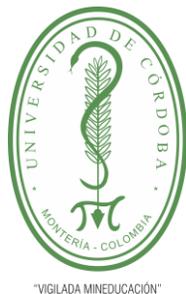


DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO DE GLICOL PARA LA REFRIGERACIÓN DE CANALES EN ESPERA DE TIEMPO DE MADURACIÓN, ÁREAS DE PROCESO E INCORPORACIÓN DE NUEVAS ÁREAS PARA REFRIGERACIÓN DE LA EMPRESA MINERVA FOODS EN CIÉNAGA DE ORO, CÓRDOBA.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"



RED CÁRNICA S.A.S. (MINERVA FOODS)

MARIO ANDRÉS BURGOS CONDE

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA, CÓRDOBA
2023**



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO DE GLICOL PARA LA REFRIGERACIÓN DE CANALES EN ESPERA DE TIEMPO DE MADURACIÓN, ÁREAS DE PROCESO E INCORPORACIÓN DE NUEVAS ÁREAS PARA REFRIGERACIÓN DE LA EMPRESA MINERVA FOODS EN CIÉNAGA DE ORO, CÓRDOBA.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"



RED CÁRNICA S.A.S. (MINERVA FOODS)

MARIO ANDRÉS BURGOS CONDE

Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Práctica Empresarial para optar al Título de ingeniero mecánico.

Director (es):

TUTOR DOCENTE, ING. WILLIAM BELTRÁN M.Sc.

TUTOR EMPRESA, ING. OSCAR REYES

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA, CÓRDOBA**

2023



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado



*A mis abuelos por su afecto, esfuerzo y
dedicación*

*A mi familia por saber confiar y esperar por
ese tiempo que por mis estudios no pude
compartir con ellos*

*A mis profesores por todo el conocimiento
que de ellos obtuve*

A mi novia por su amor



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

Agradecimientos especiales a:

Mis abuelos, a mi madre, hermanos, novia y familiares, quienes siempre han estado allí apoyándome y ofreciéndome siempre lo mejor de ellos.

Agradecimientos:

A la Universidad de Córdoba, por ser el Alma Mater en quien encontré conocimiento, amigos, y un segundo hogar.

A mis profesores por todos esos conocimientos que me proporcionaron.

A todas y cada una de esas personas que de una u otra forma contribuyeron a hacer realidad mi sueño de ser profesional.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA.....	10
3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	11
3.1 Sistema de Bombeo.	11
3.2 Sistemas frigoríficos.	12
3.3 Refrigeración	12
3.4 Transmisión de calor.....	12
3.5 Refrigeración por compresión.....	12
3.6 Refrigeración por absorción.....	13
4. DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA	13
5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	15
6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	17
7. APORTES DEL ESTUDIANTE.....	19
7.1 VALIDACIÓN DE TUBERÍAS	19
7.1.1 VELOCIDAD DEL GLICOL	20
7.1.2 Primera etapa de validación de tuberías en áreas de proceso.....	21
7.1.3 Primera etapa de validación de tuberías en cámaras de refrigeración.....	26
7.2 AISLAMIENTO	30
7.3 PERDIDAS	34
7.4 POTENCIA DE LA BOMBA	45
8. CONCLUSIONES.....	48
9. RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Segunda fase de validación áreas de proceso.	24
Tabla 2. Tercera fase de validación áreas de proceso.....	24
Tabla 3. Cuarta fase de validación áreas de proceso.	25
Tabla 4. Quinta fase de validación áreas de proceso.....	25
Tabla 5. Segunda fase de validación de cámaras de refrigeración.	28
Tabla 6. Tercera fase de validación de cámaras de refrigeración.....	28
Tabla 7. Cuarta fase de validación de cámaras de refrigeración.	28
Tabla 8. Quinta fase de validación de cámaras de refrigeración.	29
Tabla 9. Validación de tuberías.	29
Tabla 10. Coeficiente combinado de convección y radiación para cada sección de tubería.	33
Tabla 11. Conversión de unidades del coeficiente combinado de convección y radiación para cada sección de tubería.	33
Tabla 12. Espesores de aislamiento para cada sección de tubería.....	34
Tabla 13. Numero de Reynolds y régimen de flujo de cada sección de tubería.....	39
Tabla 14. Factor de fricción para cada sección de tubería.....	39
Tabla 15. Pérdidas por accesorio de tubería de 8".	40
Tabla 16. Pérdidas por accesorio de tubería de 6".	40
Tabla 17. Pérdidas por accesorio de tubería de 5".	41
Tabla 18. Pérdidas por accesorio de tubería de 4".	41
Tabla 19. Pérdidas por accesorio de tubería de 3".	42
Tabla 20. Pérdidas por accesorio de tubería de 2 ½".	42
Tabla 21. Pérdidas por accesorio de tubería de 1 ½".	43
Tabla 22. Pérdidas por accesorio de tubería de 1 ¼".	43



Tabla 23. Pérdidas por accesorio de tubería de 1".	44
Tabla 24. Pérdidas por accesorio de tubería de ¾".	44
Tabla 25. Pérdidas por accesorio de tubería de ½".	45
Tabla 26. Determinación de caudal requerido de las áreas nuevas a anexar al sistema de bombeo de glicol de la planta RED CÁRNICA.	47

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama general de la empresa MINERVA FOODS en Colombia.	10
Figura 2. Sistema de tuberías y ubicación de evaporadores actual.	15
Figura 3. Sistema de tuberías y ubicación de evaporadores actual y nuevo.	16
Figura 4. Esquema del sistema de bombeo de glicol en la planta RED CÁRNICA.	17
Figura 5. Intercambiador de placas para glicol de la planta RED CÁRNICA.	18
Figura 6. Tanque de almacenamiento de glicol de la planta RED CÁRNICA.	19
Figura 7. Sistema de tuberías de glicol de la planta RED CÁRNICA.	20
Figura 8. Bomba de glicol GRUNDFOSS NK 80 de la planta RED CÁRNICA.	30
Figura 9. Medición de humedad relativa y temperatura promedio con termohigrómetro en la planta RED CÁRNICA.	31
Figura 10. Ruta de tuberías a evaporadores con mayor distancia y pérdidas en cada área de refrigeración.	34
Figura 11. Medición de altura de descarga con medidor laser BOSCH en planta RED CÁRNICA.	46

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Coeficiente combinado de convección y radiación vs. Diferencial de temperatura.	32
Gráfica 2. Densidad Propilenglicol vs. % V/V Propilenglicol.	36
Gráfica 3. Viscosidad dinámica Propilenglicol vs % V/V Propilenglicol.	



1. INTRODUCCIÓN

La refrigeración es una de las formas más utilizadas en la preservación de productos alimenticios y si se trata de productos cárnicos aún más, puesto que mantenerlos a bajas temperaturas inhibe el crecimiento de microorganismos y entre más cerca se esté de la temperatura de congelación más tiempo se puede mantener el producto en buenas condiciones; siendo esa la principal razón de establecerlo como la base en la que se fundamenta un frigorífico.

MINERVA FOODS empresa consolidada en Sudamérica como proveedora de productos cárnicos bovinos de alta calidad e inocuidad invierte muchos recursos para garantizar que la cadena de frío con la que cuentan sus unidades industriales sea de las mejores y pueda así distribuir los productos a sus clientes alrededor del mundo.

En la unidad industrial de Ciénaga de Oro operan dos plantas RED CÁRNICA S.A.S. y RED INDUSTRIAL COLOMBIANA S.A.S. donde la primera, recibe el ganado ya sea bovino o bufalino de las fincas y haciendas de la región para luego obtener productos cárnicos para el consumo y harina para preparación de diversos tipos de alimentos utilizando el subproducto no consumible derivado del proceso de sacrificio.

La planta que utiliza cadena de frío para la obtención de producto es la planta RED CÁRNICA S.A.S., donde se utilizan amoníaco y glicol como refrigerantes. El caso de estudio para este proyecto será el dimensionamiento de un sistema de bombeo que traslade el refrigerante hasta ciertas zonas específicas de la planta puesto que se ha estado expandiendo y es necesario seleccionar una bomba que mantenga en operación todos los equipos de refrigeración (evaporadores) al interior del recinto que a su vez asegurará que el producto se obtenga y mantenga en condiciones idóneas.



2. PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA

Minerva Foods es una empresa brasileña, con presencia en 18 países, cuya historia está pautada en una administración sólida, disciplinada, coherente y experimentada que invierte sistemáticamente en la modernización de sus unidades industriales con un portafolio amplio y personalizado de productos de calidad. En Colombia posee dos unidades industriales en las ciudades Bucaramanga y Ciénega de oro en los departamentos Santander y Córdoba respectivamente, RED CÁRNICA S.A.S. y RED INDUSTRIAL COLOMBIANA S.A.S. son los nombres de la unidad industrial ubicada en Ciénega de oro.

La Misión de esta empresa, es proveer globalmente alimentos de calidad con responsabilidad socioeconómica y ambiental. Minerva actuará a partir de un alto nivel de eficiencia operacional, promocionando al equipo y valorando a sus colaboradores, cultivando respeto y confianza en las áreas de negocio en las que actúa. Su visión se proyecta en ser una empresa más eficiente, buscando siempre maximizar el retorno sobre el capital invertido en todos sus segmentos de negocios con políticas de gestión de riesgo adecuadas. Y unos valores como: Integridad, compromiso, responsabilidad, iniciativa, cooperación, simplicidad y determinación. Con una estructura organizacional dividida gerencialmente en dos; gerencia industrial y gerencia administrativa y financiera.

