



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**

**FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CÁMARA DE  
MADURACIÓN DE QUESOS Y OPTIMIZACIÓN DE  
PARAMETROS PARA SU EVALUACIÓN EN QUESO ANDINO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JHYNO AUGUSTO RODRIGUEZ MENA.**

**Bach. JOSE LUIS QUISPE CUEVAS.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida cotidiana y profesional. A mis padres Augusto Rodríguez y Leticia Mena, quienes me han sabido formarme y a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos, gracias por todo el amo.*

*A mis hermanas Norma y Rossmery que siempre han estado ahí brindándome su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. A mi esposa Dina por su apoyo en el día a día en cumplir mis metas y a mis hijos Adriana y Fabricio por entender que mediante el proceso de elaboración de esta tesis fue necesario realizar sacrificios como momentos a su lado y el tiempo del cual los dueños eran ellos, gracias a todos.*

***RODRIGUEZ MENA, Jhyno Augusto***



## DEDICATORIA

*A agradezco a DIOS nuestro señor, por darme su amor infinito y por darme unos padres maravillosos; Justo Quispe Cáceres y Nery Aquilina Cuevas Lima, gracias por su apoyo incondicional los quiero mucho al igual que a mis hermanos: Marieta, Efraín, Percy, Roxana, Fredy, Anyela, Henrry, Lucero y a mis hermanos que están al lado de nuestro señor, Juan Carlitos, Oliver y Felix que siempre están cuidándome desde el cielo, a todos ellos que siempre están conmigo en mis tropiezos y en mis triunfos les dedico esta investigación con todo el ser de corazón.*

***QUISPE CUEVAS; Jose Luis***



## AGRADECIMIENTOS

*Mis más profundos agradecimientos y reconocimiento a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Altiplano Puno, por haber contribuido con nuestra formación profesional durante los 10 semestres académicos.*

*A nuestro director y asesor de tesis Ing. Saire Roenfi, GUERRA LIMA, por el apoyo y orientación de este proyecto.*

*A la Empresa Bioindustrias Lácteas Estrellita & Belén E.I.R.L, representado por el Sr. Fidel, GUTIERREZ MAMANI por habernos facilitado sus productos como muestras en esta tesis.*

*A los miembros de jurado, Ing. M.SC. Pablo, PARI HUARCAYA, Dr. Ulises, ALVARADO MAMANI, Ing. Juan, QUISPE CCAMA, por sus orientaciones y recomendaciones en el proyecto de investigación.*



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	20
ABSTRACT.....	22
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	26
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	26
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
ANTECEDENTES.....	27
2.1. MARCO TEORICO.....	28
2.1.1. Diseño de equipos .....	28
2.1.2. Pasos en el proceso de diseño.....	28
2.1.3. Prototipo .....	29
2.2 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN.....	30
2.2.1 Acero inoxidable .....	30
2.2.2 Clasificación de los aceros inoxidable.....	30
2.3 ACERO AISI 304 .....	31
2.4 SOLDADURA .....	32
2.4.1 Soldabilidad de los aceros austeníticos .....	32
2.5 Cámara de maduración.....	32
2.6 COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO .....	33
2.6.1 Sistema de refrigeración por compresión de vapor .....	33
2.6.2 Sistema de humidificación .....	34
2.6.3 Controlador lógico programable (PLC) .....	35
2.6.4 Sensores de humedad .....	35



2.6.5 Sensor de temperatura .....	36
2.7 LECHE.....	37
2.7.1 Características de la leche .....	38
2.7.2 Composición química de leche de vaca .....	38
2.8 QUESO .....	40
2.8.1 Procesamiento del queso .....	41
2.9 TIPOS DE QUESOS.....	44
2.9.1 Queso madurado sometido a maduración .....	48
2.9.2 Usos de los quesos típicos sometidos a maduración elaborados en el Perú. 49	
2.9.3 Información nutricional de quesos .....	49
2.10 MADURACIÓN .....	50
2.10.1 Tipos de maduración .....	51
2.10.2 Factores que influyen en la maduración.....	52
2.10.3 Los componentes que influyen en la maduración .....	54
2.10.4 Cambios químicos que intervienen en la maduración.....	55
2.11 EFECTOS DETERMINANTES EN ANÁLISIS SENSORIAL DEL QUESO 56	
2.11.1 Análisis sensorial en el queso.....	56
2.11.2 Generalidades del análisis sensorial .....	57
2.12 CONDICIONES GENERALES DEL ENSAYO EN EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL QUESO .....	65
2.12.1 Panel de cata.....	65
2.12.2 Sala de cata.....	66
2.12.3 Preparación de muestras .....	66
2.12.4 Requisitos del ensayo .....	67
2.12.5 Fichas de cata .....	68
2.13 ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA).....	68
2.14 COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD .....	73
2.14.1 Agua en los alimentos .....	73
2.14.2 Contenido de humedad en un alimento .....	73
2.14.3 Factores que intervienen en el proceso de secado .....	76
2.15 EL AGUA EN LOS ALIMENTOS.....	78
2.16 CURVAS DE SECADO.....	79
2.17 CINÉTICA DE SECADO.....	82
2.17.1 Mecanismos de transferencia de materia.....	84



2.17.2 Modelado de la cinética de transferencia de materia .....	85
2.18 PRUEBA DE FRIEDMAN.....	88

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 ZONA DE ESTUDIO .....	90
3.1.1 Construcción del equipo.....	90
3.1.2 Maduración del queso andino.....	90
3.2 MATERIALES .....	90
3.2.1 Materiales utilizados en la construcción del prototipo.....	90
3.2.2 Materiales utilizados para la validación .....	94
3.3 METODOLOGÍA .....	96
3.3.1 Metodología para la construcción del prototipo.....	96
3.3.2 Método para la validación del prototipo.....	114
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	138

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	139
4.1.1 Dimensiones del prototipo de la cámara para su diseño .....	139
4.1.2 Montaje físico del prototipo de la cámara .....	141
4.1.3 Validación del prototipo .....	144
4.2 Resultados de los análisis fisicoquímicos del queso andino .....	145
4.3 Resultados del análisis microbiológico del queso andino.....	149
4.4 ANÁLISIS DE TEXTURA MEDIANTE EL MÉTODO DEL TPA .....	150
4.4.1 Dureza .....	150
4.4.2 Cohesividad .....	153
4.4.3 Elasticidad .....	155
4.5 COMPORTAMIENTO DEL PH SOBRE EL TIPO DE TRATAMIENTO Y TIEMPO DE MADURACIÓN .....	157
4.5.1 Comportamiento del pH sobre el tipo de tratamiento .....	157
4.5.2 Comportamiento del pH sobre el tiempo de maduración.....	160
4.6 COMPORTAMIENTO DE LA AW SOBRE EL TIPO DE TRATAMIENTO Y TIEMPO DE MADURACIÓN .....	162
4.6.1 Comportamiento de la Aw sobre el tipo de tratamiento.....	162
4.6.2 Comportamiento del Aw sobre el tiempo de maduración .....	164



4.7 CINÉTICA DE SECADO EN LA MADURACIÓN DEL QUESO ANDINO	167
4.7.1 Pérdida de peso vs tiempo .....	167
4.7.2 Humedad en base seca vs tiempo .....	169
4.7.3 Velocidad de secado (R) vs tiempo .....	170
4.7.4 Velocidad de secado (R) vs la humedad libre para los tratamientos de maduración T1, T2 Y T3. ....	172
4.8 DIFUSIVIDAD EFECTIVA (Def) DEL VAPOR DE AGUA DURANTE LA MADURACIÓN DEL QUESO ANDINO.....	175
4.9 EVALUACIÓN SENSORIAL CON LA PRUEBA DE FRIEDMAN.....	178
4.9.1 Análisis de varianza para cada atributo de la evaluación sensorial.....	183
4.9.2 Forma del queso .....	184
4.9.3 Corteza.....	187
4.9.4 Color.....	189
4.9.5 Aberturas .....	192
4.9.6 Olor.....	195
4.9.7 Sabor.....	198
4.9.8 Aroma.....	201
4.9.9 Gusto acido.....	204
4.9.10 Textura.....	207
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>211</b>
<b>IV. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>213</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>214</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>223</b>

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Línea:** Desarrollo de proceso y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

**FECHA DE SUSTENTACION:** 19 de marzo 2021





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Fases del proceso de diseño.....	29
<b>Figura 2</b>	Diagrama (P – H) Del Ciclo Termodinámico Ideal De Un Refrigerante. .	34
<b>Figura 3</b>	Representación de la Humidificación.....	34
<b>Figura 4</b>	Termocupla Tipo J (Hierro, Cobre y Níquel) .....	37
<b>Figura 5</b>	Circulo De Atributos .....	57
<b>Figura 6</b>	Técnica De Corte Para Los Quesos Cilíndricos Y Redondos .....	67
<b>Figura 7</b>	Curva Generalizada De Análisis De Perfil De Textura (TPA).....	69
<b>Figura 8</b>	Curva De Humedad De Equilibrio .....	75
<b>Figura 9</b>	Curvas De Velocidad De Secado .....	80
<b>Figura 10</b>	Contenido De Humedad En Función Del Tiempo.....	81
<b>Figura 11</b>	Velocidad De Secado (dW/dt) En Función Del Tiempo. ....	82
<b>Figura 12</b>	Estructura Del Panel Del Controlador FULL GAUGE MT-530.....	113
<b>Figura 13</b>	Controlador FULL GAUGE MT-530. ....	113
<b>Figura 14</b>	Diagrama Establecido De Los Sectores Para La Toma De Datos De La Temperatura Y Humedad Del Prototipo.....	114
<b>Figura 15</b>	Diagrama De Flujo De Elaboración Del Queso Andino .....	116
<b>Figura 16</b>	Esquema Del Corte De Queso Andino Para La Obtención De Las Muestras Cilíndricas.....	128
<b>Figura 17</b>	Área De Exposición En La Forma Cilíndrica.....	129
<b>Figura 18</b>	Diseño Del Prototipo De La Cámara De Maduración.....	141
<b>Figura 19</b>	Montaje Físico del Prototipo. ....	142
<b>Figura 20</b>	Diagrama De Conexión Eléctrica Del Controlador.....	145
<b>Figura 21</b>	Comportamiento De Las Medias Del Parámetro Textural De La Dureza	152
<b>Figura 22</b>	Comportamiento de las Medias del Parámetro Textural de Cohesividad.	155



<b>Figura 23</b>	Comportamiento De Las Medias Del Parámetro Textural De Elasticidad.	157
<b>Figura 24</b>	Comportamiento del pH Durante La Maduración.	159
<b>Figura 25</b>	Evolución de la Aw en la maduración de queso andino.	164
<b>Figura 26</b>	Pérdida de Peso Durante la Maduración del queso andino a T1, T2 y T3	168
<b>Figura 27</b>	Humedad En Base Seca Vs Tiempo De Maduración de queso andino ...	169
<b>Figura 28</b>	Velocidad de secado ( R ) vs tiempo (h) en la maduración de queso andino a T1,T2 y T3.	171
<b>Figura 29</b>	Velocidad de secado vs humedad libre en maduración de queso andino a T1.	173
<b>Figura 30</b>	Velocidad de secado vs humedad libre en la maduración de queso andino a T2.	173
<b>Figura 31</b>	Velocidad de secado vs humedad libre en la maduración del queso andino a T3.	174
<b>Figura 32</b>	Difusividad Efectiva En La Maduración del queso andino.	177
<b>Figura 33</b>	Aceptación del queso andino.	183
<b>Figura 34</b>	Representación para hallar la diferencia significativa entre tratamiento de maduración de queso andino.	186
<b>Figura 35</b>	Representación para hallar la diferencia significativa en corteza del queso andino.	189
<b>Figura 36</b>	Representación para hallar la diferencia significativa en el color de queso andino entre tratamientos.	192
<b>Figura 37</b>	Representación para hallar la diferencia significativa con respecto a la aceptabilidad de queso andino con respecto a las aberturas.	195
<b>Figura 38</b>	Representación para hallar la diferencia significativa con respecto al olor en queso andino.	197



<b>Figura 39</b>	Representación para hallar la diferencia significativa aceptabilidad del queso andino respecto al atributo del sabor.....	201
<b>Figura 40</b>	Representación para hallar la diferencia significativa en la aceptabilidad de queso andino respecto al atributo de aroma.....	203
<b>Figura 41</b>	Representación para hallar la diferencia significativa aceptabilidad de queso Andino respecto al atributo del gusto acido.....	206
<b>Figura 42</b>	Representación para hallar la diferencia significativa aceptabilidad del queso andino respecto al atributo de la textura.....	209
<b>Figura 43</b>	Vista frontal del Prototipo .....	224
<b>Figura 44</b>	Vista Lateral Derecho del Prototipo. ....	225
<b>Figura 45</b>	Vista de Planta del Prototipo .....	225
<b>Figura 46</b>	Vista Frontal de la Puerta del Prototipo.....	226



