria de alimentos para mascotas, específicamente son aplicados como fuente de proteínas de alta digestibilidad. A diferencia de las usadas en otro tipo de alimentos concentrados, los

hidrolizados de subproductos avícolas deberán presentar un nivel bajo de cenizas para aumentar su digestibilidad. Además debido a los avances tecnológicos y gracias a las mejoras continuas en los procesos de obtención de las distintas harinas y aceites se logran productos de mayor valor nutricional que son demandados por las industrias para mascotas, ya que no sólo se trata de materia prima de alta digestibilidad sino que además favorecen la palatabilidad del alimento. [2]

Subproductos generados por la generación de harina aviar:

- Un subproducto resultante de la generación de harina es la emisión de gases y vapores de olor desagradable durante el procesamiento de los subproductos de las aves.
- Los compuestos orgánicos volátiles son los principales contaminantes presentes en estas emisiones y los causantes de los malos olores.

3.7. Composición de los gases subproducto de la producción de harina aviar

La producción de harina aviar a base de sangre, viseras y plumas en sus etapas de cocción desprenden gases tóxicos que contienen gran cantidad de compuestos de ácido sulfúrico los cuales son condensados. Los restos de este fluido condensado contiene sustancias tóxicas y contaminantes para el medio ambiente entre ellas: **nitrate de plata y ácido sulfúrico.** [1]

3.8. Lavado químico

El lavado de gases es la tecnología mediante la cual se limpia una emisión gaseosa de los contaminantes que contiene. Habitualmente, las moléculas de contaminante del aire son separadas del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido, que puede ser agua, un reactivo químico o una combinación de éstos. El flujo gaseoso, una vez lavado, está libre de contaminantes y puede ser emitido a la atmósfera. El contacto del contaminante con el líquido depende del tipo de lavador. [5]

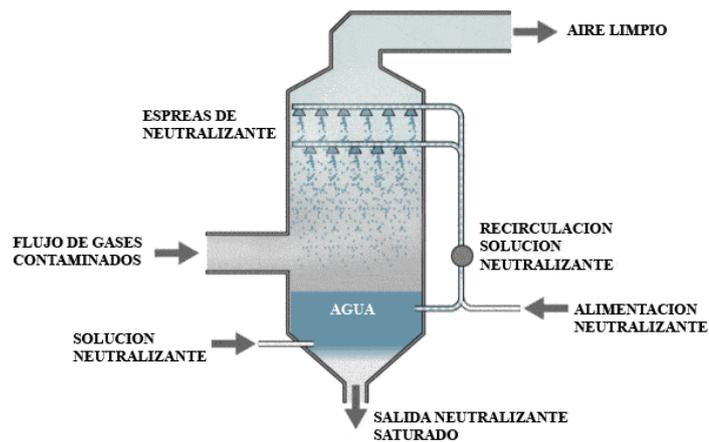


Figura 3.4. Sistema de lavado químico

Fuente: [5]

3.8.1 Tipos de lavadores de gases

Para lavar gases de diferentes procesos existe una clasificación y una configuración.

Clasificación:

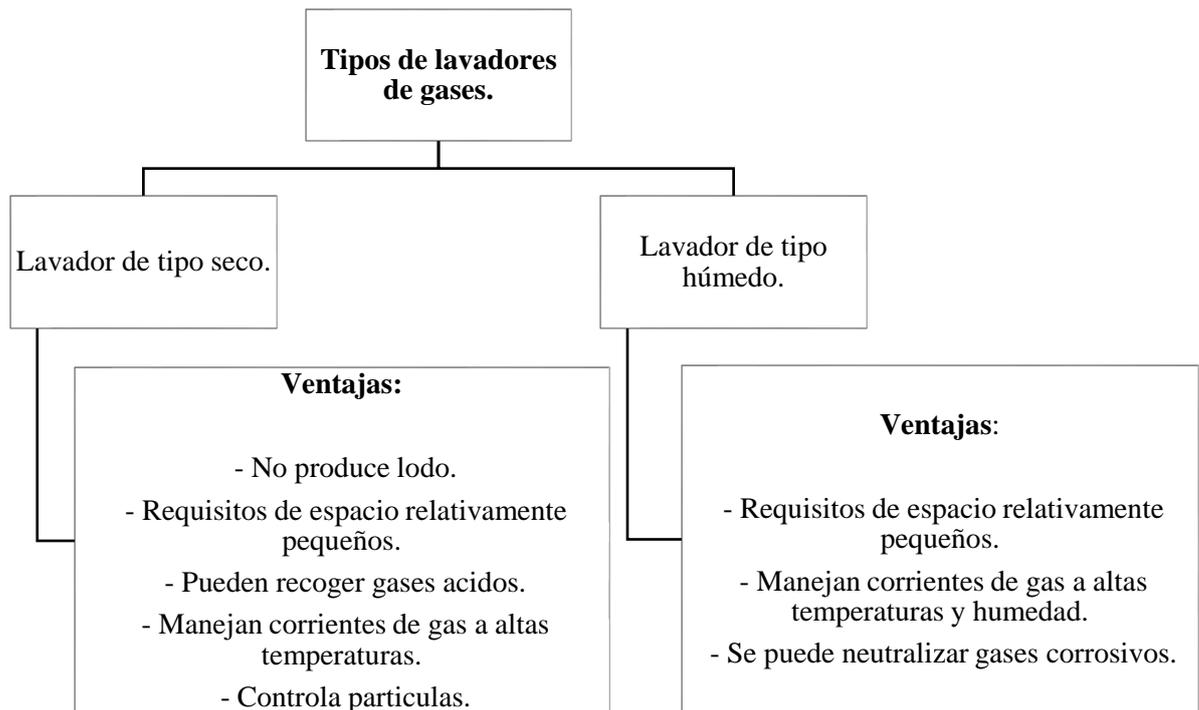


Figura 3.5. Clasificación de los lavadores de gases.

- **Lavador de gas húmedo**

El lavador de gas húmedo es un dispositivo que elimina los contaminantes de un gas de combustión. En este tipo de lavador, la corriente de gas contaminada debe impactar a gran

velocidad con el líquido de limpieza. Tras el rociado de este líquido, se eliminan dichos contaminantes. Los lavadores de gases húmedos eliminan los gases contaminantes al disolver o absorber los contaminantes en el líquido de limpieza.

- **Lavador de gas en seco**

Los sistemas de lavadores de gases en seco se utilizan para eliminar gases ácidos (como SO₂ y HCl) principalmente de fuentes de combustión. Un lavador de gas seco no satura la corriente de gases de combustión que está siendo tratada con humedad. En algunos casos, inclusive no es necesario agregar humedad y, en otros, solo se debe agregar la cantidad exacta de humedad que puede evaporarse en los gases de combustión sin condensarse. Estos sistemas generalmente no tienen requisitos de manejo/eliminación de aguas residuales.

Configuración:

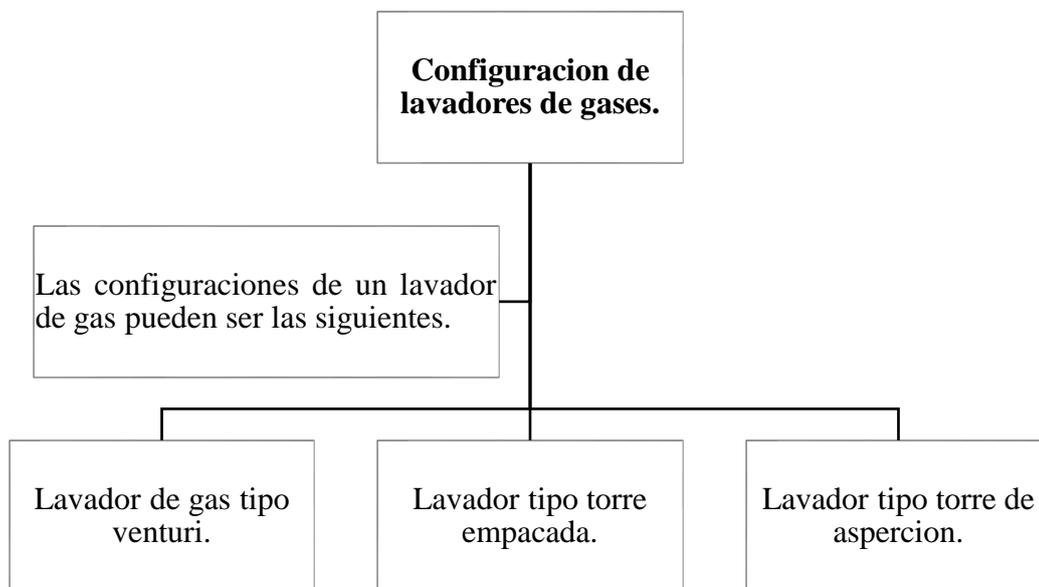


Figura 3.6. Configuraciones de los lavadores de gases.

- **Lavador de gas Venturi**

Los lavadores de gases húmedos tipo Venturi son depuradores con una cámara en forma de Venturi con secciones convergentes y divergentes; se usan comúnmente en industrias para el control de la contaminación del aire. Con esta configuración, se puede capturar partículas pequeñas (de polvo, humos químicos, vapores, compuestos orgánicos volátiles, entre otros) generadas en procesos industriales. El agua se inyecta a baja presión en la garganta del Venturi a través del cual la corriente de gas pasa a altas velocidades. La energía del gas atomiza el

líquido, permitiendo que partículas y contaminantes sean arrastrados en gotitas. La principal ventaja de un lavador de gas venturi es que puede manejar las corrientes de gas a altas temperaturas y al mismo tiempo eliminar el gas contaminante como las partículas.

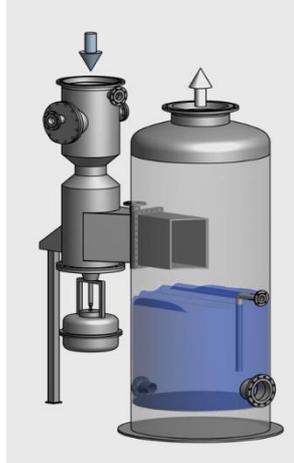


Figura 3.7. Lavador de gas tipo Venturi.

- **Lavador de gas tipo torre empacada**

Conocido también con el nombre de depurador de lecho empacado o torre lavadora de gases verticales, se utilizan para eliminar ácidos, gases solubles, productos químicos, humos y olores. El aire contaminado fluye a través del medio de la torre especialmente diseñada para cada aplicación. El solvente líquido con el que la torre está empapada se usa para absorber los contaminantes del gas. Un rocío descendiente con el agua de reposición elimina los productos contaminantes antes de que precipiten.



Figura 3.8. Lavador de gas tipo torre empacada.

- **Lavador de gas tipo torre de aspersión**

En las torres de aspersión o cámaras de pulverización, las corrientes de gas se introducen en una cámara y entran en contacto con el líquido de fregado producido por las boquillas de pulverización. Las cámaras pueden orientarse para flujo cruzado, flujo en contracorriente o flujo concurrente (co-corriente). Las cámaras también pueden incluir deflectores para mejorar el contacto gas-líquido. Las torres de aspersión tienen un bajo consumo de energía pero tienen una eficiencia de recolección de partículas relativamente baja. El agua recirculada en el sistema debe limpiarse a fondo para evitar que la boquilla se ensucie excesivamente o se obstruya.

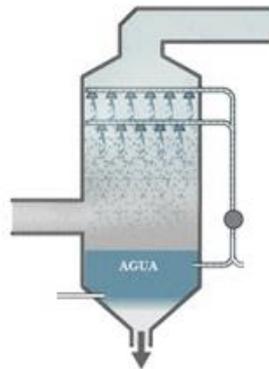


Figura 3.9. Lavador de gas tipo torre de aspersión.

3.8.2. Lavado químico por aspersión de Soda cáustica

Para el proceso de lavado químico con la utilización de soda caustica se hace referencia a un lavador tipo torre el cual pulverizara la mezcla para que la misma entre en contacto con los gases.

El hidróxido de sodio, que se conoce comúnmente como soda cáustica, se produce comercialmente por dos métodos básicos: celdas electrolíticas y proceso químico. [6]

La soda cáustica es uno de los elementos constitutivos básicos de la química, y como tal, encuentra una diversidad de usos. Algunas de categorías generales de uso son: fabricación de productos químicos; fabricación de pasta y papel; productos de limpieza; petróleo y gas natural; película de celulosa; proceso textil de algodón; y tratamiento de aguas.

Sus usos más relevantes están en la fabricación de productos químicos, que incluyen neutralización del ácido residual, control del pH, lavado cáustico de gases residuales, catálisis y extracción cáustica. [6]

3.9. Sistemas de intercambio de calor

Intercambiadores de calor

Un intercambiador de calor es uno de los equipos más utilizados a nivel de instalaciones térmicas, tanto a nivel edificatorio, terciario como industrial. Un intercambiador de calor es un equipo diseñado para transferir calor entre dos fluidos. Estos dos fluidos (líquidos, gases) pueden estar en contacto o separados por una barrera sólida. Su uso es básico en todo tipo de sistemas de climatización o refrigeración, acondicionamiento de aire, transferencia energética o en procesos químicos. La transmisión de calor se produce mediante convección y conducción. [7]

Las aplicaciones de los intercambiadores de calor son prácticamente ilimitadas a nivel industrial y en instalaciones, ya que forman parte de cualquier proceso en el que se quiera transferir calor. De forma general, podemos decir que los principales usos de los sistemas de intercambio de calor son:

- Elevar la temperatura de un fluido, usando otro más caliente.
- Refrigerar un fluido usando otro que se encuentra a menos temperatura.
- Condensar gases.
- Evaporar líquidos.

Diferentes tipos de sistemas:

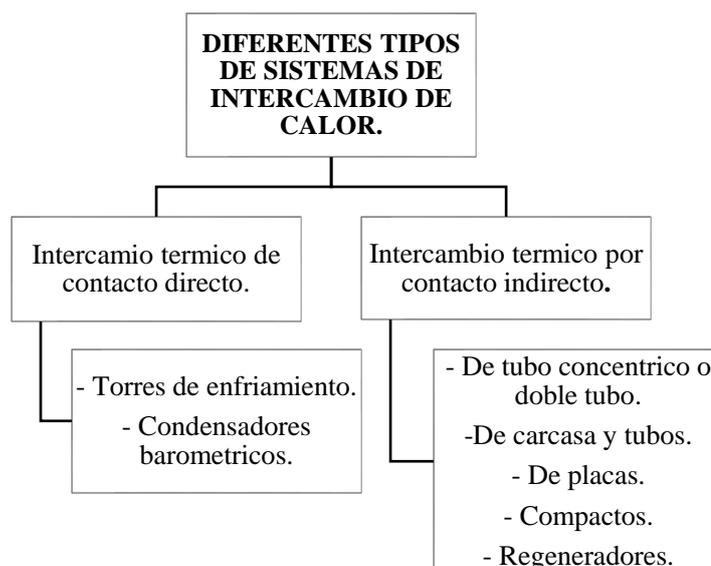


Figura 3.10. Clasificación de los sistemas de intercambio térmico.

Se los puede definir en función al requerimiento del proceso:

- Cambio de temperatura sin que exista cambio de fase (disminuir temperatura de una sustancia en la misma fase).
- Cambio de fase sin que exista cambio de temperatura (cambiar de gas a líquido).
- Ambas acciones, generar cambio de temperatura y cambio de fase.

- **Intercambiador de calor de contacto directo**

En los intercambiadores de contacto directo la transferencia de calor se produce por medio de una mezcla física de los fluidos que intervienen en el proceso. Un ejemplo de este tipo de intercambiadores son las torres de refrigeración. En este caso el contacto directo se produce entre una corriente de agua caliente (fluido a enfriar) usando aire seco y más frío.

- **Intercambiador de calor de contacto indirecto**

En un intercambiador de tipo indirecto no existe contacto directo entre los fluidos y nunca llegan a mezclarse. Los fluidos están separados por una barrera sólida y pueden también no coincidir en el mismo instante de tiempo. Los intercambiadores de calor de contacto indirecto pueden ser de varios tipos, siendo los más usados, según su tipología constructiva.

3.9.1. Sistemas de intercambio de calor indirecto

Clasificación de intercambiadores de calor indirectos:

Existen diversos tipos de intercambiadores de calor indirectos que permiten la transferencia de calor sin que sus fluidos se mezclen como son:

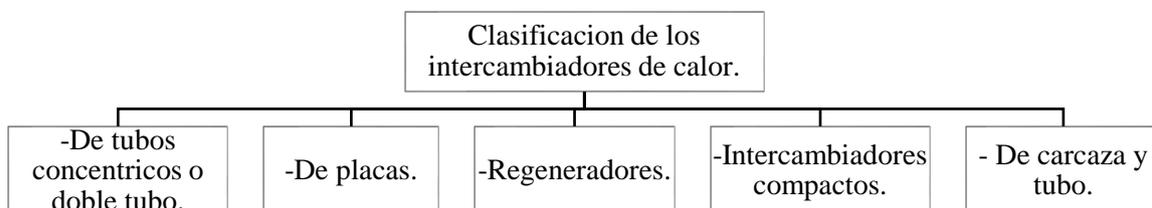


Figura 3.11. Clasificación de los tipos de intercambiadores de calor.