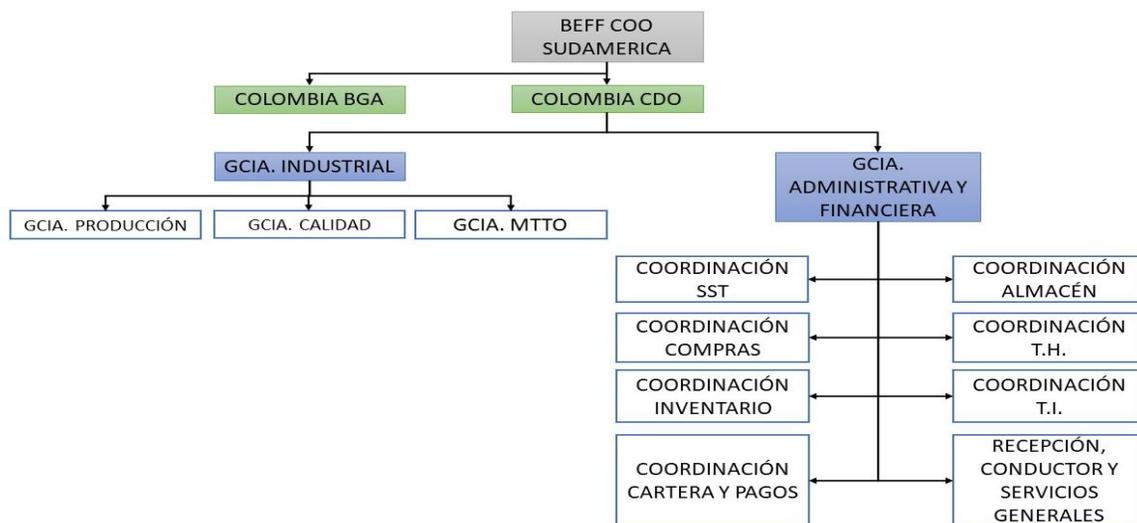


Figura 1. Organigrama general de la empresa MINERVA FOODS en Colombia.

Tomada de: Equipo de trabajo, 2022



3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

3.1 Sistema de Bombeo: Las instalaciones industriales son responsables de un tercio de las emisiones globales de CO₂. Es una tendencia mundial en el sector industrializado trazar objetivos de mitigación del cambio climático mediante el aumento de la eficiencia energética y cambiar progresivamente hacia tecnologías que ayuden a un mejor aprovechamiento de la energía (UPME, 2018).

Estos sistemas han evolucionado pasando de trabajar con potencia animal a energía térmica y posteriormente a energía eléctrica gracias al acople de un motor eléctrico, en el siglo XVII Thomas Savery desarrollo la primera bomba industrial usando vapor (BiografiasyVidas.com, 2004), desde la invención y evolución del motor eléctrico acoplado a una bomba (electrobomba) la tecnología de bombeo ha ido de la mano tecnificándose, volviéndose más necesario entender los procesos de bombeo para saber cómo mejorarlos y diseñarlos de una manera que garantice su mayor eficiencia de bombeo a menor costo energético (IAGUA, 2022).

El sistema de bombeo transporta agua glicolada que es una mezcla entre agua a una concentración del 66,66% y propilenglicol a una concentración del 33,33%, a una temperatura de -5 °C que es inferior a la temperatura ambiente, para ello necesita una fuente que permita absorber el calor y llevarlo a la temperatura deseada, el anterior sistema descrito se conoce como sistemas hidrónico, el cual es un sistema hidráulico que se usa para el intercambio de calor para enfriar o calentar un proceso, en estos sistemas se usa el glicol, agua o cualquier otro fluido como medio de transporte de calor es decir un fluido caloportador. Para su funcionamiento es necesario contar con una fuente generadora de calefacción o refrigeración (chiller), un sistema de tuberías, bombas para la recirculación, unidad terminal se va a enfriar o calentar y diversos accesorios como válvulas reguladoras y de control de flujo. Por lo tanto, para diseñar estos sistemas se debe tener fundamentos sobre conceptos de mecánica de fluidos y termodinámicos (Cerón, 2022).



3.2 Sistemas frigoríficos: Los sistemas frigoríficos, corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos, conforme se requiera. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme especificaciones (Çengel & Boles, 1994; p 42).

3.3 Refrigeración: En el ciclo de refrigeración circula un refrigerante (para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante) que pasa por diversos estados o condiciones, cada uno de estos cambios se denomina procesos. Se consigue producir frío artificial mediante los métodos de compresión y absorción (Valencia, 2008).

3.4 Transmisión de calor: El calor pasa siempre del cuerpo más caliente al más frío, a través de todo objeto, no existiendo materia que intercepte totalmente esta transmisión. Existen tres métodos de transmisión de calor:

- **Radiación:** Es la transmisión de calor a través de sustancias intermedias, sin calentar estas.
- **Convección:** en el calor que se transmite por mediación de un agente: líquido o vapor. Las corrientes de aire son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección.
- **Conducción:** es la transferencia de calor a través de un cuerpo sólido (Valencia, 2008).

3.5 Refrigeración por compresión: El método convencional de refrigeración, y el más utilizado, es por compresión. Mediante energía mecánica se comprime un gas refrigerante. Al condensar, este gas emite el calor latente que antes, al evaporarse, había absorbido el mismo refrigerante a un nivel de temperatura inferior. Para mantener este ciclo se emplea



energía mecánica, generalmente mediante motores eléctricos lo cual es costoso debido al elevado consumo eléctrico. (Valencia, 2008).

3.6 Refrigeración por absorción: Un método alternativo de refrigeración es por absorción. Sin embargo, este método por absorción solo se suele utilizar cuando hay una fuente de calor residual o barata, por lo que la producción de frío es mucho más económica y ecológica, aunque su rendimiento es bastante menor. En estos sistemas la energía suministrada es, en primer lugar, energía térmica. El refrigerante no es comprimido mecánicamente, sino absorbido por un líquido solvente en un proceso exotérmico y transferido a un nivel de presión superior mediante una simple bomba (Valencia, 2008).

La energía necesaria para aumentar la presión de un líquido mediante una bomba es despreciable en comparación con la energía necesaria para comprimir un gas en un compresor. A una presión superior, el refrigerante es evaporado desorbido del líquido solvente en un proceso endotérmico, o sea mediante calor. A partir de este punto, el proceso de refrigeración es igual al de un sistema de refrigeración por compresión. Por esto, al sistema de absorción y desorción se le denomina también "compresor térmico". En este sistema de refrigeración, al igual que en el de compresión se aprovecha que ciertas sustancias absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. En el caso de los ciclos de absorción se basan físicamente en la capacidad de absorber calor que tienen algunas sustancias, tales como el agua y algunas sales como el bromuro de litio, al disolver, en fase líquida, vapores de otras sustancias tales como el amoníaco y el agua, respectivamente (Valencia, 2008).

4. DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA

En la industria alimenticia es común encontrarse con procesos de producción bastantes específicos y definidos ligados estrechamente a la inocuidad que estos productos obligatoriamente necesitan tener, para ello es necesario contar con una excelente labor en la gestión administrativa que garantice un correcto desempeño en la producción. Cuando se trata de productos cárnicos más exactamente del bovino, los procesos para la obtención de



un producto de calidad que sea tipo exportación deben cumplir con requerimientos únicos establecidos por las políticas de la empresa y las normativas nacionales e internacionales, los cuales conllevan a que dichos procesos estén sujetos a validaciones constantes. En la unidad industrial de Ciénaga de Oro, la empresa Minerva Foods cuenta con la planta Red Cárnica que luego de la obtención de ganado que es comprado en las fincas y haciendas de toda la región y con el debido análisis por parte del personal de compra, es ingresado a los corrales de la planta para su posterior sacrificio y obtención de producto (canales), que es almacenado en cámaras de refrigeración para la espera del tiempo de maduración y así ser trasladado al área de desposte, donde después será empacado y embalado para luego ser llevado a cámaras de congelación donde estará el tiempo necesario para finalmente ser despachado al cliente. Esos últimos procesos de frío son encargados al personal de sala de máquinas los cuales, están capacitados para controlar y mantener en operación el recinto donde se obtiene y almacena el producto, contando con un requerimiento de carga de refrigeración para los procesos de obtención y almacenamiento temporal del producto que es suministrado por el ciclo de refrigeración con el que cuenta la planta.

En la operación de este ciclo de refrigeración está presente como punto clave el refrigerante, que para el presente caso es amoníaco NH_3 utilizado principalmente para la congelación del producto en los túneles de congelación, además se cuenta con propilenglicol $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$ (Glicol) como refrigerante secundario. De este último que es del que se va profundizar, ya que es el fluido refrigerante implementado en la refrigeración del producto y las áreas de proceso, entonces se validaron los diámetros de tuberías de bombeo en un sistema de tuberías en paralelo que suministra el glicol a los evaporadores presentes en las cámaras de refrigeración de la 1 a la 6, algunas áreas de proceso y pasillos dentro de la planta; también se estableció el espesor de aislamiento de dicha tubería y por último el propósito principal del proyecto que es añadir nuevas áreas para refrigeración que serán anexadas al sistema de tuberías para que así se seleccione una bomba que cumpla con el suministro requerido de caudal de glicol desde la sala de máquinas hasta los evaporadores. A continuación, se muestran esquemas donde aparecen las distribuciones de los evaporadores en las cámaras de refrigeración, áreas de proceso y la ruta que tienen las tuberías desde la sala de máquinas.



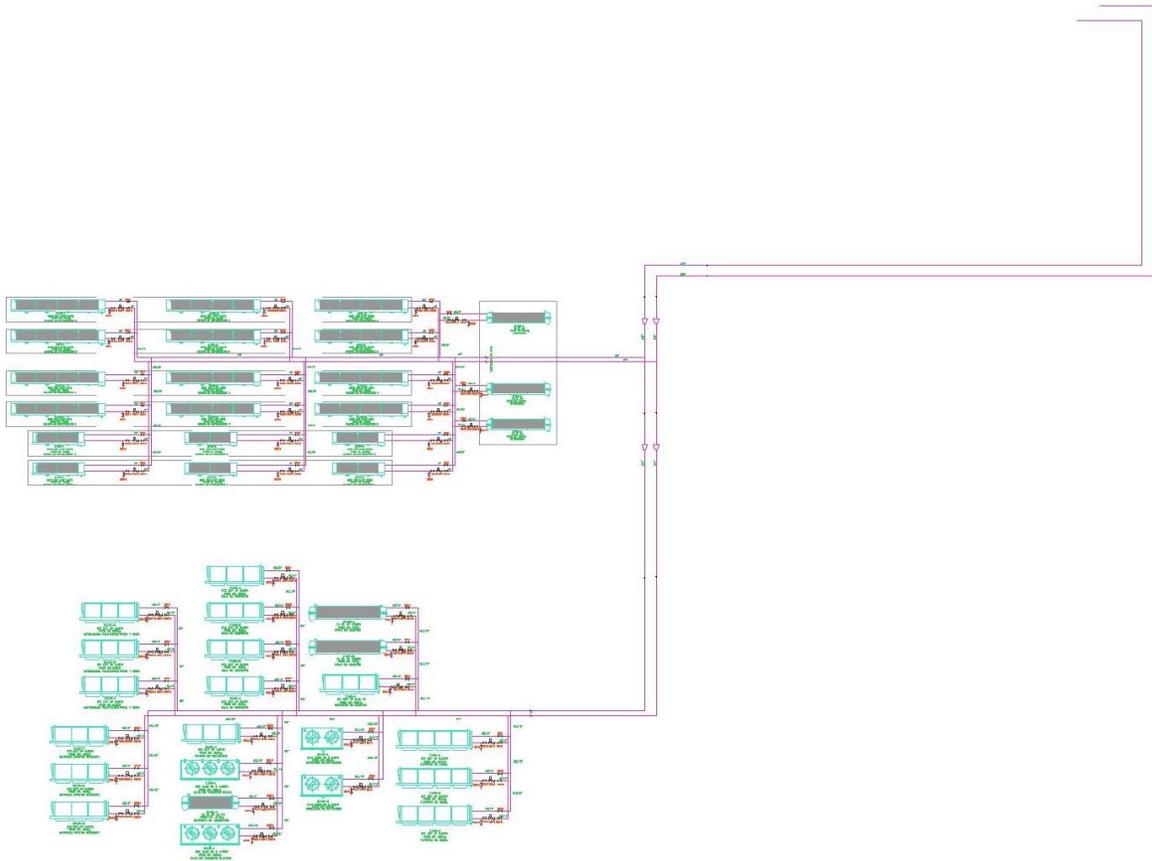


Figura 2. Sistema de tuberías y ubicación de evaporadores actual.