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Propiedades generales de los aceros inoxidables .....	31
<b>Tabla 2:</b> Composición de tipos de termocuplas .....	37
<b>Tabla 3:</b> Composición química de la leche de vaca.....	39
<b>Tabla 4:</b> Factores que influyen la producción de leche .....	40
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de tipos de quesos según el proceso de elaboración.....	45
<b>Tabla 6:</b> Clasificación de tipos de quesos según su textura.....	45
<b>Tabla 7:</b> Temperatura de conservación de quesos según su tipo .....	47
<b>Tabla 8:</b> Quesos típicos madurados y el modo de uso.....	49
<b>Tabla 9:</b> Información nutricional de los quesos.....	49
<b>Tabla 10:</b> Definiciones de los parámetros mecánicos de textura.....	71
<b>Tabla 11:</b> Propiedades secundarias de la textura. ....	72
<b>Tabla 12:</b> Ecuaciones de fusiónales con un solo término del desarrollo de la serie.....	86
<b>Tabla 13:</b> Materiales para la automatización .....	93
<b>Tabla 14:</b> Materiales para la evaluación .....	94
<b>Tabla 15:</b> Datos iniciales de la cámara de maduración.....	97
<b>Tabla 16:</b> Temperatura máxima promedio mensual, según departamento 2014 -2015	101
<b>Tabla 17:</b> Humedad relativa mínima y máxima anual, según departamento 2006 -2015	102
<b>Tabla 18:</b> Cálculo de Temperaturas exterior para el prototipo.....	103
<b>Tabla 19:</b> Coeficientes superficiales de transmisión de calor.....	104
<b>Tabla 20:</b> Cuadro para hallar la carga térmica del Prototipo de la cámara de maduración del queso Andino. ....	109
<b>Tabla 21:</b> Datos registrados durante el secado-maduración del queso andino .....	127
<b>Tabla 22:</b> Área de contacto en la forma cilíndrica del queso andino.....	129
<b>Tabla 23:</b> Escala de evaluación Sensorial para la prueba de friedman.....	133



<b>Tabla 24:</b> Operacionalización de las variables .....	136
<b>Tabla 25:</b> Tabla para la recopilación de resultados de las variables dependientes. ....	137
<b>Tabla 26:</b> Esquema experimental para la determinación de las características físico-químicas del queso Andino.....	138
<b>Tabla 27:</b> Dimensiones y capacidad del prototipo.....	139
<b>Tabla 28:</b> Ficha técnica del prototipo diseñado. ....	142
<b>Tabla 29:</b> Características físico-químicas del queso Andino del tratamiento QAT1....	146
<b>Tabla 30:</b> Características físico-químicas del queso Andino del tratamiento QAT2....	146
<b>Tabla 31:</b> Características físico-químicas del queso Andino del tratamiento QAT3....	146
<b>Tabla 32:</b> Resultados microbiológicos del queso Andino del tratamiento QAT1, QAT2 y QAT3. ....	149
<b>Tabla 33:</b> Análisis de varianza para la dureza determinada con el perfil de textura (TPA) en el queso andino. ....	150
<b>Tabla 34:</b> Tabla descriptivo para el parámetro textural de la dureza.....	151
<b>Tabla 35:</b> Comparación de medias para tiempos de maduración en el parámetro textural de dureza con la prueba de duncan .....	152
<b>Tabla 36:</b> Análisis de varianza para la cohesividad determinada con el perfil de textura (TPA) en el queso andino. ....	153
<b>Tabla 37:</b> Tabla descriptivo para el parámetro textural de la cohesividad. ....	153
<b>Tabla 38:</b> Comparación de medias para tiempos de maduración en el parámetro textural de cohesividad con la prueba de duncan.....	154
<b>Tabla 39:</b> Análisis de varianza para la elasticidad determinada con el perfil de textura (TPA) en el queso andino. ....	155
<b>Tabla 40:</b> Tabla descriptivo para el parámetro textural de la elasticidad. ....	156



<b>Tabla 41:</b> Comparación de medias para tiempos de maduración en el parámetro textural de elasticidad con la prueba de duncan.....	156
<b>Tabla 42:</b> Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el pH en la maduración del queso andino.	157
<b>Tabla 43:</b> Descriptivo para el efecto de los tratamientos sobre del pH en la maduración del queso andino. ....	158
<b>Tabla 44:</b> Comparación de medias para efecto de tratamientos con respecto al pH durante la maduración del queso andino con la prueba de duncan ( $P \leq 0.05$ ).....	159
<b>Tabla 45:</b> Análisis de varianza para el efecto de los tiempos sobre el pH en la maduración del queso andino. ....	160
<b>Tabla 46:</b> Descriptivo para el efecto de los tiempos sobre el pH en la maduración del queso andino. ....	160
<b>Tabla 47:</b> Comparación de medias para efecto del tiempo con respecto al pH durante la maduración del queso andino con la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).....	161
<b>Tabla 48:</b> Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el Aw en la maduración del queso andino. ....	162
<b>Tabla 49:</b> Descriptivo para el efecto de los tratamientos sobre el Aw en la maduración del queso andino. ....	163
<b>Tabla 50:</b> Comparación de medias para efecto de tratamientos con respecto al Aw durante la Maduración del queso andino con la prueba de duncan ( $P \leq 0.05$ ). ....	163
<b>Tabla 51:</b> Análisis de varianza para el efecto de los tiempos sobre el Aw en la maduración del queso andino. ....	165
<b>Tabla 52:</b> Descriptivo para el efecto de los tiempos sobre el Aw en la maduración del queso andino. ....	165



<b>Tabla 53:</b> Comparación de medias para efecto del tiempo con respecto al $A_w$ durante la maduración del queso andino con la prueba de duncan ( $P \leq 0.05$ ). .....	166
<b>Tabla 54:</b> Pérdida de peso (g) durante la maduración del queso andino a los tres tratamientos T1, T2 y T3. ....	167
<b>Tabla 55:</b> Humedad en base seca (W) Vs tiempo de maduración del queso andino en los tratamientos T1, T2 y T3.....	169
<b>Tabla 56:</b> Velocidades de secado (R) obtenidos durante la maduración del queso andino a tratamientos T1, T2 y T3.....	170
<b>Tabla 57:</b> Velocidad de secado (R) y humedad libre del queso andino durante su maduración a T1, T2 y T3. ....	172
<b>Tabla 58:</b> Resultados de la humedad de equilibrio en la maduración del queso andino a tratamientos T1, T2 y T3. ....	175
<b>Tabla 59:</b> Datos para calcular la difusividad efectiva del vapor de agua en la maduración del queso andino a T1 .....	175
<b>Tabla 60:</b> Datos para calcular la difusividad efectiva del vapor de agua en la maduración del queso andino a T2 .....	176
<b>Tabla 61:</b> Datos para calcular la difusividad efectiva del vapor de agua en la maduración del queso andino a T3 .....	177
<b>Tabla 62:</b> Difusividad efectiva en la maduración del queso andino a tratamientos T1, T2 y T3.....	178
<b>Tabla 63:</b> Datos obtenidos en la evaluación sensorial realizada a los tratamientos en la maduración del queso andino .....	179
<b>Tabla 64:</b> Resultados de la sumatoria en la prueba de Friedman. ....	180
<b>Tabla 65:</b> Resultados transformados para la prueba de Friedman. ....	180



<b>Tabla 66:</b> Tratamiento de maduración del queso andino de mayor aceptación por cada uno de los catadores.....	182
<b>Tabla 67:</b> Datos obtenidos para el atributo de la forma del queso.....	184
<b>Tabla 68:</b> Resultados del ANVA del atributo de forma del queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.....	184
<b>Tabla 69:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	185
<b>Tabla 70:</b> Datos obtenidos para el atributo de la corteza.....	187
<b>Tabla 71:</b> Resultados del ANVA para el atributo de la corteza del queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3 .....	187
<b>Tabla 72:</b> Comparación de medias entre Tratamientos con la prueba de Tukey.....	188
<b>Tabla 73:</b> Datos obtenidos para el atributo del Color .....	190
<b>Tabla 74:</b> Resultados del ANVA para el atributo del color del queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.....	190
<b>Tabla 75:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	191
<b>Tabla 76:</b> Datos obtenidos para el atributo de las aberturas en el queso .....	193
<b>Tabla 77:</b> Resultados del ANVA para el atributo de aberturas en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.....	193
<b>Tabla 78:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	194
<b>Tabla 79:</b> Datos obtenidos para el atributo del olor en el queso.....	196
<b>Tabla 80:</b> Resultados del ANVA para el atributo del olor en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.....	196
<b>Tabla 81:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	197
<b>Tabla 82:</b> Datos obtenidos para el atributo del sabor en el queso .....	199
<b>Tabla 83:</b> Resultados del ANVA para el atributo del sabor en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.....	199





<b>Tabla 84:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	200
<b>Tabla 85:</b> Datos obtenidos para el atributo del aroma en el queso .....	202
<b>Tabla 86:</b> Resultados del ANVA para el atributo del aroma en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3 .....	202
<b>Tabla 87:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	203
<b>Tabla 88:</b> Datos obtenidos para el atributo del gusto acido en el queso.....	204
<b>Tabla 89:</b> Resultados del ANVA para el atributo del gusto acido en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3 .....	205
<b>Tabla 90:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	205
<b>Tabla 91:</b> Datos obtenidos para el atributo de textura en el queso .....	207
<b>Tabla 92:</b> Resultados del ANVA para el atributo de textura en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3. ....	208
<b>Tabla 93:</b> Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey .....	208
<b>Tabla 94:</b> Registro de datos de la dureza ,cohesividad y elasticidad de queso andino	244
<b>Tabla 95:</b> Registro de promedio de datos del pH y Aw para los tratamientos (T1,T2 y T3) durante el tiempo de maduración. ....	247
<b>Tabla 96:</b> Escala de puntuación. ....	248
<b>Tabla 97:</b> Evaluación de queso andino. ....	248



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C	Grados centígrados
%	Porcentaje
°D	Grados dornic
L	Litro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
cm <sup>3</sup>	Centímetro cubico
M	Metro
Cm	Centímetro
Gr	Gramos
D	Días
H	Horas
Kg	Kilogramos
Mg	Miligramos
Min	Minutos
ml	Mililitros
N	Normalidad
Rpm	Revoluciones por minuto
T	Tiempo
T	Temperatura
Ph	Potencial de Hidrogeno
Aw	Actividad de agua
TPA	Análisis de perfil de textura
Def	Difusividad efectiva



SITRAD	Software desarrollado por Full Gauge Controls
QAT1	Queso Andino Tratamiento Uno
QAT2	Queso Andino Tratamiento Dos
QAT3	Queso Andino Tratamiento Tres
RTD	Detector de Temperatura Resistivo
Hp	Caballo de Fuerza
CAD	Diseño asistido por ordenador



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general: Construir un prototipo de cámara de maduración de quesos y optimizar los parámetros de temperatura, humedad y aireación para su evaluación en queso andino. Para el primer objetivo se realizó la construcción del prototipo de la cámara de maduración, donde el diseño se realizó con las herramientas CAD 2D y 3D. El equipo tiene un volumen interior de  $0.2 \text{ m}^3$ , su capacidad de almacenamiento del queso para su maduración es de 21 Kg, para la generación de humedad comprende un sistema de resistencia flexible de 60 watts en contacto con el agua, posee un compresor de 1/6 de Hp de potencia con capacidad frigorífica de 600 BTUs. El sistema para regular la temperatura está compuesto por gas refrigerante ECOLOGICO R-134a y el sistema de ventilación posee una moto ventilador de 3000 rpm. Todos los sistemas en funcionamiento del equipo durante la maduración del Queso Andino esta automatizado por el dispositivo PLC FULL GAUGE MT 530 súper, que garantiza el control de parámetros. Para el segundo objetivo se realizó la validación del equipo con la maduración de Queso Andino y se efectuó la evaluación de los análisis fisicoquímicos y microbiológico con factores de estudio para los 3 tratamientos: QAT1= ( $T_1=10-12^\circ\text{C}$ ,  $H_1=90-95\%$ ), QAT2= ( $T_2=12-14^\circ\text{C}$ ,  $H_2=85-90\%$ ) y QAT3= ( $T_3=14-16^\circ\text{C}$ ,  $H_3=80-85\%$ ) y una aireación constante para el tiempo de maduración de 21 días. Los resultados obtenidos del análisis Fisicoquímicos fueron: QAT1 ( $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{Humedad}=38.00\%$  y  $\text{Proteína}=28.46\%$ ), QAT2 ( $\text{pH}=5.6$ ,  $\text{Humedad}=38.50\%$  y  $\text{Proteína}=28.49\%$ ) y QAT3 ( $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{Humedad}=37.00\%$  y  $\text{Proteína}=28.45\%$ ), para el análisis microbiológico los resultados de la carga bacteriana en cuanto a mesófilos aerobios viables, hongos y levaduras, enterobacterias, están dentro de los límites aceptables y no se detectó presencia de gérmenes patógenos. Para el tercer objetivo la Difusividad efectiva (Def) encontrada fue:  $8.00\text{E}-04$ ,  $1.10\text{E}-03$



y  $1.00E-03m^2/s$ . El prototipo mejora el proceso de maduración y a la obtención de un queso madurado de calidad, donde los mejores indicadores para la maduración de Queso Andino con los resultados obtenidos del análisis sensorial fue para el tratamiento QAT3, el cual tiene la mejor aceptación como producto final.