3.10. Intercambiadores de calor de coraza y tubos:

Las unidades conocidas con este nombre están compuestas en esencia por tubos de sección circular montados dentro de una coraza cilíndrica con sus ejes paralelos al eje de la coraza. Son diversos los usos que se le pueden acreditar a cada uno de los tipos de intercambiadores existentes, pero en general, los intercambiadores son usados para recuperar calor entre dos corrientes en un proceso. Para los intercambiadores de calor de coraza y tubos, algunos de los usos que se conocen son los siguientes:

- Vapor/Agua, para condensar vapor y/o calentar agua.
- Aceite/Agua, para enfriar aceite en sistemas de lubricación o hidráulicos y transformadores eléctricos.
- Vapor/Combustóleo, para calentar combustóleo en tanques de almacenamiento, fosas de recepción y estaciones de bombeo.
- Aire/Agua, para enfriar aire como Post-enfriadores de compresos de aire (alter - coolers).
- Refrigerante/Agua, para condensar refrigerantes.
- Intercambiadores de calor para procesos químicos y/o petroquímicos; fabricados en acero al carbón, acero inoxidable y/o aceros especiales.
- Chillers (Intercambiadores de calor para enfriar agua con gas refrigerante para unidades de agua helada). [8]

“La norma española UNE-EN 12952-12 se refiere aquellos componentes situados entre la entrada de agua de alimentación y la salida del vapor del generador de vapor. La calidad del vapor producido esta afuera del objeto y campo de aplicación de la norma.”

3.10.1. Características de los intercambiadores de calor de coraza y tubos:

De los diversos tipos de intercambiadores de calor, éste es el más utilizado en las refinerías y plantas químicas en general debido a que:

- a) Proporciona flujos de calor elevados en relación con su peso y volumen.
- b) Es relativamente fácil de construir en una gran variedad de tamaños.
- c) Es bastante fácil de limpiar y de reparar.
- d) Es versátil y puede ser diseñado para cumplir prácticamente con cualquier aplicación.

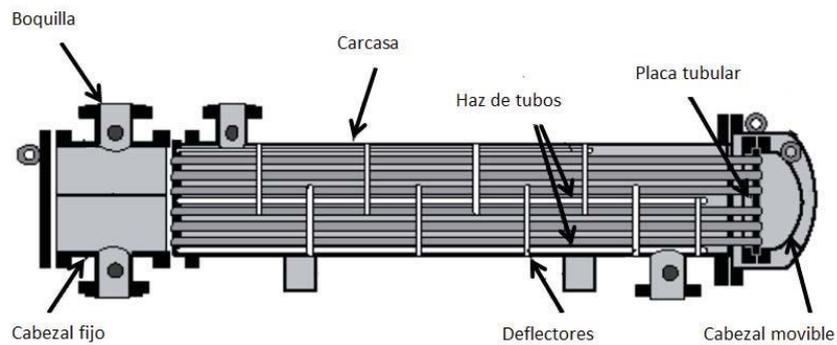


Figura 3.12. Intercambiador de tubo y coraza.

Este tipo de equipo consiste en una carcasa cilíndrica que contiene un arreglo de tubos paralelo al eje longitudinal de la carcasa. Los tubos pueden o no tener aletas y están sujetos en cada extremo por láminas perforadas. Estos atraviesan a su vez a una serie de láminas denominadas deflectores (bafles) que al ser distribuidas a lo largo de toda la carcasa, sirven para soportar los tubos y dirigir el flujo que circula por la misma, de tal forma que la dirección del fluido sea siempre perpendicular a los tubos. El fluido que va por dentro de los tubos es dirigido por unos ductos especiales conocidos como cabezales o canales. [8]

3.11. Clasificación de intercambiadores de calor por el sentido de circulación de fluidos

Flujo paralelo

Posee dos configuraciones diferentes la una conocida como “equicorriente” (figura N° 3, 4) que es en donde los fluidos internos circulan en una misma dirección es decir entran y salen por el mismo extremo presentando una diferencia de temperatura muy significativa, y la otra conocida como “contra flujo” (figura N° 5, 6) que es en donde los fluidos internos circulan en la misma dirección pero en sentido contrario es decir cada fluido ingresa al intercambiador de calor por diferentes extremos. El intercambiador de contraflujo puede presentar la temperatura más alta en el fluido frío y la más baja temperatura en el fluido caliente una vez realizada la transferencia de calor en el intercambiador.

- **Equicorrente**

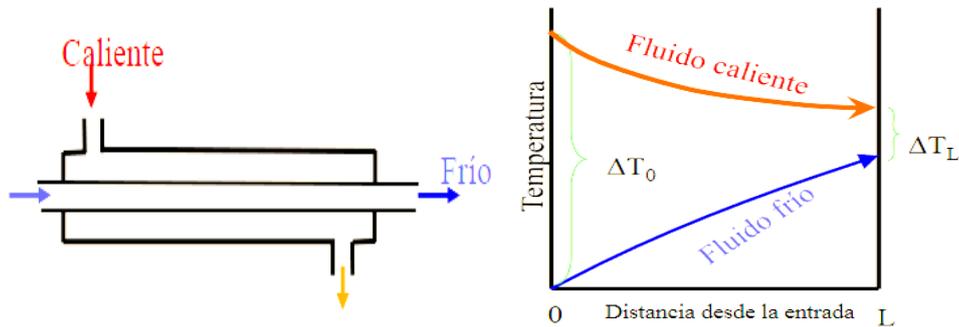


Figura 3.13. Flujo equicorrente de un intercambiador de calor.

Fuente: [9]

- **Contraflujo**

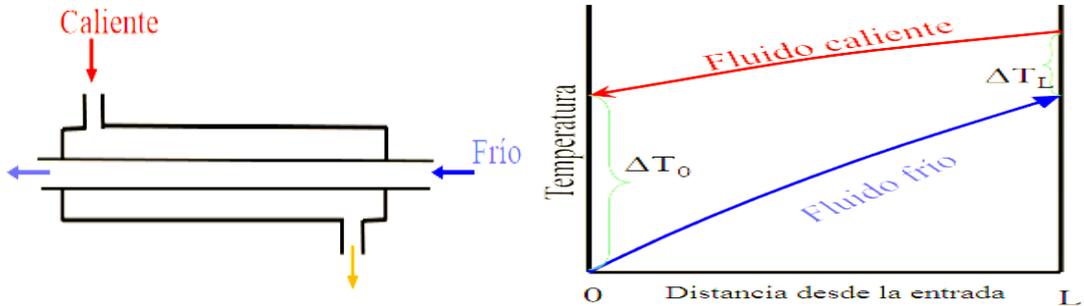


Figura 3.14. Configuración contra flujo de un intercambiador de calor.

Fuente: [9]

Flujo cruzado:

En el intercambiador de calor de flujo cruzado uno de los fluidos fluye de manera perpendicular al otro fluido, esto es, uno de los fluidos pasa a través de tubos mientras que el otro pasa alrededor de dichos tubos formando un ángulo de 90° . Los intercambiadores de flujo cruzado son comúnmente usado donde uno de los fluidos presenta cambio de fase y por tanto se tiene un fluido pasando por el intercambiador en dos fases bifásico. Un ejemplo típico de este tipo de intercambiador es en los sistemas de condensación de vapor, donde el vapor exhausto que sale de una turbina entra como flujo externo a la carcasa del condensador y el agua fría que fluye por los tubos absorbe el calor del vapor y éste se condensa en forma de agua líquida. Se

pueden condensar grandes volúmenes de vapor de agua al utiliza este tipo de intercambiador de calor. En la actualidad, la mayoría de los intercambiadores de calor no son puramente reflujo paralelo, contraflujo, o flujo cruzado; estos son comúnmente una combinación de los dos o tres tipos de intercambiador. [9]

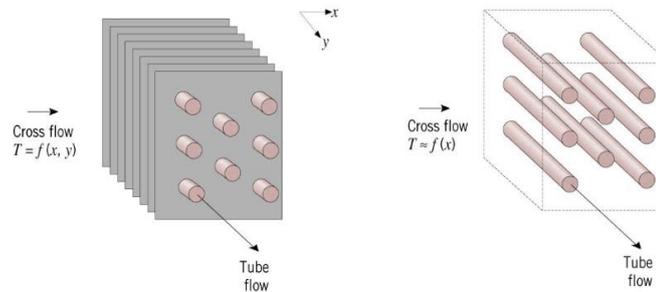


Figura 3.15. Configuración contra flujo de un intercambiador de calor.

Fuente: [9]

3.12. Condensación

El fenómeno de condensación de los gases es común en aplicaciones de la ingeniería mecánica y a fines, la condensación se realiza en máquinas térmicas llamadas condensadores, como lo aclara Mills en Transferencia de Calor. El fenómeno de la condensación exige que un refrigerante, otra sustancia más fría o un elemento enfriador eliminen la entalpia de cambio de fase, se conoce que la entalpia de cambio de fase es muy elevada, se supone que las velocidades de transferencia de calor también son elevadas, específicamente en el caso del agua y vapor de agua. [10]

Los tipos de condensación que existen se detallan a continuación:

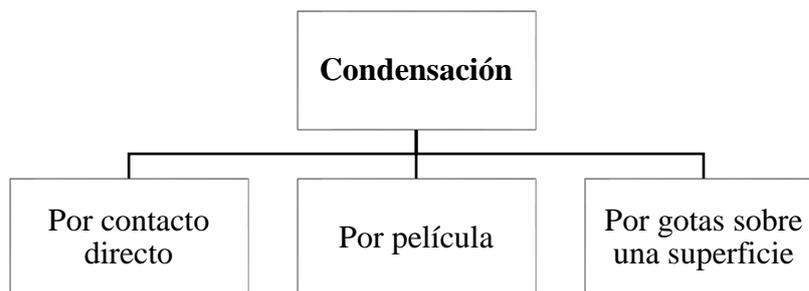


Figura 3.16. Tipos de condensación.

Se realiza la descripción de los sistemas de contacto directo ya que es una opción seleccionada para el sistema.

Condensación por contacto directo.

Esta modalidad de condensación consiste en poner en contacto las dos sustancias y esperar que el fenómeno se realice exclusivamente por el diferencial de temperatura, entalpía y energía interna. En este caso el vapor se puede condensar en dos formas: en un chorro descendente, en una película líquida y en tipo de gotas; y su coeficiente de transferencia de calor es muy elevado. Así mismo, en esta modalidad las vibraciones inducidas y la presencia de flujos bifásicos son evidente, aunque por motivos de modelación pueden o no ser considerados para el objeto de estudio.

3.13. Balance de masa y energía en equipos de intercambio térmico con cambio de fase.

Para el balance de masa y energía de un equipo de intercambio térmico intervienen los flujos de entrada del líquido refrigerante y del fluido a enfriar, a su vez cada entrada tiene una salida correspondiente. Para cualquier tipo de intercambiado cuando uno de los flujos se mantiene a temperatura constante (cambio de fase), o el producto mC_p de una corriente es mucho mayor que la otra.

La distribución de temperaturas es la misma independientemente del tipo de intercambiador, por lo tanto existe una única relación.

Diagrama T-v

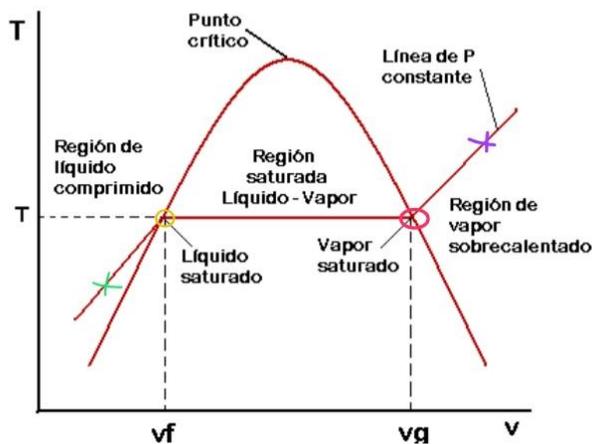


Figura 3.17. Curva del comportamiento del vapor de agua.

Fuente: Google imágenes.

El principio que rige los balances de energía es la ley de conservación de la energía que establece que la energía no puede crearse ni destruirse, esta ley es también llamada primer principio de la termodinámica.

Para los balances energéticos se consideran dos tipos de energía:

- a) La energía almacenada en un sistema: Energía cinética, energía potencial, energía interna, energía química,
- b) La energía en tránsito entre el sistema y su entorno: calor y trabajo

El balance de energía es la expresión matemática del primer principio de la Termodinámica, por lo tanto en cualquier proceso será cierto que el calor tomado coincidirá con el calor cedido [10]

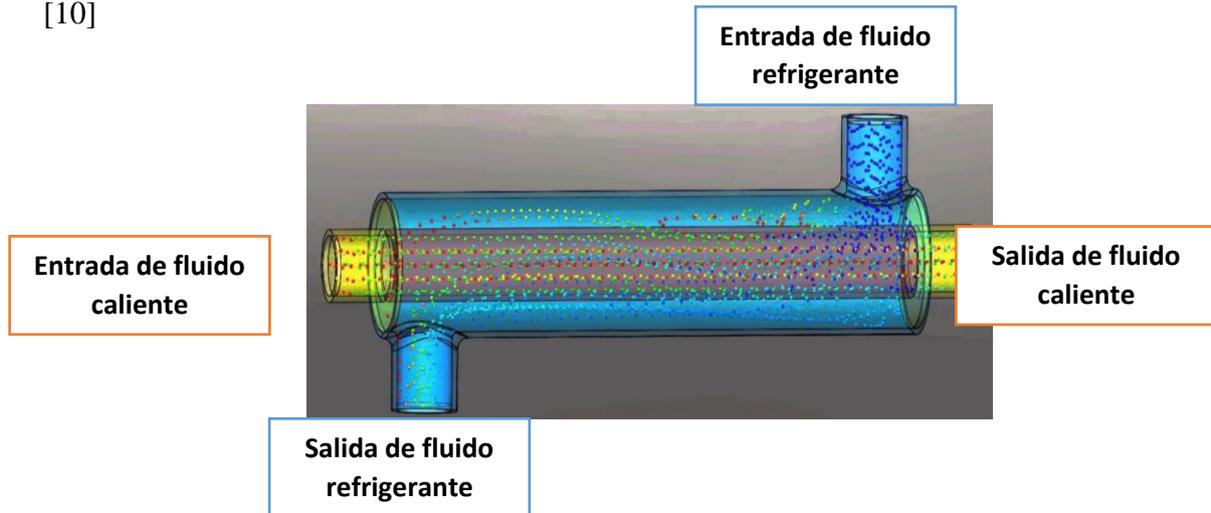


Figura 3.18. Relación de fluidos de entrada y salida del intercambiador.

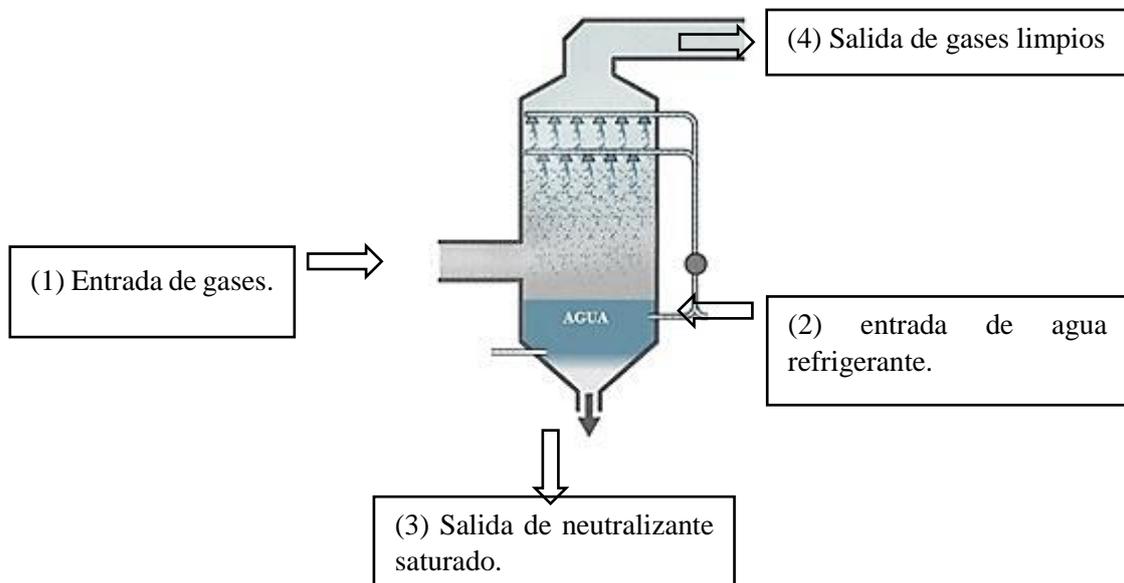


Figura 3.19. Relación de fluidos de entrada y salida del condensador.

3.14. Sistemas CAD – CAE

Diseño Asistido por Computadora (CAD)

Un programa CAD cuenta con una interfaz desarrollada con el propósito de facilitar al usuario la creación, modificación y optimización de un diseño. Los programas CAD están pensados

para incrementar la productividad, mejorar la calidad del diseño, crear una base de datos para la manufactura y mejorar la comunicación a través de la documentación. Son empleados en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la industria automotriz, aeroespacial, textil, entre otras, sin embargo, también se usan en producción de animación por computadora para efectos especiales en películas y publicidad. [11]

Ingeniería Asistida por Computadora (CAE)

Son programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador u otros medios, para valorar sus características, propiedades, viabilidad, y rentabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y costos de fabricación, y reducir al máximo las pruebas para la obtención del producto final. La base de todas ellas se presenta como módulos o extensiones de aplicaciones CAD, que incorporan: – Análisis cinemático – Análisis por el método de elementos finitos (FEM, Finite Elements Method) – Maquinado por control numérico CNC (Computer Numerical Control) – De exportación de ficheros “Stl” (Estereolitografía) para máquinas de prototipado rápido. [11]

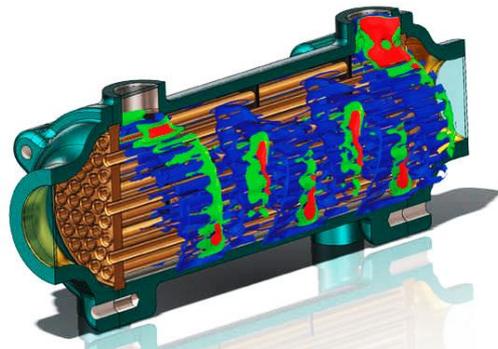


Figura 3.20. Sistemas CAE ejemplos de análisis de transferencia de calor.