Tomada de: Copia controlada, 2022

5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Validación de las tuberías de bombeo y retorno del sistema de ductos en paralelo que suministra el glicol a los evaporadores presentes en cada cámara de refrigeración y las áreas de proceso dentro de la planta que utilizan ese refrigerante.

Cálculo del aislamiento de las tuberías para luego realizar la selección de una bomba que sea capaz de bombear el glicol desde la sala de máquinas hasta los equipos antes mencionados puesto que este sistema de bombeo es requerido para complementar al de amoníaco. Además, es necesario añadir las nuevas áreas que serán anexadas al sistema de tuberías para que así, cálculo de la potencia de la bomba cumpla con el suministro requerido de caudal de glicol hasta los evaporadores.



En cuanto al aislamiento para las tuberías es necesario debido a que se debe mantener el glicol a una temperatura baja y mantener su capacidad de cumplir eficientemente su trabajo en el ciclo de refrigeración ya que este compuesto se debe entregar a la misma temperatura con la que sale de la sala de máquinas porque de no ser así y su temperatura al llegar a los evaporadores sube por efectos del ambiente o cualquier otra condición la operación de los equipos para evacuar el calor y enfriar el producto se verá afectada; el aislamiento a utilizar será poliuretano expansible de alta densidad que sea igual o mayor a 41 kg/m^3 . Sabiendo lo anterior es factible realizar el aporte a la empresa seleccionando y validando la bomba y tuberías respectivamente; a continuación, se muestra un esquema donde aparece el sistema de tuberías actual que se pretende validar, la tubería nueva que será anexada y la ruta de que tiene desde la sala de máquinas.

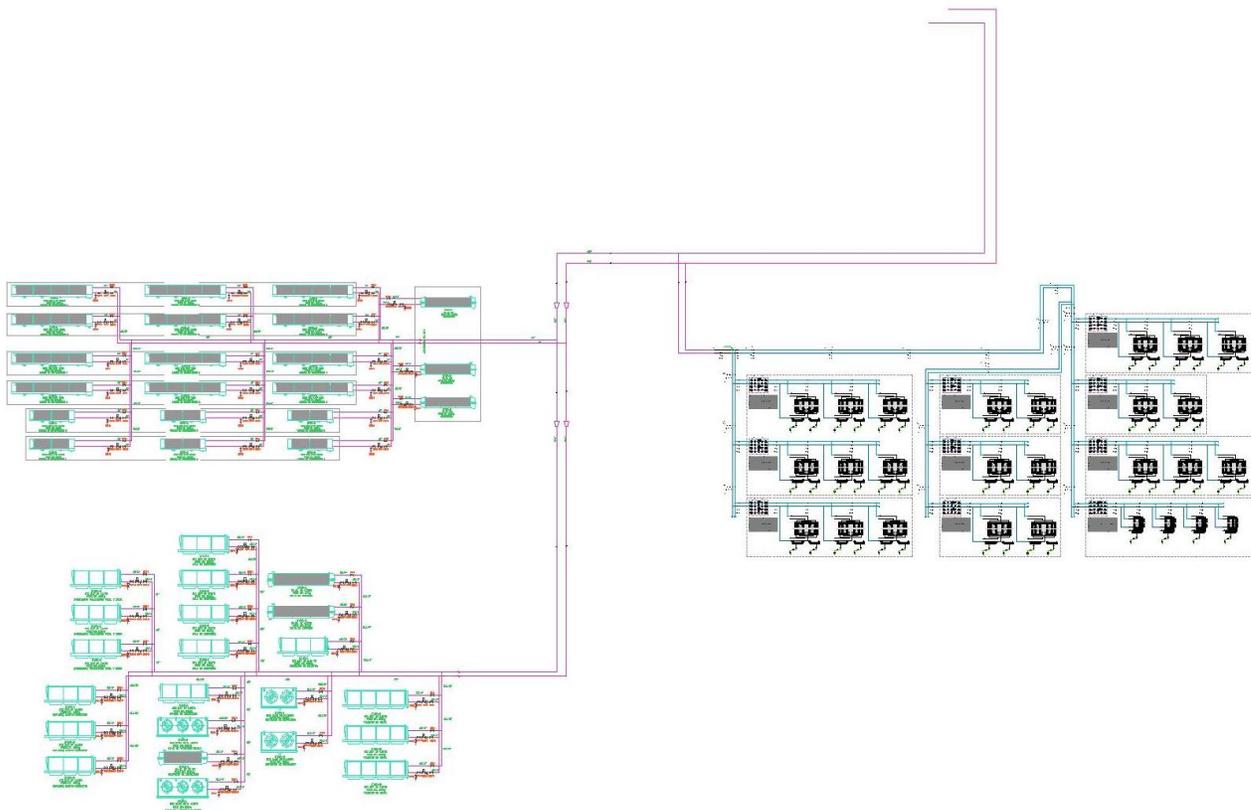


Figura 3. Sistema de tuberías y ubicación de evaporadores actual y nuevo.

Tomada de: Copia controlada, 2022



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

En la producción de alimentos refrigerados es de vital importancia que tan efectivo es el ciclo de refrigeración implementado, debido a que la correcta selección y parametrización de los equipos y componentes que lo conforman reflejarán la calidad del producto final. Si se toma en cuenta que dependiendo de la carga térmica que se requiera, la cual es calculada con a base al producto almacenado y a la capacidad del recinto es posible determinar las especificaciones con las que contará el sistema de refrigeración; el refrigerante utilizado por la empresa Minerva Foods en la unidad industrial Red Cárnica de Ciénaga de Oro es amoníaco NH_3 y propilenglicol $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$ (Glicol), este último ha venido tomando más importancia y por esa razón es empleado en la refrigeración de las áreas de proceso de obtención del producto, las cavas o cámaras de refrigeración 1 a la 6 y para las áreas nuevas que serán anexadas en la planta; debido a que el glicol es menos riesgoso de manipular que el amoníaco y a su vez mitiga daños en una posible emergencia derivada de una fuga presentada en las áreas de proceso donde se encuentran trabajando alrededor de 150 personas por turno logrando así evitar una intoxicación, siendo así una alternativa viable para mantenerlo como refrigerante principal para las cámaras de refrigeración y la razón por que se empleara en el anexo de las nuevas zonas de refrigeración. A continuación, se muestra el sistema de bombeo de glicol presente en la planta.

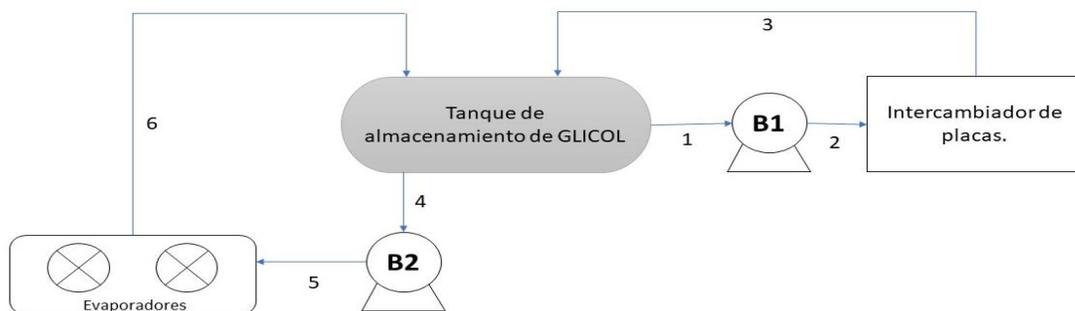


Figura 4. Esquema del sistema de bombeo de glicol en la planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022

El sistema de bombeo de glicol funciona de la siguiente manera, la bomba B1 extrae glicol del tanque de almacenamiento para pasarlo por el intercambiador de placas y así este tenga



la temperatura de -5°C , este proceso es constante ya que siempre está entrando glicol por la tubería de retorno a una temperatura más elevada. Una vez el glicol este a la temperatura establecida la bomba B2 lo bombea por el sistema de tuberías hasta los evaporadores en la planta, cabe recalcar que las bombas 1 y 2, el intercambiador de placas y el tanque de almacenamiento se encuentran ubicados en la sala de máquinas.

Según lo anterior, se requiere un nuevo sistema de bombeo; más específicamente para los procesos 4, 5 y 6 que están relacionados en la figura 4, donde se aprecia la bomba de suministro de glicol a los evaporadores denotada como B2 y las tuberías de suministro y retorno 5 y 6; para ello se tiene como base la red de tuberías que se encuentra actualmente las cual es el resultado de 2 proyectos entregados a la empresa, primero en el año 2010 y luego en el año 2018. Entonces bajo esa premisa se dirige el refrigerante desde la sala de máquinas hasta las áreas de proceso y cámaras de refrigeración mediante las tuberías de PVC que están con un dimensionamiento proporcionado por los proyectos anteriormente mencionados, donde se validó que dicho dimensionamiento determinando que es el más adecuado en términos de ahorro de costos ya que se verifico que las tuberías si son las adecuadas, es decir que los diámetros son los correctos y además que al ser anexadas las nuevas áreas se garantizó que el caudal de refrigerante a través de las tuberías en cada una de sus secciones es el adecuado para extraer el calor del recinto y refrigerar el producto.



