

**ADAPTACIÓN DE UNA CÁMARA DE MADURACIÓN PARA
PRODUCTOS LÁCTEOS TOMANDO COMO BASE LA CÁMARA DE
ATMÓSFERA MODIFICADA EN LA PLANTA PILOTO DE LA UNIVERSIDAD
POPULAR DEL CESAR**

AUTORES:

**JUAN FELIPE ARGUELLES RUMBO
YUNY LUZ ZAPATA MOLINA**

PROYECTO DE GRADO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROIDUSTRIAL
VALLEDUPAR CESAR**

2020.

**ADAPTACIÓN DE UNA CÁMARA DE MADURACIÓN PARA
PRODUCTOS LÁCTEOS TOMANDO COMO BASE LA CÁMARA DE
ATMÓSFERA MODIFICADA EN LA PLANTAS PILOTOS DE LA
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**PRESENTADO ANTE:
JURADOS DE PROYECTO DE GRADO.**

AUTORES:

**JUAN FELIPE ARGUELLES RUMBO
YUNY LUZ ZAPATA MOLINA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
VALLEDUPAR CESAR
2020.**

Notas de aceptación:

jurado.

Firma del presidente del

Firma del jurado.

Firma del jurado.

Valledupar Cesar, 15 de octubre del 2020.

CONTENIDO

ABSTRACT.	10
INTRODUCCIÓN.	11
1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	14
1.1. OBJETIVO GENERAL.	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	14
2. CUERPO DEL TRABAJO.	15
2.1. MARCO REFERENCIAL.	15
2.1.1. MARCO TEÓRICO.	15
2.1.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	15
2.1.1.2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	17
2.1.2.3. BASES TEÓRICAS.	19
2.1.2.4. MARCO LEGAL.	20
2.2. MARCO CONCEPTUAL.	23
3. MÉTODO.	25
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.	25
3.3. ETAPAS METODOLÓGICAS.	26
3.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.	32
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.	32
3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN.	32
3.6.1. RECURSOS.	33
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	33
3.7.1. VARIABLE CUANTITATIVA.	33
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.	35
	43
GRÁFICA NO.1- CARBOHIDRATOS.	53
GRÁFICA NO.2-GRASAS.	54
4.3.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.	61
4.4 TRIANGULACIÓN DE DATOS.	62
4.6 CONCLUSIONES	65
4.7 RECOMENDACIONES.	66
BIBLIOGRAFÍA	67

ANEXOS.	70
ANEXO NO.2.- ANÁLISIS DE LABORATORIOS.	74
ANEXO NO.3.- EVALUACIÓN SENSORIAL DE ACEPTACIÓN DEL QUESO MADURADO.	76
ANEXO NO.4. PANELISTAS LLENANDO ENCUESTA DE PRUEBA ORGANOLÉPTICA DEL PRODUCTO MADURADO.	82

LISTA DE TABLAS.

Tabla No.1- Carbohidratos.

Tabla No.2-Grasas

Tabla No.3-Proteína.

Tabla No.4-Acidez.

Tabla No.5-pH.

Tabla No.6-Humedad.

Tabla No.7 Apariencia.

Tabla No.8-Color.

Tabla No.9-Aroma.

Tabla No.10-Sabor

Tabla No.11- Textura

LISTA DE GRÁFICAS.

Gráfica No.1Carbohidratos.....

GráficaNo.2Grasas.....

Gráfica No.3-Proteína.

- Gráfica No.4-Acidez.**
- Gráfica No.5-pH.**
- Gráfica No.6-Humedad.**
- Gráfica No.7. Apariencia**
- Gráfica No.8- Color.**
- Gráfica No.9.-Aroma.**
- Gráfica No.10-Sabor**
- Gráfica No.11-Textura**

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Ciclo de refrigeración en el diagrama de presión entalpía.	
Figura 2: Flujograma de la elaboración del queso.....	44
Figura3: triangulación de datos.....	60

Dedicatorias:

Dedicamos este proyecto de grado principalmente a Dios, que ha sido nuestra mayor ayuda emocional y espiritualmente en el transcurso de este proceso, quien inspiró nuestro espíritu para la conclusión de este proyecto de grado. Seguidamente a nuestros padres Giovanni Argüelles Mieles, Adaluz Rumbo Manjarrez, Luz Cecilia Molina y Néstor Martínez, quienes nos dieron la vida, educación, apoyo y consejos para salir adelante.

Agradecimientos:

Nuestros agradecimientos siempre serán primero a Dios, por acompañarnos en este camino, por permitirnos cumplir una parte de nuestro largo proyecto de vida, gracias por regalarnos la sabiduría necesaria para con este proyecto.

A la Universidad Popular del Cesar y el programa de ingeniería agroindustrial por ser el centro de formación que nos instruyó para ser profesionales integrales, a cada uno de los profesores que nos impartieron sus conocimientos y experiencias para contribuir en nuestro aprendizaje.

Al docente y director de esta tesis Robert Valera Restrepo el cual nos brindó su tiempo y paciencia para darle forma a este proyecto, gracias por todo.

Al ingeniero Edwin Flórez por estar siempre presto a cooperar con la ejecución de este proyecto, por su dedicación muchas gracias.

A la abogada Tania Baute por su acompañamiento desde el inicio del ante proyecto hasta la fecha, por sus consejos, y su voluntad de atendernos hasta los días no hábiles, por su compromiso con este proyecto, gracias.

A cada una de nuestras familias por ser un apoyo absoluto en nuestro caminar.

A cada uno de nuestros amigos y compañeros que lucharon con nosotros y nos dieron apoyo.

Juan Arguelles y Yuny Zapata.

RESUMEN.

TITULO DEL PROYECTO: ADAPTACIÓN DE UNA CÁMARA DE MADURACIÓN PARA PRODUCTOS LÁCTEOS TOMANDO COMO BASE LA CÁMARA DE ATMÓSFERA MODIFICADA EN LA PLANTA PILOTO DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

AUTORES: JUAN FELIPE ARGUELLES RUMBO, YUNY LUZ ZAPATA MOLINA

PALABRAS CLAVES: Maduración, planta piloto, cámara de atmósfera.

Durante la ejecución de esta investigación utilizando el diseño explicativo secuencial (DESPLIX): se adaptó una cámara de maduración para productos lácteos y cárnicos tomando como base la atmósfera modificada en la planta piloto de la Universidad Popular del Cesar ejecutándola por medio del desarrollo de maduración de un queso fresco costeño, tipo graso y evaluando por medio de análisis de laboratorio las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto madurado.

Los aspectos metodológicos que se llevaron a cabo fueron implementar, desarrollar y evaluar un sistema de control para la cámara de atmósfera de la Universidad Popular Del Cesar para la maduración de quesos. Para ello fue necesario discriminar diferentes procesos como: Revisión general del estado y funcionamiento de la cámara de atmósfera controlada de la Universidad Popular Del Cesar que se encuentra en la planta piloto, donde se evaluaron puntos claves por medio de ecuaciones los cuales fueron: Sistema de refrigeración, carga térmica, el ciclo de refrigeración con sus respectivos elementos y su respectiva selección todo ello atendiendo a los requerimientos mínimos y aproximados con las que debía contar el equipo.

Para realizar este proceso, se analizó el queso tipo costeño antes de ser madurado, se hizo un análisis biológico y estadístico de las características fisicoquímicas y organolépticas del producto. Posteriormente al proceso de maduración se repitieron los mismos parámetros, el queso maduro se analizó biológica y estadísticamente con las debidas transformaciones químicas físicas y organolépticas.

Por medio de los resultados de laboratorio se puede extraer que las características físicas y biológicas del queso cambiaron totalmente como por ejemplo el aumento del carbohidrato que como afirman los autores (Ordoñez,1987 y Brito,1993) cuando esto sucede por glicólisis se debe a la presencia de la transformación de la lactosa en ácido láctico, ya que debido a este proceso se produce la degradación del citrato tales como diacetilo, butilengicol, CO₂ , entre otros que infunden las características específicas para cada variedad de queso.

ABSTRACT.

PROJECT TITLE: ADAPTATION OF A RIPENING CHAMBER FOR DAIRY PRODUCTS BASED ON THE MODIFIED ATMOSPHERE CHAMBER IN THE PILOT PLANT OF UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

AUTHORS: JUAN FELIPE ARGUELLES RUMBO, YUNY LUZ ZAPATA MOLINA

KEY WORDS: Ripening, pilot plant, atmosphere chamber.

During the execution of this research using the sequential explanatory design (DESPLIX):, a ripening chamber for dairy and meat products was adapted based on the modified atmosphere in the pilot plant of the Popular University of Cesar, executing it through the ripening development of a fresh coastal cheese, fatty type and evaluating by means of laboratory analysis the physicochemical, microbiological and organoleptic characteristics of the matured product.

The methodological aspects that were carried out were to implement, develop and evaluate a control system for the controlled atmosphere chamber of the Popular University of Cesar for the maturation of cheeses. For this, it was necessary to discriminate different processes such as: General review of the state and operation of the controlled atmosphere chamber of the Popular University of Cesar that is located in the pilot plant, where key points were evaluated by means of equations which were: refrigeration, thermal load, the refrigeration cycle with its respective elements and their respective selection, all taking into account the minimum and approximate requirements that the equipment should have.

To carry out this process, the coastal type cheese was analyzed before being matured, a biological and statistical analysis was made of the physical-chemical and organoleptic characteristics of the product. After the maturation process, the same parameters were repeated, the mature cheese was biologically and statistically analyzed with the appropriate physical and organoleptic chemical transformations.

By means of the laboratory results, it can be extracted that the physical and biological characteristics of the cheese totally changed, such as the increase in carbohydrate that, as the authors affirm (Ordoñez, 1987 and Brito, 1993) when this happens due to glycolysis, is due to the presence of the transformation of lactose into lactic acid, since due to this process, the degradation of citrates such as diacetyl, butylene glycol, CO₂, among others, that infuse the specific characteristics for each variety of cheese.

INTRODUCCIÓN.

La industria de alimentos se ha convertido en uno de los sectores más promisorios para la competitividad del país en los mercados globales, debido a la gran diversidad regional y la riqueza de los productos colombianos ante el mundo. (Ministerio de Educación, 2020).

Por esta razón el Ministerio de educación se ha preocupado por fortalecer el sector desde las instituciones educativas a través de la formación de profesionales y tecnólogos que aporten una nueva visión respecto a este contexto y permitan mantener al país en el fortalecimiento de nuevas tecnologías dentro del sistema agroindustrial.

Actualmente el sector industrial en Colombia, es uno de los más competitivos, y uno de los sectores que más incremento económico produce en el país. Dentro de estas áreas se encuentra la siembra de café, de aceites, el análisis estadístico develó que el área sembrada en dicho periodo en el país fue de 4.329.016 hectáreas, siendo el sector de agroindustriales los que tuvieron mayor participación de terreno con un 48,7%, equivalente a 2.108.128 hectáreas (Revista Portafolio, 2020).

Muy interesantes las cifras para el área de siembra, sin embargo, existe otro contexto del sector agroindustrial que se destaca en el país por su competitividad en producción y venta, lo que permite un flujo económico alto, como es el sector lácteo. Dicho esto, el país se disputa por mantenerse posesionado en el mismo rango en el que se encuentra actualmente en el área del sector lácteo, e incluso superar esa noción actual con respecto a la temática, sobretodo, en cuanto a producción de lácteos, productos cárnicos, etc. Para esto es necesario que se sigan innovando los equipos y herramientas necesarias para que se pueda superar esta producción o el mercado nacional, regional y departamental actual pueda mantenerse en ese mismo lugar importante dentro de este sector.

El sector lechero en Colombia es un sector sumamente importante para la economía nacional. Actualmente representa el 2.3% del PIB nacional, el 24.3% del PIB agropecuario, además de generar más de 700.000 empleos directos. (Universidad de los Andes, 2017). Sin embargo, el sector lechero presenta un estancamiento ya que la producción a desarrollo y tecnología por parte del gobierno no ha sido progresiva en los últimos 10 años, pero a pesar de esto se mantiene como el cuarto mejor productor de lácteos en América Latina. (Ibídem).

En este orden de ideas, de acuerdo al espacio que estudia esta investigación a pesar de la crisis que en el sector agropecuario ocasionaron factores como la apertura económica, el cambio climático, los problemas fitosanitarios, endeudamiento de productores y el conflicto armado, el departamento del Cesar sigue siendo un territorio con enorme potencial en ganadería y agroindustria.

La ganadería es el principal renglón primario que se ha mantenido a lo largo del tiempo. El Cesar cuenta con un hato de un millón 500 mil reses convirtiéndose en uno de los más importantes productores de carne y leche en el Caribe colombiano. (El Heraldo, 2020). En la actualidad el Cesar ocupa un destacado lugar en el mapa lechero del país y como

tal, debe ser objeto de políticas públicas que mejoren la situación de los ganaderos lo cual repercutirá sin duda en el fortalecimiento de la industria (Guzmán Karelys, 2017).

Analizando la problemática del sector industria a nivel nacional, departamental y regional, esta también se ve reflejada dentro de las instituciones educativas debido a que los futuros profesionales en las carreras de ingeniería agroindustrial no tienen los equipos para realizar los procedimientos de producción, de experimentación, en óptimas condiciones como las que requieren este tipo de procesos. Para el caso que ocupa esta investigación, la Universidad Popular del Cesar tiene el programa de Ingeniería Agroindustrial adscrito a la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas el cual fue creado mediante Acuerdo del Consejo Superior No. 062 del 19 de diciembre de 1994 y registrado en el ICFES con el No. 48134. La finalidad es capacitar a los estudiantes en el desarrollo de las habilidades científicas, tecnológicas y de investigación, con el propósito de conservar, transformar y comercializar los productos provenientes del sector primario de la economía y brindar apoyo al desarrollo regional para lo cual requiere tener instalaciones de procesos y prácticas bien dotadas.

Durante el funcionamiento del programa se han elaborado proyectos de diseño de algunos equipos cuyo objetivo iba encaminado a procesos unitarios y muy rara vez para la utilización de los procesos; es así que hace 18 años se construyó una cámara de atmósfera controlada cuyo objetivo principal fue controlar las condiciones atmosféricas internas para investigar el almacenamiento de frutas y verduras (Gútierrez Einer, 2000). En la actualidad, para el año 2019 el equipo se mantenía fuera de uso y en condiciones precarias, lo que impedía su correcto funcionamiento en la planta piloto y su desaprovechamiento significaba para la institución una pérdida grande para la facultad de ingeniería agroindustrial.

En este sentido, la Universidad Popular Del Cesar no cuenta con instrumentos básicos en el campo de la maduración de productos lácteos para la incentivación de la investigación, para la generación de conocimientos en la innovación de productos alimenticios, tampoco se establecen estrategias de aprovechamientos de las materias primas agrícolas y pecuarias; no hay la interacción permanente con la industria de tal forma que se le pueda brindar un servicio de asesoría a los estudiantes o que ellos puedan hacer un seguimiento de sus procesos industriales para el mejoramiento continuo de acuerdo a los planes de gestión necesarios para aumentar su competitividad a nivel local, regional nacional y de la misma manera en la esfera internacional, dado la globalización se puede conversar con otros mercados donde la producción en cualquiera de estas líneas de producción sea baja.

Teniendo en cuenta esta carencia de instrumentos básicos, y de tener una planta piloto adaptable a procesos agroindustriales, esta investigación se planteó el siguiente interrogante; ¿Cómo restaurar, adaptar y poner en funcionamiento la cámara de atmósfera controlada de la planta piloto de la Universidad Popular Del Cesar, en favor de los procesos de maduración para quesos?

Por la problemática expuesta, este proyecto planteó como objetivo general la adaptación una cámara de atmósfera controlada, enfocada en la maduración de quesos tomando

como base la planta piloto de la Universidad Popular del Cesar, la cual estaba abandonada y averiada, lo que impedía su aprovechamiento para la institución por lo tanto restringía de su uso a los estudiantes.

Para comenzar, se hizo un diagnóstico a la atmósfera ubicada en la planta piloto de la Universidad Popular del Cesar, para evaluar el estado en el que se encontraban los componentes que estaban completamente deteriorados y demás datos explícitos en el proyecto de dos estudiantes de ingeniería electrónica quienes coadyuvaron para la ejecución de la adaptación de la cámara de maduración de quesos. La máquina se encontraba completamente abandonada y averiada, los ganchos, las paredes, y el motor se encontraban oxidados, por lo que se cambiaron todas estas partes dañadas e inservibles para su correcto uso.

Se adecuó la máquina inicialmente comprando la latonería y recubrimiento de la misma, se adaptó un nuevo circuito para que el motor, el panel de control, pudieran servir, la adaptación fue a 110 voltios para que la máquina pudiera trabajar desde cualquier conexión de energía eléctrica, para su accesibilidad se hizo de esta manera y no a 220 voltios como una máquina industrial común.

La cámara se adaptó implementando un sistema de control y refrigeración para lograr estabilizar la temperatura que requiere el queso en su proceso de maduración, cada dos días se giraba el queso, y este proceso duró cinco semanas para los análisis y cálculos de ecuaciones y de laboratorio como las cargas térmicas, las ganancias exteriores, el calor de respiración y cumplió con todos los estándares mínimos que se requieren al momento de ejecutar la maduración de un queso, que en este caso fue costeño.