Fuente: [11]

La mayoría de los parámetros que se usan en simulaciones están basados en el ambiente, como presión, temperatura, fuerzas aplicadas, y en las interacciones que el modelo debería experimentar una vez que empiece a operar. Estos parámetros son necesarios para determinar si la pieza examinada podría manejar, teóricamente, las limitaciones del diseño. [11]

Para el proceso de diseño del sistema de enfriamiento de gases se deberá contar con elementos como el equipo de intercambio térmico y el lavador de gases. Mediante el requerimiento de cada elemento se aplicara diversos tipos de investigación para determinar las características, especificaciones y valores de cada uno.

4. METODOLOGÍA.

Para el diseño de un sistema de condensación de gases de un digestor avícola intervienen varios aspectos y tipos de investigación las cuales permiten determinar todas las variables que inciden dentro del proceso, estas variables serán obtenidas de manera cualitativa y cuantitativa mediante investigaciones de campo, investigación bibliográfica y simulación. Para de esta manera poder obtener la condensación de los gases que emana el digestor dando de esta forma un alcance significativo de la propuesta tecnológica.

4.1. Proceso de diseño

4.1.1 Definición de requisitos

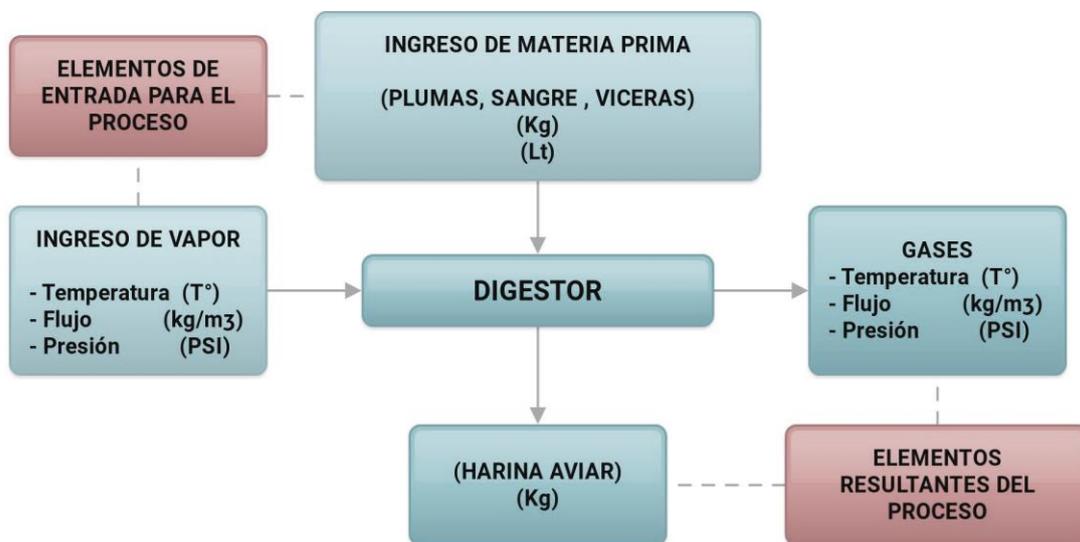


Figura 4.1. Definición de elementos, variables de entrada y salida del digestor.

Realizando un enfoque al contexto real del proceso para la generación de harina aviar se encuentra que los elementos resultantes el digestor se puede definir como requisito y elemento fundamental para la correcta realización de la propuesta tecnológica.

- **Medición de las temperaturas de entrada y salida del vapor al digestor.**

Para las mediciones de temperatura de vapor a la salida de la chimenea del digestor y la temperatura del fluido refrigerante se realizara mediciones manuales por diez días en la planta de faenamiento mediante la ayuda de termómetros e instrumentos de medida de tipo industrial.

- **Cantidad de materia prima que ingresa, la cantidad de qué materia prima procesada o harina aviar que se obtiene.**

Se obtendrá mediante conversaciones con los encargados de los registros del departamento de producción de la empresa.

- **Características de los gases que salen del digestor en cada lote de producción.**

Para la determinación de las características y propiedades de los gases que ingresan para la realización del proceso de enfriamiento se realizara un análisis y cromatografía de los mismos mediante las normativas de un laboratorio certificado.

Para la determinación de las masas que ingresan se realizará cálculos y balances de masa y energía.

4.1.2. Estructura funcional del sistema de enfriamiento

El biodigestor que es el encargado de la producción de un subproducto de las aves conocido como harina aviar, es el mismo que expulsa al medio ambiente como subproducto no planificado una cantidad considerable de gases por un tiempo determinado, gases que por la composición química de la materia prima ocupada para la generación de la harina aviar desprende olores netamente desagradables. Para ello se pretende lavar químicamente los gases e introducirlos a un equipo de intercambio térmico para de esta manera llevar a los gases a una temperatura de condensación permitiendo de esta manera desechar los residuos líquidos al medio ambiente.

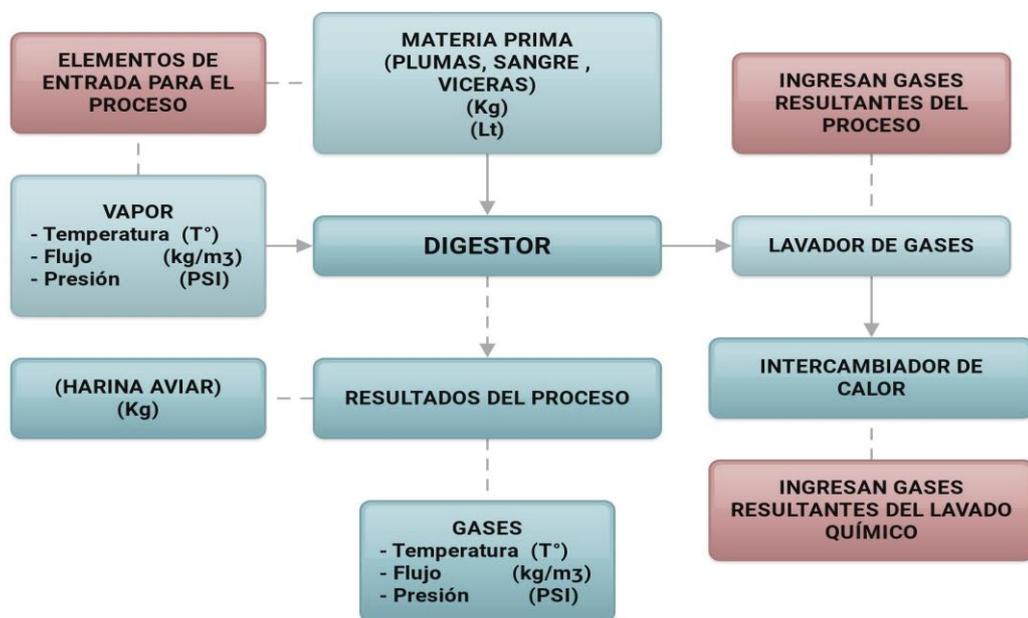


Figura 4.2. Definición de la estructura funcional para el sistema de enfriamiento de gases.

4.1.3. Diseño conceptual

Se obtiene de la proposición de 2 escenarios de trabajo determinados para el análisis de la propuesta tecnológica:

1. Digestor + intercambiador.

En la configuración o escenario número 1 los gases expulsados del digestor por el resultado de la producción de harina aviar ingresarían directamente al intercambiador como muestra la (Figura 4.3).

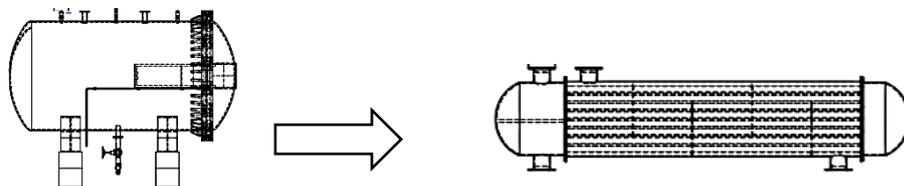


Figura 4.3. Digestor más intercambiador de calor.

2. Digestor + lavador de gases.

En la configuración número 2 los gases expulsados del digestor por el resultado de la producción de harina aviar ingresarían a un lavador de gases como muestra la (Figura 4.4).

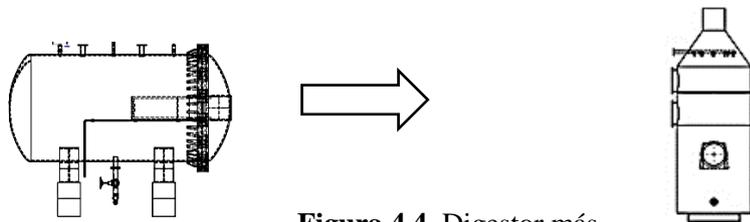


Figura 4.4. Digestor más lavador de gases.

Para la determinación de una o más configuraciones óptimas que puedan dar solución a la propuesta tecnológica se realizara y determinara los equipos necesarios en base a los aspectos y variables de fábrica encontrados en catálogos. Y mediante cálculos y simulaciones se determinara la efectividad de los sistemas propuestos.

4.1.4. Análisis de opciones

Para la determinación del equipo que realizara la condensación de gases se realiza una evaluación en donde intervienen criterios técnicos y económicos los cuales ayudaran a definir el equipo en función a las condiciones presentes en el lugar de ejecución de la propuesta tecnológica.

Tabla 4.1. Criterios para la selección del equipo condensador.

Criterios para la determinación y selección del equipo que se utilizara para la condensación de gases.				
		Intercambiador de calor de tubo y coraza.	Condensador barométrico.	
Criterio técnico y características	Masa de agua necesaria:		Masa de agua necesaria:	
	Resistencia a la corrosión:		Resistencia a la corrosión:	
	Posibilidad de reutilización de agua de enfriamiento en otro sector:		Posibilidad de reutilización de agua de enfriamiento en otro sector:	
	Factor de limpieza y mantenimiento.		Factor de limpieza y mantenimiento.	
	Bomba eléctrica para alimentación de fluido refrigerante:		Bomba eléctrica para alimentación de fluido refrigerante:	
	Efectividad de condensado		Efectividad de condensado	
Factor económico.	Disponibilidad de la empresa.		Disponibilidad de la empresa.	
	Manejo de residuos condensados.		Manejo de residuos condensados.	
	Posibilidad de tratamiento de condensados.		Posibilidad de tratamiento de condensados.	

Tabla para valoración:

Muy Bueno	Bueno	Malo
10	5	1

- **Diagrama del proceso para el enfriamiento de gases**

En el diagrama del proceso se toma en cuenta los puntos más esenciales que intervienen para el enfriamiento de los gases.

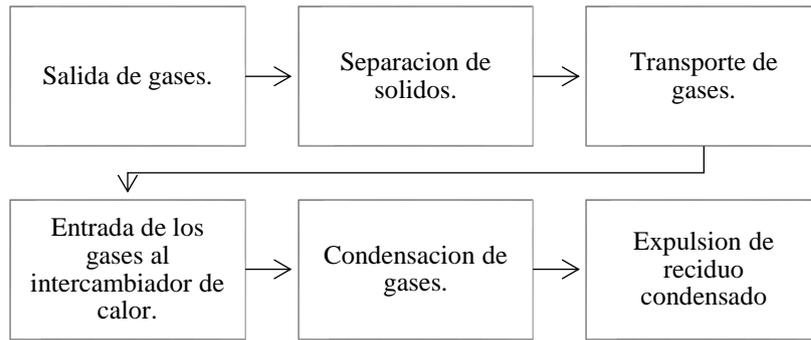


Figura 4.5. Diagrama mental del proceso de enfriamiento de gases.

4.1.5. Diseño Dimensional

Para poder comprobar la efectividad del equipo de intercambio térmico en el proceso de enfriamiento de gases, cantidad de fluido refrigerante y cantidad de residuo condensado se procede a realizar cálculos mediante las ecuaciones que se detallan a continuación:

- **Diseño dimensional del equipo intercambiador de calor**

Balance de energía del equipo condensador

Se realizara el análisis y comparación entre de los equipos de intercambio térmico que ellos poseen y uno dimensionado, se procede entonces a realizar un balance de energía determinando como equipo condensador a un intercambiador de calor de tubo y coraza.

Transferencia de calor mediante convección en los intercambiadores de calor

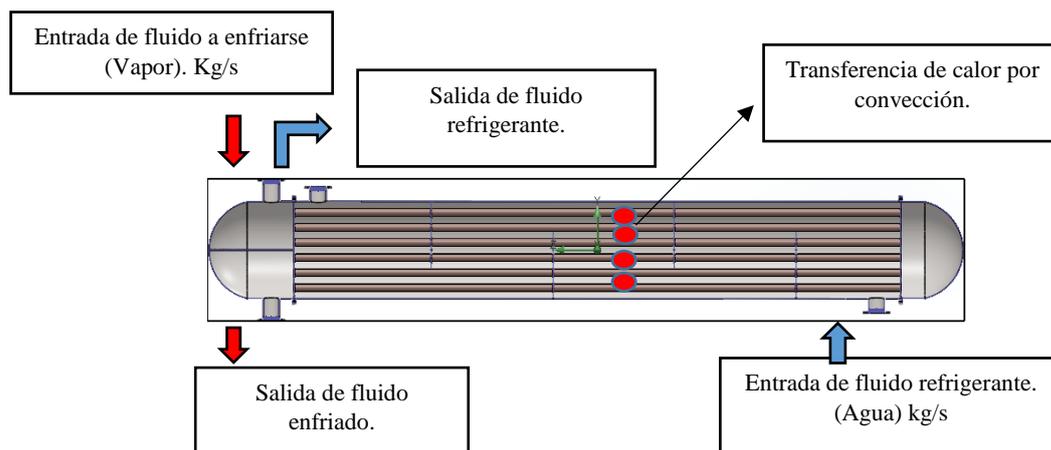


Figura 4.6. Balance de energía del intercambiador.

Cuando un fluido se pone en contacto con una superficie sólida a una temperatura distinta, el proceso resultante de intercambio de energía térmica se denomina transferencia de calor por convección. Hay dos tipos de procesos de convección: convección libre o natural y convección forzada en el caso del intercambiador de calor será un proceso de convección forzada.

$$q_{(x)} = h * A(T_s - T_{\infty}) \quad (4.1)$$

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección de la interface líquido-sólido.

A = Área superficial en contacto con el fluido en m²

T_s = Temperatura de la superficie, K.

T_∞ = Temperatura del fluido no perturbado lejos de la superficie trasmisora de calor.

Balance de energías del equipo condensador para determinación del flujo de agua necesario para el enfriamiento de gases.

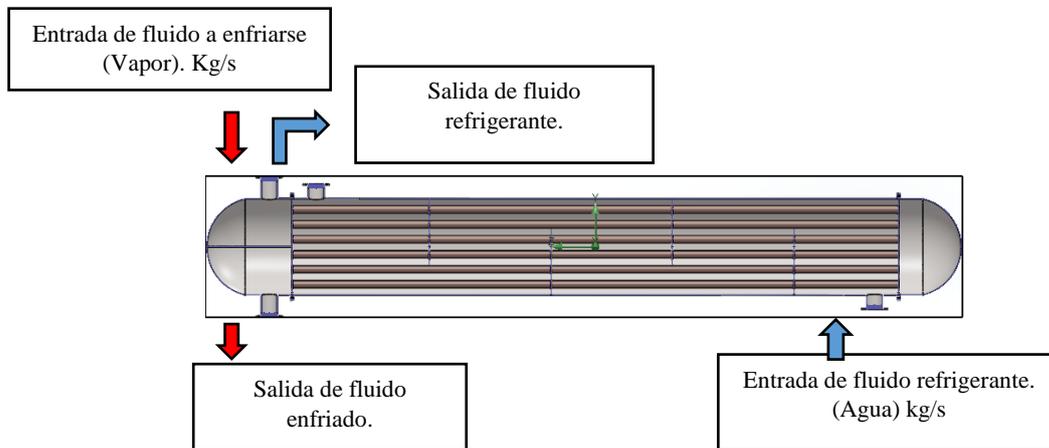


Figura 4.7. Balance de energía para la obtención de masa de agua.

$$Q_{entrada} = Q_{salida}$$

$$m_v * c_p * \Delta T_v + m_v * h_{fg} = m_a * c_p * \Delta T_a$$

$$m_v (Cp_v * \Delta T_v + h_{fg}) = m_a * Cp_a * \Delta T_a$$

$$m_a = \frac{m_v (Cp_v * \Delta T_v + h_{fg})}{Cp_a * \Delta T_a} \quad (4.2)$$

En donde:

ma: flujo de agua de enfriamiento.

mv: flujo de vapor.

C_{pv}: (buscar a la temperatura que ingresa el vapor)

ΔT_v: cambio de temperatura del vapor (entrada – salida).

h_{fg}: entalpia de evaporación a temperatura minima de condensacion.

C_{pa}: (buscar a temperatura que sale el agua).

ΔT_a: cambio de temperatura del agua (entrada – salida).

Con la obtencion de la ecuacion y la sustutucion de valores se puede obtener una referencia directa de la cantidad de agua para la condensacion de los gases.

Método de cálculo para variables de salida en el intercambiador.

El problema básico en los cálculos relativos a los intercambiadores de calor es de dos tipos fundamentales:

- Calcular otras variables (potencia térmica, coeficiente global, área de transferencia necesaria) conocidas las temperaturas de entrada y salida de los fluidos frio y caliente. Para la resolución de este problema el método más adecuado el de la Temperatura Media Logarítmica (LMTD - Log Mean Temperature Difference).
- Calcular otras variables siendo desconocidas la temperatura de salida de los fluidos frio y caliente. En este caso el método más adecuado es de la Efectividad-NTU (Number of Transfer Units).