Figura 5. Intercambiador de placas para glicol de la planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022



Luego se seleccionó la bomba, sabiendo que las nuevas áreas aumentaron el caudal requerido de refrigerante partiendo del hecho de que combinar ambas redes de tuberías requería una bomba de mayor capacidad que cumpla con el propósito que refrigerar el producto en las cámaras de refrigeración y todas las áreas donde están presentes los evaporadores.



Figura 6. Tanque de almacenamiento de glicol de la planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022

7. APORTES DEL ESTUDIANTE

7.1 VALIDACIÓN DE TUBERÍAS: Para validar las tuberías de bombeo de glicol se realizaron los cálculos de caudal requerido en cada evaporador; dato proporcionado en la ficha técnica de cada modelo de evaporadores que están distribuidos en todas las cámaras y áreas de proceso. De ahí se devolvió hasta llegar a la bomba, para eso se asumió la misma ruta y la misma cantidad de accesorios. Como dato final se obtiene el caudal total del fluido refrigerante necesario para refrigerar el producto almacenado en las cámaras de refrigeración y áreas de proceso el cual, van directamente ligado la carga térmica que se necesita evacuar para que el producto esté a una temperatura de entre 0°C a 4°C tanto como la cantidad de glicol que requiere cada equipo presente en el proceso y por ultimo asumiendo una capacidad máxima de almacenamiento en el recinto; esas condiciones son



establecidas por la empresa basándose en que esa es la temperatura óptima para mantener la carne en perfecto estado y garantizar su calidad.



Figura 7. Sistema de tuberías de glicol de la planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022

7.1.1 VELOCIDAD DEL GLICOL: Uno de los aspectos fundamentales a la hora dimensionar tuberías es la velocidad con la que el fluido será conducido al interior de ellas para calcular las velocidades del glicol a lo largo del sistema de tuberías son necesarios los datos de área de la sección interna de las tuberías y el caudal del glicol, además se sabe cuál es la trayectoria por donde estarán las tuberías y sus longitudes ya que se tomará como base el sistema de tuberías existente y en cuanto al material de la misma se sabe que es de PVC así que se continuara en el mismo material para la validación. Sabiendo eso, para determinar la velocidad del glicol al interior de las tuberías se utilizará la ecuación de cálculo de caudal:

$$Q = A \times v \quad \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (1)$$

Ecuación (6-1) citada del libro Mecánica de Fluidos, 6ta Edición Robert L. Mott.

Despejando la velocidad tenemos:

$$v = \left(\frac{Q}{A} \right) = \frac{Q}{\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right)}$$



Donde:

D = Diámetro hidráulico de la tubería [m]

Q = Caudal [m³/s]

7.1.2 Primera etapa de validación de tuberías en áreas de proceso

- Antecámara paletizado producción y desposte. Esta área cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GTI 347 4P con un caudal requerido de 0,000547623 m³/s y una tubería de ¾” con diámetro hidráulico de 0,02363 m. Entonces se valida que la tubería existente de ¾” sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000547623 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 1,25 \text{ m/s}$$

- Área de empaque de cajas. Esta área cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GTI 347 4P con un caudal requerido de 0,000547623 m³/s y una tubería de ¾” con diámetro hidráulico de 0,02363 m. Entonces, se valida que la tubería existente de ¾” sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000547623 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 1,25 \text{ m/s}$$

- Sala de desposte: Esta área cuenta con 4 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GTI 347 4P con un caudal requerido de 0,000547623 m³/s y una tubería de ¾” con diámetro hidráulico de 0,02363 m. Entonces, se valida que la tubería existente de ¾” sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000547623 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 1,25 \text{ m/s}$$



- Cava de retenidos: Esta área cuenta con un evaporador marca FRIGA-BOHN referencia GTI 347 6P con un caudal requerido de $0,000497267 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $\frac{3}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,02363 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $\frac{3}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000497267 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 1,13 \text{ m/s}$$

- Cava de vísceras rojas: Esta área cuenta con un evaporador marca FRIGA-BOHN referencia NHK 3X6D B2 con un caudal requerido de $0,002435978 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $1 \frac{1}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,03814 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $1 \frac{1}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,002435978 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,03814\text{m})^2}{4}\right)} = 2,13 \text{ m/s}$$

- Cava de vísceras blancas: Esta área cuenta con un evaporador marca FRIGA-BOHN referencia NHK 3X6D B2 con un caudal requerido de $0,002435978 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $1 \frac{1}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,03814 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $1 \frac{1}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,002435978 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,03814\text{m})^2}{4}\right)} = 2,13 \text{ m/s}$$

- Sala de desposte de retenidos: Esta área cuenta con un evaporador marca FRIGA-BOHN referencia TA 4L 8P con un caudal requerido de $0,000141627 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $\frac{3}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,02363 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $\frac{3}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000141627 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 0,32 \text{ m/s}$$



- Cava de cuarteo: Esta área cuenta con 2 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia TA 6L 4P con un caudal requerido de $0,000331406 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $\frac{3}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,02363 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $\frac{3}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000331406 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 0,76 \text{ m/s}$$

- Sala de despacho de cuartos: Esta área cuenta con un evaporador marca FRIGA-BOHN referencia GTI 387 4P con un caudal requerido de $0,000953619 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $\frac{3}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,02363 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $\frac{3}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000953619 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 2,17 \text{ m/s}$$

- Estocage enfriados: Esta área cuenta con 2 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia NHK 2X6D B2 R con un caudal requerido de $0,001579924 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $1 \frac{1}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,03814 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $1 \frac{1}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001579924 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,03814\text{m})^2}{4}\right)} = 1,38 \text{ m/s}$$

- Cuartos de canal: Esta área cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GTI 487 4P con un caudal requerido de $0,0012054 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $\frac{3}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,02363 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $\frac{3}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,0012054 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 2,75 \text{ m/s}$$



Tabla 1. Segunda fase de validación áreas de proceso.

SEGUNDA FASE DE VALIDACIÓN			
AREAS DE PROCESO	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
Antecámara Paletizado Despacho	0,001642869	1,10	1 1/2
Empaque de Cajas	0,001642869	1,10	1 1/2
Sala de Desposte	0,002190492	1,46	3
Cava de Retenidos	0,00551085	2,36	2
Cava de Vísceras Blancas			
Cava de Vísceras Rojas			
desposte de retenidos			
Cava de Cuarteo	0,001616432	1,41	1 1/4
Despacho de Cuartos			
Estocage Enfriados	0,003159848	0,92	2 1/2
Cuartos de Canal	0,003616201	2,41	1 1/2

Tabla 2. Tercera fase de validación áreas de proceso.

TERCERA FASE DE VALIDACIÓN			
AREAS DE PROCESO	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
Antecámara Paletizado Despacho	0,003285738385	0,65	3
Empaque de Cajas			
Sala de Desposte			
Cava de Retenidos			
Cava de Vísceras Blancas			
Cava de Vísceras Rojas			
desposte de retenidos			
Cava de Cuarteo			
Despacho de Cuartos			
Estocage Enfriados			
Cuartos de Canal			



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Tabla 3. Cuarta fase de validación áreas de proceso.

CUARTA FASE DE VALIDACIÓN			
AREAS DE PROCESO	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
Antecámara Paletizado Despacho	0,010987081131	2,16	3
Empaque de Cajas			
Sala de Desposte			
Cava de Retenidos			
Cava de Vísceras Blancas			
Cava de Vísceras Rojas			
desposte de retenidos			
Cava de Cuarteo			
Despacho de Cuartos			
Estocage Enfriados			
Cuartos de Canal			

Tabla 4. Quinta fase de validación áreas de proceso.

QUINTA FASE DE VALIDACIÓN			
AREAS DE PROCESO	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
Antecámara Paletizado Despacho	0,019379561952	2,31	4
Empaque de Cajas			
Sala de Desposte			
Cava de Retenidos			
Cava de Vísceras Blancas			
Cava de Vísceras Rojas			
desposte de retenidos			
Cava de Cuarteo			
Despacho de Cuartos			
Estocage Enfriados			
Cuartos de Canal			



7.1.3 Primera etapa de validación de tuberías en cámaras de refrigeración.

- Antecámara: Esta área cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia TA 6L 6P con un caudal requerido de $0,000263111 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de $\frac{3}{4}$ " con diámetro hidráulico de $0,02363 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de $\frac{3}{4}$ " sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,000263111 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,02363\text{m})^2}{4}\right)} = 0,6 \text{ m/s}$$

- Cámara de refrigeración #1: Esta cava cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GT2I 28R 6/8P con un caudal requerido de $0,001035448 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de 1" con diámetro hidráulico de $0,0302 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de 1" sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001035448 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,0302\text{m})^2}{4}\right)} = 1,45 \text{ m/s}$$

- Cámara de refrigeración #2: Esta cava cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GT2I 28R 6/8P con un caudal requerido de $0,001035448 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de 1" con diámetro hidráulico de $0,0302 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de 1" sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001035448 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,0302\text{m})^2}{4}\right)} = 1,45 \text{ m/s}$$

- Cámara de refrigeración #3: Esta cava cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GT2I 46R 6/8P con un caudal requerido de $0,001853736 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de 1" con diámetro hidráulico de $0,0302 \text{ m}$. Entonces, se valida que la tubería existente de 1" sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001853736 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,0302\text{m})^2}{4}\right)} = 2,59 \text{ m/s}$$



- Cámara de refrigeración #4: Esta cava cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GT2I 46R 6/8P con un caudal requerido de $0,001853736 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de 1" con diámetro hidráulico de 0,0302 m. Entonces, se valida que la tubería existente de 1" sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001853736 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,0302\text{m})^2}{4}\right)} = 2,59 \text{ m/s}$$

- Cámara de refrigeración #5: Esta cava cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GT2I 46R 6/8P con un caudal requerido de $0,001853736 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de 1" con diámetro hidráulico de 0,0302 m. Entonces, se valida que la tubería existente de 1" sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001853736 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,0302\text{m})^2}{4}\right)} = 2,59 \text{ m/s}$$

- Cámara de refrigeración #6: Esta cava cuenta con 3 evaporadores marca FRIGA-BOHN referencia GT2I 46R 6/8P con un caudal requerido de $0,001853736 \text{ m}^3/\text{s}$ y una tubería de 1" con diámetro hidráulico de 0,0302 m. Entonces, se valida que la tubería existente de 1" sea la adecuada utilizando la ecuación 2 y reemplazando tenemos:

$$v = \frac{(0,001853736 \text{ m}^3/\text{s})}{\left(\frac{\pi * (0,0302\text{m})^2}{4}\right)} = 2,59 \text{ m/s}$$



Tabla 5. Segunda fase de validación de cámaras de refrigeración.