**Palabra clave:** Construcción, Prototipo, Maduración, Optimización, Queso Andino, Temperatura y Humedad.



## ABSTRACT

The general objective of this research was: To build a prototype of a cheese ripening chamber and to optimize the temperature, humidity and aeration parameters for its evaluation in Andean cheese. For the first objective, the construction of the prototype of the ripening chamber was carried out, where the design was made with the 2D and 3D CAD tools. The equipment has an interior volume of 0.2 m<sup>3</sup>, its storage capacity of cheese for its maturation is 21 kg, for the generation of humidity it includes a flexible resistance system of 60 watts in contact with water, it has a compressor of 1/6 of Hp of power with refrigerating capacity of 600 BTUs. The system to regulate the temperature is composed of ECOLOGICAL refrigerant gas R-134a and the ventilation system has a motor fan of 3000 rpm. All the systems in operation of the equipment during the maturation of the Andean Cheese will be automated by the PLC device FULL GAUGE MT 530 super, which guarantees the control of parameters. For the second objective, the validation of the equipment with the maturation of Andean Cheese and the evaluation of the physicochemical and microbiological analysis with study factors for the 3 treatments was carried out: QAT1= (T1=10-12°C, H1=90-95%), QAT2= (T2=12-14°C, H2=85-90%) and QAT3=( T3=14-16°C, H3=80-85 %) and a constant aeration for the maturation time of 21 days. The results obtained from the physicochemical analysis were: QAT1 (pH=5.5, Humidity= 38.00% and Protein=28.46%), QAT2 (pH=5.6, Humidity= 38.50% and Protein=28.49%) and QAT3 (pH=5.5, Humidity= 37.00% and Protein=28.45%), for the microbiological analysis the results of the bacterial load in terms of viable aerobic mesophiles, fungi and yeasts, enterobacteria, are within the acceptable limits and no pathogenic germs were detected. For the third objective the Effective Diffusivity (Def) found was: 8.00E-04, 1.10E-03 and 1.00E-03m<sup>2</sup>/s. The prototype improves the maturation process and the obtaining of a quality



matured cheese, where the best indicators for the maturation of Andean Cheese with the results obtained from the sensory analysis were for the QAT3 treatment, which has the best acceptance as a final product.

**Key words:** Construction, Prototype, Maturation, Optimization, Andean Cheese, Temperature y Humidity.



## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

La región de Puno en los últimos años presenta una tendencia de incremento en la producción de leche fresca, donde su actividad principal para darle valor agregado es la elaboración de derivados lácteos, principalmente la producción de queso Andino. Durante las últimas dos décadas, la producción de la leche ha evolucionado con incrementos significativos, en la cual el altiplano puneño tiene una producción de 119,855 TM/año de leche y a nivel nacional con respecto a la elaboración de quesos probablemente se percibe en la actualidad que el 65% son quesos madurados, 33% quesos frescos y 3% quesos mantecosos MINAG, (2017).

El queso Andino es un queso madurado de pasta semidura de color amarillento de textura firme y fácil de cortar. La corteza es seca y dura recubierta de parafina, cera o plástico donde sus revestimientos son de color amarillo. Normalmente estos tipos de quesos tienen un periodo de maduración no menor de 21 días NTP, (2010).

Las pequeñas y medianas queserías rurales del ámbito regional en su mayoría procesan queso Tipo Paria y otras variedades de queso madurados. Sin embargo, las producciones de quesos madurados en la región no son obtenidos con sus características microbiológicas y fisicoquímicas característico para cada tipo de queso, ya que para el proceso de maduración se necesita de ambientes exclusivos como son las cámaras de maduración donde se pueda controlar parámetros de temperatura, humedad y aireación.

Por lo anterior se da paso al diseño y construcción de la cámara de maduración de quesos, el cual es importante y fundamental ya que al desarrollo de este prototipo con





sistemas automatizados mejora a la obtención de los quesos madurados, donde la temperatura, humedad y aireación son controladas por un dispositivo PLC. Para la ejecución en la construcción primeramente se radica en la recolección de información de los materiales, seguidamente se fundamentó en el diseño del prototipo, donde se realizó todos los cálculos necesarios, con esto se dio paso a la construcción y montaje del prototipo y finalmente se procedió a la validación del equipo con la maduración y análisis del queso Andino.

Los quesos sometidos a un proceso de secado–maduración presentan especiales dificultades

para mantener unos atributos propios ya que durante este proceso sufre una serie de cambios en sus características que son los que acaban definiendo en gran medida la calidad o estado final del producto. La maduración es un proceso continuo durante el cual se van desarrollando las características organolépticas más importantes del queso, debido tanto a la pérdida de agua, como a la gran variedad de procesos bioquímicos que tienen lugar como la glicolisis, lipólisis y proteólisis, los cuales ejercen una influencia considerable sobre las características sensoriales del queso, como la textura, el sabor y el aroma Collins, (2003).

La mayoría de trabajos de caracterización y optimización se han basado en la determinación de parámetros fisicoquímicos (composición química general, pH, color y actividad de agua), parámetros de textura (determinados instrumentalmente o mediante evaluación sensorial), y evaluación olfato-gustativa realizada mediante análisis sensorial, el cual sigue siendo ampliamente utilizado para evaluar la calidad de los quesos, y para predecir la aceptabilidad de los consumidores, además de ser el método



más fiable para determinar las características organolépticas de los mismos Poveda, (2008).

La presente investigación tiene un enfoque de generar el conocimiento y la importancia del proceso de maduración del queso en una cámara controlando parámetros de temperatura, humedad y aireación por un dispositivo PLC, para poder obtener un queso andino con sus características fisicoquímicas propias.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir un prototipo de cámara de maduración de quesos y optimizar los parámetros de temperatura, humedad y aireación para su evaluación en queso andino.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Construir y Optimizar un sistema de control de variables de temperatura, humedad y aireación de la cámara de maduración para queso andino.
- Calcular la difusividad efectiva del queso andino durante su maduración en la cámara.
- Evaluar las características fisicoquímicas en queso andino maduración en la cámara.
- Realizar un análisis sensorial de las características organolépticas en queso andino.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### ANTECEDENTES

Según Guijarro, (2011). realizo un diseño y desarrollo de un prototipo de cámara de maduración de quesos para planta piloto de alimentos en la Universidad Tecnológica Equinoccial; donde indican que los dispositivos utilizados en el prototipo de la cámara para el control del ambiente dentro de esta fueron un humidificador y un calefactor ya que estos dispositivos utilizados cumplen con las condiciones exigidas para la maduración de los quesos.

Según Cabrera, (2010). indica que las variables de mayor interés a controlar en la fase de maduración de los quesos son la Humedad Relativa y la Temperatura donde el control de estas variables es mejor cuando se opera la cava con los extractores funcionando y como mejores condiciones de operación fue en los rangos de 85%-90% de HR y 13-18 °C de temperatura en cava. También se encontró que existe una relación inversa entre la temperatura y la humedad relativa, por lo tanto, será una consideración a aplicar en el diseño de los controles de las variables o en los sistemas de reducción de humedad que proporcione las condiciones en las cavas y las calidades finales del producto.

Según estudios de Castell, (2014), sostiene que la calidad de los quesos está altamente influenciada por las condiciones de proceso de maduración, ya que es una etapa larga y continua en la que ocurren gran variedad de procesos bioquímicos que dan lugar al desarrollo de las características organolépticas del producto. La cinética de



dichas reacciones está controlada por la humedad de producto y la distribución de agua en el interior los cuales van evolucionando con el tiempo.

## **2.1. MARCO TEORICO**

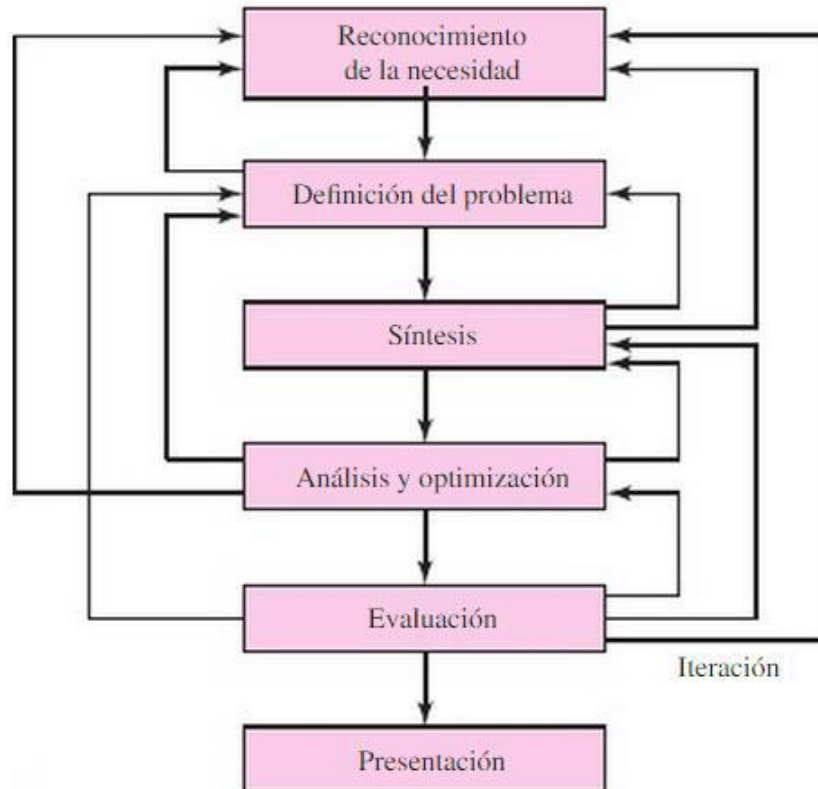
### **2.1.1. Diseño de equipos**

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa Budynas, (2008).

También se puede definir el diseño como una secuencia lógica de pasos que sigue el diseñador a partir de ciertos datos de entrada, para obtener la solución de ingeniería más práctica y funcional que satisfaga un problema particular. El proceso es en esencia un ejercicio de creatividad y aplicación de conocimientos, pero requiere de un método estricto y organizado que facilita, pero no garantiza, la obtención de resultados Castaño, (2004).

### **2.1.2. Pasos en el proceso de diseño**

El proceso de diseño comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacer la necesidad. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases de éste pueden repetirse durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación.



**Figura 1** Fases del proceso de diseño.

**Fuente:** Budynas, (2008).

### 2.1.3. Prototipo

Un Prototipo es un objetivo que sirve como referencia para futuros modelos en una misma cadena de producción. El prototipo es el primer dispositivo que se fabrica y del que se toman las ideas más relevantes para la construcción de otros diseños y representa todas las ideas en cuanto a diseños, soporte y tecnología que se les puedan ocurrir a sus creadores. Por lo general, un prototipo no sale a la venta a menos que sea un terminal orientado para que otros desarrolladores de tecnología trabajen con él para insertar nuevas funciones o especificaciones a este para que funcione de una manera más eficiente Marin, (2008).



## **2.2 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN**

### **2.2.1 Acero inoxidable**

Los aceros inoxidables son aleaciones complejas en las que intervienen un buen número de elementos químicos, unos básicos, C, Fe, Cr, y otros añadidos, Ni, Mo, Ti, Nb, N, con objeto de alcanzar estructuras y propiedades determinadas.

Según la Norma UNE-EN 10088-1: Aceros inoxidables. Parte 1: Relación de aceros inoxidables., los aceros inoxidables son aquellos que contienen, al menos, un 10,5% de cromo y un máximo de 1,2% de carbono, aunque tradicionalmente se ha considerado que un acero inoxidable es aquel que contiene un 12% de Cr. Cesol, (2003).

### **2.2.2 Clasificación de los aceros inoxidables**

Normalmente se clasifican de acuerdo a dos grupos:

- En función de su uso:
  - Aceros resistentes a la corrosión
  - Aceros refractarios
  - Aceros resistentes a la fluencia
- En función de su estructura:
  - Aceros inoxidables austeníticos
  - Aceros inoxidables ferríticos
  - Aceros inoxidables dúplex o austeno-ferríticos.
  - Aceros inoxidables martensíticos.

**Tabla 1**

*Propiedades generales de los aceros inoxidables*

---

**Propiedades generales de los aceros inoxidables**

---

<b>TIPO</b>	<b>Resistencias a la Corrosión</b>	<b>Dureza</b>	<b>Magnéticos</b>	<b>Endurecibles por tratamiento Térmico(temple)</b>	<b>Soldabilidad</b>
<b>Martensíticos</b>	Baja	Alta	SI	SI	Pobre
<b>Ferríticos</b>	Buena	Media baja	SI	NO	Limitada
<b>Austeníticos</b>	Excelente	Alta	NO	NO	Excelente

---

**Fuente:** Cesol, (2003)

### **2.3 ACERO AISI 304**

Según Bonnet, (2010). mencionó a este material como un acero inoxidable auténtico, ampliamente utilizado en el sector industrial, tiene las siguientes propiedades y características:

- Resistente a la corrosión por picaduras, es por eso que se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión.
- Buen desempeño a temperaturas elevadas.
- Buena soldabilidad, inclusive en altos espesores.
- Aplicaciones: Equipos para la industria química y naval, industria de tejidos y papel, petróleo, tuberías, frigoríficos, almacenamiento de cervezas, industria láctea, accesorios para aviones, remaches, equipo para hospitales y farmacéuticos, etc.



## **2.4 SOLDADURA**

La soldadura es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrados a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el baño de soldadura) y, al enfriarse se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón Hernandez, (2006).

El metal de relleno puede tener el mismo punto de fusión que los metales, (como en la soldadura de arco o con gas) o puede tener un punto de fusión inferior o arriba de 427°C como en la soldadura fuerte. Según esta definición, la soldadura es distinta de la unión mecánica a la ubicación adhesiva. El límite de 982°C distingue a la soldadura fuerte de la soldadura suave, la cual se analiza Howard, (2005).