Después de la aplicación de este proyecto, la cámara de maduración para quesos queda adaptada en la Universidad Popular del Cesar, y esta investigación sirve como base y antecedente para los futuros ingenieros agroindustriales que quieran ejecutar su proyecto de grado de manera similar y con el mismo enfoque hacia el sector lácteo, directamente hacia el estudio de maduración de quesos. Esto permite fortalecer institucionalmente la universidad, es un aporte para mantener la acreditación de la carrera de ingeniería agroindustrial, y es menester aclarar que también busca generar impacto en el departamento del Cesar, debido al sentido innovador en el municipio de Valledupar por medio de su universidad pública y la búsqueda de actualización tecnológica y aprovechamiento de los recursos institucionales.

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. OBJETIVO GENERAL.

- Adaptar una cámara de maduración para quesos tomando como base la cámara de atmósfera controlada en las plantas pilotos de la Universidad Popular del Cesar.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Implementar un sistema de control a la cámara de atmósfera controlada de la planta piloto de la universidad popular del Cesar.
- Desarrollar el proceso de maduración de un queso fresco costeño tipo graso.
- Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto madurado.

2. CUERPO DEL TRABAJO.

2.1. MARCO REFERENCIAL.

En este acápite se relaciona todo el constructo teórico conducente y pertinente al apoyo de los resultados obtenidos en esta investigación como antecedentes investigativos, las bases legales y normativas, las bases teóricas, y todo aquello que sirvió de análisis para la ejecución de este proyecto.

2.1.1. MARCO TEÓRICO.

2.1.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Los antecedentes de la agroindustria en Colombia se remontan a 1904, en este tiempo comenzaron a nacer algunas empresas artesanales de alimentos, algunas de ellas dedicadas al procesamiento de algodón, tabaco, entre otros. Fue a partir del año 1936 donde se remonta el nacimiento de la legislación para esta área, por ende, se analizaban los mecanismos principales de este proceso.

El sector agroindustrial ha evolucionado rápidamente a lo largo de los años, por tal motivo se ha identificado dos tipos de agroindustrias: la agroindustria tradicional y la moderna.

La primera se caracteriza por tener una alta participación de las materias primas de origen agropecuario y por el empleo de una tecnología relativamente simple. La agroindustria moderna incorpora a sus actividades una alta transformación de las materias primas por lo cual llegan a una etapa intermedia del desarrollo industrial; la adopción de tecnologías de punta genera más valor agregado a dicho sector.

De esta manera existe la necesidad de formar recursos humanos altamente capacitados para incidir en la producción agroindustrial y esto es cada día más evidente. Por lo que se requieren profesionales capaces de promover, administrar y realizar actividades de producción, manejo postcosecha, industrialización y comercialización de bienes del sector agropecuario y forestal con los conocimientos que les permitan identificar y analizar la relación que existe entre la producción de materias primas y su posible conservación, industrialización y comercialización y su relación con la agricultura y otras ramas de la producción, así como el conocimiento de los diferentes fenómenos técnicos, económicos y sociales que la integran. (Google Sites, 2020).

Respecto a la producción del queso, los antecedentes históricos se remontan en Grecia y en Roma, en la primera se decía que eran los dioses del olimpo quienes enseñaron a

los mortales a elaborar el queso. Ciertamente en Grecia hubo un abundante consumo de queso. Homero en el siglo VIII a. C, se refiere a este alimento en uno de sus textos de la “Odisea” cuando habla del gigante Polifemo ordeñando sus ovejas. De la leche que obtiene deja la mitad para que cuaje y el resto se la bebe. Los griegos añadían especias y frutos al queso para su consumo. Algunos condimentos que empleaban eran las pasas, la harina, las almendras, el aceite de oliva virgen o la miel.

La cultura romana continuó con la producción de queso. Los romanos eran verdaderos admiradores del queso, sobre todo del queso de cabra. Al igual que los griegos lo acompañaban de piñones, tomillo, pimienta o diferentes frutos secos. La palabra latina con la que se denomina al queso es “caseus”, de aquí deriva a otros idiomas como el castellano, o al inglés: cheese. Autores como Columelar del siglo I d.c, hablan del proceso para fabricar quesos. Así mismo, hay otros escritores como Plinio que hablan de diferentes variedades de quesos que se fabrican en diferentes regiones del Imperio, en concreto este se refiere en sus textos a la calidad de los quesos de la Galia o de la zona de la actual Turquía.

Con la caída del imperio romano las tradiciones queseras de los pueblos germánicos fueron extendiéndose por Europa. La edad media puede considerarse la época de oro de los quesos. En esta etapa en la que las órdenes monásticas y militares se difundían por todo el territorio europeo, el queso fue adquiriendo mucho peso en la dieta. Sobre todo, en los días cristianos de cuaresma cuando no se podía consumir carne y proporcionaban las proteínas necesarias al organismo a través de los productos lácteos. Además, el que gran parte de la población se dedicase a la actividad ganadera facilitó la producción artesana de quesos.

La producción del queso recibió impulso con el desarrollo del comercio internacional; es un momento en que se conquistaron nuevos mercados como el Nuevo Mundo. (Blog, sabor artesano, 2013).

Con base en todos los antecedentes históricos del nacimiento de los quesos y cómo se procesaban estos anteriormente, se puede decir que en la actualidad ha evolucionado de gran manera gracias a la innovación de nuevas tecnologías que con el pasar del tiempo son más avanzadas. Recordando que históricamente los quesos se maduraban en cuevas, donde fueron evolucionando hasta conseguir esas características propias e ideales que los identifican y los hacen aptos para el consumo, además de ello para que cumpla con todas las disposiciones y reglamentaciones ambientales y legales. Es por ello que actualmente las cámaras de maduración las hacen lo más parecidas posibles a estas cuevas, asemejándolas en cierta manera al diseño histórico y original con las que estas fueron evolucionando.

Así como fueron evolucionando en el tiempo estas cámaras de maduración, se hizo necesario y exigible que se hiciera una diferente para cada proceso, tipo de queso a tratar entre otras condiciones “Las condiciones ambientales a mantener en una cámara deben responder a estas diferencias: cada cámara debe diseñarse y calcularse para el tipo de queso a tratar y: no existen por lo tanto dos cámaras iguales. (Urchegui Juan, 2016).

La modernización a través de los años fue transformando la cadena y consigo los idealismos que conllevaron a la mejora de las instalaciones, nuevos equipos y otros tipos de producción, se empezó a pensar en la producción lechera como una empresa y no como una actividad meramente del campo. De este creciente desarrollo tanto del Sector Lácteo como de todo el Sector Agropecuario Colombiano y su importante aporte en la generación de empleo y de ingresos al país, se generaron varias leyes, acuerdos, decretos y resoluciones donde se pretende proteger el sector agropecuario como una de las bases de la economía del país. (Quintero Elizabeth, 2011).

Desde el nacimiento de la agroindustria hasta la actualidad este ha sido un sector que a pesar que ha sufrido una crisis debido al abandono del gobierno en los últimos 10 años en la innovación de ciencia y tecnología para la producción e incremento económico en este contexto, se ha mantenido como uno de los sectores más productores en Colombia, y ubicándose en el número cuatro en América Latina, aun teniendo en cuenta el abandono estatal en lo que concierne a la materia.

2.1.1.2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Para dar una solidez teórica, esta investigación consultó antecedentes de la misma línea investigativa, y conceptual respecto al proceso de maduración del queso, a la cámara adaptada para ejecutar este proceso, a la importancia del sector lácteo en el país, se observaron los análisis de los resultados de cada una de las investigaciones para ratificar la validez, viabilidad e importancia de la ejecución de este proyecto.

- **Shirley Rivera, Universidad de La Salle, Bogotá, D.C 2018:** La autora se refiere a los actuales desafíos que enfrenta las empresas del sector lácteo en Latinoamérica, y por esta razón promueven innovación como factor motivante a la administración en los eslabones de la cadena; proveedores de insumos, sistemas productivos, centros de acopio, plantas procesadoras, comercializadores y consumidores. No obstante, los actores del desarrollo económico la universidad, la empresa y el estado están trabajando en el avance de políticas enfocadas en la ciencia, tecnología e innovación para el sector orientadas a la seguridad alimentaria, productividad, producción, participación, obteniendo un sector competitivo. De acuerdo con este contexto, este proyecto de investigación se encuentra focalizado en la construcción de un estado del arte en cuantos tipos, fuentes, modelos y barreras de la innovación de los eslabones de la cadena láctea entre 2005 hasta la actualidad en países productores de América Latina. Para tal propósito se muestra recopilaciones de las nuevas innovaciones cualitativas y cuantitativas a la academia y a los diferentes actores interesados en el mejoramiento del sector. (Rivera Shirley, 2018).

- **Carlos Augusto Rincón & otros, Fuentes y barreras en el sector lácteo, 2016:** En esta investigación se estudian las distintas problemáticas del sector agropecuario en Colombia, las cuales requieren de la configuración de conglomerados productivos menos vulnerables y con el acompañamiento de una formulación de políticas públicas que disminuyan la brecha entre la investigación y la adopción de tecnología. A pesar de que el gobierno está trabajando en mejorar la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación para el sector agropecuario, orientándola a atender la baja productividad, uno de los sectores que aún enfrenta de forma acentuada estas discrepancias es el sector lácteo. (Rincón Carlos & otros, 2016).
- **Rangos de control de humedad relativa y temperatura en cavas de maduración de quesos” Muñoz & otros, 2010.** “Este artículo científico es indispensable, ya que brinda los rangos de control de las variables que se pretenden utilizar en el diseño y puesta en marcha de la cámara de maduración propuesta en este proyecto. En este artículo referenciado, se determinó que la humedad relativa y la temperatura en el interior de las cavas maduración del proceso de fabricación de quesos, son de interés a controlar porque determinan las características finales del producto. Las investigaciones se enfocan al control de estas dos variables en los rangos de diseño y operación recomendados, que permitan plantear sistemas de reducción de humedad más eficientes, que utilicen controles automáticos, semiautomáticos, manuales y artesanales.

La metodología para establecer el rango de control fue: Se realizó un diseño completamente aleatorizado de efectos fijos. Se tomó como unidad experimental (UE), la cava de maduración de queso, se establecieron 4 tratamientos con 17 repeticiones para operar la cava: mecheros y extractores encendidos; mecheros encendidos; extractores encendidos; mecheros y extractores apagados. Las variables de respuesta de interés en este estudio fueron la humedad relativa y la temperatura. Se tomó como referente de comparación los rangos de diseños recomendados en cavas de maduración: HR: 85 a 90% y T: 12 a 16 °C. El estudio se realizó en 12 días. En la sistematización de los datos se utilizó el paquete estadístico Social Packet Statistic Sciences (SPSS) versión libre 11.5. Los rangos de control encontrados para operar la cava de maduración de quesos fueron 93 a 100 % para humedad relativa (HR) y 11 a 16°C para la temperatura (T), los cuales corresponde al tratamiento cuatro del diseño experimental”. (Muñoz Rosero, 2010).

- **Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales, diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación De central frigorífica:** “Las materias primas necesarias para la elaboración del queso podemos clasificarlas como fundamentalmente necesarias, y los aditivos o complementarias. Entre las primeras nos encontramos con la leche que es la materia prima básica para su obtención. La leche utilizada puede tener origen en cualquier animal tradicionalmente lechero, pero los más extendidos son:

vacas, cabras y ovejas. Estas se pueden utilizar solas, así obtendremos: - Quesos de vaca. - Quesos de cabra. - Quesos de oveja. También puede utilizarse mezcla de leches en concentraciones y tipos variados, Así tendremos quesos de mezcla. Dentro de este bloque de materias necesarias estarían los fermentos. Estos pueden proceder de la propia leche, en el caso de leches crudas, o bien, añadidos de forma específica, los cuales pueden usarse como reforzantes en leches crudas, pero siempre imprescindibles y necesarios para las leches tratadas por el calor u otros medios higienizantes”. (Alvarado Mier Jose María, 2015)

- **Control Del Pronóstico, Francisco Guijarro:** “Al implementar un Prototipo de cámara de maduración automatizada se podrá controlar a las bacterias exteriores y no deseadas ya que los quesos se madurarán en un espacio herméticamente cerrado según las necesidades donde ninguna bacteria no requerida afectará a la calidad del queso. Los parámetros indispensables para la obtención de los quesos como la temperatura, humedad y ventilación podrán ser analizados por dispositivos de control adecuados para cada parámetro lo que nos dará un queso con las características especificadas. Se realiza el control de los parámetros para que los quesos puedan adquirir las características necesarias como las ya explicadas anteriormente. Con la elaboración de la cámara de maduración se evitará los tiempos muertos que son creados por las personas que revisan que los parámetros estén adecuados para la obtención de los quesos, además que este control es automatizado y solo se requerirá de entrar los parámetros necesarios en los dispositivos de control”. (Guijarro Francisco, 2011).

Los antecedentes investigativos expuestos, sirvieron como base para el desarrollo teórico y metodológico de este proyecto de grado.

2.1.2.3. BASES TEÓRICAS.

Para el constructo teórico de adaptación a cámaras de maduración para quesos, se tuvieron en cuenta dentro del desarrollo de este proyecto las siguientes teorías:

- **Teoría de la oferta de quesos en el país:** La oferta de quesos madurados en Colombia se da principalmente por quesos importados, y en muy bajo porcentaje por la producción nacional, lo que lleva a que este sector productivo pase casi inadvertido como producto de consumo en los estratos 3 y 4, quedando relegado a la población con mayor poder adquisitivo. Partiendo de esta realidad se considera la factibilidad de producir quesos madurados de forma artesanal para cubrir el mercado en sectores económicos 5 y 6 y 4 motivacional, afirmando que es viable establecer una serie de estrategias que permitan la producción, comercialización y posterior aceptación de la marca en el mercado. En esta teoría,

el autor pretende demostrar el posible cubrimiento del mercado en Colombia por medio del procesamiento de queso artesanal. (Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2017).

- **Teoría de maduración del queso:** Respecto a esta teoría, se entiende por queso sometido a maduración, el queso que no está listo para el consumo poco después de su fabricación, sino que debe mantenerse hasta cierto tiempo a una temperatura y condiciones tales que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos necesarios, tendientes a producir el queso en cuestión. (Hoyos Luís, 2017).
- **Teoría de conservación del queso:** Para Spreer (1994) sostiene que el uso de “leche cruda, sin tratar, el queso conserva más su sabor y toda su grasa. La leche pasteurizada es aquella que se somete a un elevado efecto de temperatura, destruyéndose así las bacterias para alterar su composición y cualidades. (Universidad Nacional de la Educación).

2.1.2.4. MARCO LEGAL.

Considerando que los cuartos de maduración constituyen una técnica por medio de la cual se producen alimentos madurados, que les dan un valor agregado a las materias primas como leche, carnes frutas y verduras, es menester partir del apartado constitucional referente a la producción de alimentos, a saber, este precepto regulado por la Carta Política Colombiana:

- **Artículo 65 Constitución Política de Colombia:** “La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras. De igual manera, el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de incrementar la productividad. Con este artículo se consolida el deber del estado en priorizar y velar por el desarrollo integral de las labores agrícolas y sus demás campos. Por lo que consecuentemente, debe asegurar que en los centros educativos se desarrolle integralmente la educación, en especial, en lo referente a la producción y tratamiento de alimentos
- **Resolución No. 02310 de 1986 emitida por el Ministerio de Salud:** Por medio de la misma, se regula el procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos. Respecto al tema de investigación, esta resolución clasifica los tipos de queso respecto de su maduración, a saber, el dispone en su artículo 42:

“Según las características del proceso se distinguen las siguientes”:

Fresco: Es el producto higienizado sin madurar, que después de su fabricación está listo para el consumo

Semimadurado: Es el producto higienizado que después de su fabricación se mantiene un tiempo mínimo de diez (10) días en condiciones ambientales apropiadas para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos de este tipo de queso.

Madurado: Es el producto que después de su fabricación permanece un tiempo determinado en condiciones ambientales apropiadas para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos de este tipo de quesos. Cuando el queso se elabora a partir de leche higienizada, este tiempo no debe ser menor de veinte (20) días. Cuando se elabore a partir de la leche cruda este tiempo no debe ser menor de treinta (30) días.

Madurado Por Mohos: Es el producto higienizado que después de su fabricación se mantiene un tiempo mínimo de diez (10) días en condiciones ambientales apropiadas, para que se produzca cambios bioquímicos y físicos de maduración, debido principalmente al desarrollo de mohos específicos en su interior, en su exterior o en ambas partes.

Fundido: Es el producto higienizado obtenido por molturación, mezcla, fusión y emulsión, mediante tratamiento térmico y agentes emulsionantes de una o más variedades de quesos semi-madurados o madurados”. (Ministerio de Salud).