Método LMTD.

Para el intercambiador a contra flujo, donde los fluidos fluyen en sentido contrario a través del intercambiador se utiliza la fórmula:

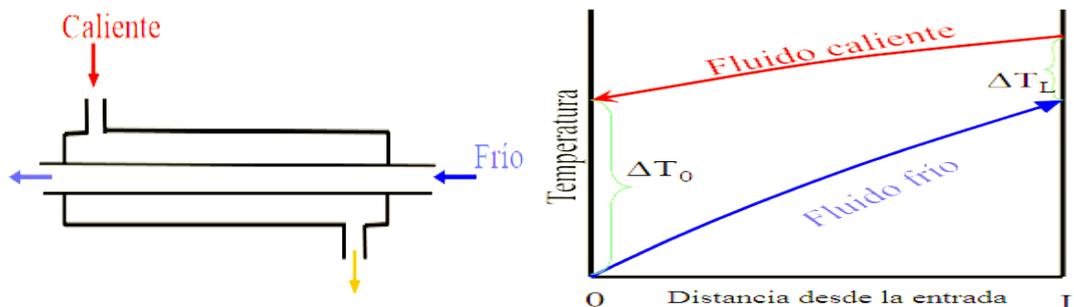


Figura 4.8. Configuración contra flujo de un intercambiador de calor.

Fuente: [9]

$$Q = U * A * LMTD \quad (4.3)$$

EN DONDE:

Q: flujo de calor transferido.

A: área de transferencia de calor del equipo en (m²).

U: coeficiente global de transferencia de calor (W/m².K).

LMTD: diferencia de temperatura media logarítmica.

$$A = \pi * d * l * n. \quad (4.4)$$

En donde:

d: diámetro exterior de tubos.

l: longitud de los tubos (m).

n: número de tubos

- Se realiza un análisis de balance de fluidos.

$$QH2O = mH2O * Cp * \Delta TH2O \quad (4.5)$$

SIENDO:

mH2O: flujo de agua que circula por el equipo (kg/s).

Cp: calor específico a presión constante (kJ/kg°C).

Δt: diferencia de temperatura entre la entrada y salida del intercambiador(°C).

$$LMTD = \frac{(T1 - t2) - (T2 - t1)}{\ln\left(\frac{T1 - t2}{T2 - t1}\right)} \quad (4.6)$$

Método de la efectividad-NTU

-Este método se basa en un parámetro adimensional llamado Efectividad de la transferencia de calor, e, definido de la siguiente forma:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}}$$

(4.7)

En donde:

Q: velocidad de transferencia de calor real.

Q max: velocidad maxima posible de transferencia de calor.

Para el cálculo correspondiente no se especifican las temperaturas de salida y no se pueden determinar con base en un balance de energía. En este caso, la aplicación del método de la LMTD comprenderá tediosas iteraciones y, por lo tanto, el indicado es el método de la e-NTU. El primer paso en este último método es determinar las razones de capacidad calorífica de los fluidos caliente y frío e identificar la menor:

$$C_h = (\dot{m}h) (C_{ph}) \quad (4.8)$$

$$C_c = (\dot{m}h) (C_{pc}) \quad (4.9)$$

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} \quad (4.10)$$

En donde:

C: es el valor mínimo entre Ch y Cc.

- Para determinar la razón máxima de transferencia de calor:

$$\dot{Q}_{max} = C_{min}(T_{h, entrada} - T_{c, entrada}) \quad (4.11)$$

- Para calcular el área superficial de transferencia de calor:

$$A_s = n(\pi \cdot D \cdot L) \quad (4.12)$$

- Entonces para el NTU de este intercambiador queda:

$$NTU = \frac{U \cdot A_s}{C_{min}} \quad (4.13)$$

- A partir de la figura se determina la efectividad del intercambiador:

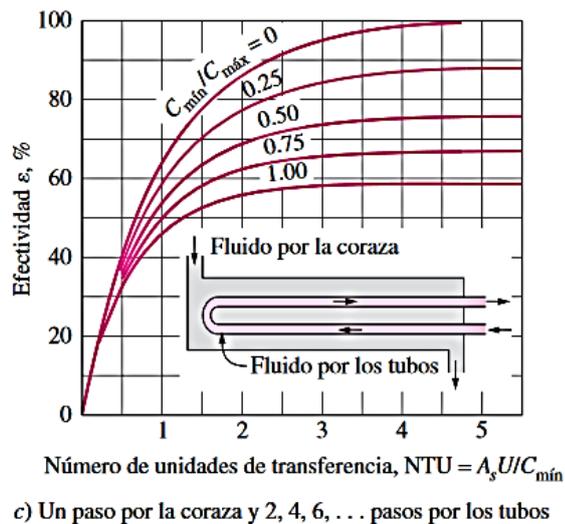


Figura 4.9. Curva para la obtención de la efectividad del intercambiador.

- Y la eficiencia también puede ser determinada como:

$$\phi = \frac{\varepsilon}{NTU} \quad (4.14)$$

- Entonces para la razón de transferencia de calor real:

$$\dot{Q} = (\varepsilon)(Q_{\max}) \quad (4.15)$$

- Para conocer las temperaturas de salida de las corrientes de los fluidos frío y caliente:

Para el fluido frío.-

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= C_c(T_{c,salida} - T_{c,entrada}) \\ T_{c,salida} &= T_{c,entrada} + \frac{\dot{Q}}{C_c} \end{aligned} \quad (4.16)$$

Para fluido caliente.-

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= C_h(T_{h,salida} - T_{h,entrada}) \\ T_{h,salida} &= T_{h,entrada} - \frac{\dot{Q}}{C_c} \end{aligned} \quad (4.17)$$

- **Diseño dimensional del equipo condensador barométrico.**

Balance de masa y energía del equipo de condensador - lavador.

Tomando como referencia un condensador barométrico de gases de tipo spray el cual permite condensar y lavar los gases por contacto directo se realiza un balance de masa y energía en base al equipo seleccionado.

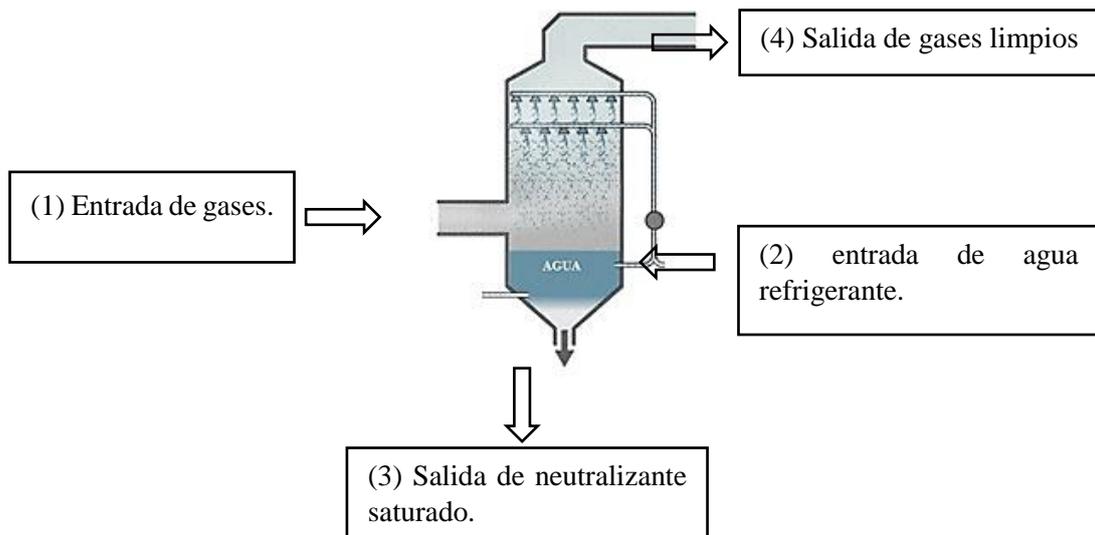


Figura 4.10. Lavador de gases tipo torre de aspersión para balance de masa y energía.

Calor requerido en el condensador

$$Q_{\text{barometrico}} = m_{\text{de gases}} \cdot h_{fg2} \quad (4.18)$$

En donde:

m de gases: flujo másico de vapor o gases.

h_{fg}: entalpia de condensación.

Balance de masa del condensador - lavador de gases:

$$\dot{m}_{\text{vapor}} \cdot h_{\text{vapor}} + \dot{m}_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}} = \dot{m}_{\text{mezcla}} \cdot h_{\text{mezcla}} \quad (4.19)$$

En donde:

m vapor : flujo másico de vapor .

h vapor: entalpia del vapor.

m agua: flujo másico de agua de enfriamiento.

h agua: entalpia del agua de enfriamiento.

m mezcla: flujo másico de mezcla.

h mezcla: entalpia de la mezcla.

Calculo del equipo condensador - lavador químico (condensador barométrico).

Tomando como referencia un condensador barométrico tipo spray que se convierte en el lavador de gases de tipo húmedo que se propone en la propuesta tecnológica para lavarlos mediante una solución líquida se realiza un balance de masa y energía.

Diseño y selección de medidas, parámetros del equipo condensador barométrico

Para el diseño de un equipo condensador de contacto directo o barométrico se toman las referencias de construcción que se encuentran en tablas en la página 565 del manual del ingeniero azucarero de Hugot, los parámetros necesarios son:

- Altura del condensador
- Diámetro del condensador

4.1.6. Diseño dimensional del sistema de alimentación del fluido refrigerante.

Se debe determinar las ecuaciones que ayuden a seleccionar una bomba de agua la misma que enviara el fluido refrigerante a través del equipo condensador.

- **Diámetro de las tuberías de alimentación.**

$$Q = v \cdot A \left(\frac{m^3}{s} \right) \quad (4.18)$$

$$A = \frac{Q}{v} \text{ (m}^2\text{)} \quad (4.19)$$

En donde:

Q: caudal. (m³/s)

V: velocidad. (m/s)

A: área. (m²)

D: diámetro.

$$A = \frac{(\pi)(D^2)}{4} \text{ (m}^2\text{)}$$
$$D = \sqrt{\frac{(4)(A)}{\pi}} \quad (4.20)$$

4.1.7. Dimensionamiento para la selección de la bomba de alimentación:

Altura manométrica

$$H = H_g + P_c$$

En donde:

H_g: Altura geométrica.

P_c: Perdidas de carga en accesorios.

$$H_g = H \text{ de aspiración} + H \text{ de impulsión.}$$

Altura de aspiración.

$$H_{asp} = H_a + P_{c.a}$$

$$P_{c.a} = k \left(\frac{v^{1.85}}{(2)(g)} \right)$$

(4.21)

En donde:

K: Coeficiente de pérdidas en accesorios. (Adimensional)

g: Gravedad (9.8 m/s)

Altura de impulsión.

$$H_{imp} = H_{imp} + P_{c.i}$$

$$P_{c.i} = k \left(\frac{v^{1.85}}{(2)(g)} \right)$$

(4.22)

Altura manométrica que debe proporcionar la bomba.

$$H = H \text{ de aspiración} + H \text{ de impulsión. (m)}$$

(4.23)

4.1.8. Diseño dimensional de la tubería de transporte de gases.

$$D = \sqrt{\frac{(4)(\dot{v})}{(\pi)(v)}}$$

(4.24)

$$\dot{v} = (\dot{m})(V)$$

(4.25)

En donde:

m: caudal másico.

V: velocidad.

v: caudal volumétrico.

Para el dimensionamiento de las tuberías se realizarán cálculos matemáticos y a su vez para su selección se procederá a realizarlo mediante referencia de la normativa DIN y ASME para tuberías.

4.1.9. Diseño del sistema de control y alarma para el sistema de condensación.

En el sistema de condensación de gases se debe establecer un control y alarmas las cuales estén monitoreando las variables de temperatura y presión además de poder alertar de posibles fallos en el sistema, para ello se utilizará un control de lazo abierto mediante la programación de un controlador lógico programable.

4.1.10. Diseño dimensional con el uso de sistemas de CAD-CAE

Para una mejor comprensión, análisis y comparación de resultados se utilizarán softwares computacionales, los cuales permitan el diseño de equipos y la simulación de procesos de intercambio térmico entre fluidos a conducción y convección de tal modo que el diseño de sistema de enfriamiento de gases posea las potencialidades necesarias.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados para la realización del sistema de condensación de gases en base a la metodología expuesta en el capítulo anterior.

5.1. Dimensionamiento del equipo para el sistema de condensación.

- Intercambiador de calor de tubo y coraza.

En el (Anexo 1 “selección del equipo condensador”) se detalla la valoración para la selección del equipo condensador que da como resultado que el equipo utilizado para el sistema de condensación sea un intercambiador de calor de tubo y coraza.

5.2. Características de los gases a enfriar.

Mediante investigación de campo realizada por 10 días en la planta de faenamiento donde se encuentra el digester se recolecto los datos de temperatura de los gases en la chimenea del mismo con la utilización de termómetros industriales obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5.1. Temperatura de los gases por diez días en lapsos de 20 minutos.

Fecha:	Tiempo de muestra	Temperatura °C
Lunes 13 de Julio.	20 minutos	95
Miércoles 15 de Julio.	20 minutos	100
Viernes 17 de Julio.	20 minutos	88
Lunes 20 de Julio.	20 minutos	99
Miércoles 22 de Julio.	20 minutos	98
Viernes 24 de Julio.	20 minutos	90
Lunes 03 de Agosto.	20 minutos	95
Miércoles 05 de Agosto.	20 minutos	98
Viernes 07 de Agosto.	20 minutos	100
Miércoles 12 de Agosto.	20 minutos	100

La temperatura de salida de los gases fluctúa entre 90 a 100 °C por lo que para la realización de análisis y simulación se toma la temperatura mayor obtenida en las mediciones.

Tabla 5.2. Características de los gases a enfriar.

Gases	Características
Flujo:	0.3 kg/s
Temperatura:	100 °C
Calor específico:	3.6 kJ/kg. °C

5.3. Características del fluido refrigerante.

Se utilizara como fluido refrigerante agua proveniente de la planta de agua potable para el proceso de enfriamiento.

Tabla 5.3. Características del fluido refrigerante para el proceso de condensación.

Agua	Características
Flujo:	0.92 kg/s
Temperatura:	25 °C
Calor específico:	4.18 kJ/kg. °C

5.4. Resultados del dimensionamiento del intercambiador de calor para el sistema de condensación de gases.

En este escenario se delimita la utilización de un intercambiador de calor de tubo y coraza, el cual recibe los gases de forma directa que se generan en el digestor por la producción de harina aviar para el proceso de enfriamiento.

Para la obtención de resultados del dimensionamiento se realizó cálculos y simulación del proceso de enfriamiento los cuales se resumen en la (Tabla 5.4. y Tabla 5.5) Para mayor detalle revisar el (Anexo 2 memoria de cálculo para el dimensionamiento del intercambiador de calor).

Tabla 5.4. Características del equipo condensador intercambiador de calor.

Características y datos técnicos del intercambiador de calor.	
Superficie de intercambio.	4,56 m2.

Se hace referencia solamente al área total de transferencia de calor del equipo ya que en base a la misma se puede seleccionar un intercambiador de calor mediante catálogos

Tabla 5.5. Resultados obtenidos mediante calculo y simulación del proceso de condensación.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE INGRESO:	TEMPERATURA °C	FLUJO Kg/s
Gases	100°C	0.33
Agua	25°C	0.92
PARÁMETROS	CÁLCULOS	SIMULACIÓN
Temperatura del vapor de entrada:	100 °C	100 °C
Temperatura del vapor de salida:	50 °C	55.58 °C
Temperatura del fluido refrigerante de entrada:	25 °C	25°C
Temperatura del fluido refrigerante de salida:	40 °C	40.18°C

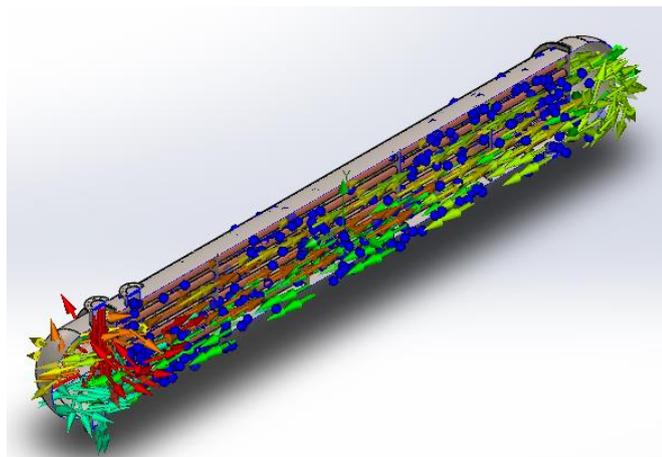


Figura 5.1. Intercambiador de calor.

5.5. Dimensionamiento y selección de tuberías para el sistema de condensación.

- **Tuberías para la conducción del fluido refrigerante.**

Las velocidades del agua que circula por el interior de tuberías inferiores a 0,5 m/s pueden llegar a originar problemas de sedimentación e incrustación, mientras que las velocidades que son superiores a los 5 m/s podrían originar fenómenos abrasivos en las paredes interiores de las tuberías que afectarían a su durabilidad. Para calcular el diámetro de las tuberías que conducen el fluido refrigerante hacia el intercambiador se analizó 4 velocidades dentro del rango de recomendación y están detalladas en el (**Anexo 3 memoria de cálculo para diámetros de tubería del sistema**) a su vez se resumen en la (**Tabla 5.6.**) Además las tuberías se seleccionan de un catálogo de tuberías normalizadas.