SEGUNDA FASE DE VALIDACIÓN			
CAMARAS DE REFRIGERACION	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
EVAP. #1 (Cavas 1, 2, 3, 4)	0,005778368	1,69	2 1/2
EVAP. #1 (Cavas 5 y 6)	0,003707471	2,47	1 1/2
EVAP. #2 (Cavas 1, 2, 3, 4)	0,005778368	1,69	2 1/2
EVAP. #2 (Cavas 5 y 6)	0,003707471	2,47	1 1/2
EVAP. #3 (Cavas 1, 2, 3, 4) + EVAP. #2 y 3 de Antecámara	0,006304589	1,84	2 1/2
EVAP. #3 (Cavas 5 y 6) + EVAP. #1 de Antecámara	0,003970582	2,65	1 1/2

Tabla 6. Tercera fase de validación de cámaras de refrigeración.

TERCERA FASE DE VALIDACIÓN			
CAMARAS DE REFRIGERACION	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
EVAP. #1 (Cavas 1, 2, 3, 4)	0,0094858386	0,86	5
EVAP. #1 (Cavas 5 y 6)			
EVAP. #2 (Cavas 1, 2, 3, 4)			
EVAP. #2 (Cavas 5 y 6)			
EVAP. #3 (Cavas 1, 2, 3, 4) + EVAP. #2 y 3 de Antecámara			
EVAP. #3 (Cavas 5 y 6) + EVAP. #1 de Antecámara			

Tabla 7. Cuarta fase de validación de cámaras de refrigeración.

CUARTA FASE DE VALIDACIÓN			
CAMARAS DE REFRIGERACION	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
EVAP. #1 (Cavas 1, 2, 3, 4)	0,018971677	1,717	5
EVAP. #1 (Cavas 5 y 6)			
EVAP. #2 (Cavas 1, 2, 3, 4)			
EVAP. #2 (Cavas 5 y 6)			
EVAP. #3 (Cavas 1, 2, 3, 4) + EVAP. #2 y 3 de Antecámara			
EVAP. #3 (Cavas 5 y 6) + EVAP. #1 de Antecámara			



Certificado GP 134-1

Certificado SC 5278-1

Tabla 8. Quinta fase de validación de cámaras de refrigeración.

QUINTA FASE DE VALIDACIÓN			
CAMARAS DE REFRIGERACION	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual [in]
EVAP. #1 (Cavas 1, 2, 3, 4)	0,02924685	2,65	5
EVAP. #1 (Cavas 5 y 6)			
EVAP. #2 (Cavas 1, 2, 3, 4)			
EVAP. #2 (Cavas 5 y 6)			
EVAP. #3 (Cavas 1, 2, 3, 4) + EVAP. #2 y 3 de Antecámara			
EVAP. #3 (Cavas 5 y 6) + EVAP. #1 de Antecámara			

Tabla 9. Validación de tuberías.

VALIDACION DE TUBERIAS [IN]	Caudal [m3/s]	Velocidad [m/s]	Ø Actual (6in) [m]
CAMARAS DE REFRIGERACION	0,0292468483	2,67	0,15222
AREAS DE PROCESO	0,0193795620		
TOTAL	0,0486264103		

De acuerdo a la validación el caudal $0,0486264103 \text{ m}^3/\text{s} = 175 \text{ m}^3/\text{h}$ es el requerido en todo el sistema de tuberías de bombeo de glicol hacia los evaporadores presentes en las cámaras de refrigeración y áreas de proceso, comparando con las características de la bomba actualmente utilizada la cual es una bomba centrífuga marca GRUNDFOSS referencia NK 80 como se muestra en la imagen la cual tiene una capacidad de bombear $165 \text{ m}^3/\text{h}$ según su ficha técnica. Entonces se evidencia que es necesario cambiar la bomba para poder agregar las nuevas áreas de refrigeración al sistema de tuberías ya que no va tener la capacidad suficiente de bombear el refrigerante.





Figura 8. Bomba de glicol GRUNDFOSS NK 80 de la planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022

7.2 AISLAMIENTO: En cuanto al aislamiento, se parte de los datos de diámetros de las secciones de tuberías y la temperatura que se desea mantener aislada del ambiente al interior de estas la cual es -5°C . El espesor de aislamiento se establece principalmente para la tubería de bombeo ya que en la tubería de retorno no es estrictamente necesario, aunque de igual manera se debe aislar para que el glicol no llegue nuevamente al tanque de expansión a una temperatura más elevada por lo tanto, se debe saber a qué temperatura sale de las cámaras de refrigeración o en su defecto se trabajara con la misma temperatura de bombeo que es la más baja y se garantizara que cumpla con el aislamiento. Por otro lado, los requerimientos de la empresa respecto al material que se utilizará como aislante será poliuretano expansivo contenido entre las tuberías de bombeo de glicol y un ducto de sección circular de acero inoxidable. La ecuación que se implementará para determinar el espesor óptimo de aislamiento de la tubería es:

$$e = \frac{2\lambda}{h_0} \times \frac{(T_{r2} - T_i)}{(T_a - T_{r2})}$$



Donde:

λ = Coeficiente de conductividad térmica del material aislante.

h_0 = Coeficiente combinado de transmisión de calor (convectivo y radiactivo).

T_{r2} = Temperatura de rocío ambiente.

T_i = Temperatura del fluido frío.

T_a = Temperatura ambiente.

Primero se determina el coeficiente combinado de transmisión de calor para todas las secciones de tuberías mediante el uso de la gráfica 1 que relaciona los diámetros de tuberías en pulgadas y el diferencial de temperatura en °F, es decir la temperatura ambiente menos la temperatura externa de la tubería. Se toma temperatura externa del tubo como -5°C y temperatura ambiente como la temperatura promedio presentada en la planta ubicada en el municipio de Ciénaga de Oro en un periodo de 5 meses en el transcurso de la práctica, para obtener este dato se utilizó el instrumento de medición de temperatura y humedad relativa termohigrómetro marca FLUKE referencia 971 adicionalmente también se toma el promedio de la humedad relativa dato requerido para obtener la temperatura de rocío.



Figura 9. Medición de humedad relativa y temperatura promedio con termohigrómetro en la planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022



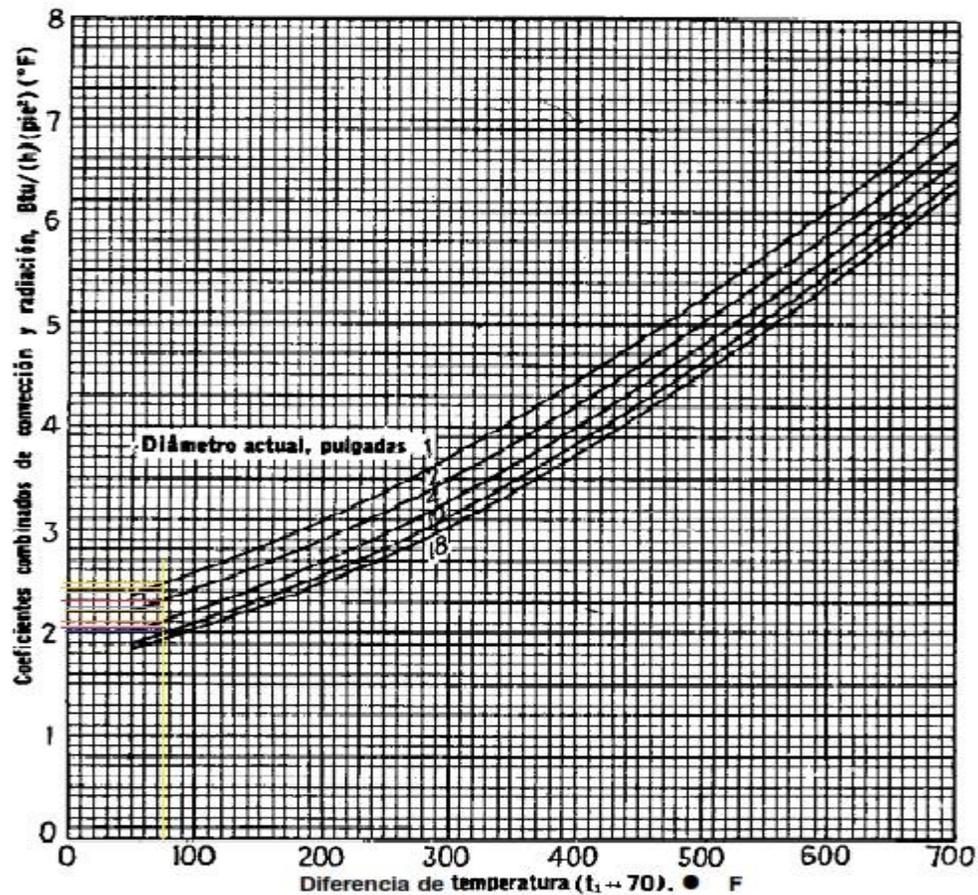
Diámetros de tuberías: 8", 6", 5", 4", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1 ¼", 1", ¾" y ½"

Temperatura externa del tubo: $-5^{\circ}\text{C} = 23^{\circ}\text{F}$

Temperatura ambiente promedio: $36^{\circ}\text{C} = 96,8^{\circ}\text{F}$

Diferencial de temperatura: $(96,8 - 23)^{\circ}\text{F} = 73,8^{\circ}\text{F}$

Humedad relativa promedio: 80%



Gráfica 1. Coeficiente combinado de convección y radiación vs. Diferencial de temperatura.

Tomado de: Libro Procesos de Transferencia de Calor, 1ra Edición Kern Donald Q., 2016.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

De acuerdo con la gráfica, los valores del coeficiente combinado de transmisión de calor para cada sección de tubería son:

Tabla 10. Coeficiente combinado de convección y radiación para cada sección de tubería.