Aparte del marco legal en mención, existen muchas otras leyes, infinidades las cuales respaldan y le dan al sector productivo, lácteo, agropecuario esa garantía jurídica e innovación entre las cuales se encuentran:

- **Acuerdo de competitividad de la Cadena Láctea Colombiana Julio de 1999 y Acuerdo de competitividad de la Cadena Láctea Colombiana Julio de 2010:** “Creado por el comité de Competitividad de la Cadena Láctea Colombiana, donde se presenta los resultados del proceso de discusión y concertación entre productores ganaderos, cooperativas, industriales y gobierno, en torno a los grandes problemas, objetivos, estrategias y líneas de acción para avanzar en la modernización del sector lácteo Nacional”. (Comité de competitividad de la cadena láctea colombiana).
- **Acuerdo 008 –CNL Feb. 1 de 2004:** “Por el cual se acuerda adoptar un sistema de certificación de laboratorios de las plantas de procesamiento, acopio de leche y demás laboratorios, a través del Sistema Nacional de Análisis de Leche Fresca – SISLAC al cual deberán acogerse todos los compradores de leche fresca”. (Consejo Nacional Lácteo).
- **Decreto 616 Feb. 28 de 2006:** “Donde se establecen los requisitos que debe cumplir la leche para consumo humano.”. (Presidencia de la república & otros).
- **En cuanto a política sanitaria:** “En el entendido de que el tema sanitario hace parte de la competitividad y que este ya estaba definido en el documento 3376 de 2005, el Conpes dio su visto bueno a la “Consolidación de la política sanitaria y de

inocuidad para las cadenas láctea y cárnica”. (Consejo Nacional de Política Económica y Social).

- **Resolución 2997 del 2007:** Por medio de la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los lácteos como materia prima para consumo de alimentos. (Ministerio de Protección Social).
- **Decreto 2347 de 1983:** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 9a de 1979, en cuanto a Producción, Procesamiento, Transporte y Comercialización de la leche.
- **NTC (norma técnica colombiana) 4978:** Leche y productos lácteos. Determinación de la acidez titulable (método de referencia).
- **NTC 750:** Productos lácteos. Queso

2.2. MARCO CONCEPTUAL.

Se tendrán como bases conceptuales acepciones fundamentales para que el lector pueda lograr la comprensión de esta investigación, y su alcance.

- **Maduración, cambios químicos que intervienen:** “Teniendo en cuenta la aplicación del proyecto se relacionarán los cambios químicos de la maduración de quesos: La maduración es la última fase de la fabricación del queso. La cuajada, antes de iniciarse la maduración, presenta una capacidad, volumen y forma ya determinadas. La maduración comprende una serie de cambios de las propiedades físicas y químicas adquiriendo el queso su aspecto, textura y consistencia, así como su aroma y sabor característicos”. (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá, 2012).
- **Planta piloto:** Es aquella que permite obtener información sobre el desarrollo de un proceso. Esta información, puede ser acerca de la producción de un producto para probar su aceptación o sobre el comportamiento del producto, y los cambios durante el proceso. (Tesis Uson, 2011).
- **Cámara de atmósfera controlada:** “Son aquellas que ejercen un control indirecto sobre la tasa de respiración del producto fresco a través del CO₂, O₂ y Temperatura, con el fin de prolongar el tiempo de almacenamiento de los productos. (Universidad de Ibagué, 2017)
- **Carga De refrigeración:** Releva todas las fuentes que aportan calor para diseñar adecuadamente los componentes del sistema. Se aplica en el diseño de instalaciones nuevas, en ampliaciones de las existentes, o para evaluar posibles mejoras de eficiencia energética”. (Ibídem).
- **Compresor:** “El compresor tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración por compresión. En primer lugar, succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la del medio de enfriamiento disponible para la condensación del vapor refrigerante”. (Universidad de la República de Uruguay , 2019).
- **Lipólisis:** “La lipólisis es un importante evento bioquímico que ocurre durante el proceso de maduración de los quesos, puesto que los ácidos grasos liberados durante este proceso juegan un papel importante en el sabor de muchos quesos. Los ácidos grasos libres se producen por la hidrólisis de los triglicéridos de la grasa

por las lipasas nativas de la leche, las lipasas microbianas y las lipasas de las células somáticas”. (Acuña Pedro, 2012).

- **La leche y su proceso:** “La leche contiene proteasas y lipasas, así como otros sistemas enzimáticos. Su papel en la maduración es limitado, ya que su concentración es baja y en algunos casos son termo sensibles y presentan un pH óptimo de actividad alejado del pH de la cuajada”. (González Villarreal, 2013).
- **Medición del PH en quesos:** La calidad del sabor y la textura del queso es el resultado de una temperatura y un pH bien llevado. Medir el pH asegura que los estándares de calidad se han cumplido. La mayoría de los quesos tienen un pH entre 5,1 a 5,9. De todas formas este rango tiene excepciones tales como el Camembert que tiene un pH de 7,4. Durante el proceso de elaboración del queso el pH se mide en diferentes puntos. Cada tipo de queso puede tener un diferente proceso y nivel de pH. Es importante que los fabricantes sepan las diferencias y traten a cada variedad de queso con la calidad y el cuidado que se merece. Medir el pH permite al fabricante controlar el proceso de elaboración del queso. (Satia S.R.L, 2014).
- **Acidez en el queso:** Es muy importante hacer un seguimiento de los cambios en el pH o acidez durante todo el proceso de elaboración de queso, en industria se suele medir con la reacción de la fenolftaleína , pero es mucho más fácil y cómodo usar tiras de especiales para quesería medición de pH. Estas tiras de papel se impregnan con la humedad de la cuajada o el suero y tiene un rango muy estrecho de medición solamente desde 4 a 7 que son los que nos interesa controlar en quesería. (Listant Fromager, 2019).

3. MÉTODO.

3.1. Enfoque de la investigación.

El enfoque competente para esta investigación es el mixto teniendo en cuenta que se necesitan de prácticas cualitativas y cuantitativas para la correcta ejecución de los resultados. Cuantitativo, teniendo en cuenta los análisis matemáticos derivados de las ecuaciones descritas más adelante, y el estudio de los análisis de laboratorios para comparar algunas variables como la acidez, el pH, o la humedad del queso.

Cualitativas, porque va a conocerse la percepción del producto estudiado en esta investigación el cual es un queso semi-madurado, por medio del contacto directo con la población escogida descrita posteriormente.

Las investigaciones con enfoque mixto consisten en la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, puede decirse que surgieron por la complejidad de algunos fenómenos: las relaciones humanas, las enfermedades o el universo.

En las investigaciones de métodos mixtos, la recolección y análisis de información se realizan mediante datos cuantitativos y cualitativos para llegar a inferencias más allá de las estadísticas y más allá de las categorías cuantitativas.

Este enfoque requiere trabajo en equipo, triangulación de datos, teorías, disciplinas, diseños, métodos y, sobre todo, debe estar presente la triangulación epistemológica. (Hernandez Sampieri Roberto, 2019).

3.2. Diseño de la investigación.

En la literatura de la investigación, es usual encontrar varios tipos de diseños, aplicables a las necesidades del investigador y al tipo de enfoque competente dentro de la misma. Esta investigación le compete regirse por el enfoque mixto, siendo aquel que reúne prácticas cuantitativas y cualitativas dentro del mismo documento.

Hernández, Fernández y Baptista (2003) señalan que los diseños mixtos: representan el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo.

Ambos se entremezclan o combinan en todo el proceso de investigación, o, al menos, en la mayoría de sus etapas, agrega complejidad al diseño de estudio; pero contempla todas las ventajas de cada uno de los enfoques. (p. 21). En la misma línea de pensamiento, desde la óptica propuesta por Di Silvestre, la complementariedad metodológica ha permeado la comunidad científica por lo que: se ha ido posicionando en la actualidad una

estrategia de investigación que permite combinar la metodología cualitativa y la cuantitativa aun cuando se está en el pasado se han encontrado en posturas opuestas.

Esta estrategia de investigación es la denominada “multimétodos”, “métodos mixtos”, o “triangulación metodológica”, cualquiera sea su nombre ella apunta a la combinación de la metodología cualitativa y la cuantitativa (p. 71). (Pereira Pérez Zulay, 2011).

El tipo de diseño implementado en esta investigación es el explicativo secuencial (DESPLIX): en la estrategia secuencial exploratoria, los resultados cuantitativos se usan para explicar los cualitativos, el orden es cualitativo con análisis, seguido de cuantitativo con análisis, el énfasis es explorar un fenómeno, en este caso la maduración de un queso tipo costeño. (Ibídem).

3.3. Etapas metodológicas.

Este proyecto ejecutó las siguientes etapas: implementar, desarrollar y evaluar.

3.3.1. Etapa 1. Implementación

En ese orden de ideas, se desplegó **el primer objetivo específico** que consistió en Implementar un sistema de control a la cámara de atmosfera controlada de la planta piloto de la universidad popular del cesar, para ser desarrollado fue necesario discriminar diferentes procesos los cuales son:

- Revisión general del estado y funcionamiento de la cámara de atmósfera controlada de la Universidad Popular Del Cesar que se encuentra en la planta piloto, la cual se encontraba averiada, y fuera de uso. Para ello fue indispensable el apoyo e informe realizado por los estudiantes colaboradores de la facultad de ingeniería electrónica los cuales revisaron los componentes eléctricos y estado físico general de la cámara que permitió identificar los componentes y/o elementos que eran inservibles y aquellos cuya funcionalidad fue óptima para la ejecución del diseño.

Luego se llevó a cabo la implementación del sistema de control y se evaluaron puntos como:

- Carga térmica
- El ciclo de refrigeración con sus respectivos elementos y su respectiva selección todo ello atendiendo a los requerimientos mínimos y aproximados con las que debe contar el equipo, así, estas operaciones respetan las siguientes ecuaciones:

3.3.1.1. Aislamiento térmico

Por el aumento de la energía ha hecho que el aislamiento térmico sea más importante para efecto de esta investigación. Su función consiste en reducir las ganancias de calor desde el exterior, lo cual permite estabilidad de la temperatura en el ambiente refrigerado con menos consumo de energía y desgaste para el motor y compresor.

3.3.1.2. Coeficiente global de transferencia de calor

Utilizando la ecuación 1, del coeficiente global de transferencia de calor (U) a través de la pared, se despeja el espesor óptimo del aislante, mediante la igualación de esta cantidad con las pérdidas máximas admisibles del aislamiento estipuladas de la siguiente manera:

$$\text{Ecuación No 1. } U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_i} + \frac{x}{\lambda_x} + \frac{e_2}{\lambda_n} + \frac{1}{h_o}}$$

3.3.1.3. Cálculo por minimización de costos totales relevantes

Estos costos están en función del espesor del aislamiento, mediante los cargos fijos de un periodo de tiempo determinado y las estimaciones del costo de las pérdidas de energía para el mismo periodo. Por consiguiente se encuentra el punto mínimo mediante procedimientos de cálculo diferencial.

$$\text{Ecuación No 2. } Q = UA\Delta T$$

3.3.1.4. Ganancias exteriores

Se tomó en cuenta la temperatura promedio de la ciudad de Valledupar que se encuentra alrededor de 32 °C. El cálculo del flujo de calor a través de las paredes se obtiene mediante de la ecuación 2.

$$\text{Ecuación No 3. } Q_1 = UA\Delta T$$

En este caso Q_1 es el flujo de calor a través de las paredes.

3.3.1.5. Calor por respiración

Los datos de respiración (Cr) vienen dados por unidad de masa (véase tabla 1), por lo que el cálculo se realiza multiplicando este valor por la cantidad de masa almacenado.

$$\text{Ecuación No 4. } Q_2 = (Cr) (M)$$

3.3.1.6. Calor del producto almacenado

Corresponde al calor que contenía el queso antes de ingresar a la cámara. Este calor es eliminado rápidamente hasta alcanzar la temperatura óptima de conservación del producto, con el fin de reducir la velocidad de deterioro. Se calcula así:

$$q = (M) (C_p) (\Delta T)$$

Para el aporte a la carga térmica del calor sensible se estableció que se debe alcanzar el régimen de conservación dentro de las tres horas siguientes de la refrigeración con el fin de la optimización de la operación de la cámara. Para calcular el aporte a la carga térmica por este concepto con la siguiente ecuación:

Ecuación No 5.

$$Q_3 = \left(\frac{q}{10800 \text{ s}} \right)$$

3.3.1.7. Ganancia debido al ventilador

La ganancia de calor en la cámara corresponde a la propia potencia nominal del ventilador instalado.

3.3.1.8. Ganancia debido al alumbrado

La carga de calor es igual a la potencia útil de la misma.

Ecuación No 6. $Q_6 = E$

3.3.1.9. Compresión

Permite elevar la presión del vapor refrigerante que proviene del evaporador a un nivel que permita alcanzar la temperatura por encima del medio de enfriamiento utilizado y por consiguiente da lugar a su posterior condensación. El compresor instalado en la cámara utiliza un conjunto cilindro–pistón que obtiene su movimiento alternativo mediante la transformación del movimiento rotativo del motor por un sistema biela-manivela. Conociendo la cilindrada (C) del compresor, y la velocidad de rotación del mismo (n), es posible calcular el flujo volumétrico desplazado de la siguiente manera:

Ecuación No 7.

$$V_h = \frac{(C * n \times 10^6)}{60}$$

Para calcular la potencia necesaria del compresor se toman en cuenta las siguientes consideraciones: los cambios de energía cinética y potencial son despreciables, así como la transferencia de calor y la carga térmica a retirar es conocida. En ese orden de ideas las ecuaciones de energía se expresan de la siguiente manera:

Ecuación No 8. $W_e = -(H_3 - H_2) = \Delta H$ (ecuación 8)

3.3.1.10. Expansión

Se ejecuta en el dispositivo de alimentación del líquido refrigerante al evaporador. El tipo de alimentación con tubo capilar es el más empleado ya que es simple y elimina la necesidad de un receptor para la reserva de líquido condensado y el bajo torque requerido por el motor, lo cual lo convierte en el sistema de control de líquido más accesible en el mercado.

Para obtener la caída de presión necesaria entre los lados de alta y baja presión se despeja la longitud del tubo capilar (L) de la siguiente ecuación:

Ecuación No 9.
$$\Delta P = \frac{fG^2L}{5.22 \times 10^{10} DS\phi_t}$$

3.3.1.11. Evaporador

El fluido refrigerante absorbe calor del espacio refrigerado, a presión y temperatura constantes, al cambiar de fase líquida a vapor. El calor absorbido es transportado, posteriormente por el mismo fluido hacia el condensador que se encargara de expulsarlo al ambiente. El refrigerante ingresa a la cámara parcialmente evaporado, debido a la expansión realizada en el control del dispositivo de alimentación, por lo que el calor absorbido es una parte de su calor latente de vaporización. Para desarrollar los cálculos correspondientes es necesario conocer los datos de la operación del evaporador, son: Datos de su construcción, datos del ventilador y datos del fluido refrigerante. Para los cálculos de funcionamiento del compresor fue menester calcular lo siguiente:

3.3.1.11.1. Lado exterior del evaporador

- Cálculo el área de transferencia de calor, la cual está compuesta por el área de tubo liso (A_o) y una superficie extendida (A_f) correspondiente a las láminas.
- Cálculo del diámetro equivalente (D_e), de la siguiente manera:

$$D_e = \frac{2(A_f + A_o)}{\pi (\text{perímetro proyectado})}$$

- Cálculo del área de flujo (a_e) que es el área total ortogonal al flujo menos el área ocupada por los tubos y láminas.
- Cálculo del flujo masico de la mezcla gaseosa a partir de los datos del ventilador:

$$W = (Q_m) (\rho_m)$$

Donde

Q_m Es el caudal volumétrico generado por el ventilador

ρ_m Es la densidad de la mezcla gaseosa al ingresar al ventilador

El caudal volumétrico se obtiene mediante la aproximación con la ecuación:

$$Q_m = \frac{\pi(D_h^2 - (D_h - 2L_p)^2)(Z_v)(n)(C_p)}{2.4 \times 10^8 \frac{(cm^3)(s)}{m^3}}$$

- Cálculo del coeficiente de transferencia de calor (h_f) se debe obtener previamente el número de Reynolds (Re) y el coeficiente de masa-velocidad (G_m) de la siguiente manera:

$$Re = \frac{D_e G_m}{\mu_m}$$

$$G_m = W/a_e$$

$$h_f = j_f \left(\frac{k_m}{D_e} \right) \left(\frac{c_m \mu_m}{k_m} \right)^{\frac{1}{3}}$$

- Cálculo de la eficiencia de la superficie extendida (Ω), debido a que la superficie extendida es menos efectiva para la transferencia de calor que la superficie no extendida, la eficiencia de la superficie extendida del espesor constante se obtiene al convertirlo en uno referido al diámetro del tubo (h_{fi})
Al no contar con superficies simples de referencia en la parte exterior de los tubos, se usa el diámetro interior del tubo como la superficie de referencia a la que los coeficientes locales se corrigen para el mismo flujo térmico.

$$h_{fi} = (\Omega A_f + A_o) \frac{h_f}{A_i}$$

3.3.1.11.2. Lado interior del evaporador

En el lado interior del evaporador el fluido refrigerante circula a una presión tal, que su punto de ebullición se encuentra por debajo de la temperatura existente en el lado exterior, por lo que la transferencia de calor se realiza por vaporización.