Tabla 5.6. Diámetro de tuberías para el líquido refrigerante.

Tuberías de conducción de agua.		
Velocidad (m/s)	Diámetro:	
	Milímetros	Pulgadas
1	30	1.18
2	21	0.82
3	17	0.66
4	15	0.59

- **Tuberías para la conducción del fluido caliente.**

Tabla 5.7. Diámetro de tuberías para la conducción de gases.

Tuberías de conducción de gases.		
Velocidad (m/s)	Diámetro:	
	Milímetros	Pulgadas
15	214	8.42
20	185	7.28
25	165	6.49

Tubo de acero según norma DIN 2440 (UNE EN 10255m)

	Ø NOMINAL PULG	Ø EXTERIOR MM	ESPESOR MM	PESO KG/M	VOLUMEN INT L/M	PESO TOTAL TUBO CON AGUA KG/M
TUBO ACERO: TUBERÍA INDICADA PARA LA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS EN INSTALACIONES CONTRAINCENDIOS REFRIGERACIÓN, AIRE COMPRIMIDO, ACOMETIDAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS.	1/4	13,50	2,35	0,68	0,061	0,74
	3/8	17,20	2,35	0,89	0,123	1,01
	1/2	21,30	2,65	1,27	0,201	1,47
	3/4	26,90	2,65	1,65	0,366	2,02
	1	33,70	3,25	2,55	0,581	3,13
	1 1/4	42,40	3,25	3,28	1,012	4,29
	1 1/2	48,30	3,25	3,77	1,372	5,14
	2	60,30	3,65	5,33	2,205	7,54
	2 1/2	76,10	3,65	6,80	3,716	10,52
	3	88,90	4,05	8,85	5,125	13,98
	4	114,30	4,5	12,60	8,704	21,30
	5	139,70	4,85	16,90	13,267	30,17
6	165,10	4,85	20,10	18,957	39,06	

Figura 5.2. Selección de tuberías.

5.6. Dimensionamiento para la selección de la bomba de alimentación del fluido refrigerante.

La selección de la bomba se realiza de un catálogo previamente calculados su caudal y la altura manométrica estos cálculos se encuentran en el (anexo 4 memoria de cálculo para la selección de la bomba) Para la selección de la bomba. A su vez se detallan los parámetros de selección en la **Tabla 5.7.** Parámetros de selección de la bomba de agua.

Tabla 5.8. Parámetros de selección de la bomba de agua.

Parámetros de selección de la bomba de agua.			
Velocidad (m/s)	Altura manométrica	Caudal	
	Metros.	m ³ /h	Lt/min
1	5.98	3.31	54.6
2	6.18	3.31	54.6
3	6.50	3.31	54.6
4	6.90	3.31	54.6

Lo que da como resultado que la bomba utilizada para inyectar el fluido refrigerante en el intercambiador posee las siguientes características:



Tabla 5.9. Características de la bomba.

Bomba de agua Bomba Pedrollo Centrifuga Cpm600 1 Hp 220 Voltios	
CARACTERISTICA:	VALOR:
Alimentación	220 V / 60 Hz
Caudal máximo	90 litros por minuto
Altura máxima.	25 metros.
Capacidad de succión:	8 metros
Temperatura máxima del agua:	35°C
Velocidad del motor:	2850 r.p.m
Potencia:	1 Hp
Intensidad:	3.6 A.
Peso neto:	12.5 kg
Precio:	\$ 150.00

Para mayor información revisar el **anexo 4 selecciones de bomba.**

5.7. Control para el sistema de condensación.

Para el control del sistema de condensación de gases que expulsa el digestor se utiliza 2 electroválvulas: La primera que abre y cierra el paso de los gases, estará ubicada en la chimenea conjuntamente con un sensor de temperatura y presión los cuales permitirán controlar y monitorear la entrada al sistema cuentan a su vez con una alarma que se activara en caso de un fallo.

La segunda estará ubicada a la entrada de los gases hacia el intercambiador de calor esta contara de igual manera con un sensor de temperatura el cual a su vez activa una bomba la cual inyecta el fluido refrigerante hacia el intercambiador.

de válvulas. El segundo intercambiador de calor se sitúa con la opción de poder seguir manteniendo el sistema activo en caso de requerir mantenimiento o realizar alguna modificación.

Tabla 5.10. Elementos del sistema de condensación.

Elementos del Sistema principal de condensacion.			
1	Materia prima (Plumas)	12	Bomba de agua.
2	Materia prima (sangre)	13	Electro valcula
3	Materia prima (visceras)	Sistema auxiliar	
4	Digestor	14	Intercambiador de calor.
5	Chimenea de salida de gases existente.	15	Valvula manual
6	Tuberia del sistema de condensacion.	16	Tuberia auxiliar de tranporte de gases.
7	Electrovalvula 1	17	Valvula
8	Electrovalvula 2	18	Valvula
9	Electrovalvula 3	19	Tuberia auxiliar de transporte de agua.
10	Intercambiador de calor de tubo y coraza.	20	Camara de revision de condensados.
11	Cisterna de agua.		

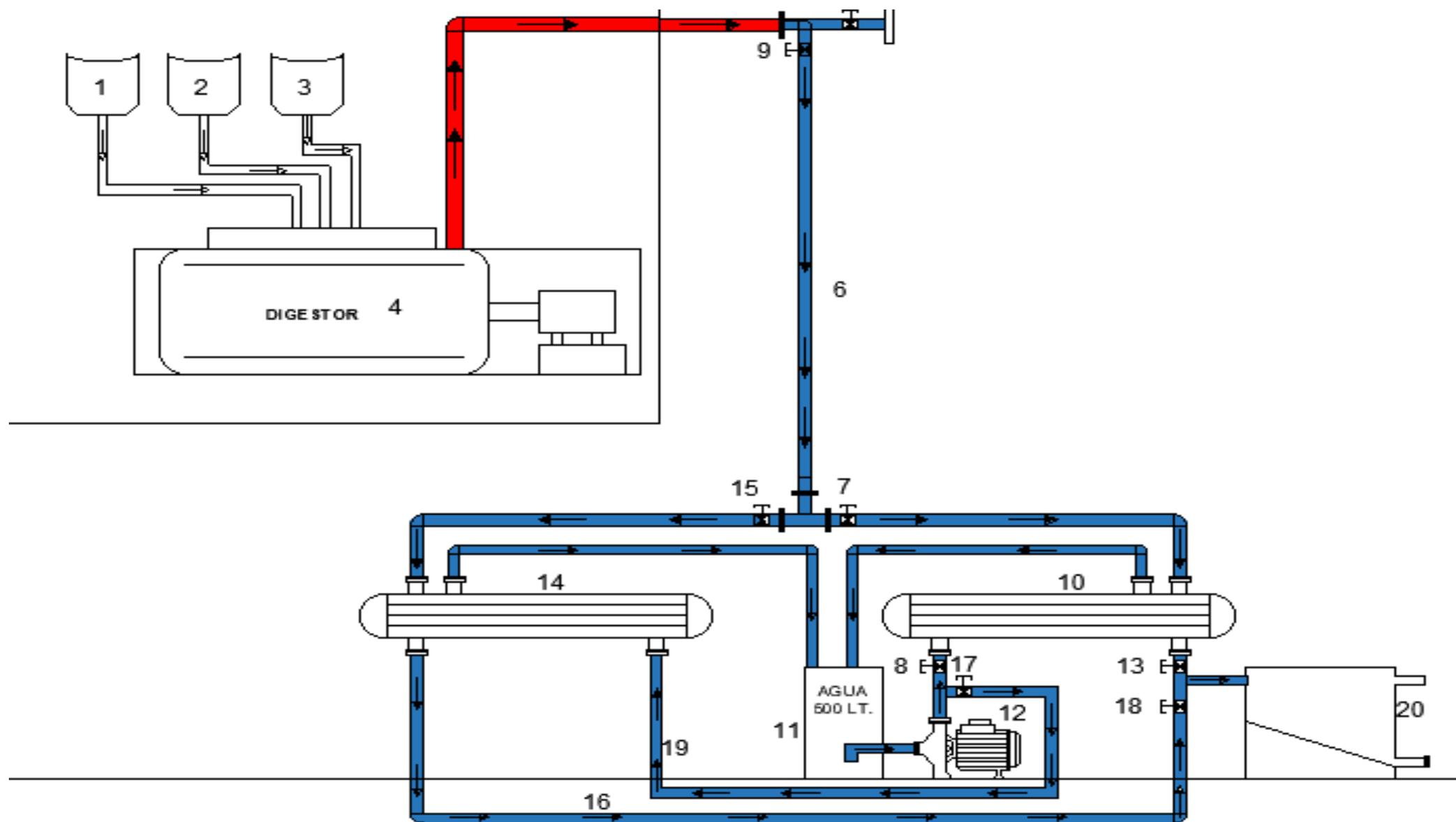


Figura 5.5. Propuesta del sistema de condensación.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto para la implementación del sistema de condensación

En la tabla 6.1 se resumen todos los precios de los materiales y elementos que implican la realización del sistema de condensación cabe recalcar que todos los precios de los materiales están tomados como referencia de la página Mercado libre Ecuador a su vez en el **Anexo 5 presupuesto detallado** se especifican todos los materiales por separado.

Tabla 6.1. Presupuesto total de la propuesta tecnológica.

Rubro	Valor
Materiales y suministros.	\$ 3.682
Material bibliográfico.	\$ 25
Transporte dentro y fuera de la provincia.	\$ 50
Imprevistos.	\$ 30
Alquiler de equipos de medición.	----
Análisis de muestras.	----
Mano de obra.	\$920
Inversión total:	\$ 4.602

6.2. Análisis de impactos

Impacto práctico:

El diseño de un sistema de condensación de gases para el digestor de la planta de faenamiento de la empresa Incubandina S.A sirve para llevar del estado gaseoso al líquido una cantidad determinada de gases los cuales antes se desechaban al medio ambiente, dependiendo de la propuesta escogida para la condensación se puede también aprovechar la energía térmica de los mismos lo que permitiría aprovechar ese recurso en otros sectores de la planta.

Impacto tecnológico:

Mediante la utilización de equipos de intercambio térmico es posible cambiar de fase un fluido en este caso gases que no solo están presentes en este ejemplo práctico sino que se presentan en muchos procesos de producción a nivel micro y macro industrial. Lo que vuelve posible la propuesta de enfriar o condensar los gases que dependiendo de la configuración que se le dé, se puede aprovechar su poder calorífico para otros fines.

Impacto ambiental:

La propuesta tecnológica tiene un alto nivel de impacto ambiental ya que se está eliminando mediante el sistema de condensación la dispersión de gases generados por el proceso de creación de harina aviar los mismos que después de ser analizados se comprobó que poseen nitratos sulfatos y fluoruros mismos que se expulsaban sin ningún control en la atmosfera. También dependiendo de la necesidad se puede aprovechar el poder calorífico que gana el agua y ocuparlo en procesos dentro de la planta reduciendo el consumo de agua limpia.

7. CONCLUSIONES

- Mediante investigación bibliográfica se pudo determinar los parámetros y elementos que intervienen en el dimensionamiento de un sistema de condensación para la expulsión de gases resultantes del proceso de generación de harina aviar dicho sistema tiene la potencialidad de transportar y someter a un proceso de condensación una cantidad previamente determinada de gases mediante la disminución de su temperatura con la utilización de agua como fluido refrigerante.
- Al realizar el dimensionamiento de un intercambiador de calor de tubo y coraza para el sistema de condensación, utilizando para esto los valores de temperatura actuales a la salida del digestor se obtiene que el área total de transferencia de calor requerida es de 4.56 m², la cual si la comparamos con el valor del área total de los intercambiadores de calor que tiene la empresa 5.00 m², los mismos pueden ser utilizados para la realización de la propuesta.
- El costo final de la propuesta tecnológica puede verse reducido de manera significativa mediante la utilización de los intercambiadores de calor que posee la empresa donde se implementara la propuesta tecnológica ya que estos son los elementos más caros dentro del sistema y los que se tiene cuentan con el área de trabajo que se necesita.
- Con la ayuda de la simulación computarizada se comprueba que efectivamente la temperatura de salida del fluido caliente se mantiene alrededor 50°C y la del fluido refrigerante absorbe 15 °C del fluido caliente, mientras dura el proceso de condensación.

8. RECOMENDACIONES

- Investigar sobre métodos de recubrimiento para intercambiadores de calor de tubo y coraza mediante aleaciones para de esta manera alargar la vida útil de los mismos.
- Utilizar agua que no contenga dureza para evitar incrustaciones en tuberías y proteger al intercambiador
- Para la realización o implementación de la propuesta tecnológica se recomienda ubicar el nivel de la tubería de conducción de los gases hasta una altura más maniobrable ya que en estos momentos se encuentra a 6 metros de altura desde el suelo y la única manera de acceder a ella es mediante una escalera.
- Incorporar instrumentación fija que ayude a conocer los valores de las variables que intervienen en el proceso de enfriamiento como son temperatura, presión, y flujo.
- Realizar un análisis de condensados después de 1 mes de implementación de la propuesta para determinar la concentración de elementos químicos en los condensados.

9. REFERENCIAS

- [1] B. A. S. BENJAMIN, ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL CONDENSADO DE GASES TÓXICOS EN LA PRODUCCION DE HARINA AVIAR (PRONACA-BUCAY), RIOBAMBA-ECUADOR: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2007.
- [2] L. M. M. P. A. A. –. S. d. A. Argentina, «ENGORMIX,» 08 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/tecnologias-industria-alimentaria-procesamiento-t43315.htm>. [Último acceso: 16 06 2020].
- [3] Haarslev, «Haarslev Processing Technology,» [En línea]. Available: <https://es.haarslev.com/products/batch-cooker/>. [Último acceso: 11 07 2020].
- [4] Haarslev, «Haarslev Processing Technology,» [En línea]. Available: <https://es.haarslev.com/products/continuous-cooker/>. [Último acceso: 11 07 2020].
- [5] S. CONDORCHEM ENVITECH, «CONDORCHEM ENVITECH, S.L.,» [En línea]. Available: <https://condorchem.com/es/lavadores-de-gases-scrubbers/>. [Último acceso: 13 Junio 2020].
- [6] ERCOWorldWide, «ERCOWorldWide.com,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.ercoworldwide.com/index.php/products/caustic/?lang=es>. [Último acceso: 13 Junio 2020].
- [7] Naturgy, «Naturgy,» 27 Diciembre 2018. [En línea]. Available: https://www.naturgy.es/empresas/blog/intercambiador_de_calor_tipos_y_como_usarlos_en_sistemas_de_recuperacion_de_energia. [Último acceso: 6 Mayo 2020].

- [8] W. I. McCabe, INGENIERIA QUÍMICA.
- [9] O. A. Jaramillo, «INTERCAMBIADORES DE CALOR,» Centro de Investigación en Energía. Universidad Nacional Autónoma de México, 20 Noviembre 2007. [En línea]. Available: <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pdf>. [Último acceso: 16 Junio 2020].
- [10] V. R. & R. S. M. D. R. Monsalvo, «Balance de materia y energía : Procesos,» 2014. [En línea]. Available: <https://ebookcentral.proquest.com>. [Último acceso: 13 Junio 2020].
- [11] S. Electric, «Schneider Electric,» 27 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://electricistas.schneider-electric-lam.com/2017/12/27/que-son-los-programas-cad-cae-cam-schneider-electric-co/>. [Último acceso: 16 Junio 2020].
- [12] E. Copyright, «EcologiaHoy,» 28 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ecologiahoy.com/condensacion>. [Último acceso: Miércoles 6 Mayo 2020].
- [13] U. V. Blogs, «Urbina Vino Blogs,» Martes 27 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://urbinavinos.blogspot.com/2011/12/condensador-en-los-sistemas-de.html>. [Último acceso: 6 Mayo 2020].
- [14] J. R. C. E. W. y R. E. W. Welty, Fundamentos de Transferencia de Calor, Masa y Momento, México: Editorial Limusa, 1991.
- [15] K. C. C. MAZÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARCASA Y TUBOS PARA LABORATORIO DE TÉRMICAS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA, Chimborazo., 2010..
- [16] GPSA., Engineering Data Book Volumen I. Sección 10, 1987.
- [17] PDVSA, Manual de Diseño de Ingeniería., EA-201-PR, 1983.

10. ANEXOS

ANEXO 1 SELECCIÓN DEL EQUIPO CONDENSADOR.

Tabla 10.1. Criterios para la selección del equipo condensador.