Sección de tubería [in]	8	6	5	4	3	2 1/2	2	1 1/2	1 1/4	1	3/4	1/2
hcomb [BTU/h*ft2*°F]	2	2,05	2,075	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,43	2,5	2,6	2,7

Ahora convirtiendo las unidades a $W/m^2*°K$ sabiendo que $1 \text{ BTU/h*ft}^2*°F = 5,6783 \text{ W/m}^2*°K$ entonces tenemos:

Tabla 11. Conversión de unidades del coeficiente combinado de convección y radiación para cada sección de tubería.

Sección de tubería [in]	8	6	5	4	3	2 1/2	2	1 1/2	1 1/4	1	3/4	1/2
hcomb [W/m2*°K]	11,36	11,64	11,78	11,92	12,49	12,78	13,06	13,63	13,80	14,20	14,76	15,33

La conductividad térmica del material aislante, es decir la espuma de poliuretano expansibles de $0,026 \text{ W/m*°K}$.

Por último, calculamos la temperatura de rocío mediante la siguiente ecuación:

$$T_r = T_{amb} + 35 * \log\left(\frac{HR}{100}\right) \quad (4)$$

Reemplazando en la ecuación 4 tenemos:

$$T_r = 36°C + 35 * \log\left(\frac{80}{100}\right) = 32,61°C$$

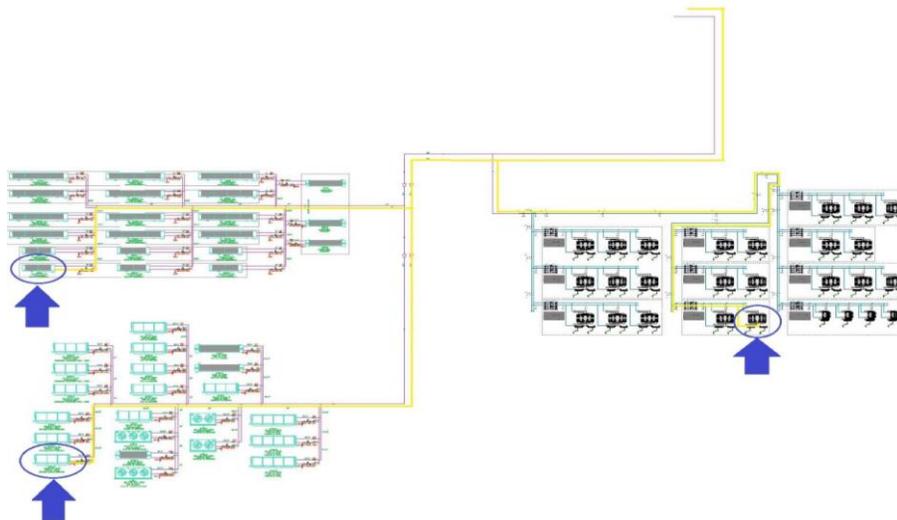
Ahora, sabiendo que los datos de conductividad térmica del material aislante (poliuretano), temperatura de rocío, temperatura del fluido frío y temperatura ambiente son constantes, se calcula el espesor de aislamiento reemplazando en la ecuación 3 y obtenemos los resultados en la siguiente tabla:



Tabla 12. Espesores de aislamiento para cada sección de tubería.

Dia. [in]	hcomb [W/m ² *K]	Espesor [m]	Espesor [mm]
8	11,36	0,05076920	50,77
6	11,64	0,04953092	49,53
5	11,78	0,04893416	48,93
4	11,92	0,04835161	48,35
3	12,49	0,04615381	46,15
2 1/2	12,78	0,04512817	45,13
2	13,06	0,04414713	44,15
1 1/2	13,63	0,04230766	42,31
1 1/4	13,80	0,04178535	41,79
1	14,20	0,04061536	40,62
3/4	14,76	0,03905323	39,05
1/2	15,33	0,03760681	37,61

7.3 PERDIDAS: Para calcular las pérdidas totales a lo largo de las tuberías, se deben establecer la ruta hacia los evaporadores más lejanos y con mayor pérdida individual de carga en comparación con los demás evaporadores presentes en cada área donde debe bombearse el glicol a una velocidad de flujo variable según la sección de tubería. A continuación, se presenta una imagen con el recorrido de la tubería de bombeo hacia los evaporadores antes descritos.

**Figura 10.** Ruta de tuberías a evaporadores con mayor distancia y pérdidas en cada área de refrigeración.

Tomado de: Copia controlada, 2022.



De acuerdo a lo anterior, las pérdidas de energía total h_L se calculan de la siguiente forma usando las siguientes ecuaciones citadas del capítulo 8 del libro Mecánica de Fluidos, 6ta Edición Robert L. Mott.:

$$h_L = h_{L\text{principales}} + h_{L\text{secundarias}} \quad (5)$$

Donde:

$$h_{L\text{principales}} = f * \frac{L}{\varnothing} * \frac{Vel^2}{2g} \quad (6)$$

$$h_{L\text{secundarias}} = K_L * \frac{Vel^2}{2g} \quad (7)$$

Combinando las ecuaciones 6 y 7 tenemos:

$$h_L = \left(f * \frac{L}{\varnothing} + \sum K_L \right) \frac{Vel^2}{2g} \quad (8)$$

Donde:

$$K_L = \sum \text{Coeficientes de perdidas por accesorios}$$

$f = \text{Factor de fricción}$

Para hallar el factor de fricción f primero se debe establecer en que régimen de flujo trabajara el fluido al interior de la tubería, es decir si es laminar, transicional o turbulento y para eso es necesario calcular el número de Reynolds del glicol a -5°C utilizando la siguiente ecuación, para luego utilizar la ecuación correspondiente dependiendo del régimen de flujo.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot \varnothing_{hid}}{\mu} \quad (9)$$

Donde:

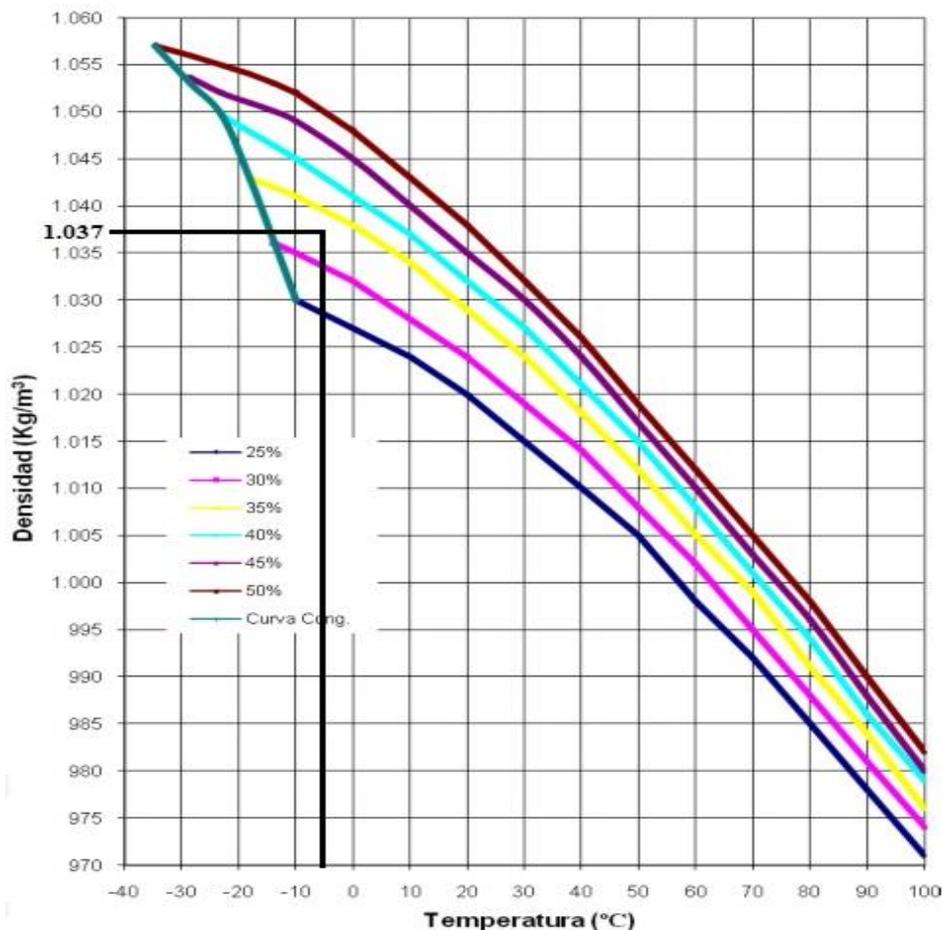
V es la velocidad a la que circula el fluido (glicol) al interior de las tuberías, dato encontrado en la validación de las tuberías que varía dependiendo de la sección de la tubería.



\varnothing_{hid} es el diámetro interior de la tubería PVC o diámetro hidráulico [m].

ρ es la densidad del fluido [kg/m^3] y μ es la viscosidad dinámica [kg/m*s]. Para el caso de estudio glicol a un porcentaje de 33,33% mezclado con agua a la temperatura de operación que es -5°C .

Ahora, hallamos la densidad y la viscosidad dinámica del glicol mediante graficas usando como parámetros el porcentaje v/v (mezcla agua-glicol) y la temperatura de operación del glicol.