Para el desarrollo de estos cálculos fueron necesarios conocer previamente los siguientes datos:

- Velocidad de vapor, se halla de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad de vapor} = \frac{W}{A \rho v}$$

- Coeficiente limpio, se halla de la siguiente manera:

$$U_c = \frac{h_{fi} h_i}{h_{fi} + h_i}$$

- Diferencia de temperatura promedio

$$\Delta T = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

- Coeficiente de diseño, se halla de la siguiente manera:

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta T}$$

3.3.2. Etapa 2. Maduración.

Para **el segundo objetivo específico** se realizó el proceso de maduración del queso tipo graso, el cual se desarrolló de la siguiente forma:

3.3.2.1. Maduración del queso: los autores de la investigación establecieron que el queso objeto de este proyecto permaneció en la cámara de maduración durante 35 días, el cual estuvo sometido a una temperatura promedio de 12 °C, humedad relativa de 85% y velocidad de aire de 0.5 m/s.

3.3.3. Etapa 3. Análisis.

Para **el tercer objetivo específico** se evaluaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto madurado, se describieron de la siguiente manera:

3.3.3.1. Análisis fisicoquímicos

- **Análisis de grasa:** Se determinó a los 0 y 35 días de maduración por el método gravimétrico en extracto seco – extracción Soxhlet.
- **Análisis de proteína:** Se determinó a los 0 y 35 días de maduración por el método Kjeldahl – volumétrico.
- **Análisis de pH:** Se determinó a los 0 y 35 días de maduración por el método de medición directa con el phmetro.
- **Análisis de acidez:** Se determinó a los 0 y 35 días de maduración por el método de titulación.
- **Análisis de carbohidratos:** Se determinó a los 0 y 35 días de maduración por el método de cálculo.
- **Análisis de humedad:** Se determinó a los 35 días de maduración por el método de gravimetría.

3.3.3.2. Análisis microbiológicos

- **Análisis de coliformes fecales y totales:** Se determinó a los 35 días de maduración por el método de número más probable.
- **Análisis de listeria:** Se determinó a los 35 días de maduración por el método ISO 11290-1 (2017-05) – Ausencia /presencia.
- **Análisis de salmonella:** Se determinó a los 35 días de maduración por el método ISO 6579:2002 – Ausencia / presencia.
- **Análisis Staphylococcus aureus coagulasa positiva:** Se determinó a los 35 días de maduración por el método AOAC 2003.08 – petrifilm.

3.3.3.3. Análisis organoléptico

Para el análisis organoléptico se hizo una encuesta con evaluadores que probaron el queso con el fin de calificar su sabor, apariencia, aroma, color y textura, y así cotejar los resultados para obtener el resultado del análisis.

3.4. Alcance de la investigación.

Como explica Hernández, Fernández & Baptista (2010), cuando se habla sobre el alcance de una investigación no se debe pensar en una tipología, ya que más que una clasificación, lo único que indica dicho alcance es el resultado que se espera obtener del estudio. (Pensamiento de sistemas, 2013).

El alcance de esta investigación es de tipo exploratorio, ya que examina un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas, ya que en este caso la cámara de maduración no es solo para productos lácteos sino también productos cárnicos, y son muy pocas las investigaciones que existen respecto al tema.

3.5. Población y muestra.

La población escogida es el queso costeño, antes y después de ser madurado.

La muestra, son los 2.3 kg de queso obtenidos, de los cuales usamos 500 gr para el análisis fisicoquímico del queso en el día 0 y 800 gr que fueron usados para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del queso en el día 35, por último, un 1kg restante para el análisis organoléptico del cual se realizó una encuesta con el fin de darle respuesta a uno de los ítems del tercer objetivo específico.

3.6. Técnicas de recolección.

De acuerdo a las técnicas de recolección, atendiendo que este proyecto se rige por el enfoque mixto, Como técnica de recolección cuantitativa se tienen; el desarrollo de ecuaciones para la implementación del sistema de control de la cámara que fueron explicadas en la metodología, y los análisis realizados para evaluar la composición fisicoquímica y microbiológica del queso maduro. Como técnica cualitativa se tiene la encuesta que fue realizada para la ejecución del análisis organoléptico del queso.

3.6.1. Recursos.

- **Humanos:** Estudiantes de ingeniería agroindustrial, estudiantes de ingeniería electrónica, director de proyecto y jurados.
- **Institucionales:** Universidad Popular del Cesar, quien permitió la transformación y adaptación de una cámara de maduración que se encontraba en la planta piloto de la institución y por motivos de fuerza mayor (estado de emergencia económico y sanitario por covid-19) hubo que trasladar la cámara a la residencia con dirección Manzana 23 Casa 9 Barrio Ciudadela 450 Años, Primera Etapa y hacer la respectiva instalación para continuar con la ejecución del proyecto.

3.7. Operacionalización de variables.

3.7.1. Variable cuantitativa.

- **Antes del proceso de maduración.**

Variables	Valores
Carbohidratos	17,7%
Grasas	21,6%
Proteína	11,4%
PH	6.30
Acidez	8 grados Soxhlet

¹

- **Después del proceso de maduración.**

Variables	Valores
Carbohidratos	38,2%
Grasas	29,3%
Proteína	24,6%
pH	5.8
Acidez	20 grados Soxhlet
Humedad	34,9%

¹ Los resultados numéricos de las variables descritas, son previos a realizar el proceso de maduración.

3.7.2. Variables cualitativas.

Percepción de la apariencia del producto madurado.	Dimensiones: Apariencia. Color Aroma Sabor Textura
--	--

La primera variable que se analizó, es aquella concerniente a las técnicas de recolección y análisis cuantitativos, se describieron las características físico químicas y organolépticas del queso antes y después de ser madurado y posteriormente el análisis microbiológico que acreditó que el queso madurado cumple con todos los requerimientos legales, sanitarios y ambientales.

En segunda instancia, se evaluó por medio de una encuesta como técnica de recolección cualitativa la percepción que tiene la población escogida (residentes del barrio la victoria de Valledupar) sobre el producto madurado.

² Los resultados numéricos de las variables descritas, son posteriores al proceso de maduración.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

Una vez realizado el proceso de maduración del queso costeño, se desarrollaron y ejecutaron cada uno de los objetivos específicos de la investigación los cuales se analizarán y se les dará respuesta a continuación por etapas.

4.1. Etapa 1. Implementar un sistema de control a la cámara de atmosfera controlada de la planta piloto de la universidad popular del cesar.

En esta etapa se utilizaron procedimientos matemáticos con el fin de hallar la eficiencia del equipo y para la adaptación y puesta en marcha de la cámara.

4.1.1 Aislamiento térmico

El aislamiento utilizado es la espuma de poliuretano rígida cuyo valor de conductividad térmica, k , es $0.023 \text{ w/ (m}^2 \text{ }^\circ\text{C/m)}$.

4.1.2 Coeficiente global de transferencia de calor

Los coeficientes de transferencia de calor exterior e interior, normalmente se igualan a 20 y $10 \text{ W/(m}^2 \text{ pc)}$, respectivamente; y el valor del coeficiente global de transferencia de calor asumido para comenzar el proceso iterativo de optimización del aislante es: $0.3 \text{ W/(m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{x}{\lambda_x} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_o}}$$

$U =$ Coeficiente global de transferencia de calor = $0.3 \text{ W/(m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$.

$$h_o = 20 \text{ W/(m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$h_i = 10 \text{ W/(m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$e_1 = 1.651 \times 10^{-3} \text{ m. (capa de acero)}$$

$$e_2 = 0.889 \times 10^{-3} \text{ m. (Capa de acero)}$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = 3.746 \text{ W/(m}^2 \text{ }^\circ\text{C/m)}. \text{ (Conductividad térmica de ambas capas de acero)}$$

$$\lambda_x = 0.023 \text{ W/(m}^2 \text{ }^\circ\text{C/m)}. \text{ (Conductividad térmica de la capa de poliuretano)}$$

Se despeja X de la ecuación 1

$$U = \lambda_x \left[\frac{1}{U} - \frac{1}{h_o} - \frac{e_1}{\lambda_1} - \frac{e_2}{\lambda_2} - \frac{1}{h_i} \right]$$

$$x = 0.023 \frac{W}{m^2 \left(\frac{^\circ C}{m}\right)} * \left[\frac{1}{0.3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} - \frac{1}{20 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} - \frac{1.651 \times 10^{-3}}{3.746 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} - \frac{0.889 \times 10^{-3}}{3.746 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} - \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} \right] X = 0.0732 \text{ m.}$$

(Gutiérrez Einer, 2000).

4.1.3 Cálculos por minimización de costos totales relevantes

4.1.3.1 Transferencia de calor aproximada en la superficie

Superficie	Cálculo	Area (m ²)	Temperatura exterior (°C)
Laterales	(2 lados)(1 m lado) $\left[\frac{0.5000\text{m} + 0.4125\text{m}}{2} \right]$	0.9125	32
Inferior	(1m)(0.5000 m)	0.5000	45 aprox.
Superior	(1m)(0.4125 m)	0.4125	32
Posterior	(1m)(1m)	1.0000	32
Frontal	(1m)(1.0038 m)	1.0038	32
Tot al		3.8288	--

Fuente: propia.

- Costo unitario de acero inoxidable (c_a): 75.584,50 \$/m²
- Costo unitario de poliuretano (c_p): 380.000,00 \$/m³
- Costo energía eléctrica (c_e): 398.24 \$/KWh
- Eficiencia del motor eléctrico: 64%
- Coeficiente de rendimiento del ciclo de refrigeración (ω):3.69 aproximadamente
- Temperatura mínima de conservación T_i : 5°C
- Temperatura máxima promedio en Valledupar: 32 °C
- Coeficiente de convección exterior: 20 W/m² °C.
- Coeficiente de convección interior: 10 W/m² °C
- Área de transferencia de calor aproximada(A): 3.8288 m²

Se tuvo que utilizar la superficie total de transferencia de calor ya que fue pertinente emplear una diferencia de temperatura entre el interior y exterior de la cámara basándose en el ponderado de las temperaturas exteriores de a los lados.

$$T_{ep} = \left[\frac{(32^\circ\text{C})(0.9125 + 0.4125 + 1 + 1.0038)m^2 + (0.5m^2)(45^\circ\text{C})}{3.8288 m^2} \right] = 33.7^\circ\text{C}$$

$$Q = UA\Delta T = \frac{A(T_e - T_i)}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{x}{\lambda} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i}} \quad (\text{ecuación 2})$$

Los términos $\frac{e_1}{\lambda_1}$ y $\frac{e_2}{\lambda_2}$ se desprecian ya que la resistencia ofrecida por el acero inoxidable al flujo de calor es despreciable frente a la ofrecida por el poliuretano, por lo tanto la ecuación 2 queda de la siguiente manera:

$$Q = \frac{A(T_{ep} - T_i)}{\frac{1}{h_o} + \frac{x}{\lambda} + \frac{1}{h_i}} \quad (\text{ecuación 2.1})$$

$$Q = \frac{3.8288 m^2 (33.7^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C})}{\frac{1}{20 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}}} + \frac{x}{0.023 \frac{W}{m^\circ\text{C}}} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}}}}$$

Simplificando términos y omitiendo unidades se obtiene lo siguiente:

$$Q = \frac{2.4846}{0.00345 + x} \quad (\text{ecuación 2.2})$$

Este calor ganado a través de las paredes es absorbido por el sistema de refrigeración mediante el trabajo mecánico, el cual se calcula con el coeficiente de operación del equipo:

$$\omega = \frac{Q}{W_{neto}} \Rightarrow W_{neto} = \frac{Q}{\omega} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Sustituyendo ecuación 2.2 en 2.3

$$\begin{aligned} W_{neto} &= \frac{2.4846}{\omega(0.00345 + x)} = \frac{2.4846}{(3.69)(0.00345 + x)} \\ &= \frac{0.6733}{(0.00345 + x)} \quad (\text{ecuación 2.4}) \end{aligned}$$

Para determinar el trabajo eléctrico requerido para efectuar el trabajo mecánico se utiliza la eficiencia del motor eléctrico:

$$\begin{aligned} \eta = \frac{W_{neto}}{W_{electrico}} \Rightarrow W_{electrico} = \frac{W_{neto}}{\eta} &= \frac{0.6733}{(0.64)(0.00345 + x)} \\ W_{electrico} &= \frac{1.05203}{(0.00345 + x)} \quad \text{ecuación 2.5} \end{aligned}$$

Tomando como base un tiempo estándar de un mes de operación del equipo, el consumo de energía eléctrica se obtiene al tener en cuenta las unidades de la ecuación 2.5 que son Julios por segundo suponiendo una operación continua durante el mismo:

$$\begin{aligned} \text{consumo de energía} &= \frac{1.0523 \frac{J}{s}}{(0.00345 + x)} \left(\frac{2.592 \times 10^6 s}{1 \text{ mes}} \right) \left(\frac{1 \text{ Kwh}}{\frac{3.6 \times 10^6 J}{s}} \right) \\ \text{consumo de energía} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{mes}} \right) &= \frac{0.75765}{(0.00345 + x)} \quad \text{ecuación 2.6} \end{aligned}$$

Para determinar el costo de consumo energético mensual se multiplica la ecuación 2.6 por el costo promedio de KWh:

$$\text{Costo de energía} = \left(\frac{\$}{\text{mes}} \right) = \frac{(0.75765)(398.24)}{(0.00345 + x)} = \frac{301.726536}{(0.00345 + x)} \quad \text{ecuación 2.7}$$

Cargos en función del espesor del aislante

Para encontrar el costo relevante de la instalación, se debe calcular primeramente el volumen total de poliuretano (Vp) que se ha de utilizar. Una buena aproximación del volumen se obtiene al multiplicar el área total de transferencia por el espesor de aislamiento y sumarle a esta cantidad el volumen de las esquinas del equipo que utilizan aislamiento (tres esquinas verticales de un metro de longitud cada una, dos horizontales de uno y cuatro horizontales de medio aproximadamente), el cual se encuentra

multiplicando la longitud total de las esquinas por el espesor del aislante elevado al cuadrado (el volumen de un prisma es el producto del área de la base por su altura).

$$V_p = 3.8288 m^2(x m) + \left((3 \text{ esquinas}) \left(\frac{1m}{\text{esquina}} \right) + (4 \text{ esquinas}) \left(0.5 \frac{m}{\text{esquina}} \right) \right) (x m)^2$$

Resolviendo queda:

$$V_p(m^3) = 5 x^2 + 3.8288 x \quad (\text{ecuación 2.8})$$

Para obtener el costo del poliuretano se multiplica la ecuación 2.8 por el costo unitario del poliuretano:

$$\begin{aligned} \text{Costo del poliuretano} &= (5 x^2 + 3.7689 x) m^3 \left(380,000 \frac{\$}{m^3} \right) \\ &= (1.9x10^6 x^2 + 1.455x10^6 x) \$ \quad (\text{ecuación 2.9}) \end{aligned}$$

Los cargos mensuales corresponden a la depreciación del equipo, al encontrarse en estado de abandono se estima que la depreciación en cuestión es del 10% anual, aplicando el costo del poliuretano queda:

$$\begin{aligned} \text{Cargo mensuales} &= (1.9x10^6 x^2 + 1.455x10^6 x) \$ \left(\frac{0.1}{1 \text{ año}} \right) \left(\frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \right) \\ &= (15,833 x^2 + 12,125 x) \quad (\text{ecuación 2.10}) \end{aligned}$$

Para obtener los costos totales relevantes en función del espesor del aislamiento se suma las ecuaciones 3.7 y 3.10

$$\begin{aligned} \text{Costos totales relevantes} &= \frac{64.40025}{(0.00345 + x)} + (15,833 x^2 + 12,125 x) \quad (\text{ecuación 2.11}) \end{aligned}$$

Con el objetivo de optimizar se deriva la ecuación 2.11 con respecto a la variable X y se iguala a cero:

$$CT' = \frac{-64.40025}{(0.00345 + x)^2} + (31,666 x + 12,125) = 0 \quad (\text{ecuación 2.12})$$

En la ecuación 2.12 se puede obtener una solución por el método Newton, para lograr esto se encuentra la segunda derivada con respecto a x de la ecuación 2.11, en ese orden de ideas se procede a según la formulación matemática del método Newton:

$$X_{j+1} = X_j - \frac{Y_1}{\left(\frac{dy}{dx}\right)_j} \quad (\text{ecuación 2.13})$$

Aplicando la segunda derivada de la ecuación 2.11:

$$CT'' = \frac{128.8005}{(0.00345 + x)^3} + 31,666 \quad (\text{ecuación 2.14})$$

Sustituyendo las ecuaciones 2.14 y 2.12 en 2.13

$$X_{j+1} = X_j - \frac{\frac{-64.40025}{(0.00345 + X_j)^2} + 31,666 X_j + 12,125}{\frac{581.8752}{(0.00345 + x)^3} + 31,666}$$

Realizando la iteración se obtiene:

$$X = 0.0607 \text{ m}$$

Después de realizado los procedimientos anteriores es posible determinar el espesor definitivo haciendo un promedio entre los dos resultados obtenidos

$$\underline{X} = \frac{0.0732\text{m} + 0.0607\text{m}}{2} = 0.06695 \text{ m} \cong 0.067\text{m}$$

4.1.3.2 Ganancias exteriores

Superficie total de transferencia de calor de la cámara.

Superficie	Cálculo	Area (m ²)	Temperatura exterior (°C)
Laterales	(2 lados)(1m/lado) $\left[\frac{0.49386\text{m} + 0.40614\text{m}}{2} \right]$	0.9000	32
Inferior	(1m)(0.49386 m) - (0.25m)(0.07m)	0.4764	45 aprox.
Superior	(1m)(0.40614 m) - (0.25m)(0.07m)	0.3887	32
Posterior	(1m)(1m)	1.0000	32
Frontal	(1m)(1.0038 m)	1.0038	32
Total		3.7689	--

Fuente: Propia.