	Criterios para la determinación y selección del equipo que se utilizara para la condensación de gases.			
	Intercambiador de calor de tubo y coraza.		Condensador barométrico.	
Criterio técnico y características.	Masa de agua necesaria.	10	Masa de agua necesaria.	5
	Resistencia a la corrosión.	1	Resistencia a la corrosión.	5
	Posibilidad de reutilización de agua de enfriamiento en otro sector.	10	Posibilidad de reutilización de agua de enfriamiento en otro sector.	1
	Factor de limpieza y mantenimiento.	5	Factor de limpieza y mantenimiento.	5
	Bomba eléctrica para alimentación de fluido refrigerante.	5	Bomba eléctrica para alimentación de fluido refrigerante.	5
	Efectividad de condensado.	5	Efectividad de condensado	10
	Manejo de residuos condensados.	10	Manejo de residuos condensados.	10
	Posibilidad de tratamiento de condensados.	10	Posibilidad de tratamiento de condensados.	10
TOTAL:	66		52	

Muy Bueno	Bueno	Malo
10	5	1

ANEXO 2 MEMORIA DE CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

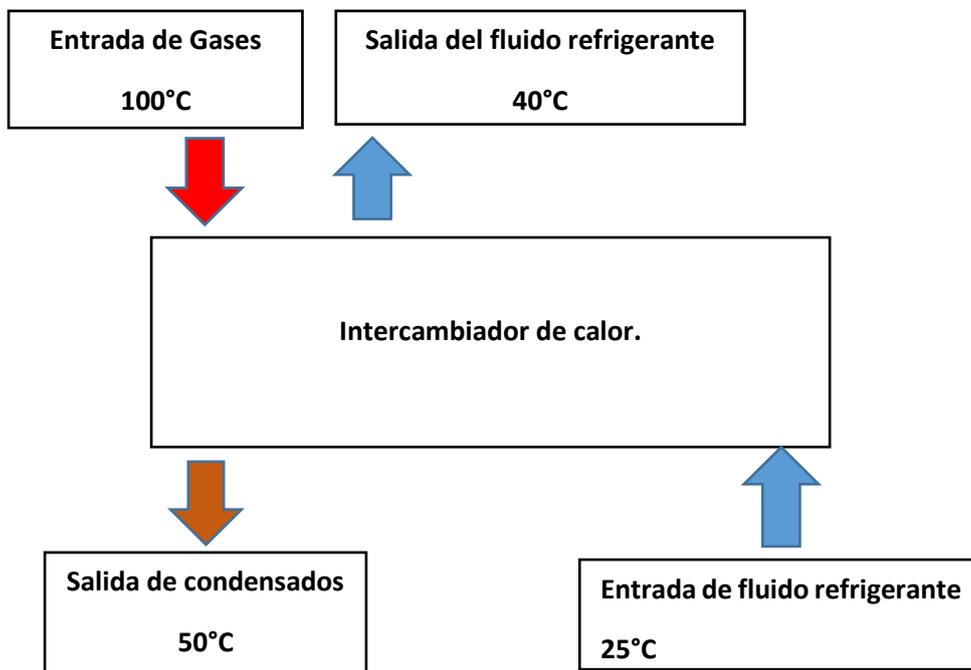
Cálculos del área de transferencia de calor para la selección de un intercambiador de calor de tubo y coraza:

Tasa de transferencia de calor:

Para la resolución del problema se adopta una temperatura de salida deseada arbitrariamente.

Tabla 10.2. Propiedades de los fluidos.

Propiedades físicas de los fluidos.	
Gases	Agua
Cp.: 3,6 kJ kg °C	Cp.: 4.18 kJ kg °C
ρ : 0.5884 kg/m ³	ρ : 995 kg/m ³
K: 0.02429 W/m °C	K: 0.59 W/m °C



$$Q = mh \cdot c_{ph} \cdot (T_{ent} - T_{sal})$$

$$Q = (0.33)(3.6)(100 - 50)$$

$$Q = 59.4 \text{ kW}$$

En donde:

Q: Tasa de transferencia de calor

mh: masa del fluido caliente.

cph: capacidad calorífica del fluido caliente.

T ent: temperatura de entrada

T sal: temperatura de salida.

Diferencia de la temperatura media logarítmica

$$\Delta T1 = Th\ ent - Tc\ sal$$

$$\Delta T1 = 100 - 40$$

$$\Delta T1 = 60^\circ C$$

$$\Delta T2 = Th\ sal - Tc\ ent$$

$$\Delta T2 = 50 - 25$$

$$\Delta T2 = 25^\circ C$$

$$\Delta Tlm = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln \frac{\Delta T1}{\Delta T2}}$$

$$\Delta Tlm = \frac{60 - 25}{\ln \left(\frac{60}{25}\right)}$$

$$\Delta Tlm = 39.97^\circ C$$

Coefficiente global de transferencia de calor

Se obtiene mediante cálculos o tomando un valor típico para diferentes configuraciones de fluidos para mayor información revisar el anexo tablas termodinámicas.

$$Q = U.A.F.\Delta Tlm$$

Factor de corrección (F)

$$P = \frac{t2 - t1}{T1 - t1}$$
$$P = \frac{40 - 25}{100 - 25}$$
$$p = 0.22$$

$$R = \frac{T1 - T2}{t2 - t1}$$
$$R = \frac{100 - 50}{40 - 25}$$
$$R = 4$$

$$F = P * R$$

$$F = 0.88$$

En donde:

T2: temperatura de salida del fluido caliente.

T1: temperatura de entrada del fluido caliente.

t2: temperatura de salida del fluido frío.

t1: temperatura de entrada del fluido frío.

F: factor de corrección.

Área estimada de transferencia de calor:

$$A = \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta T_{lm}}$$
$$A = \frac{64.8}{(400)(0.88)(39.97)}$$
$$A = 4.60 \text{ m}^2$$

En donde:

Q: Tasa de transferencia de calor

U: Coeficiente global de transferencia de calor

A: área estimada de transferencia de calor.

ΔT_{lm} : diferencia de temperatura media logarítmica

Área de transferencia de calor por 1 tubo de 1" de diámetro exterior.

$$A_t = (\pi)(D_o)(L)$$
$$A_t = 0.12 \text{ m}^2$$

Área total de transferencia de calor del equipo.

$$A_{total} = (Nt)(A_t)$$
$$\text{número de tubos } (Nt) = \frac{\text{área estimada}}{\text{área de cada tubo}}$$
$$Nt = \frac{6.14 \text{ m}^2}{0.16 \text{ m}^2}$$
$$Nt = 38 \text{ tubos}$$

$$A_{total} = (38)(0.12)$$
$$A_{total} = 4.56 \text{ m}^2$$

Masa de agua para el proceso de enfriamiento:

En donde:

Q: Tasa de transferencia de calor

mc: masa del fluido frio.

cpc: capacidad calorífica del fluido frio.

T ent: temperatura de entrada

T sal: temperatura de salida.

$$Q = mc \cdot cpc(Tsal - Tent)$$

$$m = \frac{Q}{cpc(Tsal - Tent)}$$

$$m = \frac{64.8}{4.18(40 - 25)}$$

$$mc = 0.94 \frac{kg}{s}$$

CATALOGO PARA LA SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR

Precio referencial de un Intercambiadores de calor para el área de transferencia total que necesita el sistema de condensación:



ISO ASME

Grafito intercambiador de calor tubular

\$600,00

5 Metros cuadrados
(Cantidad mínima de compra)



ISO ASME

La industria química grafito ronda de intercambiador d...

\$500,00

2 Metros cuadrados
(Cantidad mínima de compra)



ISO ASME

De Agua química intercambiador de calor d...

\$600,00

5 Metros cuadrados
(Cantidad mínima de compra)



Número de Mod... **0-100**

Energía (W): **7,5-110kw**

Garantía: **1 año** en garantía de maquinarias | **1 año** for Core Components ⓘ

Envío: Ayuda Rápido · Transporte marítimo · Transporte terrestre · Transporte aéreo

Lead Time:	Cantidad(es)	1 - 10	>10
	Hora del Est.(días)	7	Negociable

Customization: Logotipo personalizado (Min. Order: 1 es)

Garantía comercial Protege tus pedidos de Alibaba.com

Alibaba.com Freight | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

Pago: **VISA** **T/T** Online Transfer **Apple Pay** **WesternUnion/WU** **Boleto** ✓

Logística de Alibaba.com · Soluciones de inspección

Parámetros del equipo intercambiador de calor dimensionado.	
CARACTERISTICA:	VALOR:
Longitud de tubos.	2 m.
Numero de tubos.	38
Diámetro exterior de los tubos.	0.025 metros.
Diámetro interno de los tubos.	0.023 metros.
Temperatura de entrada del fluido caliente.	100 °C
Temperatura de salida del fluido caliente.	50 °C
Temperatura de entrada del fluido refrigerante.	25 °C
Temperatura de salida del fluido refrigerante.	40°C.
Área total de transferencia de calor.	4.56 m2.
Masa de agua necesaria para el proceso.	0.92kg/s : 54.6 lt/min.
Precio de fábrica:	\$ 600.00
Precio del equipo con envío y comisión.	\$ 1500.00

Simulación y representación de la temperatura del fluido refrigerante.

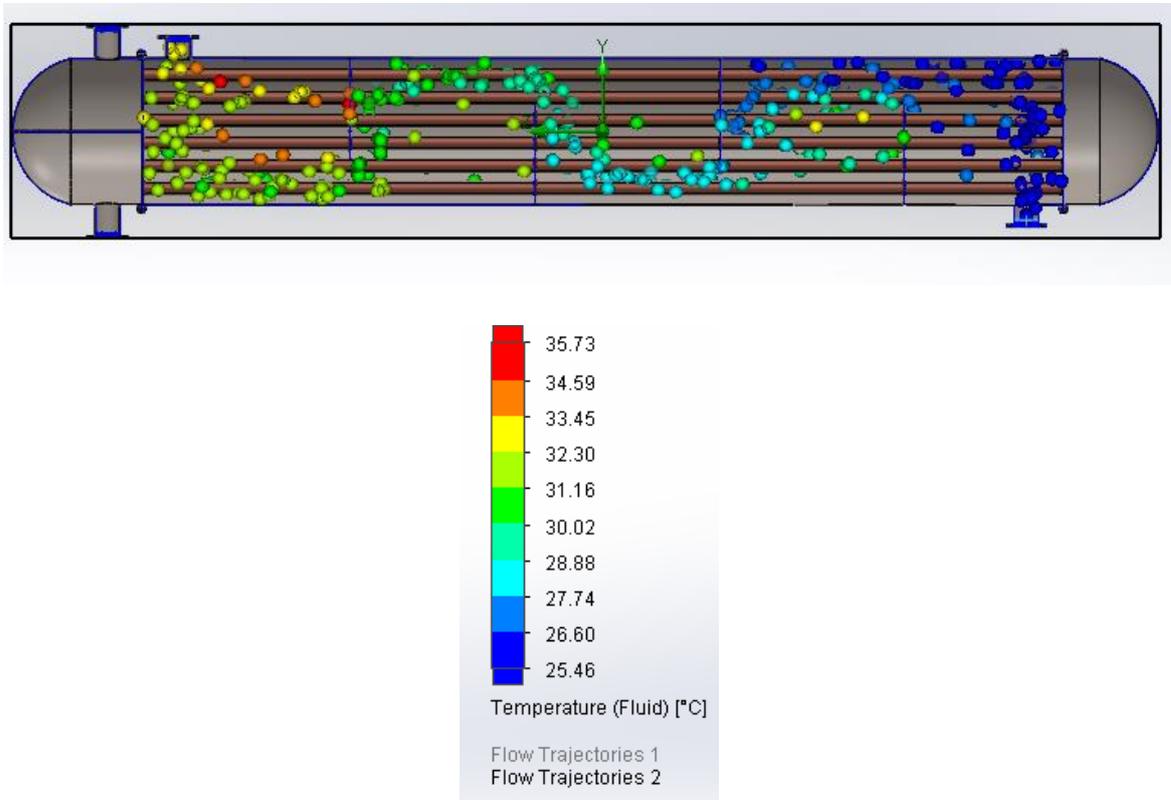


Figura 10.1. Simulación del fluido refrigerante.

- **Tabla de resultados de la simulación del escenario 1 correspondiente al fluido refrigerante.**

Tabla 10.3. Resultados del escenario 1 obtenidos mediante simulación del proceso de enfriamiento.

Local Parameter	Minimum	Maximum	Average
Pressure [Pa]	101325	101325	101325
Total Pressure [Pa]	101333,8195	101532,3332	101398,3145
Dynamic Pressure [Pa]	8,819494562	207,333153	73,31449853
Density (Fluid) [kg/m ³]	984,2993257	996,2925101	990,46026
Velocity [m/s]	0,127260309	0,645230226	0,351178251
Velocity (X) [m/s]	-0,04460741	0,035259058	-0,0006745
Velocity (Y) [m/s]	-0,32393867	0,645134506	0,118072725
Velocity (Z) [m/s]	-0,05018951	0,039252136	0,001735293
Turbulent Viscosity [Pa*s]	0,031590945	0,086814643	0,058762412
Turbulent Time [s]	0,133971236	0,57886733	0,291540861
Turbulence Length [m]	0,001204846	0,002943483	0,002189119
Turbulence Intensity [%]	6,864760039	30,43170509	13,2991203
Turbulent Energy [J/kg]	0,000946741	0,007015132	0,002777769
Turbulent Dissipation [W/kg]	0,001635505	0,052362974	0,013286737
Specific Heat (Cp) [J/(kg*K)]	4180,887815	4183,979957	4182,339282
Dynamic Viscosity [Pa*s]	0,000488457	0,000892503	0,000684239
Prandtl Number []	3,137698879	6,148862249	4,590660105
Mass Fraction of Water []	1	1	1
Volume Fraction of Water []	1	1	1
Specific Heat (Solid) [J/(kg*K)]	384,1533575	388,0413761	386,092964
Temperature (Fluid) [°C]	24,893262	57,06251844	40,86377093
Temperature (Solid) [°C]	26,10756489	55,45490532	40,74800217
Absolute Total Enthalpy [J/kg]	1257094,029	1391587,047	1323861,81
Axial Velocity [m/s]	-0,05018951	0,039252136	0,001737484
Radial Velocity [m/s]	0,132421845	0,645193085	0,350090709
Circumferential Velocity [m/s]	-0,04797228	0,032722277	-0,00071616
Reference Pressure [Pa]	101325	101325	101325
Fluid Thermal Conductivity [W/(m*K)]	0,606965942	0,651335884	0,629427841
Solid Thermal Conductivity (X) [W/(m*K)]	398,7116076	401,0890922	399,9022332
Solid Thermal Conductivity (Y) [W/(m*K)]	398,7116076	401,0890922	399,9022332
Solid Thermal Conductivity (Z) [W/(m*K)]	398,7116076	401,0890922	399,9022332
Overheat above Melting Temperature [K]	-1056,94244	-1027,59509	-1042,302
Bottleneck Number []	1,14565E-11	2,8292E-07	7,12634E-08
ShortCut Number []	1,88405E-10	5,91158E-08	9,29558E-09
Relative Pressure [Pa]	0	0	0
Density (Solid) [kg/m ³]	8960	8960	8960
Acoustic Power Level [dB]	0	0	0
Acoustic Power [W/m ³]	3,30975E-24	1,6009E-20	1,17465E-21

- **Simulación y representación de la temperatura del fluido a enfriar.**

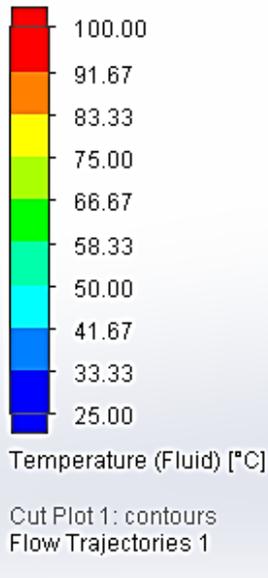
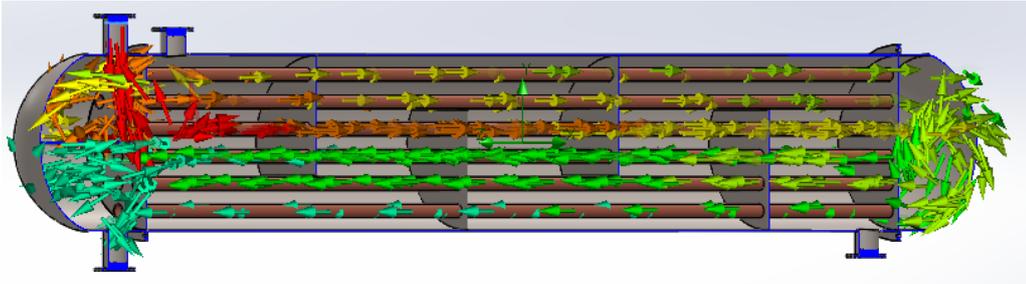
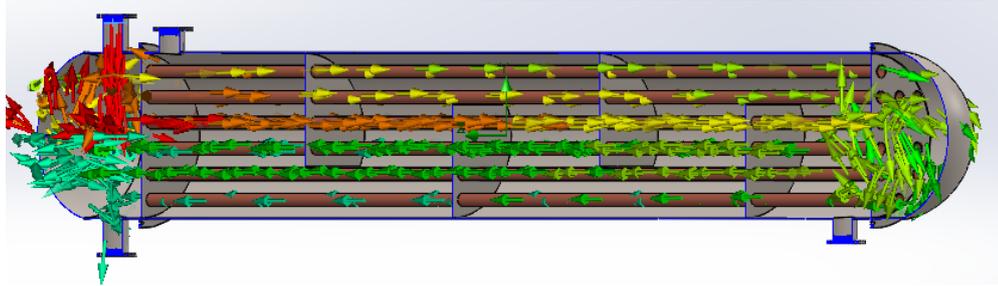


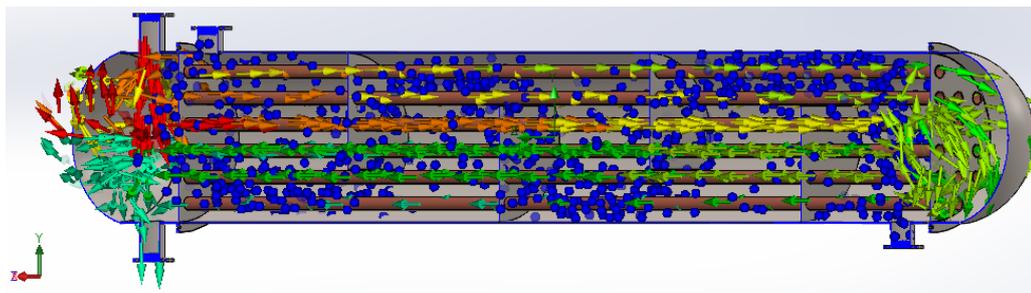
Figura 10.2. Simulación del fluido caliente.