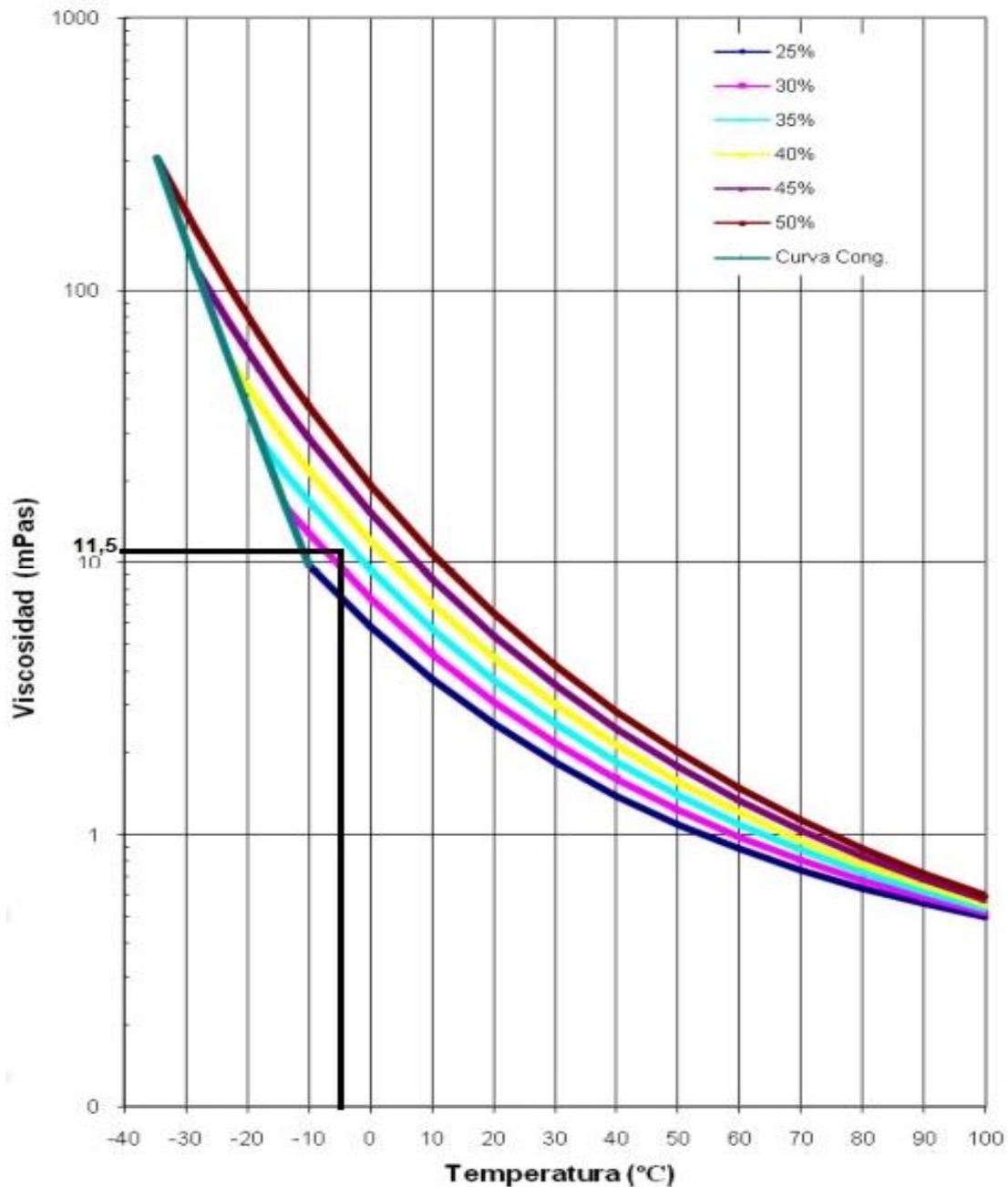


Gráfica 2. Densidad Propilenglicol vs. % V/V Propilenglicol.

Fuente: Tomado de Pérez Martínez, C. (2016).

De la gráfica anterior, la densidad del fluido es 1037 kg/m^3 .





Gráfica 3. Viscosidad dinámica Propilenglicol vs % V/V Propilenglicol.

Fuente: Tomado de Pérez M., C., 2016

De la gráfica anterior, la viscosidad dinámica del fluido es $11,5 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 0,0115 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

Entonces:

$$\begin{aligned}
 Re &\leq 2\,300 && \text{flujo laminar} \\
 2\,300 &\leq Re \leq 4\,000 && \text{flujo transicional} \\
 Re &\geq 4\,000 && \text{flujo turbulento}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Una vez calculado el número de Reynolds y se determine el régimen de flujo al interior de la tubería de acuerdo con la ecuación 10 se procede a determinar el factor de fricción utilizando la ecuación correspondiente para cada régimen de flujo.

Si el régimen de flujo es laminar se utiliza la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} \tag{11}$$

Si el régimen de flujo es turbulento se utiliza la ecuación de HAALAND:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon/\phi}{3,7} \right)^{1,11} \right] \tag{12}$$

Donde:

$$\varepsilon/\phi = \text{Rugosidad Relativa} = 0 \text{ (para tubería lisa)}$$

Si el régimen de flujo es transicional se debe modificar alguna característica en el diseño ya sea el diámetro de la tubería o la velocidad del fluido para forzar el número de Reynolds a ser de flujo laminar o turbulento, ya que para el régimen de flujo transicional no hay ecuaciones para calcular el factor de fricción debido que el comportamiento del fluido es irregular pasando de flujo laminar a transicional aleatoriamente a lo largo de la sección.

Ahora, calculamos el número de Reynolds con la ecuación 9 para cada sección de tubería y de acuerdo al resultado se determina el régimen de flujo teniendo en cuenta la ecuación 10. Además, para determinar la velocidad promedio del fluido se utiliza la ecuación 2 donde el caudal se obtiene de los datos de las fases de validación de la tubería, la densidad del fluido es 1037 kg/m^3 y la viscosidad dinámica es $0,0115 \text{ kg/m}^*\text{s}$ son constantes tenemos:



Tabla 13. Numero de Reynolds y régimen de flujo de cada sección de tubería.

Dia. [in]	Dia. Hid. [m]	Velocidad [m/s]	Numero de Reynolds	Regimen
8	0,21910	2,88	49812,27	TURBULENTO
6	0,16830	2,67	36676,81	TURBULENTO
5	0,14130	2,65	28312,97	TURBULENTO
4	0,11430	2,31	21514,46	TURBULENTO
3	0,08890	2,16	15685,89	TURBULENTO
2 1/2	0,07300	1,69	10041,34	TURBULENTO
1 1/2	0,04830	2,65	10436,68	TURBULENTO
1 1/4	0,04220	1,41	4865,95	TURBULENTO
1	0,03340	2,59	7047,45	TURBULENTO
3/4	0,02670	1,00	2130,81	LAMINAR
1/2	0,02134	3,71	6080,27	TURBULENTO

Luego, calculamos el factor de fricción para cada sección de tubería dependiendo del régimen de flujo en el que se encuentre utilizando la ecuación 11 para flujo laminar o la ecuación 12 para flujo turbulento, entonces tenemos:

Tabla 14. Factor de fricción para cada sección de tubería.

Dia. [in]	Factor de fricción
8	0,02073102868
6	0,02164867492
5	0,02364211311
4	0,02528358670
3	0,02739304204
2 1/2	0,03085122220
1 1/2	0,03052664451
1 1/4	0,03804327292
1	0,03267593789
3/4	0,03003553252
1/2	0,03791992470



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Hallamos el coeficiente de pérdidas por accesorios K_L de las tuberías, haciendo sumatoria de la cantidad de accesorios multiplicado por el número de coeficiente respectivo y posteriormente calcular las pérdidas de energía total h_L utilizando la ecuación 8. Se toman los datos de longitud de la tubería de los planos y los demás datos ya han sido previamente obtenidos, entonces tenemos:

- Para tubería de 8"

Tabla 15. Pérdidas por accesorio de tubería de 8".

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	5	0,3
Derivación (TEE)	2	1
Reducción – Ampliación 8" a 6"	1	0,125
Reducción – Ampliación 8" a 4"	1	0,2

$$K_L = 5(0,3) + 2(1) + 1(0,125) + 1(0,2) = 3,825$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 75,55m y el diámetro hidráulico es 0,192m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,02073102868) * \left(\frac{75,55 \text{ m}}{(0,192\text{m})} \right) + (3,825) \right] * \frac{\left(2,88 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 5,1\text{m}$$

- Para tubería de 6"

Tabla 16. Pérdidas por accesorio de tubería de 6".

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	3	0,3
Derivación (TEE)	2	1
Reducción – Ampliación 6" a 4"	1	0,133
Reducción – Ampliación 6" a 2 1/2"	1	0,242

$$K_L = 3(0,3) + 2(1) + 1(0,133) + 1(0,242) = 3,275$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 44,69m y el diámetro hidráulico es 0,15222m entonces tenemos:



$$h_L = \left[(0,0222369876) * \left(\frac{44,69 \text{ m}}{(0,15222 \text{ m})} \right) + (3,275) \right] * \frac{\left(2,67 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 3,5 \text{ m}$$

- Para tubería de 5"

Tabla 17. Pérdidas por accesorio de tubería de 5".

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	1	0,3
Derivación (TEE)	5	1
Reducción – Ampliación 6" a 5"	1	0,1

$$K_L = 1(0,3) + 5(1) + 1(0,1) = 5,4$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 38,32m y el diámetro hidráulico es 0,1186m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,02364211311) * \left(\frac{38,32 \text{ m}}{(0,1186 \text{ m})} \right) + (5,4) \right] * \frac{\left(2,65 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 4,66 \text{ m}$$

- Para tubería de 4"

Tabla 18. Pérdidas por accesorio de tubería de 4".

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	1	0,3
Derivación (TEE)	3	1
Reducción – Ampliación 4" a 3"	1	0,1125

$$K_L = 1(0,3) + 3(1) + 1(0,1125) = 3,4125$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 43,41m y el diámetro hidráulico es 0,10342m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,0252835867) * \left(\frac{43,41 \text{ m}}{(0,10342 \text{ m})} \right) + (3,41) \right] * \frac{\left(2,31 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 3,8 \text{ m}$$



- Para tubería de 3”

Tabla 19. Pérdidas por accesorio de tubería de 3”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	1	0,3
Derivación (TEE)	3	1
Reducción – Ampliación 4” a 3”	1	0,1125
Reducción – Ampliación 3” a 1 ½”	1	0,2

$$K_L = 1(0,3) + 3(1) + 1(0,1125) + 1(0,2) = 3,6125$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 15,52m y el diámetro hidráulico es 0,08042m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,02521374253) * \left(\frac{15,52 \text{ m}}{(0,08042 \text{ m})} \right) + (3,61) \right] * \frac{\left(2,16 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 2,12 \text{ m}$$

- Para tubería de 2 ½”

Tabla 20. Pérdidas por accesorio de tubería de 2 ½”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	1	0,3
Derivación (TEE)	3	1
Reducción – Ampliación 6” a 2 ½”	1	0,2417
Reducción – Ampliación 5” a 2 ½”	1	0,2

$$K_L = 1(0,3) + 3(1) + 1(0,2417) + 1(0,2) = 3,7417$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 8,08m y el diámetro hidráulico es 0,06607m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,0308512222) * \left(\frac{8,08 \text{ m}}{(0,06607 \text{ m})} \right) + (3,74) \right] * \frac{\left(1,69 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 1,09 \text{ m}$$



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



- Para tubería de 1 ½”