Se toman en cuenta los siguientes datos:

- Temperatura mínima de conservación: 5°C
- Conductividad térmica del poliuretano (λ_p): 0.023W/m²⁰ C/m
- Espesor de la capa de poliuretano (e_p): 0.067m
- Coeficiente de convección exterior (h_e): 20W/m²⁰C
- Coeficiente de convección interior (h_i): 10W/m²⁰C
- Área total de transferencia de calor (A): 3.7689 m²
- Temperatura promedio máxima en el exterior:

$$\underline{T_e} = \left[\frac{(32 \text{ }^\circ\text{C})(0.9 + 0.3887 + 1 + 1.0038)m^2 + (0.4764m^2)(45 \text{ }^\circ\text{C})}{3.7689 \text{ m}^2} \right] = 33.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Se asume un Q para poder realizar el cálculo y encontrar posteriormente por optimización el otro, queda de la siguiente manera:

$$U = \left[\frac{1}{20 \frac{W}{m^2} \text{ }^\circ\text{C}} + \frac{0.067m}{0.023 \frac{W}{m^2} \left(\frac{^\circ\text{C}}{m} \right)} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2} \text{ }^\circ\text{C}} \right] = 0.326 \frac{W}{m^2} \text{ }^\circ\text{C}$$

Las ganancias en las paredes se hallan usando la ecuación 2

$$Q_1 = UA\Delta T$$

$$Q_1 = \left(0.326 \frac{W}{m^2} \text{ }^\circ\text{C} \right) (3.7689m^2)(33.6 \text{ }^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) = 35.13 \text{ W}$$

4.1.4 Calor por respiración

La cámara cuenta con cinco bandejas las cuales son capaces de soportar siete kg cada, para una total de 35 kg, dato que será tomado para hacer los cálculos, para objeto de esta investigación se almacenó un queso con un peso de 2.3 kg aproximadamente. El dato de calor de respiración que se utiliza para este cálculo está en la revisión bibliográfica (véase tabla 1)

- Masa de producto (M): 35 kg
- Calor de respiración (Cr): 0.55 W/kg

$$Q_2 = \left(0.55 \frac{W}{kg} \right) (35Kg) = 19.25 \text{ W}$$

4.1.5 Calor de producto almacenado

La temperatura de ingreso del queso se aproxima a los 30 °C, además, para efecto de resolución del cálculo se tomará temperatura de 12 °C como temperatura del régimen de conservación.

$$q = (M) (C_p) (\Delta T)$$

$$q = (35 \text{ kg}) (3.1401 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C}) (30 \text{ } ^\circ\text{C} - 12 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$q = 1978.263 \text{ Kj}$$

$$Q_3 = \left(\frac{q}{10800 \text{ s}} \right)$$

$$Q_3 = \left(\frac{1978.263 \text{ kj}}{10800 \text{ s}} \right)$$

$$Q_3 = 0.1831725 \text{ Kw} \left(\frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ Kw}} \right) = 183.1725 \text{ W}.$$

4.1.6 Ganancia debido al ventilador: la potencia nominal del ventilador es $Q_4 = 10 \text{ W}$

4.1.7 Ganancia debido al alumbrado

Las lámparas fluorescentes pueden transformar un 15% de la energía que es absorbida en la luz, el resto se disipa por convección, radiación y conducción. No obstante, se tiene en cuenta el calor emitido por la reactancia, que es el 15% de la energía consumida por la lámpara. (Ibid., p. 1.94 – 1.95)

La cámara cuenta con una lámpara fluorescente de 17W y su reactancia se encuentra ubicada fuera del espacio refrigerado, por lo tanto, el aporte del calor es la potencia efectiva de la misma:

$$Q_5 = (0.85)(17 \text{ W}) = 14.45 \text{ W}$$

- $Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$
- $Q_{total} = 35.13 \text{ W} + 19.25 \text{ W} + 183.17 \text{ W} + 10 \text{ W} + 14.45 \text{ W} = 262 \text{ W}$

A la carga total se le aplica un factor de seguridad del 10% para la selección de los equipos:

- $Q = (262 \text{ W})(1.1) = 288.2 \text{ W}.$

4.1.8 Elección de refrigerante

Se escogió el refrigerante Freón 12 ya que sigue cumpliendo con los requisitos propuesto en el ante proyecto. El refrigerante escogido es no tóxico, inflamable, e inexplorable. Esto hace altamente popular para los usos domésticos, así como comerciales, además es altamente estable y no se desintegra incluso bajo condiciones de funcionamiento extremas. (Maquinaria Co.LTD, 2019).

4.1.9 Compresión

Los estudiantes de ingeniería electrónica hicieron un diagnóstico previo al compresor y se halló en estado de abandono, pero se pudo rehabilitar para su uso.

Datos:

- Cilindrada (C): 8.145cm^3
- Velocidad angular del motor: 3500 rpm
- Aplicando la ecuación 7 se halla V_h

$$V_h = \frac{(C * nx10^6)}{60}$$

$$V_h = \frac{(8.145\text{cm}^3 * 3500 \text{rpm} * 10^{-6})}{60} = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Refrigerante utilizado: freón 12

Temperatura mínima de refrigeración: 5°C

- Temperatura de condensación: 43.1°C .³
- Temperatura de vaporización (T2): -1.1°C .⁴
- Presión de condensación: 10,333 bar.
- Presión de vaporización: 2,958 bar

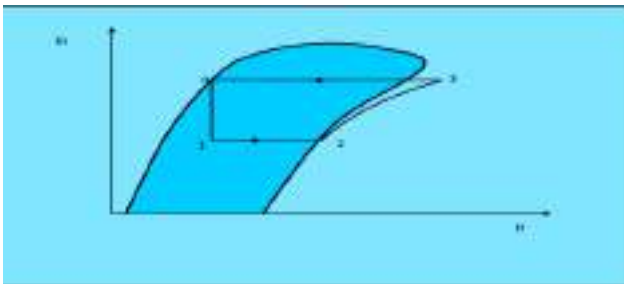


Figura 1. Ciclo de refrigeración en el diagrama de presión entalpia.

³ Véase la Sección 2.2.4.2. del proyecto de automatización y control de la cámara de maduración para la plana piloto de agro industria, proyecto presentado por Romario Enrique Salas & otros, para optar por el título de Ingeniero electrónico.

⁴ Véase la Sección 2.2.4.4..

Ciclo de refrigeración en el diagrama de presión entalpía (tomada del proyecto automatización y control de la cámara de maduración para la planta piloto de agro industria, proyecto presentado por Romario Enrique Salas & otros, para optar por el título de Ingeniero electrónico, para adecuar los valores en H de la siguiente manera:

$$H_4 = 536.87 \text{ KJ/Kg. (en la curva de líquido saturado)}$$

$$H_3 = 677 \text{ KJ/Kg. (Al considerar el proceso de 2 a 3 como isentrópico.)}$$

$$H_2 = 658.2 \text{ KJ/Kg. (en la curva de vapor saturado.)}$$

$$H_1 = \text{mismo valor que } H_4 \text{ ya que el proceso de 4 a 1 es isoentálpico}$$

$$W_e = -(H_3 - H_2) = \Delta H \text{ (ecuación 8)}$$

$$W_{es} = (\Delta H)_s = (H_3 - H_2)_s \text{ (ecuación 9)}$$

$$W_{es} = (\Delta H)_s = (677 \text{ KJ/Kg} - 658.27 \text{ KJ/Kg}) = 18.73 \text{ KJ/Kg}$$

Tomando en cuenta que se rehabilitó el compresor de la cámara proporciona el dato de la eficiencia del compresor por parte de los autores E. Gutierrez y J. Molina los cuales diseñaron la cámara de atmósfera controlada de la cual se basa este proyecto, y se estima que es un 80% por lo cual se halla el verdadero cambio de entalpía en el compresor de la siguiente manera:

$$\Delta H = H_3 - H_2 = \frac{(\Delta H)_s}{\eta_c} = \frac{18.73 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{0.8} = 23.41 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

El flujo másico del refrigerante Se calcula de la siguiente manera:

$$\dot{m} = \frac{Q}{(H_2 - H_1)} = \frac{282.2 \frac{\text{J}}{\text{s}} \left(\frac{1 \text{KJ}}{1000 \text{J}} \right)}{\left(658.2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 536.87 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right)} = 2.32 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

La potencia del compresor viene dada por:

$$P = \dot{m}(H_3 - H_2) = \left(2.32 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right) \left(23.41 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) = 0.0543 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

$$P = \left(0.0543 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} \right) \left(\frac{1.341 \text{ hp}}{\frac{1 \text{KJ}}{\text{s}}} \right) = 0.0728 \text{ hp}$$

La potencia mínima requerida por el compresor es de 0.0728 hp debido que en el mercado es posible encontrar condensadores que incluyen motor-compresor y un condensador que se ajusta a la potencia del mismo, a precios bajos y potencias por encima de ¼ de hp se decidió conservar la unidad condensadora de ¼ que la cámara tenía previamente ya que para potencias menores son más difíciles de adquirir y los costos se elevarían.

4.1.10 Expansión

Usando la ecuación 12 se obtuvo la longitud requerida del tubo capilar para conocer la caída de presión necesaria entre los lados de alta y baja presión:

$$\Delta P = \frac{f G^2 L}{5.22 \times 10^{10} D S \phi_t}$$

$$\Delta p = 106.89 \frac{lb}{plg^2}$$

$$D = 0.003 \text{ pie}$$

$$F = 0.0002375 \frac{pie^2}{plg^2}$$

$$S = 1.12784$$

$$\phi_t = 1$$

Masa – velocidad del refrigerante

$$G = \frac{4 \times m_c}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 32.12 \frac{lb}{h}}{\pi \times (0.003 \text{ pies})^2} = 4543343 \frac{lb}{(h \text{ pie}^2)} \text{ numero de reynolds}$$

$$Re = \frac{DG}{\mu} = \frac{(0.03 \text{ pies}) \times 453343 \frac{lb}{(h \text{ pie}^2)}}{0.6776 \frac{lb}{(h \text{ pie})}} = 201151.54$$

$$L = \frac{5.22 \times 10^{10} \text{ lb} / (\text{pie h})^2 \times \Delta P \times D \times s \times \phi_t}{f \times G^2}$$

$$L = \frac{5.22 \times 10^{10} \text{ lb} / (\text{pie h})^2 \times 106.89 \frac{lb}{plg^2} \times 0.003 \text{ pie} \times 1.12784 \times 1}{\left(0.0002375 \frac{pie^2}{plg^2}\right) \times (4543343 \text{ lb} / (h \text{ pie}^2))^2}$$

$$\Rightarrow L = 3.85 \text{ pie} = 117.4 \text{ cm} \cong 120 \text{ cm}$$

Cada capilar instalado en la cámara tiene una longitud de 120 cm.

4.1.11 Evaporador

La unidad de evaporador el cual fue adquirido en correspondencia con el condensador para la potencia $\frac{1}{4}$ hp. Los datos son aportados por el fabricante, por lo cual fue pertinente evaluar si el coeficiente de obstrucción resulta menor o mayor que el coeficiente limpio y en ese orden de ideas concluir que es acta para la refrigeración de la cámara.

- **Datos de construcción**
 - Material: Cobre
 - Conductividad (k_{cu}): 224 Btu / (h pie °F)
 - Diámetro exterior (D_o): 3/8 pulg
 - Diámetro interior (D_i): 0.315 pulg
 - Espesor de la pared: 0.03 pulg
 - Área de flujo (a^t): 0.0779 pulg²
 - Superficie interna: 0.08247 pie² /pie
 - Tipo de arreglo: en cuadro rotado 90°
 - Espaciado (Pt): 1 pulg
 - Número de pasos(N): 24 pasos en total
 - Longitud de cada paso (L): 1.132 pie
- **LÁMINAS**
 - Material: Aluminio
 - Conductividad (k_{AL}): 117 Btu/ (h pie °F)
 - Espesor (y_b): 0.035 pulg
 - Cantidad (N_b): 78 aletas distribuidas uniformemente
- **Datos del ventilador**
 - Diámetro hélice (D_h): 20.32 cm
 - Cantidad de palas (C_p): 5 palas
 - Altura de la pala (L_p): 7 cm
 - Profundidad de ventilador (Z_v): 3 cm
 - Velocidad angular del motor (n): 1500 rpm
 - Potencia del motor: 10 W
- **Datos del fluido refrigerante**
 - Temperatura vaporización (t): -1.1°C = 30 °F
 - Presión absoluta (p): 2.958 bar
 - Viscosidad líquido a 30°F (ρ_l): 0.7502 lb/ (pie h)

- Cambio de entalpía en evaporador: $(658.2 \text{ KJ/Kg} - 536.87 \text{ KJ/Kg}) = 121.33 \text{ KJ/Kg} = 52.2 \text{ Btu/lb}$
- Rata másica vapor generado (W): 46.25lb/h
- Densidad del vapor (ρ_v): 1.064 lb/pie³
- Densidad del líquido (ρ_l): 87.13 lb/ pie³
- Tensión superficial a 25°C (σ): $6.167 \times 10^{-4} \text{ lb}_f/\text{pie}$
- Temperatura crítica: 112 °C
- Presión crítica (P_c): 41.96Kg/cm²
- Temperatura inicial (T_1): 30 °C = 86 °F
- Temperatura final (T_2)= 5 °C = 41°F
- Humedad relativa final (HR_2): 85%
- Viscosidades
- N₂: 0.0175 cp
- CO₂= 0.014 cp
- O₂= 0.02 cp
- Conductividades
- N₂: 0.01497 Btu/ (h) (pie²) (°F/pie)
- CO₂: 0.00996 Btu/ (h) (pie²) (°F/pie)
- O₂: 0.01526 Btu/ (h) (pie²) (°F/pie)
- Capacidad calorífica: 0.24 Btu/ lb °F

4.1.11.1 Cálculo lado exterior del evaporador

- Área de transferencia de calor

$$D_{o1} = D_o + 2(e_r) = \frac{3}{8} \text{ pulg} + 2(0.035 \text{ pulg}) = 0.445 \text{ pulg}$$

$$A_o = \pi \left(\frac{0.445}{12} \text{ pie} \right) (24 \text{ pasos}) \left[\left(1.132 \frac{\text{pie}}{\text{paso}} \right) - \left(\frac{0.035}{12} \frac{\text{pie}}{\text{lamina}} \right) \left(78 \frac{\text{laminas}}{\text{paso}} \right) \right] \\ = 2.53 \text{ pie}^2$$

Se considera que el área de superficie extendida en cada lámina tiene sus dos lados en contacto con el fluido por lo tanto hace parte de la superficie de transferencia de calor, por lo tanto.

$$A_f = (78 \text{ laminas}) \left(2 \frac{\text{lados}}{\text{lamina}} \right) \left[\frac{(10.2 \text{ cm})(13.3 \text{ cm})}{\text{lado}} \left(\frac{1 \text{ pie}}{30.48 \text{ cm}} \right)^2 \right. \\ \left. - \left(\frac{\pi \left(\frac{0.445}{12} \right)^2}{4} \right) \left(\frac{\text{pie}^2}{(\text{paso})(\text{lado})} \right) (24 \text{ paso}) \right] \\ A_f = 18.74 \text{ pie}^2$$

- Para el diámetro equivalente D_e fue necesario hallar el perímetro proyectado

Perímetro proyectado

$$= \left[\frac{1.1 \text{ cm}}{(\text{espacio})(\text{lado})} \times 5 \text{ espacios} \times \frac{2 \text{ lados}}{\text{lamina}} \times 78 \text{ laminas} \right]$$

$$+ \left[\frac{0.5 \text{ cm}}{(\text{extremo})(\text{lado})} \times 2 \text{ extremos} \times \frac{2 \text{ lados}}{\text{lamina}} \times 78 \text{ laminas} \right]$$

$$+ 6 \text{ tubos} \times \frac{2 \text{ lados}}{\text{tubo}} \left[\frac{34.5 \text{ cm}}{\text{lado}} - \left(\frac{0.035 \text{ pulg}}{\text{lamina}} \right) \right]$$

$$- \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{\text{pulg}} \right) \left(\frac{78 \text{ laminas}}{\text{lado}} \right)]$$

$$\Rightarrow \text{perímetro proyectado} = 1344.79 \text{ cm} \left(\frac{1 \text{ pie}}{30.48 \text{ cm}} \right) = 44.12 \text{ pie}$$

$$\Rightarrow D_e = \frac{2(18.74 \text{ pie}^2 + 2.53 \text{ pie}^2)}{\pi(44.12 \text{ pie})} = 0.307 \text{ pie}$$

- Area de flujo (a_e)

$$a_e = 34.5 \text{ cm} \times 13.3 \text{ cm} - 6 \text{ tubos} \times 0.445 \text{ pulg} \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{\text{pulg}} \right) \times 34.5 \frac{\text{cm}}{\text{tubo}}$$

$$- 0.035 \frac{\text{pulg}}{\text{lamina}} \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{\text{pulg}} \right) \times \left(\frac{1.1}{\text{espacio}} \times 5 \text{ espacios} \right.$$

$$\left. + \frac{0.5}{\text{extremo}} \times 2 \text{ extremos} \right) \times 78 \text{ laminas}$$

$$a_e = 179.8 \text{ cm}^2 \left(\frac{1 \text{ pie}}{30.48 \text{ cm}} \right)^2 = 0.1935 \text{ pie}^2$$