### **2.4.1 Soldabilidad de los aceros austeníticos**

La soldabilidad de los aceros inoxidable austeníticos es buena, pues no presentan ninguna transformación de fase desde la temperatura de fusión hasta la temperatura ambiente, incluso en la mayoría de los casos hasta muy bajas temperaturas (por ejemplo -200 °C). Ahora bien, para realizar correctamente el soldeo, debe tenerse en cuenta los siguientes factores que influyen en la soldabilidad de los aceros inoxidable austeníticos Reina, (2003).

## **2.5 Cámara de maduración**

El mayor interés a controlar en la fase de maduración de los quesos son la humedad relativa y la temperatura donde el control de estas variables es mejor cuando se operan la cava con los extractores funcionando y como mejores condiciones de





operación fue en los rangos de 85% - 90% de HR y de 13 – 18°C de Temperatura en cava. Existe una relación inversa entre la temperatura y la humedad relativa, por lo tanto, será una consideración a aplicar en el diseño de los controles de las variables o en los sistemas de reducción de humedad que proporcione las condiciones en las cavas y las calidades finales del producto Cabrera, (2010).

## **2.6 COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO**

### **2.6.1 Sistema de refrigeración por compresión de vapor**

El método más utilizado para producir refrigeración mecánica se conoce como el sistema de refrigeración por compresión de vapor Pita, (1991). El refrigerante circula por un circuito cerrado para tal fin. En este tipo de sistema la sustancia refrigerante no tiene contacto con el medio ambiente.

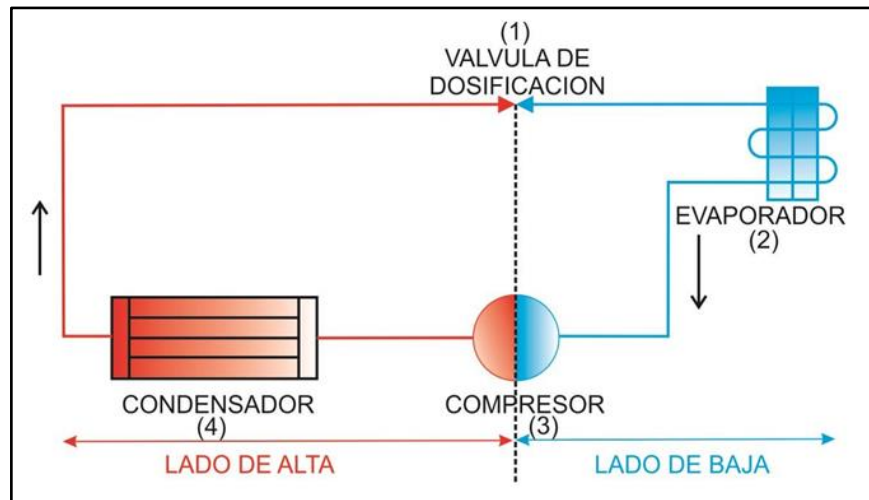
El proceso se realiza de la siguiente manera según Rodríguez, (2005).

1. El refrigerante recoge el calor de la zona de baja temperatura.
2. El refrigerante transporta el calor a la zona de alta temperatura.
3. El refrigerante libera calor en la zona de alta temperatura.
4. El refrigerante libre de calor retorna a la zona de baja temperatura para continuar el ciclo.

Siendo cuatro los procesos en el ciclo de refrigeración:

1. Expansión (válvula dosificadora).
2. Evaporación (evaporador).
3. Compresión (compresor o moto compresor).

#### 4. Condensación (condensador)

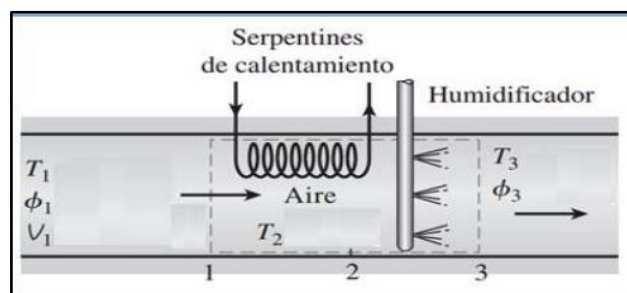


**Figura 2** Diagrama ( $P - H$ ) Del Ciclo Termodinámico Ideal De Un Refrigerante.

**Fuente:** Rodriguez, (2005)

#### 2.6.2 Sistema de humidificación

En la figura 3 según Cengel, (2002), muestra un esquema del sistema de Humidificación donde la cantidad de vapor de agua en el aire permanece constante en la sección de calentamiento ( $\omega_1 = \omega_2$ ) y se incrementa en la sección de humidificación ( $\omega_3 > \omega_2$ ).



**Figura 3** Representación de la Humidificación.

**Fuente:** Cengel, (2002)



### 2.6.3 Controlador lógico programable (PLC)

Es un dispositivo electrónico diseñado para controlar y automatizar en tiempo real procesos secuenciales. Están diseñados para ser capaces de obtener información de diferentes sensores y utilizarla para controlar con precisión y rapidez diversos sistemas eléctricos y mecánicos. Con la ayuda del PLC se puede controlar todas las variables climáticas dentro de un invernadero de manera simultánea, utilizando la información recibida de los diversos sensores ubicados en el invernadero y la lógica de control, se activarán de manera inmediata los sistemas de actuación (ventilación, calefacción, humidificación, etc.) de acuerdo a las necesidades requeridas Carrillo, (2013).

### 2.6.4 Sensores de humedad

Un sensor es un dispositivo capaz de convertir una señal física (temperatura, luz, sonido, etc.) en una señal eléctrica de corriente o voltaje que puede ser manipulada (medida, amplificada, transmitida, etc.). Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor). Estrella, (2010).

Características de un sensor:

- Rango de medida: Conjunto de valores entre el máximo y mínimo que pueden ser medidos por el sensor.
- Resolución: Indica que variación de la señal de entrada produce una variación detectable en la señal de salida.



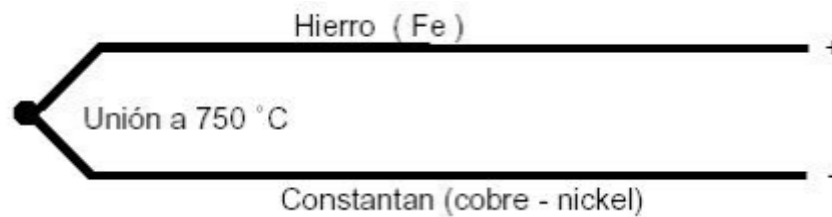
- **Sensibilidad:** Indica la mayor o menor variación de la señal de salida por unidad de la magnitud de entrada. Cuanto mayor sea la variación, el sensor será más sensible.
- **Precisión:** Define la variación máxima entre la salida real obtenida y la salida teórica dada como patrón para el sensor.
- **Repetibilidad:** Indica la máxima variación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces la misma entrada con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales.
- **Linealidad:** Un transductor es lineal si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de la señal de salida con los respectivos incrementos de la señal de entrada en todo el rango de medida.
- **Velocidad de respuesta:** Mide la capacidad del sensor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada.

## **2.6.5 Sensor de temperatura**

### **2.6.5.1 Termocupla**

Está compuesta por dos alambres de metales diferentes, los que unidos convenientemente generan entre sus extremos libres una diferencia de potencial proporcional a la diferencia de temperatura entre ellos.

En la siguiente figura 4, se puede apreciar una termocupla del tipo J cuya juntura se suelda a 750°C según:



**Figura 4** Termocupla Tipo J (Hierro, Cobre y Níquel)

**Fuente:** Hernandez, (2001)

De acuerdo al rango de operación y a la combinación de aleaciones que los componen los termopares se clasifican dentro de la siguiente tabla

**Tabla 2**

*Composición de tipos de termocuplas.*

TIPO	MATERIALES
<b>J</b>	Hierro-Constantán (Galga 14)
<b>T</b>	Cobre-Constantán (Galga 20)
<b>K</b>	Cobre-Alumel (Galga 14)
<b>R</b>	Platino/Rodio(13%)-Platino
<b>S</b>	Platino/Rodio(13%)-Platino
<b>J*</b>	Hierro-Constantán(Galga 8)

**Fuente:** TS ELECTRONIK, (2000)

Esta tabla muestra el rango de operación y a la combinación de aleaciones que componen los termocuplas

## 2.7 LECHE

La leche es uno de los alimentos más completos que existe en la naturaleza, tanto por el equilibrio y diversidad entre sus diferentes componentes, como por la alta digestibilidad y absorción de los mismos. Tiene un color blanco dado por las partículas coloidales que dispersan la luz que reciben y es ligeramente amarilla por la presencia de carotenoides, vitamina A y lactoferri Teniza, (2008)



Los requisitos fisicoquímicos de la leche según NTP, (2010) son:

- \* Materia grasa (g/100) **Valor:** Mínimo 3,2
- \* Sólidos totales (g/100) **Valor:** Mínimo 11,4
- \* Densidad a 15 °C (g/ml) **Valor:** 1,0296-1,0340
- \* Índice crioscópico °C **Valor:** 0,540
- \* Acidez expresada en g. de ácido láctico (g/100g) **Valor:** 0,13 - 0,17
- \* Índice de refracción del suero a 20°C **Valor:** Mínimo 1,34179

### 2.7.1 Características de la leche

La leche está constituida por una mezcla compleja de diversos constituyentes, en la se distinguen tres fases: a) fase acuosa: donde se encuentran sales, azúcares, proteínas, vitaminas y aminoácidos disueltos, b) fase sólida: donde se encuentran en estado coloidal, formadas por proteínas complejas (principalmente caseína), fosfatos y otras sales insolubles en calcio y c) fase lipídica emulsionada formada por grasas, esteroides y vitaminas liposolubles Fonden, (2003)

### 2.7.2 Composición química de leche de vaca

La leche suele presentar una gran variabilidad en su composición porque depende de numerosos factores de diversas índoles, de los que aproximadamente el 30% se encuentran ligados al animal y el 70% restante están relacionados al medio ambiente, de la alimentación y otras actividades. Hay que considerar como premisa que los factores incluyen en los componentes integrantes de la leche (grasa, proteína, lactosa y sales minerales) con desigualdad intensidad. La materia grasa que está



sometido a variaciones, seguida de las proteínas, lactosa y las sales minerales  
Ramirez, (2005).

**Tabla 3**

*Composición química de la leche de vaca.*

Composición	(1)	(2)	(3)
Grasa %	4 – 4.4	3.2 - 3.8	3.9
Proteína %	3.5	2.9 – 3.6	3.3
Lactosa %	4.8	4.3 – 4.5	4.7
Minerales %	0.7	0.7 – 0.8	0.7
Extracto seco %	13	11.1 – 12.7	12.6
Agua %	87	73 – 89	87.4

**Fuente:** (1) Condori,(2010), Caritas,(2009);(2)Ramírez, (2005)(3) VEISSEYRE,  
(1980)

**Tabla 4**

*Factores que influyen la producción de leche*

N	Factores	Actividad
1	Ambientales	Clima, suelo, estación del año y características de explotación Ganadera
2	Producción	Higiene: estado de salud animal, establo, alimentación y del ordeño.
3	Manipulación	Conservación, transporte y recepción de leche.
4	Microbiológicos	Estado sanidad del animal.
5	Genéticos	La especie animal y raza
6	Fisiológicos	Tipo de alimentación, época del parto, numero de lactaciones y el bienestar animal.

**Fuente:** Ramirez, (2005)

## 2.8 QUESO

El queso es el producto fresco o maduro, sólido o semisólido, obtenido por la separación del suero después de la coagulación de la leche natural o de la desnatada sea total o parcialmente, por la acción de cuajo u otros coagulantes apropiados, con o sin hidrólisis previa de la lactosa Ramirez, (2005)

El queso es el producto obtenido por coagulación de la leche cruda o pasteurizada (entera, semidescremada y descremada), constituido esencialmente por caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado Eck, (2000)





El queso es la cuajada formada al coagular la leche producida por la actividad enzimática de determinados microorganismos presentes en la leche o añadidos a ella, y por la adición de cuajo y subsiguiente separación del suero para la obtención de un coágulo más firme Ordoñez, (1998).

Comprende una diversidad de productos que llevan este nombre, siendo la clasificación principal del queso fresco, madura y fundida Dubach, (1998).

### **2.8.1 Procesamiento del queso**

Para la transformar la leche en queso tenemos que pasar por once etapas fundamentales que mencionaremos a continuación:

#### **2.8.1.1 Descripción del proceso**

##### **a) Recepción:**

Al recibir la leche se mide para saber la cantidad que se va a procesar, filtrándose para evitar cualquier contaminación de residuos.

##### **b) Análisis:**

Según Sottiez, (1999). afirma que “deben hacerse pruebas de acidez, antibióticos, porcentaje de grasa y análisis organoléptico (sabor, olor, color). La acidez de la leche debe estar entre 16 y 18 ° (grados Dornic)” (p. 78).

##### **c) Pasteurización:**

Según Vasquez, (2010). Consiste: “para eliminar los microorganismos patógenos y mantener las propiedades nutricionales de la leche, para luego producir un queso de calidad. Aquí debe agregarse el cloruro de calcio en una proporción del 0.02-0.03% en relación a la leche que entró a proceso” (p. 77).



**d) Enfriamiento:**

Para Scott, (2009) sostiene que “el queso sale muy caliente, siendo necesario enfriarlo, los quesos pasan al aire frío. Dentro del túnel, los quesos se someten a corriente de aire frío, temperaturas por debajo de 0°C En dicho túnel el queso permanece una hora aproximadamente” (p. 26).