- **Tabla de resultados de la simulación del escenario 1 correspondiente al fluido caliente.**

Tabla 10.4. Resultados del escenario 1 obtenidos mediante simulación del proceso de enfriamiento.

Local Parameter	Minimum	Maximum	Average
Pressure [Pa]	101325	101325	101325
Total Pressure [Pa]	101333,8195	101376,9014	101353,4213
Dynamic Pressure [Pa]	8,819494562	51,90140365	28,42133401
Density (Fluid) [kg/m ³]	984,2993257	985,979832	984,9802102
Velocity [m/s]	0,127260309	0,324624353	0,233372636
Velocity (X) [m/s]	-0,02499891	0,028741588	-0,00167222
Velocity (Y) [m/s]	-0,32393867	-0,12314084	-0,23227764
Velocity (Z) [m/s]	-0,02573243	0,023025738	0,003023797
Turbulent Viscosity [Pa*s]	0,035359874	0,064497701	0,049469486
Turbulent Time [s]	0,270798879	0,57886733	0,397034317
Turbulence Length [m]	0,001824926	0,002943483	0,002435653
Turbulence Intensity [%]	7,739070459	23,44091439	14,22765075
Turbulent Energy [J/kg]	0,000946741	0,001947583	0,001440435
Turbulent Dissipation [W/kg]	0,001635505	0,006211354	0,00390382
Specific Heat (Cp) [J/(kg*K)]	4182,677209	4183,979957	4183,431532
Dynamic Viscosity [Pa*s]	0,000488457	0,000517884	0,000499833
Prandtl Number []	3,137698879	3,346027863	3,218079922
Mass Fraction of Water []	1	1	1
Volume Fraction of Water []	1	1	1
Specific Heat (Solid) [J/(kg*K)]	388,0172103	388,0413761	388,0300607
Temperature (Fluid) [°C]	53,37627876	57,06251844	55,58191875
Temperature (Solid) [°C]	55,27249878	55,45490532	55,36949542
Absolute Total Enthalpy [J/kg]	1376166,398	1391587,047	1385392,88
Axial Velocity [m/s]	-0,02296717	0,023025738	0,003029416
Radial Velocity [m/s]	0,132421845	0,324007842	0,23212348
Circumferential Velocity [m/s]	-0,02964777	0,02876076	-0,00107642
Reference Pressure [Pa]	101325	101325	101325
Fluid Thermal Conductivity [W/(m*K)]	0,64737736	0,651335884	0,649791224
Solid Thermal Conductivity (X) [W/(m*K)]	398,7116076	398,7262001	398,7184404
Solid Thermal Conductivity (Y) [W/(m*K)]	398,7116076	398,7262001	398,7184404
Solid Thermal Conductivity (Z) [W/(m*K)]	398,7116076	398,7262001	398,7184404
Overheat above Melting Temperature [K]	-1027,7775	-1027,59509	-1027,6805
Bottleneck Number []	7,43514E-08	2,8292E-07	1,2086E-07
ShortCut Number []	5,04528E-10	5,91158E-08	1,47998E-08
Relative Pressure [Pa]	0	0	0
Density (Solid) [kg/m ³]	8960	8960	8960
Acoustic Power Level [dB]	0	0	0
Acoustic Power [W/m ³]	3,30975E-24	6,40051E-23	2,61998E-23

- Simulación y representación de los dos fluidos que intervienen en el proceso de enfriamiento.



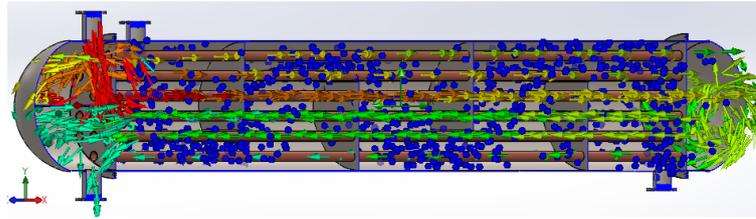


Figura 10.3. Simulación de los fluidos que intervienen en el proceso.

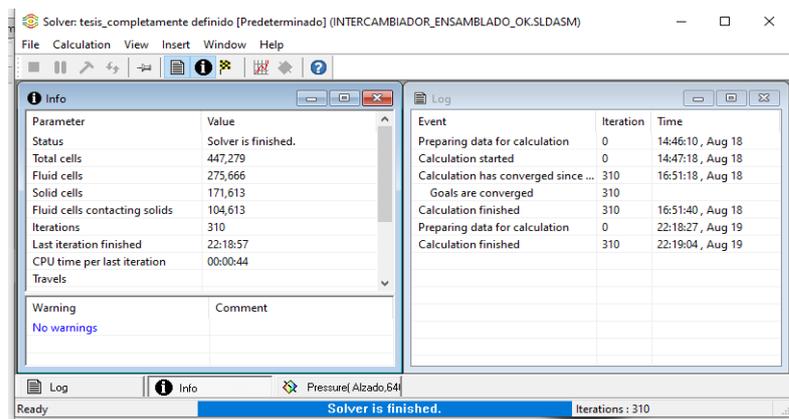


Figura 10.4. Ventana de simulación del proceso.

Memoria de cálculo digestor.

En el anexo detallado con el nombre de memoria de cálculo se encuentran los pasos y cálculos relacionados al sistema de enfriamiento de gases.

- **Balance de masa para la determinación del vapor que sale del digestor.**

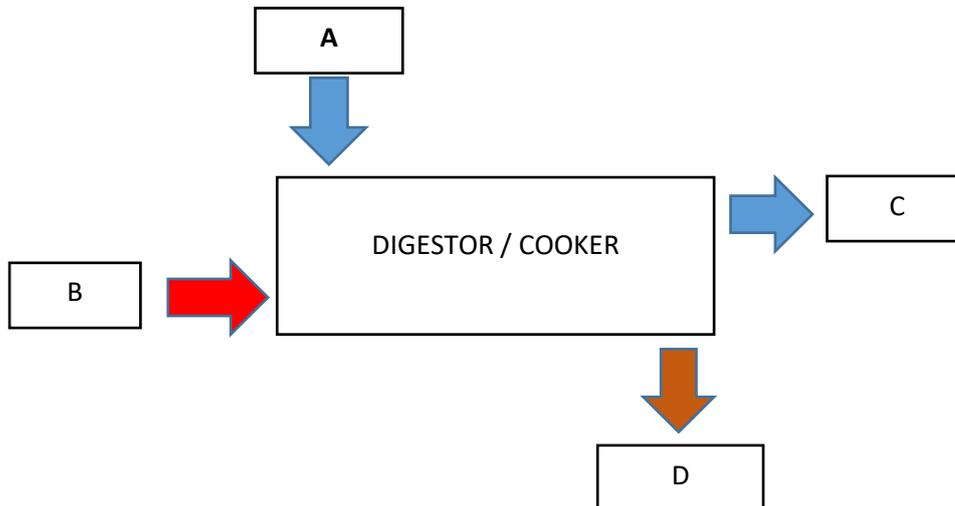


Figura 10.5. Cuadro de balance de masa.

En donde:

A: Cantidad de plumas y vísceras (2520 Kg)

B: Cantidad de sangre (325 Kg)

C: cantidad de vapor (?)

D: cantidad de harina aviar (400 Kg)

$$A + B = C + D$$

$$2520 \text{ kg} + 325 \text{ kg} = C + 400 \text{ kg}$$

$$C = 2845 \text{ kg} - 400 \text{ kg}$$

$$C = 2445 \text{ kg}$$

$$\text{masa de vapor} = \frac{2445 \text{ kg}}{7200 \text{ s}} = 0.33 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

ANEXO 3 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DIMENSIONAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL FLUIDO REFRIGERANTE.

Se debe determinar las ecuaciones que ayuden a seleccionar una bomba de agua la misma que enviara el fluido refrigerante atreves del equipo condensador.

- **Diámetro de las tuberías de alimentación.**

$$Q = v \cdot A \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \tag{4.18}$$

$$A = \frac{Q}{v} \text{ (m}^2\text{)}$$
$$A = \frac{7.10 \times 10^{-4}}{1}$$
$$A = 7.10 \times 10^{-4}$$

$$A = \frac{7.10 \times 10^{-4}}{2}$$
$$A = 3.55 \times 10^{-4}$$

$$A = \frac{7.10 \times 10^{-4}}{3}$$
$$A = 2.36 \times 10^{-4}$$

(4.19)

En donde:

Q: caudal. (m³/s)

V: velocidad. (m/s)

A: área. (m²)

D: diámetro. (m, mm, pulgadas)

$$A = \frac{(\pi)(D^2)}{4} \text{ (m)}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(A)}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(7.10 \times 10^{-4})}{\pi}}$$

$$D = 0.030 \text{ m}$$

$$D = 30 \text{ mm}$$

$$D = 1.18 \text{ "}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(A)}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(3.55 \times 10^{-4})}{\pi}}$$

$$D = 0.021 \text{ m}$$

$$D = 21 \text{ mm}$$

$$D = 0.82 \text{ "}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(A)}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(2.36 \times 10^{-4})}{\pi}}$$

$$D = 0.017 \text{ m}$$

$$D = 17 \text{ mm}$$

$$D = 0.66 \text{ "}$$

(4.20)

ANEXO 4 DIMENSIONAMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN:

Altura manométrica

$$H = H_g + P_c$$

En donde:

H_g: Altura geométrica. (m)

P_c: Perdidas de carga en accesorios. (m.c.a)

$$H_g = H \text{ de aspiración} + H \text{ de impulsión.}$$

Altura de aspiración.

$$H_{asp} = H_a + P_{ca}$$

$$P_{c.a} = k \left(\frac{v^{1.85}}{(2)(g)} \right)$$

$$P_{c.a} = 1.52 + 0.2 + 0.75 \left(\frac{1^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.a} = 1.75 \text{ m}$$

$$P_{c.a} = 1.52 + 0.2 + 0.75 \left(\frac{2^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.a} = 1.85 \text{ m}$$

$$P_{c.a} = 1.52 + 0.2 + 0.75 \left(\frac{3^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.a} = 2.01 \text{ m}$$

$$P_{c.a} = 1.52 + 0.2 + 0.75 \left(\frac{4^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.a} = 2.21 \text{ m}$$

$$H_{asp} = H_a + P_{ca}$$

$$H_{asp} = 0.50 + 1.75 = 2.25 \text{ m}$$

$$H_{asp} = 0.50 + 1.85 = 2.35 \text{ m}$$

$$H_{asp} = 0.50 + 2.01 = 2.51 \text{ m}$$

$$H_{asp} = 0.50 + 2.21 = 2.71 \text{ m}$$

(4.21)

En donde:

K: Coeficiente de pérdidas en accesorios. (Adimensional)

g: Gravedad (9.8 m/s)

Altura de impulsión.

$$H_{imp} = H_{imp} + P_{c.i}$$

$$P_{c.i} = k \left(\frac{v^{1.85}}{(2)(g)} \right)$$

$$P_{c.i} = 0.2 + 0.75 + 0.75 \left(\frac{1^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.i} = 0.98 \text{ m}$$

$$P_{c.i} = 0.2 + 0.75 + 0.75 \left(\frac{2^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.i} = 1.08 \text{ m}$$

$$P_{c.i} = 0.2 + 0.75 + 0.75 \left(\frac{3^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.i} = 1.24 \text{ m}$$

$$P_{c.i} = 0.2 + 0.75 + 0.75 \left(\frac{4^{1.85}}{(2)(9.8)} \right)$$

$$P_{c.i} = 1.44 \text{ m}$$

$$H_{imp} = H_i + P_{c.i}$$

$$H_{imp} = 0.50 + 2.25 + 0.98 = 3.73 \text{ m}$$

$$H_{imp} = 0.50 + 2.25 + 1.08 = 3.83 \text{ m}$$

$$H_{imp} = 0.50 + 2.25 + 1.24 = 3.99 \text{ m}$$

$$H_{imp} = 0.50 + 2.25 + 1.44 = 4.19 \text{ m}$$

(4.22)

Altura manométrica que debe proporcionar la bomba.

$$H = H \text{ de aspiracion} + H \text{ de impulsión. (m)}$$

$$H = 2.25 + 3,73. = 5,98 \text{ (m)}$$

$$H = 2.35 + 3,83. = 6.18 \text{ (m)}$$

$$H = 2.51 + 3,99. = 6.50 \text{ (m)}$$

$$H = 2.71 + 4.19. = 6.90 \text{ (m)}$$

(4.23)

- Diseño dimensional de la tubería de transporte de gases.

$$D = \sqrt{\frac{(4)(\dot{v})}{(\pi)(v)}}$$

(4.24)

$$\dot{v} = (\dot{m})(V)$$

$$\dot{v} = (0.33)(1.69)$$

$$\dot{v} = 0.56 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(0.56)}{(\pi)(15)}}$$

$$D = 0.214 \text{ m}$$

$$D = 214 \text{ mm}$$

$$D = 8.42 \text{ "}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(0.56)}{(\pi)(20)}}$$

$$D = 0.185 \text{ m}$$

$$D = 185 \text{ mm}$$

$$D = 7.28 \text{ "}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4)(0.56)}{(\pi)(25)}}$$

$$D = 0.165 \text{ m}$$

$$D = 165 \text{ mm}$$

$$D = 6.49 \text{ "}$$

(4.25)

En donde:

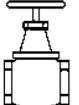
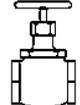
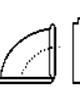
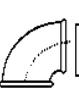
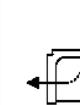
m: caudal másico. (kg/s)

V: volumen específico. (m³/kg)

v: caudal volumétrico. (m³/s)

C: velocidad. (m/s)

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS (LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIÁMETRO EN METROS)

Diámetro nominal de los caños normales								
		Válvula esclusa totalmente abierta	Válvula globo totalmente abierta	Válvula ángulo totalmente abierta	Válvula de retención	Codo normal o Te de 6 mm de reducción	Curva normal o Te normal	Te normal
mm.	Pulg.							
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,30	1,00
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11,00	5,49	3,66	1,07	0,70	2,32
38	1 1/2	0,30	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,80	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,50	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,70	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,70	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,40	20,74	4,88	3,36	10,00
203	8	1,37	68,02	36,60	---	6,10	4,27	13,12
254	10	1,77	85,40	42,70	---	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,80	---	9,76	6,10	20,74
356	14	2,44	115,90	58,00	---	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,20	67,10	---	12,81	8,24	26,84



CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 min⁻¹ HS = 0 m

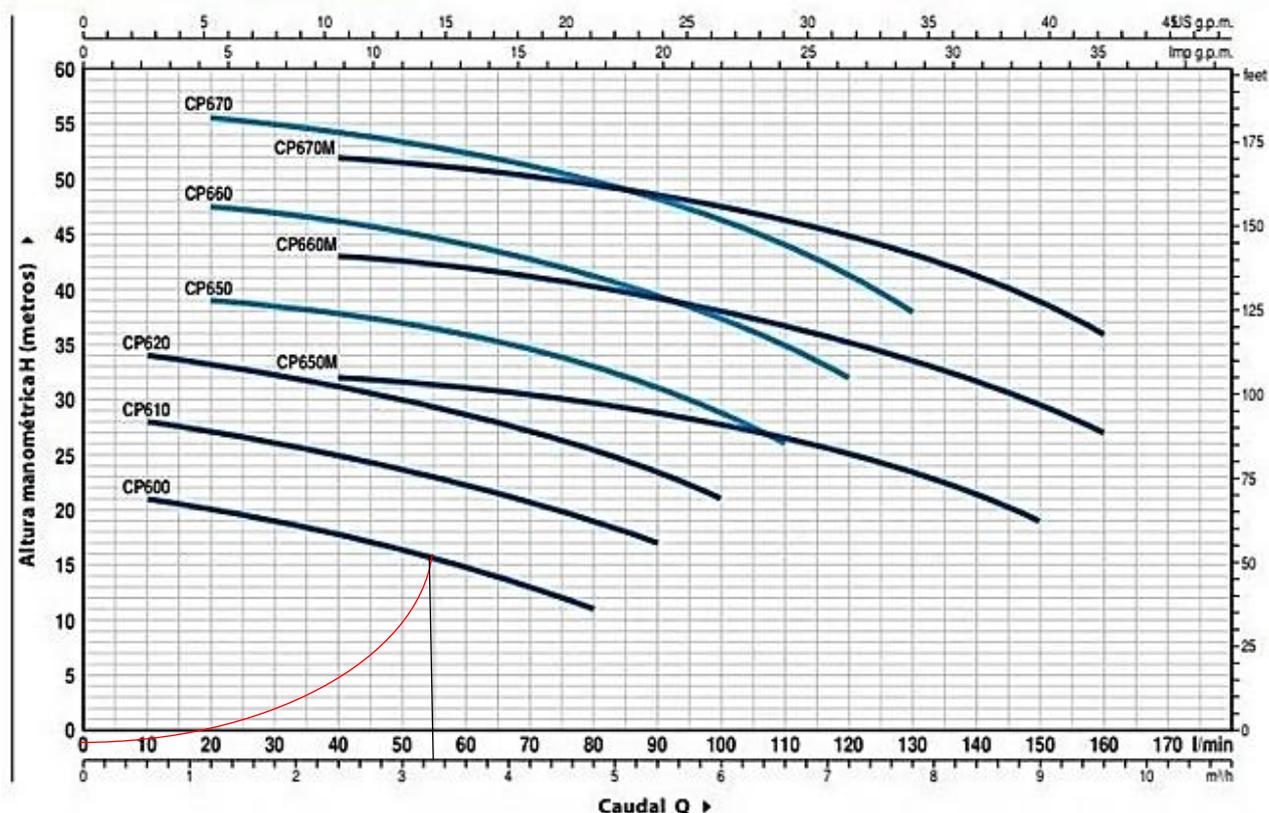


Figura. 10.6. Curva para la selección de la bomba.