- Flujo másico de la mezcla.

$$Q_m = \frac{\pi((20.32 \text{ cm})^2 - (20.32 \text{ cm} - 2 \times 7 \text{ cm})^2) (3.5 \text{ cm})(1500)(5)}{2.4 \times 10^8 \frac{(\text{cm}^3)(\text{s})}{\text{m}^3}}$$

$$\Rightarrow Q_m = 0.1282 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- La densidad de la mezcla se halla usando la ecuación de los gases ideales

$$\rho_m = \frac{(1.034 \text{ atm}) \left(29.08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{\left(0.082057 \frac{1 \text{ atm}}{\text{mol K}} \right) (16 + 273.15) \text{ K}} = 1.3 \frac{\text{g}}{\text{l}} = 1.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Por lo tanto, el flujo másico se calcula:

$$W = \left(0.1282 \frac{m^3}{s}\right) \left(1.3 \frac{kg}{m^3}\right) = 0.167 \frac{kg}{s} \left(\frac{1 lb}{0.454 kg}\right) \left(\frac{3600s}{1h}\right) = 1324.23 \frac{lb}{h}$$

- Coeficiente de transferencia de calor

Masa – velocidad

$$G_m = \frac{1324.23 \frac{lb}{h}}{0.1935 pie^2} = 6843.57 \frac{lb}{h pie^2}$$

- Viscosidad de la mezcla (μ_m) = (0.85) (0.0175 cP) + (0.1)(0.014 cP) + (0.5) (0.02 cp) = 0.01728 cP

$$\begin{aligned} \mu_m &= (0.85)(0.0175 cp) + (0.1)(0.014cp) + (0.5)(0.02 cp) \\ &= 0.01728 cp \left(\frac{2.42 \frac{lb}{pie h}}{1 cp}\right) = 0.0418 \frac{lb}{pie h} \end{aligned}$$

$$Re = \frac{(0.307 pie) \left(6843.57 \frac{lb}{h pie^2}\right)}{0.0418 \frac{lb}{pie h}} = 50263$$

- Conductividad térmica promedio (K_m)

$$\begin{aligned} K_m &= (0.85) \left(0.01497 \frac{Btu}{h pie ^\circ F}\right) + (0.1) \left(0.00996 \frac{Btu}{h pie ^\circ F}\right) \\ &+ (0.05) \left(0.01526 \frac{Btu}{h pie ^\circ F}\right) = 0.0145 \frac{Btu}{h pie ^\circ F} \end{aligned}$$

- Coeficiente de transferencia de calor

$$h_f = (236) \left(\frac{0.0145 \frac{Btu}{h pie ^\circ F}}{0.307 pie}\right) \left(\frac{0.24 \frac{Btu}{lb ^\circ F}}{0.0145 \frac{Btu}{h pie ^\circ F}}\right) \left(\frac{0.0418 \frac{lb}{pie h}}{0.0145 \frac{Btu}{h pie ^\circ F}}\right)^{\frac{1}{3}} = 9.86 \frac{Btu}{h pie^2 ^\circ F}$$

4.1.11.2 Eficiencia de la superficie extendida

Se halla la superficie extendida estableciendo una relación de un tubo por cada lámina del evaporador (A_e) dividiéndola por el número total de láminas y tubos.

$$A_e = \frac{18.74 pie^2}{(78 laminas)(24 tubos)} = 1.001 \times 10^{-2} pie^2 / (lamina)(tubo)$$

$$A_e = \pi(r_e^2 - r_b^2)$$

$$r_b^2 = \frac{D_{o1}}{2} = \frac{0.445 \text{ pulg}}{2} = 0.2225 \text{ pulg} \left(\frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulg}} \right) = 1.85 \times 10^{-2} \text{ pie}$$

$$r_e = \sqrt{\frac{(1.001 \times 10^{-2} \text{ pie}^2) + (\pi)(1.85 \times 10^{-2} \text{ pie})^2}{\pi}} = 5.94 \times 10^{-2} \text{ pie}$$

$$\frac{r_e}{r_b} = \frac{5.94 \times 10^{-2} \text{ pie}}{1.85 \times 10^{-2} \text{ pie}} = 3.2$$

Con los datos obtenidos se puede hallar la eficiencia de la superficie extendida Ω

$$\Omega = (5.94 \times 10^{-2} \text{ pie} - 1.85 \times 10^{-2} \text{ pie}) \sqrt{\frac{9.86 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}}{\left(\frac{117 \text{ Btu}}{\text{h pie} \text{ } ^\circ\text{F}}\right) \left(\frac{0.035}{12}\right) \text{ pie}}} = 0.22 \Rightarrow 0.96$$

Coefficiente de transferencia de calor con respecto al diámetro interior del tubo (h_{fi})

Se calculó el área total de transferencia de calor en el interior de los tubos (A_i)

$$A_i = (0.08247 \text{ pie}^2 / \text{pie}) (1.132 \text{ pie/paso}) (24 \text{ pasos}) = 2.24 \text{ pie}^2$$

$$h_{fi} = [(0.96)(18.74 \text{ pie}^2) + 2.53 \text{ pie}^2] \left[\frac{9.86 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}}{2.24 \text{ pie}^2} \right] = 90.33 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

4.1.11.3 Lado interior del evaporador

Se calcula la presión reducida por el refrigerante con el fin de hallar el valor máximo permitido en la velocidad del vapor.

$$p_r = \frac{2.958 \text{ bar}}{41.96 \frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2}} \left(\frac{1 \frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2}}{0.981 \text{ bar}} \right) = 0.072$$

$$\Rightarrow \text{Velocidad de vapor} = \frac{46.25 \frac{\text{lb}}{\text{h}}}{(2.24 \text{ pie}^2) \left(1.064 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \right)} = 19.4 \frac{\text{pie}}{\text{h}}$$

Según resultado obtenido se puede concluir que el coeficiente de la película depende exclusivamente de la diferencia de temperatura entre el refrigerante y la pared interior del tubo, en ese orden de ideas los autores del proyecto proponen una suposición basándose

en la elección de los equipos para la cámara para una prueba en la cual la transferencia de calor sea:

$$h_i = h_v = 250 \text{ Btu/(h)(pie}^2\text{)} (\text{°F})$$

Por lo cual los coeficientes totales de transferencia de calor quedarían de la siguiente manera:

- Coeficiente limpio

$$U_c = \frac{\left(90.33 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{°F}}\right) \left(250 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{°F}}\right)}{90.33 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{°F}} + 250 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{°F}}} = 66.35 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{°F}}$$

- Coeficiente de diseño

El flujo de calor es la carga que se retira del equipo:

$$Q = (288.2 \text{ W}) \left(\frac{3.412188 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{1 \text{ W}} \right) = 983.39 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Diferencia de temperatura promedio

$$\Delta T = \frac{(86^\circ\text{F} - 30^\circ\text{F}) - (41^\circ\text{F} - 30^\circ\text{F})}{\ln \ln \frac{(86^\circ\text{F} - 30^\circ\text{F})}{(41^\circ\text{F} - 30^\circ\text{F})}} = 27.6 \text{ °F}$$

$$U_D = \frac{983.39 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{(2.24 \text{ pie}^2)(27.6 \text{ °F})} = 15.9 \frac{\text{Btu}}{\text{h pie}^2 \text{°F}}$$

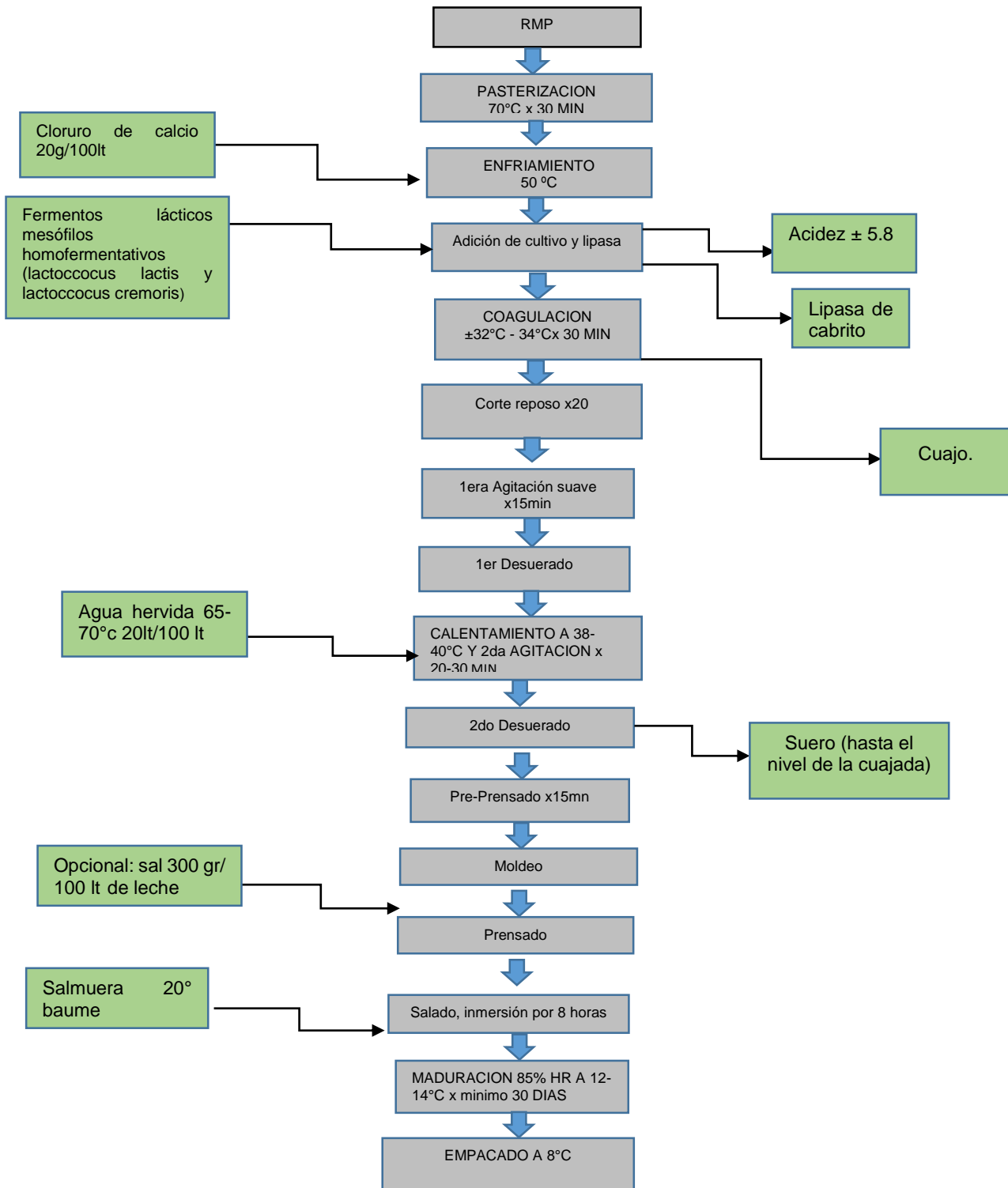
Como el coeficiente de diseño es menor que el coeficiente limpio se concluyó que el evaporador es apto para la refrigeración de la cámara.⁵.

4.2. Etapa 2. Desarrollar el proceso de maduración de un queso fresco costeño tipo graso.

A continuación, se observará el diagrama de flujo que evidencia cómo se ejecutó el segundo objetivo específico, el cual se da por cumplido teniendo en cuenta que atiende al desarrollo del proceso de maduración del queso fresco, costeño, tipo graso.

⁵ Fuente: (Las ecuaciones presentes, fueron tomadas del proyecto titulado “Automatización y control de la cámara de maduración para la planta piloto del laboratorio de agroindustria en la Universidad Popular del Cesar, presentado por Romario Enrique Salas Díaz, & Jhon Quevedo, para optar por el título de ingeniero electrónico).

FLUJOGRAMA ELABORACION DEL QUESO

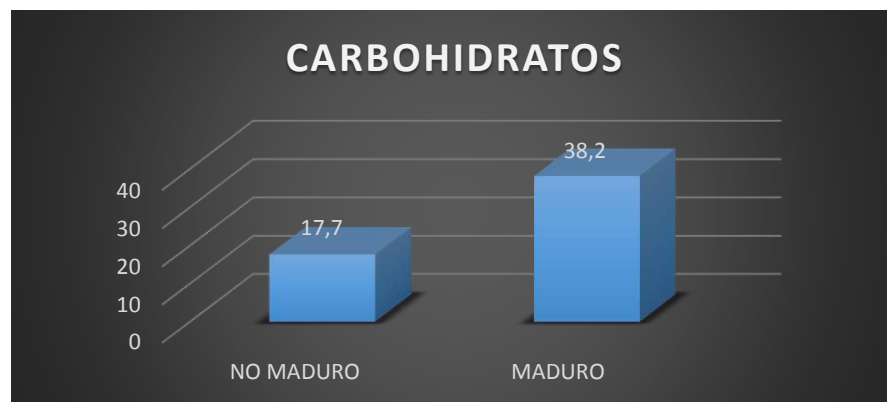


4.3. Etapa 3. Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto madurado.

En esta etapa se describieron y analizaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del queso madurado, teniendo en cuenta su apariencia, su acidez etc.

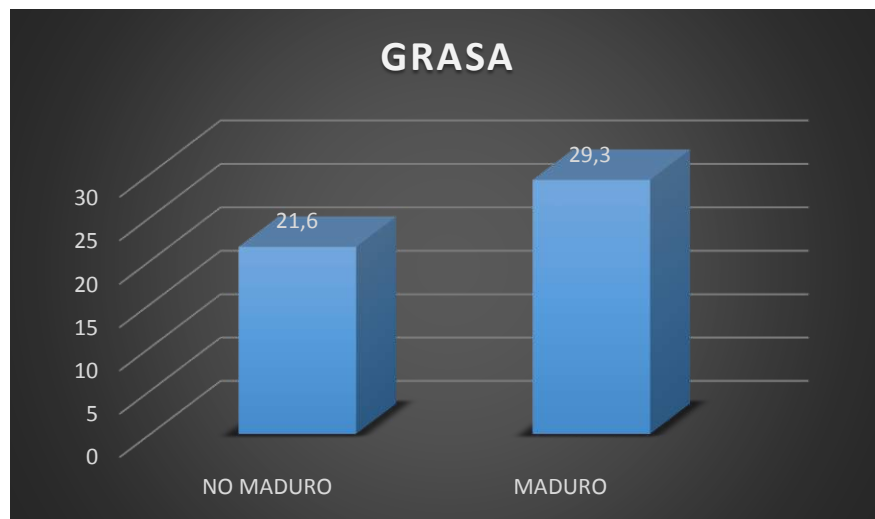
4.3.1 Análisis fisicoquímicos

Gráfica No.1- Carbohidratos.



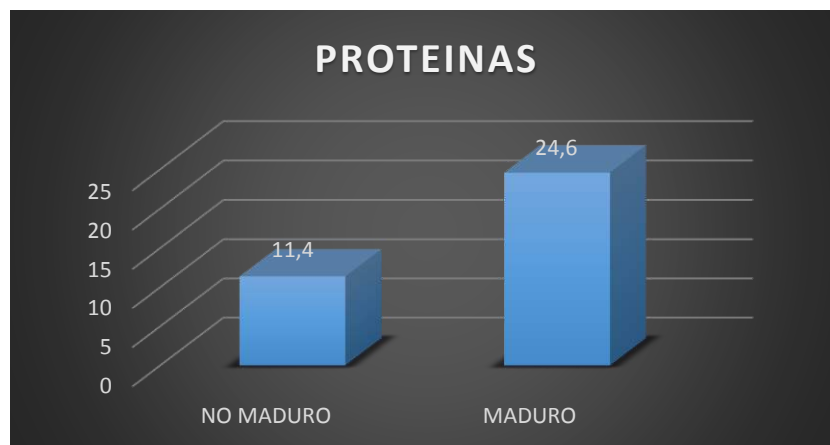
El aumento de carbohidratos se pudo haber dado posiblemente por la glicolisis ya que afecta directamente a la lactosa presente en la leche. La transformación de la lactosa en ácido láctico es debido a las bacterias ácido lácticas que como consecuencia producen la degradación del citrato tales como diacetilo, butilengicol, CO₂, entre otros que infunden las características específicas para cada variedad de queso (Ordoñez, 1987; Brito, 1993).

Gráfica No.2-Grasas.



Según lo señalado por Alais (1985) Y Fao (1993)⁶ el método de coagulación de la leche y la forma de tratar la cuajada influyen sobre la cantidad de materia grasa retenida en ésta, y a su vez, el contenido de materia grasa de la leche influye en el desuerado del queso, ya que, a mayor contenido graso, mayor tiempo de prensado, puesto que inhibe el efectivo drenaje del suero, teniendo en cuenta lo anterior, en nuestros resultados es evidente que el aumento del porcentaje en la grasa fue mínimo.

Gráfica No.3-Proteína.