**e) Adición del cultivo láctico:**

Cuando la leche es pasteurizada es necesario agregar cultivo láctico (bacterias seleccionadas y reproducidas) a razón de 0.3%.

**f) Adición del cuajo:**

Hay que aumentar entre siete y diez centímetros cúbicos del cuajado en líquido, para 100 litros de la leche o de lo contrario hechas dos capsulas para 100 litros de leche también, luego agitamos la leche por un minuto para diluir el cuajo, para dejar descansar el producto de veinte a treinta minutos Scott, (2009).

**g) Corte:**

Según Rafael, (2013). afirma que: “La masa de la cuajada se corta, con una lira o con cuchillos, en cuadros pequeños para dejar salir la mayor cantidad de suero posible. Para mejorar la salida del suero debe batirse la cuajada.” (p. 78). Esta operación de cortar y batir debe durar 10 minutos y al finalizar este tiempo se deja reposar la masa durante 5 minutos. La acidez en este punto debe estar entre 11 y 12 °.

**h) Desuerado:**



Según Meyer, (1996). dice que “consiste en separar el suero dejándolo escurrir a través de un colador puesto en el desagüe del tanque o marmita donde se realizó el cuajado. Se debe separar entre el 70 y el 80% del suero.” (p. 98) El suero se recoge en un recipiente y por lo general se destina para alimentación de cerdos.

#### **i) Lavado de la cuajada:**

Licata, (2017). afirma que “la cuajada se lava para eliminar residuos de suero y bloquear el desarrollo de microorganismos dañinos al queso. Se puede asumir que por cada 100 litros de leche que entra al proceso, hay que sacar 35 litros de suero” (p. 2) y reemplazarlo con 30 litros de agua tibia (35°C), que se escurren de una vez.

#### **j) Salado**

Podemos agregar entre cuatrocientos a quinientos gramos de la sal para cada cien litros de leche, procediendo a revolver con un cucharón, probando el sabor salado dependiendo del gusto del cliente Licata, (2017).

#### **k) Moldeo**

Según Scott, (2009). afirma que: “los moldes, que pueden ser de acero inoxidable o de plástico PVC, cuadrados o redondos, se cubren con un lienzo y se llenan con la cuajada. En este momento, se debe hacer una pequeña presión al queso para compactarlo mejor” (p. 56)



**l) Pesado:**

El pesado es el registro de kilaje de los productos obtenidos del proceso de la leche que se convertirán en unidades de queso.

**m) Empaque:**

Se denomina empaque al material con el que ese va a tapar o envolver el producto, suele usarse material plástico para ello.

**n) Almacenado:**

El almacenado del producto tiene que estar en una temperatura adecuada para que los microorganismos no crezcan y el queso este fresco.

## **2.9 TIPOS DE QUESOS**

Hay muchas variedades de queso. Sus diferentes estilos y sabores son el resultado del uso de distintas especies de bacterias, diferentes niveles de nata en la leche, variaciones en el tiempo de curación, diferentes tratamientos en su proceso y diferentes razas de vacas, ó el mamífero cuya leche se use. Otros factores que influyen son la dieta del ganado, la adición de agentes saborizantes tales como hierbas, especias o ahumado o que la leche esté o no pasteurizada también puede afectar al sabor Paxson, (2013). Los tipos de quesos se pueden dividir según sus características en su proceso de elaboración y textura.

### **A. Clasificación de tipo de queso según el proceso de elaboración**

En la **tabla 5**, se muestra los tipos de quesos según el proceso de su elaboración, donde se aprecia la diferencia entre quesos frescos y quesos maduros o madurados, siendo éstos últimos quesos de mayor vida útil.



**Tabla 5**

*Clasificación de tipos de quesos según el proceso de elaboración.*

---

<b>Tipo</b>	<b>Clasificación según su elaboración</b>
<b>Frescos</b>	Son los productos de inmediato consumo, solo han seguido una fermentación láctica, no pasan por condiciones de maduración
<b>Madurados</b>	Pasan por la fermentación láctica, más otras transformaciones, a fin de conseguir un mayor afinado. Según el tiempo de maduración pueden indicarse algunos tipos a modo orientativo, ya que no existe un criterio único en este sentido. Los quesos sometidos a maduración: Queso tierno inferior a 21 días Queso oreado 21 a 90 días Queso semicurado 3 a 6 meses Queso curado mayor a 6 meses.

---

**Fuente:** Paxson, (2013)

## **B. Clasificación de quesos madurados según la textura de su corteza**

**Tabla 6**

*Clasificación de tipos de quesos según su textura*

---

<b>Pasta Dura</b>	Quesos madurados, semigrasos grasos, de baja humedad, promedio de 35,9 por ciento que se obtienen por coagulación de la leche por medio de cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas, complementada por la acción de bacterias lácticas específicas. Las características distintivas de estos quesos es que su masa es cocida, prensada y madurada. Asimismo, tienen un contenido aproximado de 32 gr. de grasa en 100 gr del extracto seco. También se puede considerar al queso provolone hilado, posee la misma forma de elaboración, la diferencia está en su masa fermentada, hilada, salada y madurada.
-------------------	--



<b>Pasta Semidura</b>	De mediana humedad (36 y 45,9 por ciento). El contenido en grasa puede variar de semigrasos, grasos a muy grasos. Pueden ser elaborados con leche entera o leche
<b>Pasta Blanda y/o muy blanda</b>	No han sufrido prensado de la masa, su desuerado es mucho menos intenso y de alta humedad poseen una humedad no menor al 55 por ciento. Algunos de los quesos de pasta blanda son: Blanco, Mozzarella, Crema, Cremoso, Brie y Camembert (cuando el peso sea aproximadamente de 2 kg se denomina Brie y cuando la pieza es menor a 500 g se denomina Camembert).
<b>Pasta Prensada</b>	Pasan por la fase del prensado y pueden ser de pasta no cocida, pasta semicocida y de pasta cocida.
<b>Fundidos</b>	Obtenidos por la mezcla, fusión y emulsión, con tratamiento térmico de una o más variedades de queso, pudiéndose añadir productos lácteos u otros productos como hierbas aromáticas, salmón, anchoas, nueces, ajo,
<b>Quesos fundidos por ultra-alta temperatura</b>	Recibe el nombre de Requesón el producto en el cual la base láctea no contenga grasa y/o proteínas de origen no lácteo. Este tipo de queso de acuerdo a la materia prima utilizada puede denominarse Requesón, Requesón Cremoso y Requesón de Manteca. Puede tener el agregado de especias y/o condimentos y/o sustancias alimenticias agregadas.

---

**Fuente:** Paxson, (2013)

En la tabla 6 se muestra los tipos de quesos según su textura, estos se subdividen en quesos de pasta dura, semidura, prensada, blanda, fundido o pasta hilada y también

los quesos rallados.

Además, todos los quesos requieren de temperaturas bajas de conservación, los frescos son los que, de consumo inmediato, pero requiere también mantenerse en temperaturas bajas, y los madurados requieren de temperaturas de acuerdo a su textura, es importante resaltar que a pesar de que los quesos madurados sean considerados como conservas requiere controles de temperatura adecuados para prolongar su vida útil.

**Tabla 7**

*Temperatura de conservación de quesos según su tipo*

Tipo de queso	Temperatura de conservación (°C)
Fresco	15°-18°C
Pasta Dura	Entre 10-18°C
Pasta Semidura	Entre 4-10°C
Pasta blanda	Entre 8 a 12°C
Fundido por ultra Temperatura	Inferior a 10°C

**Fuente:** Industrial, (2016)

En la tabla 7, se muestra la temperatura de conservación según su tipo, se aprecia que las temperaturas no superan los 18°C en ningún caso.



### 2.9.1 Queso madurado sometido a maduración

Según (Meyer R. , 1996). sostiene que los quesos madurados son aquellos que en su proceso de elaboración requieren de más tiempo y de un cuidado especial para obtener un producto único, tipo gourmet que combina la tecnología con el conocimiento y la aplicación de técnicas artesanales propias de la elaboración de este tipo de quesos. Una vez se obtiene la cuajada deben ser llevados por días o meses, a ciertas condiciones de temperatura y humedad para desarrollar sus características de color, olor y sabor.

Los quesos madurados sometidos a maduración son del tipo de queso que se utiliza cultivos lácteos, el cual tiene un costo de 50 céntimos por kilo de queso. Dicho insumo protege al queso de la contaminación de microbios, permitiendo una mayor durabilidad para su comercialización establece Sierra y selva Exportadora, (2016). El producto es una conserva obtenida por coagulación de la leche, por acidificación y deshidratación de la cuajada. Es una concentración de los sólidos de la leche con la adición del cuajo, fermentos bacterianos, sal de comida, cloruro de calcio. Tiene un proceso de maduración de como mínimo de 4 días a temperaturas controladas Cedepas, (2014).

Los tipos de quesos más destacados en plantas artesanales en el Perú son: andino, tipo suizo, tipo paria, provolone. El andino semiduro madurado, tiene textura blanda y mantecosa, es blanco amarillento, consistente y fácil de cortar, sin orificios, de corteza delgada y firme pero no dura. De sabor y olor suaves. Requiere un promedio de tres meses de maduración en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa.



## 2.9.2 Usos de los quesos típicos sometidos a maduración elaborados en el

Perú.

**Tabla 8**

*Quesos típicos madurados y el modo de uso*

Lugares	Quesos típicos	Modo de Usos
<b>Cajamarca</b>	Andino, tipo suizo	Consumo directo, en la preparación de diversos platos típicos: gastronomía peruana. De peso de 1kg o 2kg, forma redonda y envasados al vacío.
<b>La Libertad</b>	Suizo, Provolone	Consumo directo, de peso de 1kg o 2kg de forma redonda o perfeccionada y envasados al vacío con la etiqueta de información correspondiente.
<b>Ancash</b>	Andino	Consumo en la preparación de diversos platos típicos. De forma redonda, rectangular y con etiqueta.

**Fuente:** Sierra y selva Exportadora, (2016)

En la tabla 8 se muestra los quesos típicos y el modo de uso de este tipo de quesos madurados.

## 2.9.3 Información nutricional de quesos

En la siguiente tabla se presenta la información nutricional de los quesos andino, queso tipo paria y queso parmesano.

**Tabla 9***Información nutricional de los quesos*

Productos	Queso Andino	Queso Paria	Queso Parmesano
Ítem			
Energía (kcal)	375	298	440
Agua (g)	42	48.9	22.2
Proteínas (g)	22.6	19.2	39.1
Grasas totales (g)	31.4	24.5	30.3
Carbohidratos totales (g)	0.6	0	1.8
Fibra dietaria (g)	0	0	2.8
Cenizas(g)	0.7	1	0.9
Calcio(mg)	51	15	17
Fosforo(mg)	2	188	169
Zinc (mg)	-	1.36	2.03
Hierro (mg)	0.7	1.8	3.4
Tiamina (mg)	0.2	0.1	0.1
Rivoflavina (mg)		0.24	0.27
Niacina (mg)	0.45	5.6	3.05
Vitamina C (mg)	-	-	4.3
Ácido fólico(ug)	-	-	-
Sodio (mg)	-	-	-
Potasio (mg)	-	-	-

**Fuente:** MINSA, (2017)

En la tabla 9, se muestra la información nutricional de los quesos típicos de nuestro país y elaborados en zona de estudio donde se observa al queso tipo andino con alto contenido proteico y alto contenido en calcio.

## 2.10 MADURACIÓN

Los quesos se maduran por 3 o 4 semanas en sótanos de plantas queseras a 12 - 14°C, con 85% de humedad relativa en el aire. En ese periodo deberá darse la vuelta diariamente, y a cada tres días, tener su corteza tratada con solución de sal (5%) y cal (5%). El crecimiento de hongos sucede con frecuencia. Por último, la corteza deberá ser lavada y, después de secarse, podrá ser cubierta con parafina micro cristalina roja (se



sumergen en la será a 120 – 140°C), resinas con anti fúngicos (aunque este procedimiento puede cambiar sus características tradicionales Mucio, (2005).

Conviene indicar las condiciones ideales que deben mantener la cámara de maduración: Humedad Relativa, 80 - 85 %, temperatura: 8 -12°C y ventilación media Ramirez, (2006).

Esta actividad comienza al principio de la fermentación y continúa con una intensidad variable durante todo el proceso de la maduración. Para lograr estos efectos los fermentos lácticos deben ser capaces de producir acidez rápidamente, es decir tienen que ser muy activos y encontrarse en número suficiente. Sin embargo, siempre están expuestos al ataque de un virus llamado “fago” que pueden destruir las células bacterianas Oria, (1991).

El procedimiento de maduración del queso Edam para desarrollar las características de sabor y cuerpo es, normalmente, de no menos de tres semanas a 10–18 °C. Pueden utilizarse distintas condiciones de maduración, siempre que el queso presente propiedades físicas, bioquímicas y sensoriales Codex, (1978).

### **2.10.1 Tipos de maduración**

En general existen dos tipos de maduración según Charley, (1997).

**La maduración interna o primaria:** es la que ocurre en el interior de la masa por acción de los microbios del fermento láctico. En la maduración principal, el fermento láctico transforma toda la lactosa en ácido láctico.