Tabla 10.5. Características de la bomba.

Bomba de agua Bomba Pedrollo Centrifuga Cpm600 1 Hp 220 Voltios	
CARACTERISTICA:	VALOR:
Alimentación	220 V / 60 Hz
Caudal máximo	90 litros por minuto
Altura máxima.	25 metros.
Capacidad de succión:	8 metros
Temperatura máxima del agua:	35°C
Velocidad del motor:	2850 r.p.m
Potencia:	1 Hp
Intensidad:	3.6 A.
Peso neto:	12.5 kg
Precio:	\$ 200.00

ANEXO 5 PRESUPUESTO DETALLADO DE MATERIALES.

Tabla 10.6. Detalle de materiales para el sistema de condensación.

Material:	Cantidad:	Precio:
Intercambiador de calor de tubo y coraza.	2	\$3000
Bomba de agua para alimentación.	1 bomba.	\$200,00
Tuvo PVC de 1" para transporte de agua de enfriamiento.	1 tubo	\$8,00
Accesorios de plomería.	4 Codos a 90° de 1/2" 3 Válvulas de unión universales 1/2" 2 válvulas de cierre de flujo 1/2" 3 teflón.	\$30,00
Tuvo PVC de 1" para alimentación de agua de enfriamiento.	1 tubo	\$8,00
Accesorios de plomería.	2 Válvulas de unión universales 1". 1 acople para tanque de agua de 1"	\$16,00
Tanque reservorio para agua de enfriamiento.	1 tanque de 500 litros.	\$150,00
Tanque reservorio para condensados.	1 tanque de 200 litros.	\$60,00
Tubería de para conducción de gases.	3 Tubos metálicos de 4" de diámetro	\$150,00
Caja de revisión de condensados	200 bloques. 4 quintales de cemento.	\$60
Mano de obra e ingeniería.		\$ 920
Total:		\$4602

ANEXO 6 TOMA DE TEMPERATURA DE SALIDA DE LOS GASES DEL DIGESTOR.

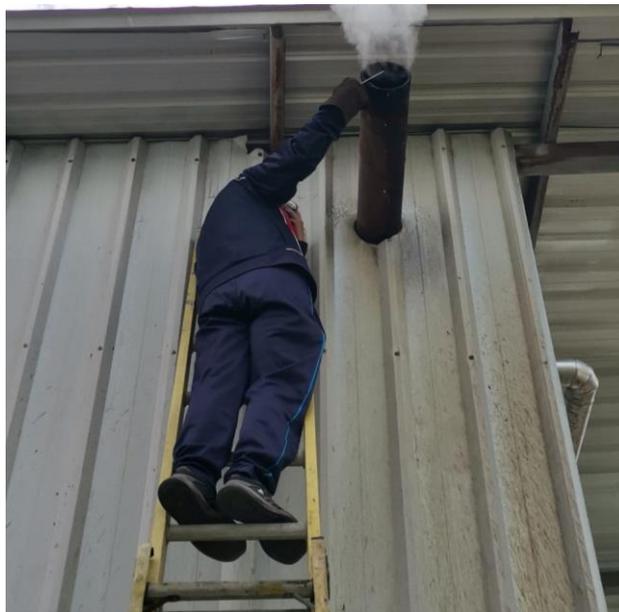


Figura 10.7. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.



Figura 10.8. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.



Figura 10.9. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.



Figura 10.10. Toma de muestras de la temperatura de los gases del digestor.

INTERCAMBIADOR MULTITUBULAR INDUSTRIAL

HRS SERIE K



La Serie HRS K es un intercambiador de calor de tubo y camisa en acero inoxidable, diseñado para uso industrial. El producto fluye a través de los tubos interiores y el fluido de servicio fluye a través de la camisa.

La Serie HRS K es un intercambiador de calor ideal para aplicaciones de vapor a agua, como el calentamiento de estaciones CIP. Con la tecnología de corrugación de HRS, la transferencia de calor y la eficiencia se incrementan con respecto a los intercambiadores de calor de tubo liso estándar. Además, se minimizan los efectos de ensuciamiento.



DATOS TÉCNICOS

APLICACIONES

Fluidos de viscosidad media - baja
Calentamiento CIP
Aplicaciones industriales en general

MATERIALES ESTÁNDAR DE FABRICACIÓN

Lado Servicio: Acero inoxidable AISI 304
Lado Producto: Acero inoxidable AISI 316L
Otras calidades disponibles a petición

CONEXIONES ESTÁNDAR

Lado Servicio: Brida
Lado Producto: Peana-Brida
Otras conexiones disponibles a petición

ACABADO SUPERFICIE

Exterior: Mate
Interior: Decapado
Otros acabados disponibles a petición

CONDICIONES DE DISEÑO

Lado Servicio: 10 bar/185°C
Lado Producto: 10 bar/185°C

CARACTERÍSTICAS

- Tubos corrugados para aumentar la transferencia de calor
- Junta de expansión que absorbe la dilatación diferencial entre la camisa y el haz tubular
- Múltiples unidades pueden ir montadas e interconectadas sobre un bastidor con opción de chapa protectora y aislamiento térmico
- Disponible version con acabado pulido

RANGO

MODELOS	LONGITUD (m)	ÁREA (m ²)	CONEXIÓN SERVICIO	CONEXIÓN PRODUCTO	CAUDAL MÁX SERVICIO (m ³ /hr)	CAUDAL MÁX PRODUCTO (m ³ /hr)	VOLUMEN SERVICIO (l)	VOLUMEN PRODUCTO (l)
K 7 76/18	0,7 - 6	2,3	DN40	DN65	16	13	14,6	8,3
K 13 104/18	0,7 - 6	4,3	DN65	DN80	40	24	27,6	15,4
K 19 129/18	0,7 - 6	6,3	DN80	DN100	55	35	44,8	22,6
K 37 168/18	0,7 - 6	12,4	DN80	DN150	55	67	70,3	43,9
K 55 219/18	0,7 - 6	18,4	DN125	DN200	130	100	129,8	65,3

Se puede suministrar las siguientes longitudes: 0,7/1/1,5/2/3/6 m. Área y volúmenes para modelos de 6m. Volumen conexiones incluido.

CÓDIGO DE DISEÑO Y CUMPLIMIENTO

PD 5500, PED 2014/68/EU, ASME | Acorde a documentación TR CU 032, DOSH bajo demanda

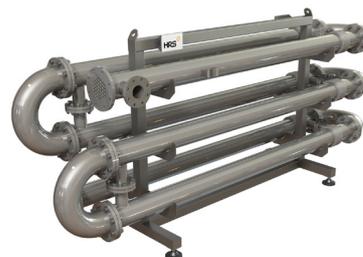
INTERCAMBIADOR MULTITUBULAR - ALTA PRESIÓN ALTA TEMPERATURA

HRS SERIE KHP



La Serie HRS K es un intercambiador de calor de tubo y camisa en acero inoxidable, diseñado para uso industrial. El producto fluye a través de los tubos interiores y el fluido de servicio fluye a través de la camisa.

La Serie HRS KHP es un intercambiador de calor ideal para aplicaciones de alta temperatura y alta presión. Con la tecnología de corrugación de HRS, la transferencia de calor y la eficiencia se incrementan con respecto a los intercambiadores de calor de tubo liso estándar. Además, se minimizan los efectos de ensuciamiento.



DATOS TÉCNICOS

APLICACIONES

Fluidos de viscosidad media - baja
Aplicaciones de alta temperatura
Aplicaciones industriales de alta presión

MATERIALES ESTÁNDAR DE FABRICACIÓN

Lado Servicio: Acero inoxidable AISI 304
Lado Producto: Acero inoxidable AISI 316L
Otras calidades disponibles a petición

CONEXIONES ESTÁNDAR

Lado Servicio: Brida
Lado Producto: Peana-Brida
Otras conexiones disponibles a petición

ACABADO SUPERFICIE

Exterior: Mate
Interior: Decapado
Otros acabados disponibles a petición

CONDICIONES DE DISEÑO

Lado Servicio: 16 bar/250°C
Lado Producto: 16 bar/250°C

CARACTERÍSTICAS

- Tubos corrugados para aumentar la transferencia de calor
- Junta de expansión que absorbe la dilatación diferencial entre la camisa y el haz tubular
- Múltiples unidades pueden ir montadas e interconectadas sobre un bastidor con opción de chapa protectora y aislamiento térmico
- Disponible version con acabado pulido

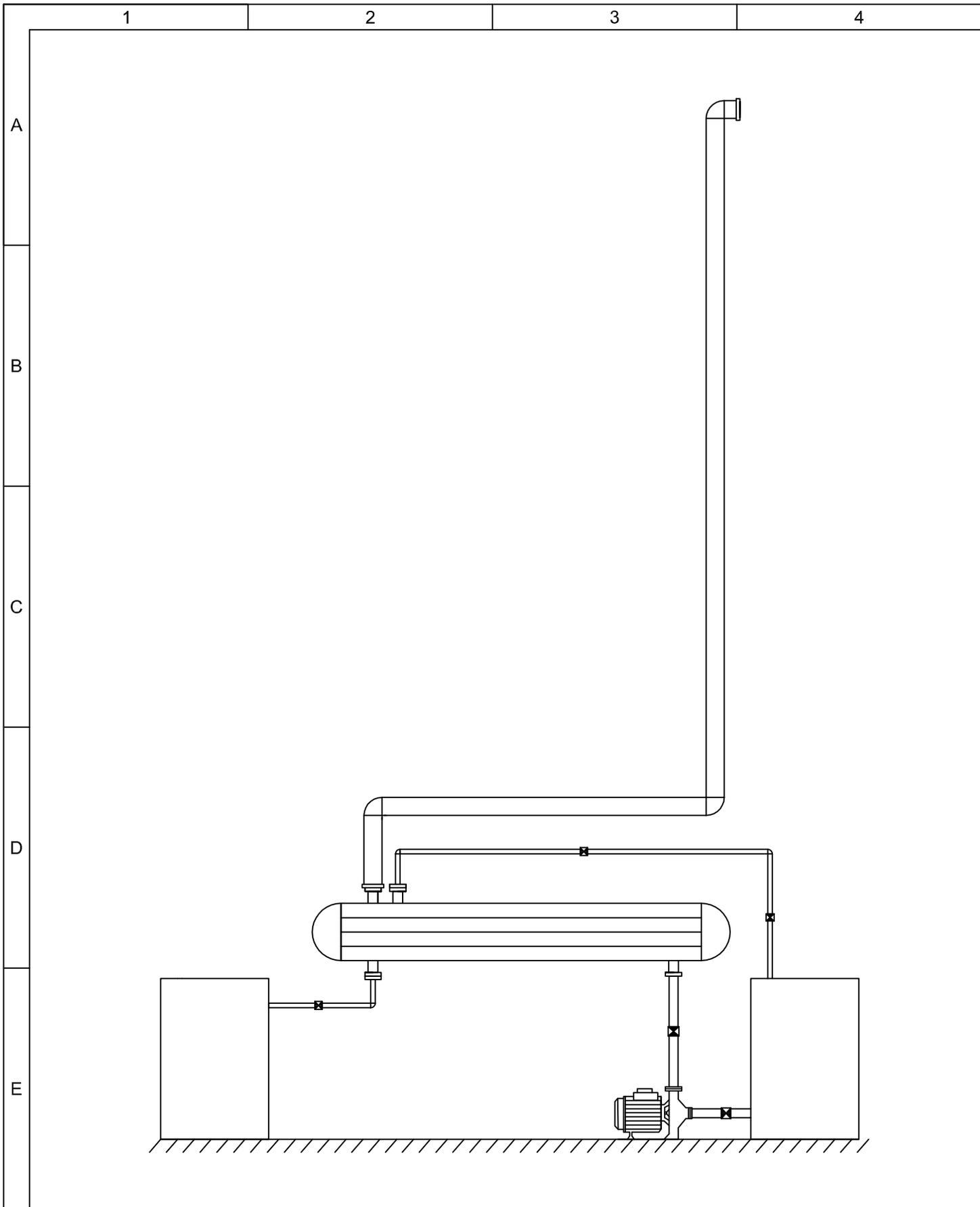
RANGO

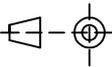
MODELOS	LONGITUD (m)	ÁREA (m ²)	CONEXIÓN SERVICIO	CONEXIÓN PRODUCTO	CAUDAL MÁX SERVICIO (m ³ /hr)	CAUDAL MÁX PRODUCTO (m ³ /hr)	VOLUMEN SERVICIO (l)	VOLUMEN PRODUCTO (l)
KHP 7 76/18	0,7 - 6	2,3	DN40	DN65	16	13	14,6	8,3
KHP 13 104/18	0,7 - 6	4,3	DN65	DN80	40	24	27,6	15,4
KHP 19 129/18	0,7 - 6	6,3	DN80	DN100	55	35	44,8	22,6
KHP 37 168/18	0,7 - 6	12,4	DN80	DN150	55	67	70,3	43,9
KHP 55 219/18	0,7 - 6	18,4	DN125	DN200	130	100	129,8	65,3

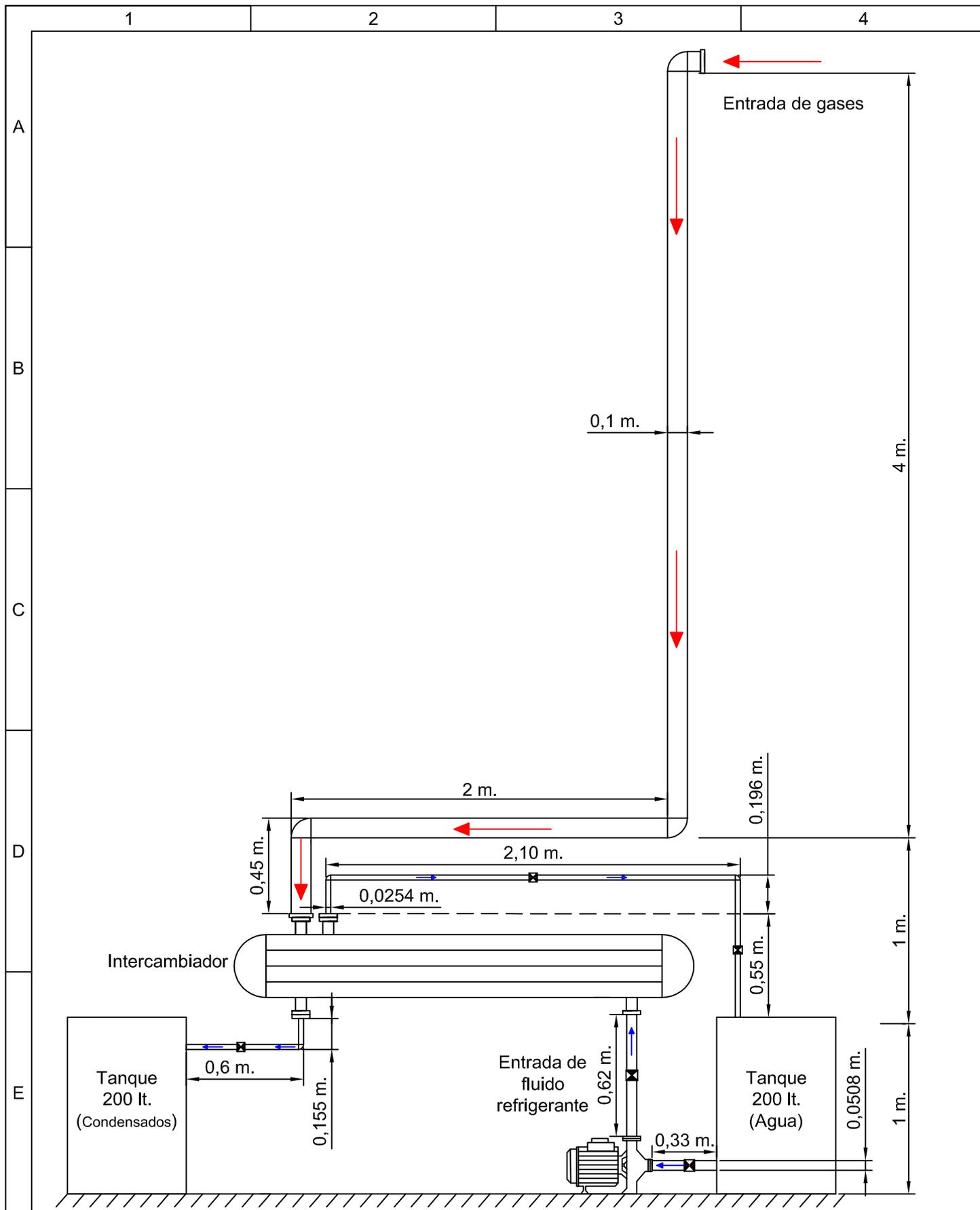
Se puede suministrar las siguientes longitudes: 0,7/1/1,5/2/3/6 m. Área y volúmenes para modelos de 6m. Volumen conexiones incluido.

CÓDIGO DE DISEÑO Y CUMPLIMIENTO

PD 5500, PED 2014/68/EU, ASME | Acorde a documentación TR CU 032, DOSH bajo demanda



				TOLERANCIA		PESO		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
					Fecha	Nombre		SISTEMA DE CONDENSACIÓN POR INTERCAMBIADOR DE CALOR	
				Dib.	28/08/20	Daniel Monga			
				Rev.	28/08/20	Ing. Raúl Reinoso			
				Apro.	28/08/20	Ing. Raúl Reinoso			
								001	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						



				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
					Fecha	Nombre	ESCALA
				Dib.	28/08/20	Daniel Monga	1:1
				Rev.	28/08/20	Ing. Raúl Reinoso	
				Apro.	28/08/20	Ing. Raúl Reinoso	
				001			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				