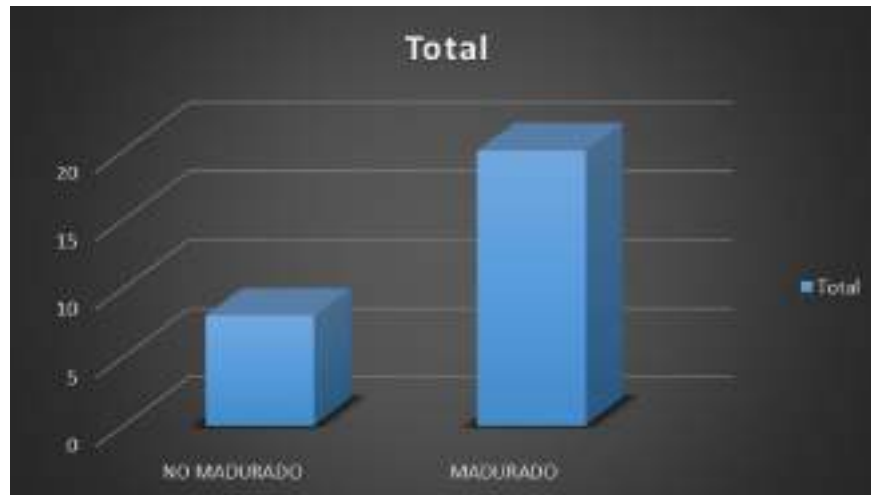


El aumento de la proteína en las muestras de quesos objetos de esta investigación no fue tan elevado y esto pudo haber ocurrido porque durante el proceso de elaboración del queso hubo pérdidas de proteínas, en especial, las proteínas del suero (séricas) las que

⁶ Alais, 1985; Tornadijo Et Al., 1998.

posiblemente no fueron coaguladas por enzimas (en este caso lipasa de cabrito). (Callan, 91).

Gráfica No.4-Acidez.



El pH y la acidez son variables inversamente proporcionales, en este caso, el calcio y la molécula de proteína se siguen desdoblando, permitiendo a la cuajada del queso que su pH siga disminuyendo con el tiempo, por lo cual aumenta la acidez, lo cual se evidencio en las lecturas tomadas de los análisis del queso antes de madurar con 8 °Soxhelt y con el del queso ya madurado con 20° Soxhelt. (Pavía et al., 1999).

Gráfica No.5-pH. Reducción



El rol del La reducción del pH observado tras la maduración puede ser resultado de la disminución de los compuestos amínicos procedentes de los procesos proteolíticos que se desarrollan en el queso (Pavía et al., 1999). Brito et al. (2003) indican además que durante el periodo de maduración el pH del queso disminuye debido a la aparición de algunos aminoácidos básicos, NH_3 y a la descomposición del lactato, la sal del ácido láctico, lo que confirma el cambio de pH a través del tiempo de maduración. Se considera como pH ideal en el queso maduro valores entre 5,4 a 5,8. (Lawrence, 1997).

Gráfica No.6-Humedad.



Siguiendo los estándares de la NTC colombiana 750 la cual establece los todos los parámetros de aceptación del queso, hace énfasis en la relación de la consistencia y su humedad sin materia grasa.

Designación según su consistencia	Humedad sin materia grasa (HSMG)*, % m/m
Extraduro	<51,0
Duro	49,0 – 56,0
Firme/Semiduro	54,0 – 69,0
Blando	>67,0
Designación según su contenido de materia grasa	Materia grasa en extracto seco (GES)**, % m/m
Extragraso	≥ 60,0
Graso	≥45,0 - < 60,0
Semigraso	≥25,0 - < 45,0
Semidescremado	≥10,0 - <25,0
Descremado	< 10,0

(Fuente: NTC 750, Colombia.)

Teniendo en cuenta el resultado obtenido por el método gravimétrico se determina la humedad sin materia grasa de la siguiente manera.

$$HSMG = \frac{\% \text{ humedad en el queso}}{100 - \% \text{ grasa en el queso}} \times 100$$

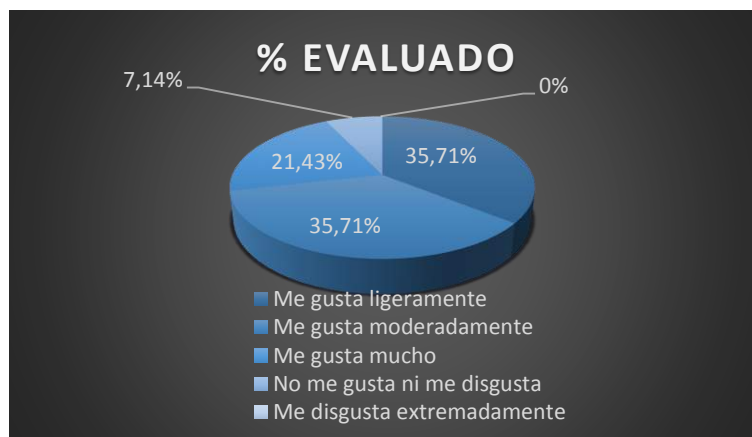
$$HSMG = \frac{34,9\%}{100 - 29,3\%} \times 100 = 49,36\%$$

De tal forma que después de obtener el resultado se puede evidenciar que según la NTC 750 el queso según su humedad se puede considerar como queso de consistencia dura al tener lo que se considera baja humedad.

4.3.2 Análisis Organoléptico

Percepción del producto madurado.

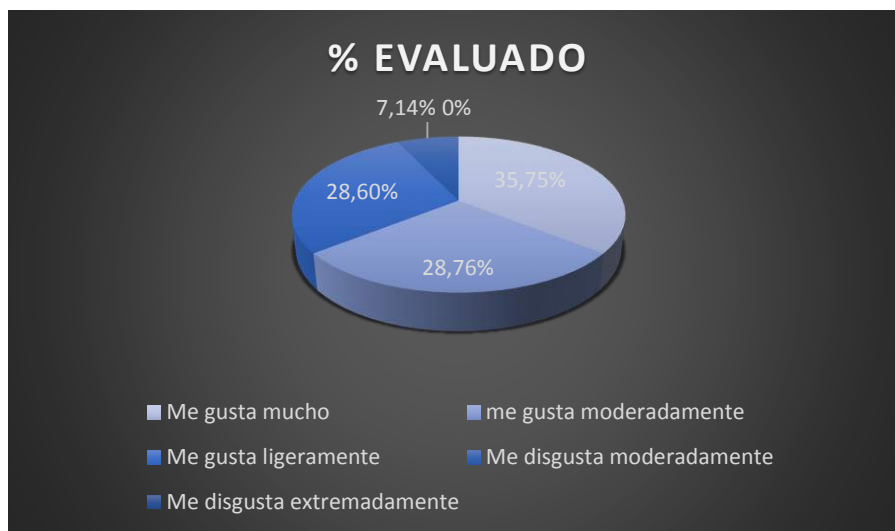
Gráfica No.7. Apariencia



De acuerdo a la variable de apariencia, se observa que un 35,71% de los encuestados correspondientes a 5 personas de las 14 seleccionadas, afirmaron que les gustó ligeramente, el mismo resultado del 35,71% de la población afirmó que les gustó moderadamente la apariencia del queso, el 21,43% correspondientes a 3 encuestados afirmaron que les gustó mucho la apariencia, y el 7,14% correspondiente a un encuestado restante responde que no le gusta ni le disgusta.

En términos generales, la apariencia del queso fue aceptada por más del 50% de la población encuestada.

Gráfica No.8- Color.



De acuerdo al color del producto madurado, el 35,7% de los encuestados, correspondientes a 5 personas afirman que les gusta mucho, el 28,6% correspondientes a 4 personas, afirman que les gusta el color moderadamente, el mismo resultado a quienes afirman que ligeramente les gusta el color, y solo el 7,1% de los encuestados correspondientes a 1 persona afirma que le disgusta moderadamente el color del queso.

En términos generales, la percepción del color del producto madurado fue aceptada por los encuestados.

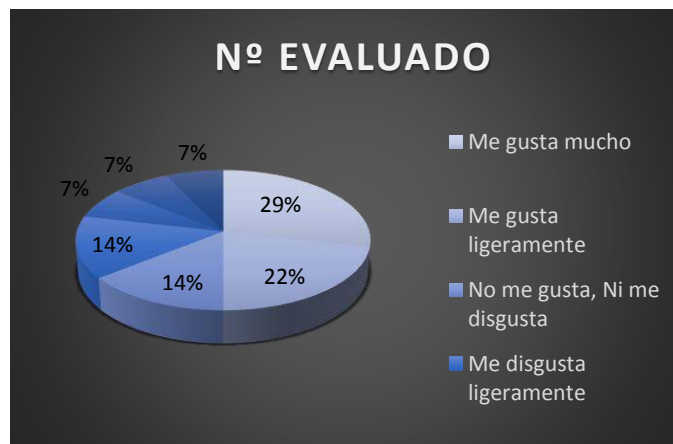
Gráfica No.9.-Aroma.



Respecto al aroma el 42,86% correspondientes a 6 de los encuestados, manifestaron que les disgusta mucho, el 21,43% correspondientes a 3 personas manifiestan que el aroma les disgusta extremadamente, el 14,29% correspondientes a 2 personas, manifiestan gustarle mucho el aroma del queso madurado, y el 7,14% correspondiente a 1 encuestado afirma que le gusta moderadamente.

En términos generales, más del 50% de los encuestados afirman disgustarle moderada y extremadamente el producto madurado, esto permite identificar que se logró el objeto de la investigación ya que el queso presenta las características esenciales después ser sometido a maduración. Los olores primarios del queso provienen principalmente del tratamiento externo de la corteza y en segundo término, del tipo de leche y del sistema de elaboración empleados. Los olores primarios se captan mejor en quesos bien madurados que en los quesos jóvenes y con falta de curación. (Conde, 2017).

Gráfica No.10-Sabor



De acuerdo al sabor, el 28,57% de la población encuestada, correspondientes a 4 personas, afirman que el sabor del queso madurado les gusta mucho, el 14% de los encuestados correspondientes a 2 personas afirman que no les gusta ni les disgusta y el mismo resultado para quienes afirman que les gusta ligeramente, el 7,14% correspondientes a 1 encuestado afirman que les disgusta moderadamente, el mismo resultado para quienes afirman que les disgusta mucho, y también para quienes afirman que el queso les gusta moderadamente.

Respecto a las respuestas emitidas por los encuestados, se puede inferir que el sabor del producto madurado es aceptable, a pesar del cambio en sus características físico químicas y organolépticas.

Gráfica No.11-Textura



De acuerdo con la textura del producto madurado, el 35,71% correspondiente a cinco de los encuestados, afirman que les gusta ligeramente, el 21,43% correspondiente a 3 personas afirman que les disgusta ligeramente, el 14,29% correspondiente a 2 personas afirman que les gusta la textura moderadamente, el mismo resultado para quienes afirman que le disgusta mucho, y el 7,14% correspondiente a 1 persona afirma que le disgusta extremadamente, y el mismo resultado para quienes afirman que le disgusta moderadamente.

Respecto a los resultados de la textura, se puede inferir que la percepción de las personas encuestadas hacia la misma es aceptable.

En términos generales, la percepción hacia todas las características físicas del producto madurado fue aceptada por más de la mitad de la población encuestada.

Teniendo en cuenta en análisis de las variables cualitativas y cuantitativas, se procede a realizar la triangulación de datos para un mejor entendimiento y relación de las dos variables.

4.3.3 Análisis microbiológico.

Los análisis microbiológicos de acuerdo a las variables descritas en esta investigación, fueron realizados en el laboratorio Nancy Flórez ubicado en la ciudad de Valledupar, la cual es acreditada por el IDEAM según resolución 0398 del 02 de mayo del 2019 para producir información cuantitativa, física, química y biótica para estudios o análisis ambientales o los requeridos por las autoridades competentes.

Estos resultados que se encuentran como anexos dentro de este documento, describen las características del queso maduro atendiendo las normatividades competentes como la Resolución 01804 expedida por el Ministerio de Salud, sobre quesos madurados. El laboratorio en mención aprobó el queso maduro, es decir, que el producto cumple con todos los requerimientos y normativas legales para su consumo, como la NTC 750, que tiene por objeto la clasificación y los requisitos que deben cumplir los quesos destinados para consumo directo o elaboración posterior, dentro de los cuales se encuentra el queso madurado.

También se encuentran respaldados por la Resolución 2997 de 2007 expedida por el Ministerio de Protección Social, por medio de la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los lácteos como materia prima para el consumo de alimentos.

Teniendo en cuenta las afirmaciones normativas y probatorias, el queso madurado objeto de estudio de esta investigación cumple con todos los requerimientos ambientales, sanitarios y legales para el consumo.

Cumplido el análisis de los datos presentados por medio de tabulación estadística, producto del resultado de los análisis de laboratorios, y los realizados por los autores de esta investigación, se procede a analizar la segunda variable concerniente a la encuesta cualitativa para analizar la percepción hacia el producto madurado, en el cual se realizó un análisis microbiológico, y un análisis organoléptico a diferentes catadores.

Análisis	LCM	Especificación	Resultado
Coliformes fecales	3	< 3	< 3
Coliformes totales	3	N.R	< 3
Listeria	-	N.R	Ausencia
Salmonella	-	Ausencia	Ausencia
Staphylococcus aureus coagulasa positiva	10	500 - 1000	< 10

4.4 TRIANGULACIÓN DE DATOS.

Figura 3: triangulación de datos.



Fuente: propia.

4.5 DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en este proyecto, inicialmente permiten contrastar el producto estrella utilizado en la ejecución de este proceso, el queso costeño fresco el cual tuvo un antes y un después que en primera instancia era lo que se quería probar.

Por medio de los resultados de laboratorio se puede extraer que las características físicas y biológicas del queso cambiaron totalmente como por ejemplo el aumento del carbohidrato que como afirman los autores (Ordoñez,1987 y Brito,1993) cuando esto sucede por glicolisis se debe a la presencia de la transformación de la lactosa en ácido láctico, ya que debido a este proceso se produce la degradación del citrato tales como diacetilo, butilengicol, CO₂, entre otros que infunden las características específicas para cada variedad de queso.

Con la humedad, se infiere que el porcentaje es bajo, esto quiere decir que el queso se encuentra apto de acuerdo a la normativa de la NTC 750, y que además el queso tipo costeño es duro. La humedad es una de las variables más importantes al momento de madurar un queso, de acuerdo a (Muñoz & otros, 2010) quien fue tomado como referencia en este proyecto, la humedad y la temperatura en las cavas de maduración son de interés de controlar porque determinan las características finales del producto, y gracias a la transparencia y dedicación en la ejecución de este proceso de maduración se pudo obtener un resultado favorable y bajo las normativas legales para la humedad.

De acuerdo con estos resultados, y tomando como referencia a (Francisco Guijarro, 2011) al implementar un prototipo de cámara de maduración se podrá controlar a las bacterias exteriores y no deseadas ya que los quesos madurarán en un espacio herméticamente cerrado según las necesidades de cada proceso de maduración, pero lo importante es que ninguna bacteria no requerida afectará la calidad del queso.

De acuerdo con la variable de grasa, se puede inferir de los resultados que su aumento fue mínimo, esto basado en lo expuesto por (Alais, 1985, y Fiao 1993) teniendo en cuenta que la coagulación de la leche y la forma de la cuajada implícitamente infirieron sobre la cantidad de materia retenida en el producto madurado.

Con la proteína sucedió lo mismo, no salió tan elevada en los resultados microbiológicos ya que durante el proceso de elaboración y maduración hubo pérdidas de proteínas, en especial, las proteínas del suero (séricas) las que no son coaguladas por enzimas (en este caso lipasa de cabrito). Lo anterior se encuentra sustentado por (Callan, 1991) quien afirma que esto se da debido a factores fisicoquímicos del proceso de elaboración como coagulación incompleta de la proteína.

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la normatividad, NTC 750, este proceso de maduración cumple con todos los estándares de sanidad y calidad. También atendiendo la Resolución 2997 de 2007 expedida por el Ministerio de Protección Social, por medio de la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los lácteos como materia prima para el consumo de alimentos.

Lo anterior se evidencia en los resultados obtenidos de las pruebas organolépticas a la población escogida y delimitada en este estudio, los cuales fueron en más del 50% favorables, atendiendo a la percepción catada en el producto madurado en sus características como textura, aroma, sabor, color o apariencia.

Estos resultados permitieron realizar una triangulación de datos tomando como referencia las técnicas de recolección cuantitativas y cualitativas y unificar el criterio de los distintos teóricos expuestos en el desarrollo de este proyecto en cuáles son las características más importantes dentro de un proceso de maduración de quesos. (Carlos Augusto Rincón & otros, 2016) estudia la importancia de la implementación de nuevas tecnologías en el sector lácteo, ya que debido a la carencia de las mismas se atiende una baja productividad en este sector.

(Shirley Rivera, 2018) similarmente se refiere a los actuales desafíos que enfrentan las empresas del sector lácteo en Colombia, y que por esta razón se debe promover la innovación como factor motivacional a la administración de los proveedores de insumos, eslabones de cadena, centros de acopio, procesadoras comercializadores y consumidores, y está muy bien debido a la crisis que enfrenta el sector lácteo, pero de la misma manera se le debe hacer un llamado a las instituciones educativas quienes están prestas a orientar a los futuros profesionales a la implementación de nuevas tecnologías en los distintos procesos prácticos dentro de las áreas o carreras que exijan el uso de laboratorios.