Tabla 21. Pérdidas por accesorio de tubería de 1 ½”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	2	0,3
Derivación (TEE)	5	1
Reducción – Ampliación 3” a 1 ½”	1	0,2
Reducción – Ampliación 2 ½” a 1 ½”	1	0,15

$$K_L = 2(0,3) + 5(1) + 1(0,2) + 1(0,15) = 5,95$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 7,33m y el diámetro hidráulico es 0,04368m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,03052664451) * \left(\frac{7,33 \text{ m}}{(0,04368 \text{ m})} \right) + (5,95) \right] * \frac{\left(2,65 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 3,96 \text{ m}$$

- Para tubería de 1 ¼”

Tabla 22. Pérdidas por accesorio de tubería de 1 ¼”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	3	0,3
Reducción – Ampliación 3” a 1 ¼”	1	0,24

$$K_L = 3(0,3) + 1(0,24) = 1,14$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 17,84m y el diámetro hidráulico es 0,03814m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,03804327292) * \left(\frac{17,84 \text{ m}}{(0,03814 \text{ m})} \right) + (1,14) \right] * \frac{\left(1,41 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 1,93 \text{ m}$$



- Para tubería de 1”

Tabla 23. Pérdidas por accesorio de tubería de 1”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Derivación (TEE)	2	1
Reducción – Ampliación 1 ½” a 1”	1	0,13
Reducción – Ampliación 1 ¼” a 1”	1	0,1
Válvula de bola	2	0,05

$$K_L = 2(1) + 1(0,13) + 1(0,1) + 2(0,05) = 2,33$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 10,95m y el diámetro hidráulico es 0,03020m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,03408456971) * \left(\frac{10,95 \text{ m}}{(0,03020 \text{ m})} \right) + (2,33) \right] * \frac{\left(2,59 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 4,84 \text{ m}$$

- Para tubería de ¾”

Tabla 24. Pérdidas por accesorio de tubería de ¾”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Derivación (TEE)	3	1
Reducción – Ampliación 1 ½” a ¾”	1	0,2
Reducción – Ampliación 1” a ¾”	1	0,11
Válvula de bola	2	0,05

$$K_L = 3(1) + 1(0,2) + 1(0,11) + 2(0,05) = 3,41$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 17,34m y el diámetro hidráulico es 0,02363m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,02405309721) * \left(\frac{17,34 \text{ m}}{(0,02363 \text{ m})} \right) + (3,41) \right] * \frac{\left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 1,3 \text{ m}$$



- Para tubería de ½”

Tabla 25. Pérdidas por accesorio de tubería de ½”.

ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE
Codo 90°	1	0,3
Reducción – Ampliación ¾” a ½”	1	0,13
Válvula de bola	2	0,05

$$K_L = 1(0,3) + 1(0,13) + 2(0,05) = 0,53$$

Reemplazando en la ecuación 8 de pérdida de carga total, si sabemos que la longitud de la tubería es 4,9m y el diámetro hidráulico es 0,01818m entonces tenemos:

$$h_L = \left[(0,03558464463) * \left(\frac{4,9 \text{ m}}{(0,01818 \text{ m})} \right) + (0,53) \right] * \frac{\left(3,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_L = 7,54 \text{ m}$$

Finalmente, hacemos sumatoria de las pérdidas de carga de las tuberías.

$$h_{L_{Total}} = [(5,06) + (3,5) + (4,66) + (3,8) + (2,12) + (1,09) + (3,96) + (1,93) + (4,84) + (1,3) + (7,54)]m$$

$$h_{L_{Total}} = 39,8 \text{ m}$$

7.4 POTENCIA DE LA BOMBA

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente ecuación:

$$Potencia_{Real} = \frac{Potencia_{Teorica}}{\eta_{Bomba}} \quad (13)$$

De la anterior ecuación tenemos:

$$Potencia_{Teorica} = \rho * g * Q * H_B \quad (14)$$

Donde:

La altura de la bomba H_B se obtiene con la suma de las alturas de succión y descarga de la bomba con las pérdidas de carga totales de las tuberías. Mediante mediciones *en campo* se



determinaron las alturas de succión y descarga para la cual se utilizó el instrumento de medición laser marca BOSCH referencia GLM 50 C, entonces:

$$H_B = (h_s + h_d) + h_L \quad (15)$$



Figura 11. Medición de altura de descarga con medidor laser BOSCH en planta RED CÁRNICA.

Tomado de: Equipo de trabajo, 2022

Reemplazando en la ecuación 15 tenemos:

$$H_B = [(0 + 6,818) + 39,8]m = 46,618 m$$

Nota: La altura de succión se toma como cero sin tener en cuenta que la bomba al estar ubicada en la base del tanque de almacenamiento el nivel del refrigerante estará por encima del eje de la bomba y esta altura le brindará más energía lo que se traduce en más potencia por efecto de la presión, entonces, al contemplar la altura de succión esta sería negativa y por consiguiente la potencia de la bomba sería menor. Entonces, al tomar la altura de succión como cero se usa como potencia extra que sirve para respaldar una falencia presente en el tanque de almacenamiento y es que el tanque no cuenta con un sistema que mantenga el nivel de refrigerante constante por tal motivo, al bombear este nivel disminuye y al no tener automatización para rellenar y mantener el nivel las condiciones serán variables afectando al sistema de bombeo, tomando así esta potencia extra como un factor de seguridad que contrarresta la falencia antes mencionada.



Ahora, para determinar el caudal total que la bomba debe bombear se realiza la suma de los caudales de cada área (actual y nueva), donde el caudal de las áreas actuales se determinó en la validación de tuberías el cual está disponible en la tabla 9 con un caudal de $0,0486264103 \text{ m}^3/\text{s}$. Respecto a las áreas nuevas, el caudal se determina mediante las fichas técnicas de los evaporadores que estarán presentes tomando como dato principal el caudal requerido de cada evaporador y se multiplica por la cantidad presente en cada área.

Tabla 26. Determinación de caudal requerido de las áreas nuevas a anexar al sistema de bombeo de glicol de la planta RED CÁRNICA.

ÁREA	No. de evaporadores	Referencia de Evap.	Caudal requerido de evap. [m^3/s]	Caudal total de evap. por área [m^3/s]
Pasillo entrada cava 1	6	S-MDGN 041B/15-AL/24P	0,000962778	0,005776667
Pasillo salida cava 1	3	S-MDGN 041B/15-AL/24P	0,000962778	0,002888333
Pasillo túnel 1	2	S-MDGN 046B/15-AL/24P	0,001180556	0,002361111
Pasillo túnel 2	2	S-MDGN 041B/15-AL/24P	0,000962778	0,001925556
Pasillo túnel 3	2	S-MDGN 046B/15-AL/24P	0,001180556	0,002361111
Pasillo túnel 4	2	S-MDGN 046B/25-AL/12P	0,002367222	0,004734444
Pasillo entrada Estocage	3	S-MDGN 046B/15-AL/24P	0,001180556	0,003541667
Pasillo salida Estocage	3	S-MDGN 046B/15-AL/24P	0,001180556	0,003541667
Despachos	4	S-GGHN 050.2D/15-AN L 51/24P	0,001885833	0,007543333
		TOTAL		0,034673889

Entonces tenemos que el caudal total es:

$$Q = (0,0486264103 + 0,034673889) \text{ m}^3/\text{s} = 0,0833002993 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_{\text{Bomba}} = 75 \% \text{ (supuesta)}$$

Reemplazando en la ecuación 13 tenemos:

$$Potencia_{\text{Real}} = \frac{\left(1037 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \left(0,0833002993 \text{ m}^3/\text{s}\right) (46,618\text{m})}{0,75}$$

$$Potencia_{\text{Real}} = 52693,72 \text{ W} \approx 52,69 \text{ KW}$$

Convirtiendo unidades a HP

$$Potencia_{\text{Real}} = 52,69 \text{ KW} * \frac{1,3405 \text{ HP}}{1 \text{ KW}} = 70,64 \text{ HP}$$



8. CONCLUSIONES

Se establece un nuevo sistema de traslado de refrigerante (bomba), la cual cumple una labor muy importante en el proceso para obtención de un producto de calidad debido a que una de las fases necesarias para el desposte de carne es que los canales hayan cumplido su tiempo de maduración en las cámaras de refrigeración y con la selección de una bomba que sea \geq a 70,64HP que impulse el flujo requerido de glicol hacia los evaporadores en el recinto asumiendo condiciones de operación a toda capacidad con la cual se determinó su potencia al concluir los cálculos añadiendo las nuevas áreas de proceso y realizando una comparación con la actual la cual posee una potencia nominal máxima de 42HP. Para concluir se debe garantizar que este nuevo equipo no incurra en afectaciones al sistema general de frío tanto en la planta como en la sala de máquinas.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de una bomba que cumpla con el diseño y las expectativas determinadas en este proyecto, se recomienda seleccionar una bomba que tenga una potencia igual o mayor a la calculada para que esta cumpla con la demanda de caudal en condiciones de operación máxima y también, para que tenga un margen de utilidad disponible para la incorporación de nuevos evaporadores en algunas áreas por si llegan a ser necesarios. Además, otra alternativa en la selección de la bomba es implementar otra bomba que tenga las mismas características a la actual e instalarlas en línea o serie dependiendo del presupuesto disponible para ejecutar este proyecto y su posterior puesta en marcha por parte de la empresa Minerva Foods.



BIBLIOGRAFÍA

- Minerva Foods. (2021). <https://www.minervafoods.com/es/la-empresa/>
- UNET. (SF). Fenómenos de transporte. http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-153.htm
- AFELMA, ANDIMAI. (2017). Guía de buenas prácticas en el aislamiento industrial. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM015728.pdf>
- Energianow. (SF). Aislamiento térmico – tuberías. http://www.energianow.com/select/bd_sistema_transfcalor9.php
- Cengel, Y. A. & Ghajar A. J. (2011). *Transferencia de Calor y Masa*. 4ta Edición. Editorial McGraw-Hill
- Dossat, R. J. (2007). *Principios De Refrigeración*. Grupo Editorial Patria.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. 6ta Edición. Editorial Pearson Educación.
- Cengel, Y. A. & Cimbala J. M. (2012). *Mecánica de fluidos – Fundamentos y Aplicaciones*. 2da Edición. Editorial McGraw-Hill.
- Kern, D. Q. (1999). *Procesos de transferencia de calor*. 1ra Edición. Editorial McGraw-Hill.
- Pérez Martínez, C. (2016). *Propilenglicol Industrial*. Documentación Técnica, Capermán.