**La maduración externa o secundaria:** que se produce en la superficie del queso progresando de afuera hacia adentro, al cabo de algunas semanas de maduración a los microbios que se desarrollan en la corteza. Como los microbios del fermento láctico



han transformado toda la lactosa en ácido láctico, el queso es muy ácido y en estas condiciones nuevos microbios pueden desarrollarse solo en su corteza Charley, (1997). la maduración debe voltear y limpiar la superficie de salmuera. En el siguiente volteo se limpia la cara que no fue tratado en anterior sección. Si no se realiza esta operación crecen hongos de color azulado y verdes que deterioran el queso. Existen hongos que favorecen la formación de la corteza y el aroma, pero si no realiza el volteado y limpiado se puede obtener un queso de sabor y olor fuerte Caritas, (2009).

### 2.10.2 Factores que influyen en la maduración

- **Temperatura:** Scott, (2009). dice que “regula el desarrollo microbiano y la actividad de los enzimas. La temperatura óptima para el desarrollo de la flora superficial del queso es de 20-25°C; las bacterias lácticas mesófilas más rápidamente a 30-35°C, y las termófilas, a 40-45°C.” (p. 67).
- **Humedad:** Fung, (2009). “Favorece el desarrollo microbiano. Las cuajadas con mayor contenido de humedad maduran rápidamente, mientras que en las muy desueradas el período de maduración se prolonga considerablemente” (p. 67).
- **Aireación:** Fung, (2009). dice que “el oxígeno condiciona el desarrollo de la flora microbiana aerobia o anaerobia facultativa. La aireación asegurará las necesidades de oxígeno de la flora superficial de los quesos. Mohos, levaduras, Brevibacterium,etc“(p. 66).
- **El pH** es un factor determinante que regula la actividad bacteriana y enzimática, reduciendo a pH 5 – 5.2, en la cuajada fresca, rápidamente en las primeras horas.Se mantiene estable por un tiempo y luego comienza a ascender paulatinamente en ciertos quesos donde puede llegar a valores de 5.4 – 5.6 o fuertemente en otros (madurados por mohos y levaduras) y que llega a neutralidad Condori, (2010).



Durante la maduración deben cuidarse las condiciones de aireación, humedad y temperatura de las cámaras donde sea que realiza aquella. Cada queso tiene sus condiciones de humedad y temperatura para una óptima maduración. Durante este periodo los quesos pierden peso por evaporación y desarrollan aromas y sabores característicos de cada tipo. Es necesario procurar que la pérdida de humedad sea uniforme en todos los quesos almacenados. Con los debidos controles de calidad se acaba el proceso. La prueba definitiva vendrá después con la degustación, que dirá si todo este largo y a veces complicado proceso de elaboración vale la pena o no. Madrid, (1994).

La velocidad de maduración del queso tiene influencia de varios factores entre los cuales los más importantes son: la Temperatura y el pH, el contenido de sal, el contenido de agua y la estación del año Norman, (1994).

La actividad de agua ejercerá una influencia determinante en la actividad de las bacterias, que dependerá de su valor y del tipo de bacteria que se trate. La mayoría de las bacterias lácticas tiene una actividad que ronda entre 0.98 y 0.92. Cuando mayor sea la actividad de agua, mejor se podrán desarrollar las bacterias Ramirez, (2005).

Los principales elementos que influyen sobre la actividad del agua en el queso son:

- a)** Contenido de agua en queso. A mayor humedad, más rápida la maduración.
- b)** Contenido de sal. A mayor contenido de sal menor actividad de agua. Es uno de los principales elementos por considerar incidiendo mucho en la actividad bacteriana. A medida que avanza la maduración, aumenta la actividad de agua por pérdidas de humedad del queso.



**c) Aumento de contenido Nitrógeno soluble.**

Según Belitz, (1992), la maduración está dominada por tres grandes fenómenos bioquímicos:

- ❖ Fermentación de la lactosa.
- ❖ Hidrólisis de la materia grasa.
- ❖ Degradación de las proteínas.

**2.10.3 Los componentes que influyen en la maduración**

Los componentes del queso que se modifican durante el curado son: La grasa, la proteína y la lactosa. La mayoría de las grasas se eliminan con la fracción del suero y la cantidad que se retiene en la cuajada se fermenta formando ácido láctico durante la fabricación de la cuajada y durante y las primeras etapas de la maduración. Durante la maduración la fracción de proteínas se sujeta a la acción de microorganismos y enzimas y se hidroliza parcialmente. Norman, (1994).

Tecnología para la elaboración de Queso Madurado Chirinos, (2012). el queso que ha experimentado los cambios bioquímicos y físicos necesarios y característicos de la variedad de queso.

- ▶ El proceso de maduración involucra: - Cambios de características física (textura y corteza) y organolépticas. - Desarrollo de fermentos lácticos específicos (superficie e interior).

Producto de leche pasteurizada, que después de su fabricación, se mantiene un mínimo de 20 días en condiciones ambientales apropiadas, para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos de este tipo de quesos NTP, (2010).

En un alimento está relacionado directamente con la humedad relativa de equilibrio (HRE) de la atmósfera próxima del alimento en la escala 0-100. La adición de solutos o la eliminación de física de agua producen lo mismo la reducción de la fijación de agua a los componentes macromoleculares. Por consiguiente, un fenómeno inversamente proporcional a la presión osmótica del alimento,  $a_w$ .

*Lactobacillus* 0.95 – 0.96 *Lactococcus* 0.95 – 0.93 *Streptococcus* 0.90 - 0.94. según DDA, (2006).

#### 2.10.4 Cambios químicos que intervienen en la maduración

En esta última etapa de la elaboración del queso, el cuajo al inicio de la maduración, tiene que tener volumen, capacidad y forma. Esta es amarga gracias al ácido láctico.

Los cambios químicos responsables de la maduración son:

- a) **Fermentación o glucólisis:** la fermentación de la lactosa a ácido láctico, pequeñas cantidades de ácidos acético y propiónico,  $CO_2$  y diacetilo. Es realizada fundamentalmente por las bacterias lácticas. Comienza durante la coagulación y el desuerado y se prolonga hasta la desaparición casi completa de la lactosa. El ácido láctico procedente de la degradación de la lactosa no se acumula en la cuajada, sino que sufre distintas transformaciones de naturaleza diversa.

Para Rafael, (2013), afirma que “en quesos blandos madurados por mohos, es metabolizados por éstos. En queso tipo Gruyère se transforma en propiónico, acético y  $CO_2$ . -proteólisis: es uno de los procesos más importantes de la maduración que no sólo interviene en el sabor, sino también en el aspecto y la textura”.



**b) lipólisis:** o hidrólisis de las grasas “afecta a una pequeña proporción de éstas.

Sin embargo, los ácidos grasos liberados y sus productos de transformación, aunque aparecen en pequeñas cantidades, influyen decididamente en el aroma y sabor del queso” Vasquez, (2010).

## **2.11 EFECTOS DETERMINANTES EN ANÁLISIS SENSORIAL DEL QUESO**

### **2.11.1 Análisis sensorial en el queso**

Desde el punto de vista organoléptico los cultivos tiene como función: producción de sabor, aroma ocasionado por la producción de etanol, la actividad proteolítica y lipolítica. Holzappel, (1998).

Los *Streptococcus Thermophilus* aportando otros productos metabolitos de la BAL, contribuye a las propiedades organolépticas y el perfil textural.

El aspecto de olor y el sabor de los quesos, es decir propiedades organolépticas y sensoriales, de modo que a cifras elevadas de organismos que causan modificaciones organolépticas lo que sucede con muchos microorganismos. Patógenas a veces podrán pasar desapercibidas y ser tolerantes, el número exacto de microorganismos para producir la modificación organoléptica varia depende notablemente, ya que depende de su tamaño, del carácter de la modificación química que causa y del ritmo metabólico DDA, (2006).

Las características organolépticas de sabor dulce, ligeramente picante, agradable y bien a cuanto aroma: dulce suave, limpio agradable bien desarrollado, a textura compacta, firme de características elásticas corteza liza y consistente Harbutt, (1999).

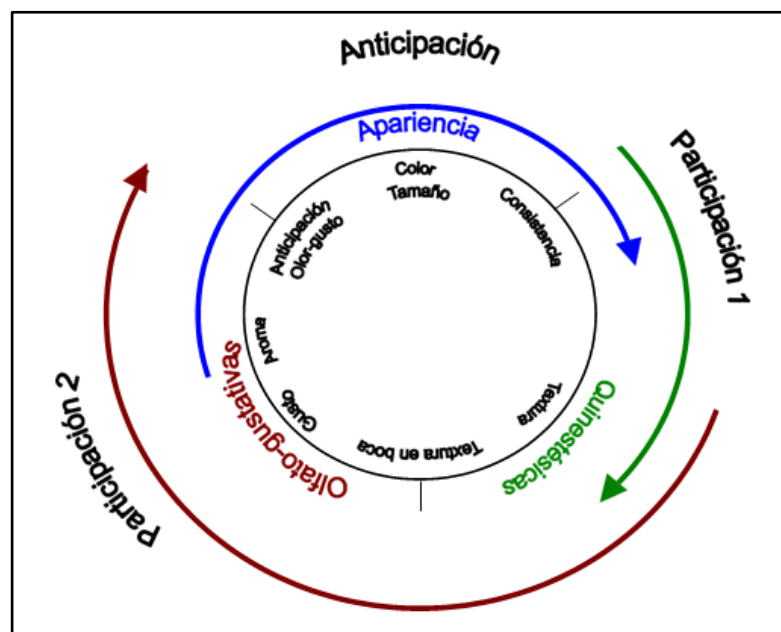


### 2.11.2 Generalidades del análisis sensorial

El análisis sensorial es un auxiliar de suma importancia para el control y mejora de la calidad de los alimentos ya que a diferencia del análisis físico -químico o microbiológico, que solo dan una sola información parcial acerca de alguna de sus propiedades, permite hacerse de una idea global del producto de forma rápida, informando llegado el caso, de un aspecto de importancia capital: su grado de aceptación o rechazo Elena, (1991).

La evaluación de esta calidad se lleva a cabo mediante una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida es el propio hombre. El análisis sensorial se define como el examen de las propiedades organolépticas de un producto por los órganos de los sentidos ISO, (2008).

Las propiedades organolépticas o sensoriales son, por tanto, los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son la apariencia, el flavor y las propiedades de textura Anzaldúa & Morales, (1994).



**Figura 5** *Circulo De Atributos*

**Fuente:** Según Birg, (1977) citado por: Maria, (2017)



El perímetro del círculo está dividido en tres zonas correspondientes a estos tres atributos principales: el de la apariencia que se percibe por el sentido de la vista, el de la textura o propiedades quinestésicas que se percibe por los sentidos del tacto y el oído y el correspondiente al flavor o conjunto olfato-gustativo que se corresponde con los sentidos del gusto y el olfato. Aunque en principio se puedan considerar estas tres zonas como independientes, esto no es así. Las distintas zonas se solapan unas con otras pudiéndose percibir algunos atributos por más de un sentido de forma diferente o interferir sobre la percepción de otros. Es evidente que los atributos de un producto así definidos no son estáticos, sino que dependen del consumidor y de la forma en que el producto se encuentre en el momento de su valoración, es decir, en el estante del supermercado, durante la elaboración o presentado en el plato para ser consumido. En cada situación el modelo de atributos será diferente.

Cuando se examina al producto en la última situación esto es, en la mesa, los atributos se clasifican según en el momento en que son percibidos en atributos de anticipación, de participación primera y de participación segunda. Los atributos de anticipación incluyen los de apariencia y los de las zonas de solapamiento, la consistencia visual y la expectación del flavor. Los atributos de textura se manifiestan únicamente cuando el producto ha sufrido una deformación por lo que este grupo de atributos se percibe sólo cuando el producto es manipulado (cortado con un cuchillo, tomada una porción con una cuchara, presionado con un dedo, etc.) o consumido y por tanto, son atributos de participación primera que incluyen además de los de textura, los de las zonas de solapamiento, la consistencia visual en la zona de solapamiento con los atributos de apariencia y los de textura en boca en la zona de solapamiento con los olfato-gustativos. Los atributos olfato-gustativos se manifiestan únicamente cuando el producto es consumido y, por tanto, son atributos de participación segunda. Estos



incluyen el olor, el gusto y el aroma, así como los de las zonas de solapamiento con la textura y los de anticipación de un olor-sabor en la zona de solapamiento con los atributos de apariencia.

### a) La apariencia

Se define como todos los atributos visibles de un alimento ISO, (2008). La apariencia constituye un elemento fundamental en la selección de un alimento. La primera impresión visual que se recibe siempre es la determinativa, en gran medida de la decisión de aceptación o rechazo, existe tres categorías de atributos: las **propiedades ópticas**, la forma física y el modo de presentación. Estos, se combinan entre sí de diferentes formas para formar las imágenes de cualquier producto.

Las propiedades ópticas dependen de las modificaciones cromáticas y geométricas de la luz en la interacción con el alimento y son el color, el brillo, la translucidez y la uniformidad de estas propiedades. El color no solo define la calidad de un producto, sino que también interviene en la decisión del consumidor. Se trata de la primera característica percibida y determina el primer juicio sobre la calidad de un producto. Se define como la sensación inducida por la estimulación de la retina mediante los rayos de luz de varias longitudes de onda y se caracteriza por tres parámetros: el tono o matiz que se corresponde con la longitud de onda del mensaje luminoso; la luminosidad o intensidad de color, que depende de la energía de la fuente luminosa y de la longitud de onda de la luz reflejada y la saturación o pureza que se refiere a la intensidad de la sensación cromática que provoca la luz. El brillo se define como el atributo de una superficie lustrosa mostrando la reflexión de la luz. La translucidez es la tercera propiedad óptica de apariencia y está relacionada con el paso de luz a través de los objetos, pudiendo ser estos: transparentes, translúcidos u opacos ISO, (2008)



La forma física incluye las propiedades que determinan la forma y textura visual; entre estas propiedades están la forma, el tamaño, la regularidad superficial y la consistencia visual. El modo de presentación incluye aquellas propiedades del producto comercializado que se presentan tanto en el comercio como en la propia mesa.