Por ejemplo, la cámara de maduración donde se realizó este proceso, se encontraba averiada, razón por la cual ningún estudiante se incentivaba o motivaba a realizar algún proyecto o práctica en ella, por eso esta investigación se interesó por darle vida y dejarla en buen uso en conexidad con los estudiantes de ingeniería electrónica quienes dejaron un manual específico para el mantenimiento de la cámara de maduración.

4.6 CONCLUSIONES

Dando cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación, se concluye que satisfactoriamente se llevaron a cabo en el tiempo y las condiciones determinadas. A pesar de la emergencia económica y sanitaria por la que atraviesa el país para mitigar la propagación del virus covid-19, lo cual no permitía el ingreso a la Universidad Popular del Cesar, se trasladó la cámara de atmósfera ubicada en la planta piloto de la institución, se adaptó y transformaron todas las partes que se encontraban averiadas. Esto fue posible gracias a la colaboración de los estudiantes de ingeniería electrónica quienes en aras de optar por su título trabajaron conjuntamente con este proyecto.

Adaptada la cámara de atmósfera y cumplido el objetivo general de la investigación, se procedió a implementar un sistema de control a la cámara de atmósfera de la planta piloto de la Universidad Popular del Cesar para poder desarrollar el proceso de maduración. Al tener listo este factor y cumpliendo con el primer objetivo específico, se desarrolló el proceso de maduración del queso tipo costeño en el tiempo descrito.

Para realizar este proceso, se analizó el queso tipo costeño antes de ser madurado, se hizo un análisis biológico y estadístico de las características fisicoquímicas y organolépticas del producto. Posteriormente al proceso de maduración se repitieron los mismos parámetros, el queso maduro se analizó biológica y estadísticamente con las debidas transformaciones químicas físicas y organolépticas, dando cumplimiento al tercer objetivo específico.

Después de cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, se realizó un proceso de triangulación de datos, teniendo en cuenta que la investigación es mixta y se utilizó un método de recolección cuantitativo y un método de investigación cualitativo, esto, para relacionar ambas prácticas metodológicas tendientes a tener una conexidad en el análisis de los resultados.

4.7 RECOMENDACIONES.

En el marco de este proyecto investigativo para optar por el título de ingenieros agroindustriales, para los futuros investigadores en el mismo objeto de estudio, y la misma línea de investigación escogida. De la misma manera se plantean recomendaciones para la Universidad Popular del Cesar, como institución formadora de estudiantes de ingeniería agroindustrial para mejorar los procesos de investigación en este programa.

En cuanto a las recomendaciones metodológicas, se pretende que futuros investigadores avancen metodológicamente conforme progresa la investigación científica, para que les permita aplicar prácticas innovadoras y más eficaces en el marco de proyectos, tesis y monografías.

En cuanto a las recomendaciones académicas, se siembra esta semilla investigativa a la universidad y se invita a los estudiantes a seguir despertando ese interés de innovación tecnológica y plasmarlo en proyectos que enriquezcan el conocimiento de los lectores, y, por supuesto a mejorarlos y perfeccionarlos en cada capítulo.

Como recomendaciones técnicas se sugiere realizar un mantenimiento periódico a la cámara para evitar el deterioro de la misma, y revisar el manual de uso de la cámara descrito en el proyecto realizado por los estudiantes de ingeniería quienes trabajaron conjuntamente con los autores de este proyecto para recuperar la cámara ubicada en la planta piloto de la Universidad Popular del Cesar. Así como también se recomienda cambiar el refrigerante actual por uno más amigable con el ambiente.

De la misma forma se recomienda a la Universidad Popular del Cesar incentivar la investigación en el programa de ingeniería agroindustrial, teniendo en cuenta que en muchas oportunidades los estudiantes son desconocedores del tema, o no tienen un acompañamiento eficiente por parte de los asesores de proyecto. Así mismo la institución tiene la obligación de proporcionar a los estudiantes las herramientas competentes para la ejecución de las investigaciones, ya que de manera directa la universidad se beneficia de la excelencia de estos proyectos.

La cámara de atmósfera fue completamente transformada, esta se encontraba averiada, para realizar la adaptación hubo que recurrir a costos a los que en esta investigación se tenía la disposición de hacerlos, sin embargo, se les recomienda a los estudiantes que, en una próxima oportunidad similar exijan a la universidad un apoyo y colaboración con los recursos ya que son herramientas institucionales.

También se les recomienda a los estudiantes, profundizar en la maduración de productos cárnicos ya que no existe un antecedente de esta envergadura en el programa de ingeniería agroindustrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Rivera Shirley. (2018). *Innovación En El Sector Lácteo*, Pg.6. Universidad de la Salle.
 - Acuña Pedro. (2012). *Ácidos Grasos Libres en Queso como Parámetros Vinculados a su Maduración*.
 - Alvarado Mier Jose María. (2015). *Diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación de central frigorífica*.
 - Blog, sabor artesano. (2013). *Breve Historia del Queso*.
 - Carlos Rincón & otros. (2016). *Barreras en el Sector Lácteo*.
 - Comité de competitividad de la cadena láctea colombiana. (s.f.). *Acuerdo de competitividad de la Cadena Láctea Colombiana. Julio de 1999*.
 - Conde. (2017). *El olfato en la cata del queso*.
 - Consejo Nacional de Política Económica y Social. (s.f.). *Documento Conpes 3675. Departamento Nacional de Planeación. 19 de julio de 2010*.
 - Consejo Nacional Lácteo. (s.f.). *Acuerdo 008. Primero de febrero de 2004*.
 - El Heraldo. (2020). *El enorme potencial ganadero y agroindustrial del Cesar*.
 - Francisco Guijarro. (2011). *Diseño y desarrollo de un Prototipo de Cámara de maduración de quesos para planta piloto de alimentos en la Universidad Tecnológica Equinoccial*.
 - Gonzáles Villarreal. (2013). *La leche y su proceso*.
 - Google Sites. (2020). *Historia de la ingeniería agroindustrial*.
 - Guijarro Francisco. (2011). *Diseño y desarrollo de un Prototipo de Cámara de maduración de quesos para planta piloto de alimentos en la Universidad Tecnológica Equinoccial*.
 - Gútierrez Einer. (2012).
 - Guzmán Karelys. (2017). *La industria de lacteos en Valledupar: Primera en la region Caribe*.
 - Hernandez Sampieri Roberto. (2019). *El enfoque mixto es como un matrimonio, dos paradigmas distintos, pero en la práctica son complementarios"*.
 - Hoyos Luís. (2017). *Diseño de cámara de maduración de queso tipo suizo*.
- Ibídem. (s.f.).
- Listant Fromager. (2019). *La importancia de la acidez en el queso* .

- Ministerio de Educación. (2020). *Sector Agro-Industria. Fortalecimiento de la educación.*
- Ministerio de Protección Social . (s.f.). *Resolución 2997 del 2007.*
- Ministerio de Salud. (s.f.). *Resolución No. 02310 de 1986 .*
- Muñoz Rosero. (2010). *Rangos de control de humedad relativa y temperatura en cavas.*
- Muñoz, Rosero y Cabrera, 2010. (s.f.).
- Pensamiento de sistemas. (2013). *Definiendo el alcance de una investigación: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa.*
- Pereira Pérez Zulay. (2011). *Los diseños de método mixto en la investigación en educación.*
- Presidencia de la república & otros. (s.f.). *Decreto 616. 28 de febrero de 2006.*
- Quintero Elizabeth. (2011). *Evolución y desarrollo del sector lacteo en Colombia, desde la perspectiva del eslabón primario: producción.* Medellín.
- Revista Portafolio. (2020). *Sector agroindustrial, el más productivo en 2019.*
- Rincón Carlos & otros. (2016). *Fuentes y barreras en el sector Lácteo, Pg.1.*
- Rosero Muñoz. (2010). *Rangos de control de humedad relativa y temperatura en cavas .*
- Satia S.R.L. (2014). *Medición del PH en quesos.*
- Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá. (2012). *Maduración, cambios químicos que intervienen.*
- Shirley Rivera. (2018). *Innovación En El Sector Lácteo.*
- Tesis Uson. (2011). *Planta piloto.*
- Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2017). *Estudio de Factibilidad para quesos madurados en la ciudad Bogotá.*
- Universidad de Ibagué. (2017). *Cámara de atmósfera controlada.*
- Universidad de la República de Uruguay . (2019).
- Universidad de los Andes. (2017). *Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado.*
- Universidad Nacional de la Educación. (s.f.). *Quesos madurados, composición química, clasificación, características, formas de procesamiento y equipos de maquinaria.*

- Urchegui Juan. (2016). *La Maduración de Queso, De la Cueva a La Cámara de Maduración.*

ANEXOS.

Anexo No.1: Material fotográfico del proceso de adaptación de la cámara y maduración del queso.





Mezcla ya incubada con lipasa de cabrito.



Mezcla cuajando en tina.



Cuajada después del desuerado antes de prensar.



Prensado del queso antes de ser madurado.



Ingreso de queso con el molde.



Desmoldado del queso después de 2 días.



Queso en etapa de maduración. Día 04.



Día 08.



Día 13.



Día 16.



Día 20.



Día 25.



Día 30.



Día 35 (se realizó una limpieza con nisina para retirar los hongos.)



Montaje para la medición del pH.



Montaje para la medición de acidez del queso. -



*Montaje de la caja de control de la cámara.
y funcionando.*



Cámara instalada

Anexo No.2.- Análisis de laboratorios.

- ***Análisis del queso tipo costeño no madurado.***



Nancy Flórez García S.A.S
 ESTABLECIMIENTO PRODUCTIVO
 NIT: 8940030894

COO: RD-104 Veri del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
 Nº 35155

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : JUAN FELIPE ARGUELLES RUMBO
 DIRECCIÓN : CALLE 7ª 21A / 43 ESPERANZA
 CONTACTO : JUAN FELIPE ARGUELLES RUMBO
 CARRIO : ESTUDIANTE INVESTIGADOR

NIT : 3119017407
 CIUDAD : VALLEDUPAR
 TELEFONO : 3001025

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : QUESO SEMIPASTURADO MADURO
 LUGAR DE MUESTREO : CASA
 PUNTO DE MUESTREO : COCINA
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : A-S
 PROC. DE MUESTREO : R-B

CODIGO : 350940347
 LOTE : N/A
 REGISTRO INVIMA : N/A

HORA MUESTRA : 20:45
 MUESTREO : 2020/08/25
 RECEPCIÓN : 2020/09/25
 INICIO ENSAYOS : 2020/10/06
 FINAL ENSAYOS : 2020/10/10
 INFORME : 2020/10/10

ANÁLISIS	Fisiología		LCH	FECHA ANALISIS	RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA				
Carbón activo (10g)	-	-	-	2020/10/10	10,0
Grasa (100g)	Gravimétrico en Etanol seco - Exudado Acido	-	-	2020/10/06	21,6
Grasa (100g)	Gravimétrico - Volumétrico	-	-	2020/10/10	21,6

NOTA

Muestra tomada y analizada en laboratorio por M. Gómez

N/A: No Aplica N/D: No Determinado

(A): Acidulado (S): Submuestreo (G): Grupos de identificación del método

Todos los datos del laboratorio están respaldados por una muestra que verifica la submuestra.

Resultado en porcentajes con una precisión de cinco dígitos.

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No es válido la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

Cuando se requiera la vigencia de la fecha de análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no ha subcontratado ni el laboratorio de análisis empírico.

Para los ensayos microbiológicos y OMS, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los ensayos. La fecha de finalización coincide en cada caso con la fecha establecida en el método.

Laboratorio acreditado por el ICONTEC mediante Resolución No. 0006 del 22 de mayo 2018 por la cual se reconoce y se otorga la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE

- **Análisis del queso madurado.**

COB: NO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2019

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
Nº 35865

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : JUAN FELINE AGUILAR ROMERO
 DIRECCIÓN : CALLE 7 #218 - 45 ESPERANZA
 CORREO : JUAN.FELINE.AGUILAR@UNIBOYACÁ.EDU.CO
 CARGO : ESTUDIANTE INVESTIGADOR

SIT : 111881740
 CIUDAD : MANCUSA
 TELÉFONO : 3099325

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : QUESO
 LUGAR DE MUESTREO : CASA
 PUNTO DE MUESTREO : COCINA CASA
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

CÓDIGO : 20106795
 LOTE : N/A
 REGISTRO ÚNICO : N/A

FECHA MUESTRA : 10/08/19
 MUESTREO : 2000/10/13
 RECEPCIÓN : 2000/10/13
 INICIO ENSAYOS : 2000/10/13
 FINAL ENSAYOS : 2000/10/25
 ENVÍO : 2000/10/26

Físicoquímico					
ANÁLISIS	METODO - TÉCNICA	LCH	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Carbónhidrato g/100g	Cálculo	-	2000/10/13	N.S	78.0
Grasa g/100 g	Extracción por Soxhlet - Extracción húmeda	-	2000/10/13	N.S	11.0
Proteína g/100g	Química	-	2000/10/13	N.S	15.0
Humedad g/100g	Estadío - Gravimétrico	-	2000/10/13	N.S	95.0
Microbiológico					
ANÁLISIS	METODO - TÉCNICA	LCH	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Coliformos Totales (CFU/g) a 45°C	Sumero por azúcares - Sumero en caldo azúcares	3	2000/10/13	< 3	< 3
Coliformos totales (NTU) a 45°C	Sumero por azúcares - Sumero en caldo azúcares	3	2000/10/13	< 3	< 3
Amoeba (unidades)	ISO 11030-1 (2017-05) - Método Presetivo	-	2000/10/13	N.S	ND
Salmonella (unidades)	ISO 4678:2001 - Método Presetivo	-	2000/10/13	Sumero	ND
Staphylococcus aureus (unidades) por medio UFC/g a 37°C	ADAC 20930C - Estadío	1-2	2000/10/13	500 000	< 10

Resolución: 2009/08/28 (Muestreo), 2009/08/28 (Resolución) 2009/08/28 (Muestreo) - Instrumentos de Análisis

NOTA:

Muestra tomada y frasco al momento por el cliente.
La muestra cumple con los parámetros de la especificación.

N.A: No Aplica; N.T: No Determinado; N.P: Parámetro no regulado por la especificación

(AL: Aprobado; (S): Substratado; (LCH): Límite de aceptación del método

Todos resultados del laboratorio será respaldado por una muestra que se refiera en confiabilidad.

Resultados se entregará una vez concluido el proceso.

Anexo No.3.- Evaluación sensorial de aceptación del queso madurado.

EVALUACION SENSORIAL DE ACEPTACION DEL QUESO MADURADO

NOMBRE _____ FECHA: _____

Por favor, pruebe la muestra de queso madurado y evalúe las características de acuerdo a la escala dada.

Atributos	valoración
Apariencia	
Color	
Aroma	
Sabor	
Textura	

ESCALA HEDÓNICA	
Descripción verbal	Valoración
Me gusta extremadamente	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta, ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Comentarios: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

EVALUACION SENSORIAL DE ACEPTACION DEL QUESO MADURADO

NOMBRE:

Luz Cecilia MOLINA ORAZCO FECHA: 01-11-2020

Por favor, pruebe la muestra de queso madurado y evalúe las características de acuerdo a la escala dada.

Atributos	valoración
Apariencia	8
Color	7
Aroma	1
Sabor	2
Textura	3

ESCALA HEDONICA	
Descripción verbal	Valoración
Me gusta extremadamente	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta, ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Comentarios: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

EVALUACION SENSORIAL DE ACEPTACION DEL QUESO MADURADO

NOMBRE: Katty Yulieth Martinez V. FECHA: 1-11-2020

Por favor, pruebe la muestra de queso madurado y evalúe las características de acuerdo a la escala dada.

Atributos	valoración
Apariencia	5
Color	3
Aroma	2
Sabor	3
Textura	6

ESCALA HEDONICA	
Descripción verbal	Valoración
Me gusta extremadamente	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta, ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Comentarios: La textura del queso es muy Arenosa
para mi gusto

¡MUCHAS GRACIAS!

EVALUACION SENSORIAL DE ACEPTACION DEL QUESO MADURADO

NOMBRE: Leidy Genith Martinez Salas FECHA: 1-11-2020

Por favor, pruebe la muestra de queso madurado y evalúe las características de acuerdo a la escala dada.

Atributos	valoración
Apariencia	6
Color	6
Aroma	3
Sabor	4
Textura	4

ESCALA HEDONICA	
Descripción verbal	Valoración
Me gusta extremadamente	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta, ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Comentarios: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

EVALUACION SENSORIAL DE ACEPTACION DEL QUESO MADURADO

NOMBRE:

Alexander Cereno

FECHA: 1-11-2020

Por favor, pruebe la muestra de queso madurado y evalúe las características de acuerdo a la escala dada.

Atributos	valoración
Apariencia	5
Color	8
Aroma	1
Sabor	6
Textura	7

ESCALA HEDONICA	
Descripción verbal	Valoración
Me gusta extremadamente	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta, ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Comentarios: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

Anexo No.4. Panelistas llenando encuesta de prueba organoléptica del producto madurado.