El modo de presentación se estudia tanto en el producto envasado como servido en el plato e incluye cuatro aspectos, descripción del producto (nombre y precio, etc.), empaquetado o envoltura (forma, diseño, color, "lo llamativo que sea", etc.), fenómenos de contraste de colores adyacentes e iluminación. Estos cuatro aspectos son aplicables al producto envasado y los dos últimos al producto presentado en el plato.

#### **b) El flavor**

El flavor es el conjunto complejo de propiedades olfativas y gustativas que se perciben durante la degustación y que puede estar influido por las propiedades táctiles, térmicas, dolorosas e incluso por efectos quinesésicos ISO, (2008).

Se define sustancia olorosa como cualquier sustancia o estímulo que produce un olor perceptible; el olor/aroma es la percepción de sustancias volátiles, agradables o desagradables por medio de la nariz, considerándose olor cuando se aspira por vía directa y aroma por vía retro nasal. El olor de cualquier alimento es una mezcla compleja de multitud de moléculas olorosas de distintos tipos, cada una en una concentración determinada. Estos compuestos volátiles alcanzan los receptores olfativos localizados en la nariz y una vez que éstos detectan las moléculas, envían mensajes específicos a centros superiores del cerebro, donde se produce la identificación efectiva del olor. Una característica particular de las sustancias odoríferas es la baja concentración a la que se encuentran en los alimentos, que puede variar desde  $\mu\text{g/L}$  a  $\text{mg/L}$ , debiéndose utilizar técnicas analíticas muy sensibles para su identificación y



cuantificación. Así, para analizar el olor se utilizan grupos de personas altamente seleccionadas y entrenadas para tal fin ya que, en la actualidad, no existen técnicas instrumentales con la suficiente sensibilidad para identificar y cuantificar los compuestos con actividad aromática de un alimento.

En la naturaleza hay una gran diversidad de olores difícil de clasificar y no se han podido determinar unos olores básicos, a pesar de que han existido numerosos intentos. Ni siquiera se puede establecer cuantos olores distintos es capaz de percibir el olfato humano. Se sabe que el mismo compuesto químico a diferentes concentraciones puede oler de forma distinta y que compuestos químicos de diferentes familias dan la misma nota olfativa. Parece ser, no obstante, que existe una cierta relación entre el tipo de olor característico y la composición química. Desde el punto de vista sensorial y para facilitar el entrenamiento de los paneles analíticos, los olores y aromas de los alimentos se clasifican en Ruedas de olor, en las que las diferentes notas olfativas se clasifican en familias de olores y subfamilias atendiendo a la similitud existente entre ellas, independientemente del compuesto/s químico/s que las ocasionen. Así, se han desarrollado ruedas específicas para distintos alimentos y bebidas como ruedas para el agua, el vino, la cerveza, el café, el chocolate, la miel o los quesos.

Otra característica importante del olor es la intensidad o potencia de éste y su relación con el tiempo, ya que el olor tiene dos propiedades: la persistencia y la adaptación y en las cuales está involucrado el tiempo. La persistencia, se evalúa midiendo el tiempo que transcurre desde que se ha retirado la sustancia olorosa y la persona continúa percibiendo ese olor de manera uniforme. Oler de forma constante o persistente puede causar una pérdida de sensibilidad que puede durar desde unos segundos hasta una hora o más, lo que se conoce como adaptación.



La sensación del gusto o sabor básico resulta de la estimulación de una serie de receptores específicos para cada una de las clases. Se consideran cinco sabores básicos: salado, ácido, dulce, amargo y sabroso. El sabor básico ácido describe el sabor elemental producido por disoluciones acuosas diluidas de la mayoría de los ácidos como los ácidos cítrico y tartárico y su intensidad depende del grado de disociación del ácido, de su concentración, de su naturaleza y de la capacidad tampón de la saliva. El sabor salado está ligado a la presencia de sales en el alimento como el cloruro sódico y su intensidad depende de su concentración. El sabor dulce se deriva de la estimulación sensorial por parte de una gran cantidad de compuestos hidroxilos alifáticos no ionizados, en particular glicoles, alcoholes, azúcares y derivados químicos de los azúcares, así como otras estructuras químicas. El sabor amargo está producido por alcaloides como la quinina, la cafeína y la estircina, considerándose que los sabores amargos poseen los umbrales de sensibilidad más reducidos y el sabor sabroso o umami se asocia al glutamato monosódico y a dos ribonucleótidos, el GMP (guanosin monofosfato) y el IMP (inosin monofosfato). El sentido del gusto forma parte de nuestro sistema sensorial químico y se estimula por sustancias químicas que contienen los alimentos. Para que se produzca la sensación gustativa es necesario que la sustancia química se pueda disolver dentro de la boca. Los receptores químicos o papilas gustativas se encuentran mayoritariamente repartidos sobre la superficie de la lengua, aunque también se hallan en el resto de la cavidad bucal. El mecanismo por el cual se perciben estos sabores elementales requiere, en primer lugar, la disolución de la sustancia en la boca ayudado por la secreción salivar seguido por la excitación de los receptores gustativos (células gustativas), que transmiten los impulsos nerviosos por los nervios gustativos y éstos a los centros operativos en el cerebro donde se genera la sensación del gusto ISO, ( 2008).



Las sensaciones trigeminales u otras sensaciones químicas son las resultantes de la irritación causada por estímulos químicos en la boca, nariz o garganta. Entre ellas cabe citar la sensación picante, la irritante, la pungente, la ardiente, la astringente y la refrescante. Estas se pueden clasificar en térmicas y dolorosas. Las térmicas se definen como aquellas sensaciones de frío o calor, producidas por ciertas sustancias, sin relación con la temperatura, como la sensación producida por la capsaicina (calor) o el mentol (frío). Dentro de las dolorosas, se incluyen la sensación de astringencia en la boca, que describe la sensación bucal compleja resultante de la contracción de la superficie de la mucosa de la boca producida por disoluciones diluidas de sustancias tales como algunos taninos. Otras de las sensaciones dolorosas son la de pungente o irritante definida como aquel producto que produce una sensación de irritación de las mucosas nasales (vinagre, mostaza) y la de picante definido como la de aquel producto que produce una sensación de irritación de las mucosas como la del alcohol, pimienta o chile Jellinek, (1985).

### **c) La textura**

Es la propiedad sensorial de los alimentos detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación Anzaldúa & Morales, (1994). Según ISO, (2008). se define como el conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie de un producto perceptibles por los mecanorreceptores, los receptores táctiles y en ciertos casos, los visuales y los auditivos.

Las propiedades mecánicas. son aquellas relacionadas con la reacción del producto a una fuerza externa y pueden ser divididas en primarias y secundarias. Las primarias son los que se correlacionan con una propiedad tal como la fuerza, deformación o energía y son la dureza, la cohesividad, la elasticidad, la adherencia y la viscosidad; los secundarios son los que resultan de la combinación de las propiedades primarias, de tal



forma que por ejemplo la cohesividad está relacionada con la fragilidad, la facilidad de masticación y la gomosidad y se define en función de ellas. La dureza es la propiedad mecánica de la textura relativa a la fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto (cuchara, cuchillo) en él. La cohesividad es la propiedad mecánica relativa al grado de deformación de un producto antes de romperse y está relacionada con la fragilidad, la facilidad de masticación y gomosidad. La fragilidad es la propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con la fuerza necesaria para romper un producto en trozos. La facilidad de masticación es la propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución. La gomosidad es la propiedad mecánica de la textura relativa a la cohesión de un producto blando y está relacionada con el esfuerzo requerido para reducir el producto al estado necesario para su deglución. La *elasticidad* es la propiedad mecánica de la textura relativa a la rapidez de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza o al grado de dicha recuperación.

La adherencia es la propiedad mecánica de la textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie (lengua, dientes, etc.) y la *viscosidad* que es la propiedad mecánica de la textura relativa a la resistencia al flujo. Responde a la fuerza requerida para pasar un líquido de la cuchara a la boca para tragarlo o extenderlo sobre un soporte ISO, (2008).

Las propiedades geométricas son aquellas relacionadas con el tamaño, forma y distribución de las partículas en el producto y son la granulosisidad y la estructura. La *granulosisidad* es la propiedad geométrica de la textura relativa a la percepción de las dimensiones y de la forma de las partículas de un producto y la *estructura* es la





propiedad geométrica de la textura relativa a la percepción de la forma y orientación de las partículas en el producto.

Las propiedades de composición, también llamadas de superficie, son las que indican la presencia de algún componente en el alimento y están relacionadas con el contenido de agua o humedad, grasa del producto o de cualquier otro componente (harina). En la cavidad bucal también se relacionan con el modo en que los constituyentes se liberan. La *humedad* se define como la propiedad superficial de la textura relativa a la percepción de la cantidad de agua absorbida o liberada por el producto y el *carácter graso* es la propiedad superficial de la textura relativa a la percepción de la cantidad o tipo de la grasa contenida en el producto ISO, (2008)

Por tanto, no puede hablarse de la “textura de un alimento” como si fuera una sola característica de éste, sino que hay que referirse a los atributos de textura.

## **2.12 CONDICIONES GENERALES DEL ENSAYO EN EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL QUESO**

La norma ISO, (2009) para la leche y productos lácteos establece los requisitos para la formación de catadores y las condiciones necesarias para realizar el análisis (Sala de cata, preparación de muestras, temperatura de servicio y hora del ensayo).

### **2.12.1 Panel de cata**

Las personas que intervengan como catadores deber hacerlo de forma voluntaria. Los candidatos deberán ser seleccionados, entrenados y evaluados por el jefe de panel de acuerdo con su habilidad para distinguir entre muestras similares, debiéndose tener en cuenta que la precisión se mejorará con el entrenamiento. Además, el catador necesita tener una buena memoria sensorial y capacidad de concentración ISO, (2009).



El catador deberá comportarse como un auténtico observador sensorial, dejando a un lado sus gustos personales para dar cuenta únicamente de las sensaciones que percibe. Por ello deberá realizar su trabajo en silencio, estar relajado y no tener prisa. Deberá prestar la máxima atención posible a la muestra que está catando. Para la prueba se exige un número de 8 a 12 catadores, siendo conveniente disponer de algunos más en reserva, para cubrir posibles ausencias. Antes de realizar el análisis, el catador debe evitar el consumo de café, alcohol o alimentos muy especiados y el fumar. También debe evitar estar fatigado y/o cansado o cualquier otro factor que perjudique su habilidad.

### **2.12.2 Sala de cata**

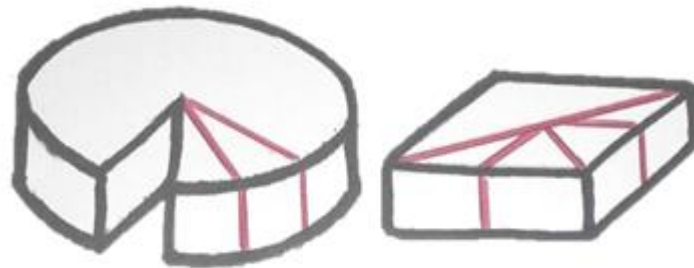
Esta sala deberá reunir las siguientes condiciones: capacidad para albergar a los catadores, cabina de cata normalizada, paredes de tonalidad clara, mesa amplia para el trabajo en grupo, condiciones ambientales adecuadas como ausencia de ruido y olores, temperatura y humedad relativa adecuadas a la muestra e iluminación suficiente ISO, (2007).

### **2.12.3 Preparación de muestras**

Es necesario que se establezcan precauciones para no cometer errores de estímulo, es decir, que el análisis sensorial no se vea influenciado por el tamaño o la forma de las muestras ni por su modo de presentación por lo que todas las muestras deben ser homogéneas. Además, para no cometer errores por expectación, las muestras deben identificarse mediante un código neutro de tres dígitos.

El método de corte en el queso depende del tipo de queso (blando, pasta prensada, etc.) y de su forma y tamaño, existiendo diversos instrumentos para ello:

cuchillos grandes para la mayoría de los quesos, hilos de alambre para cortar grandes ruedas de quesos, cuchillos de dos mangos para las pastas duras, guillotina o lira que se utiliza para cortar sin desmigajar, las pastas más frágiles (blandas y frescas). El corte debe ser representativo de la totalidad del queso. El método de corte para los quesos cilíndricos y redondos es en cuñas, como las tartas, partiendo del centro. Estas cuñas se cortan en rodajas, pudiéndose retirar o no la corteza (Figura 6). Las muestras, una vez cortadas, se presentan en un recipiente libre de olores y sabores extraños y debe estar provisto de tapa mencionan



**Figura 6** *Técnica De Corte Para Los Quesos Cilíndricos Y Redondos*

**Fuente:** Chamorro & Losada, (2002)

La temperatura de las muestras debe estar comprendida en un intervalo entre 14 y 4 °C, debiendo estabilizar la muestra durante al menos una hora a esta temperatura antes del análisis.

#### **2.12.4 Requisitos del ensayo**

El análisis sensorial debe realizarse dentro de un horario adecuado. Se recomienda entre las 11 y las 12 de la mañana y entre las 17 y las 18 horas si se realiza por la tarde. El planteamiento y organización de las sesiones de cata deben realizarse de tal modo que genere motivación en los catadores ya que el desinterés produce falta de



concentración. Una mala organización puede además llevar a errores de contraste, al evaluar un queso con un defecto o cualidad muy notable, puede que al siguiente se le asigne una valoración muy superior a la que realmente tiene. También puede ocurrir que tras probar una muestra que ha tenido una valoración muy favorable, la siguiente se valore de forma más severa. Se debe limitar el número de quesos a evaluar por sesión a 7-8 y dejar un tiempo de descanso entre muestras para eliminar los residuos de la anterior. Un tiempo recomendable es de cinco minutos aproximadamente, enjuagando la boca con agua Chamorro & Losada, (2002).

#### **2.12.5 Fichas de cata**

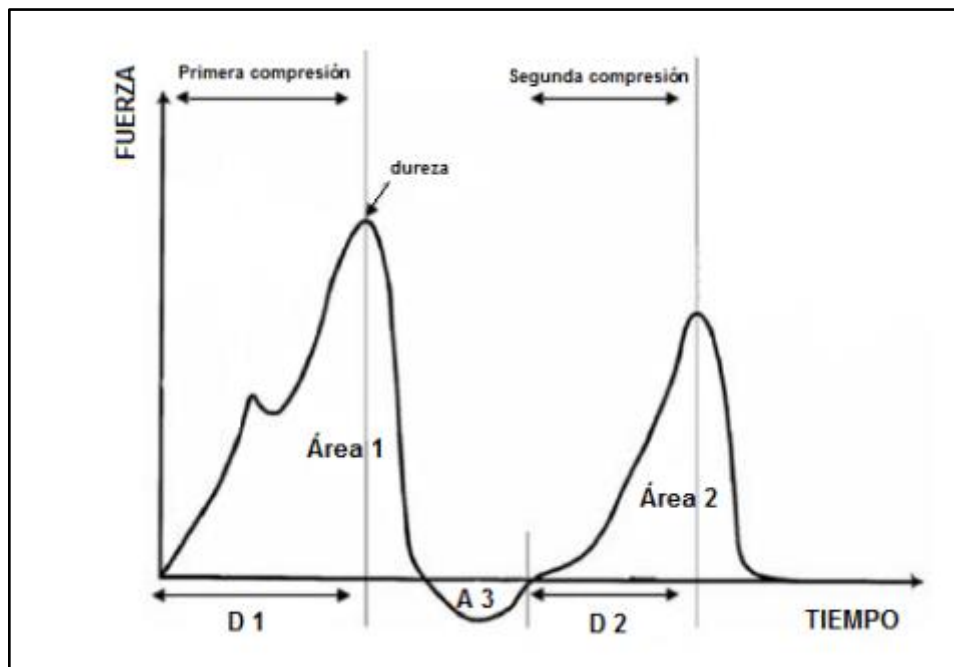
El catador debe tener a su disposición fichas en las que pueda reflejar los resultados de su análisis. Dependiendo del tipo de prueba sensorial (descriptiva, discriminante o hedónica), la ficha tendrá una estructura diferente. Para el análisis sensorial descriptivo, la hoja de perfil debe tener los siguientes apartados: atributos de apariencia, flavor y textura.

#### **2.13 ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)**

Es un ensayo imitativo que busca establecer valores estándar de los diversos atributos de textura de ciertos alimentos y también para caracterizar las propiedades mecánicas y la consistencia de alimentos texturizados. En el año 1963, la General Foods propuso la idea del perfil de textura, en donde se utilizó nueve panelistas entrenados para definir los principales parámetros de textura que influyen sobre la aceptación de un alimento y establecer patrones para su medición. De forma instrumental, estos patrones sensoriales se han tratado de interpretar mediante un equipo basado en los experimentos de doble compresión cuyos movimientos se asemejaban a la mandíbula humana Rosenthal, (2001). El análisis de perfil de textura consiste en una prueba de doble

compresión en las cuales se someten muestras del producto a una compresión del 80 a 90% de su altura inicial, la cual resulta casi siempre en la ruptura del alimento. A partir de la curva fuerza en Newton (N) Vs tiempo en segundos (s), como se muestra en la Figura 8. Bourne, (2002). cita los siguientes parámetros texturales obtenidos con el TPA: dureza, elasticidad, gomosidad, cohesividad, adhesividad y masticabilidad; de los cuales cuatro se obtienen de la gráfica y dos se logran por medio de cálculo.

- **Dureza (hardness)**, es definida como la fuerza pico logrado en el primer ciclo de compresión.



**Figura 7** Curva Generalizada De Análisis De Perfil De Textura (TPA)

**Fuente:** Bourne, (2002).

- **Elasticidad (Springiness)**, definida como la altura que recupera el alimento durante el tiempo que transcurre entre la primera y segunda compresión ( $D2/D1$ ).



- **Cohesividad (cohesiveness)**, es definido como la razón del área positiva lograda durante la segunda compresión y del área positiva de la primera compresión ( $A_2 / A_1$ ).
- **Adhesividad (adhesiveness)** es definida como el área negativa ( $A_3$ ), lograda durante la primera compresión y representa el trabajo necesario para sacar el pistón de la muestra.
- **Gomosidad (Gumminess)** es definida como el producto de dureza por cohesividad.
- **Masticabilidad (Chewiness)** es definida como el producto de gomosidad por elasticidad (que es igual a dureza por cohesividad y por elasticidad).

Osorio, (2004). indica que los quesos son productos para los cuales el Análisis de Perfil de Textura (TPA) ha sido muy usado, ya que son poco quebradizos, y para ellos la dureza y la elasticidad son parámetros determinantes de la evaluación de la textura. Por eso una medida en doble compresión ofrece mucha información, ya que se han realizado algunos estudios en donde para el queso crema se encontró que se deforma fácilmente lo que se traduce en una pendiente débil al inicio de la primera compresión; no se nota una verdadera fractura, la adhesión a la sonda después de la compresión es bastante fuerte, su elasticidad y cohesión son débiles pero significativas.

Para el queso parmesano se encontró que este es un queso duro sin elasticidad ni cohesión, el cual se opone al queso mozzarella, queso muy elástico y de dureza media. En el Tabla 10 Szczesniak, (2002). Clasifica la definición de las propiedades de textura basado en propiedades físicas y sensoriales.

**Tabla 10**

*Definiciones de los parámetros mecánicos de textura.*

<b>Propiedades primarias</b>	<b>Físicas</b>	<b>Sensoriales</b>
<b>Dureza</b>	Fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada.	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares (en caso de sólidos) o entre la lengua y el paladar (en el caso de semisólidos).
<b>Cohesividad</b>	Extensión a la que un material puede ser deformado antes de que se rompa	Grado en que una sustancia es comprimida entre los dientes antes de romper
<b>Viscosidad</b>	Velocidad de flujo por unidad de fuerza	Fuerza requerida para llevar un líquido del utensilio a la lengua
<b>Elasticidad</b>	Velocidad a la que un material deformado vuelve a su condición inicial después de que la fuerza que causa la deformación es retirada.	Grado en que un producto vuelve a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes.
<b>Adhesividad</b>	Trabajo necesario para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento entra en contacto.	Fuerza requerida para eliminar el material que se adhiere a la boca (generalmente el paladar) durante el proceso normal de comer.

**Fuente:** Szczesniak, (2002)



A continuación, se presenta las propiedades secundarias.

**Tabla 11**

*Propiedades secundarias de la Textura.*

<b>Propiedades secundarias</b>	<b>Físicas</b>	<b>Sensoriales</b>
<b>Fracturabilidad</b>	Fuerza con la que un material fractura: es un producto con una alta	Fuerza con la que una muestra se desmigaja, agrieta o se hace pedazos
<b>Masticabilidad</b>	Energía requerida para masticar un alimento sólido hasta el estado adecuado para ser tragado.	Periodo de tiempo requerido para masticar la muestra, a una velocidad constante de fuerza aplicada, para reducirla a una consistencia adecuada para tragar.
<b>Gomosidad</b>	Energía requerida para desintegrar un semisólido a un estado listo para ser tragado: un producto con un bajo grado de dureza y alto grado de cohesividad.	Espesura que persiste durante la masticación; energía requerida para desintegrar un semisólido a un estado adecuado para tragar

**Fuente:** Szczesniak, (2002)





## **2.14. COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD**

### **2.14.1 Agua en los alimentos**

Uno de los compuestos más importantes en los alimentos, es la humedad. La humedad, en forma de moléculas de agua, está ligado de varias formas a la fruta, entre las que se puede mencionar: (a) grupos iónicos, tales como carboxilos y ácidos aminos y (b) grupos hidrógenos, tales como hidróxidos y amidas Fennema, (1996).

El agua, es el componente del alimento que mayor interés representa en los tratamientos industriales por ser el responsable de diversas reacciones de deterioro; las cuales reducen la calidad del producto, y disminuyen el tiempo de vida útil. Por tanto, la disminución de contenido de agua en un alimento, reduce la posibilidad de su alteración biológica, lo que aumenta su valor agregado y aumenta su tiempo de vida útil, permitiendo la conservación de sus propiedades nutritivas.

### **2.14.2 Contenido de humedad en un alimento**

Según Mc Smith, (1991). el contenido de humedad de una materia suele expresarse como porcentaje en peso respecto al material seco. Un sólido expuesto al aire a una determinada humedad y temperatura pierde o gana agua hasta alcanzar condiciones de equilibrio; el grado de humedad, en el equilibrio, depende de las características del material.

#### **a. Humedad de un sólido**

Es el peso de agua que acompaña a la unidad de peso de sólido seco.

#### **b. Humedad de equilibrio.**



Es la humedad alcanzada por un sólido en equilibrio con una masa de aire a una determinada temperatura y humedad. También, es el límite de humedad que puede alcanzar un sólido en contacto con una masa de aire. Si la humedad del sólido es mayor que la humedad de equilibrio, el sólido se seca; si es menor, el sólido capta agua hasta la humedad de equilibrio.

La humedad de equilibrio, es la humedad que existe cuando la presión de vapor del agua en el alimento está en equilibrio con la presión parcial del vapor de agua en el aire. Si el aire se satura totalmente durante el secado, entonces el equilibrio se establece con la presión de vapor del agua en el aire ya que esta presión es igual a la presión parcial del vapor de agua bajo esas condiciones. La humedad de equilibrio se expresa en base seca, en unidades del Sistema Internacional kg agua/kg sólido seco (kg a/kg ss).

### **c. Humedad crítica:**

La humedad crítica de un sólido es el punto que separa los dos períodos de secado antecrítico y poscrítico.

**Período anticrítico:** Es el período de tiempo en el que la velocidad de secado es constante, desde la humedad inicial hasta la humedad crítica.

**Período poscrítico:** Es el período de tiempo en el que la velocidad de secado disminuye hasta llegar a un valor de cero. Este período empieza con la humedad crítica hasta la humedad de equilibrio.

La humedad crítica, es el nivel de humedad que en la mayoría de los casos se alcanza después de haber pasado una etapa de velocidad de secado constante a temperatura también constante. A partir de este nivel de humedad la velocidad de secado descenderá considerablemente.

#### d. Humedad libre

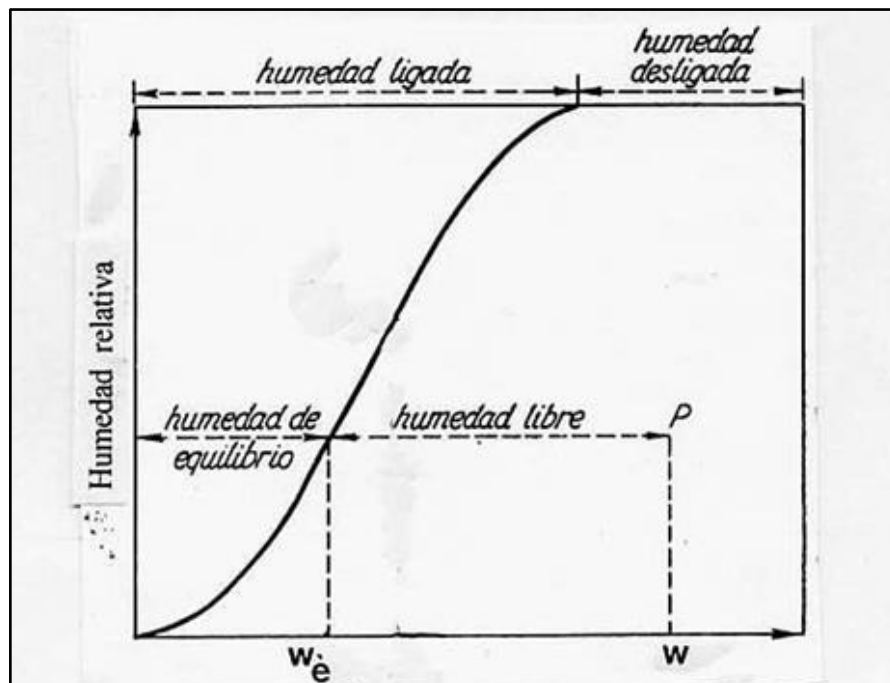
Es el exceso de humedad de un sólido, respecto a la humedad de equilibrio, en contacto con una determinada masa de aire. Es la humedad que puede perder un sólido después de un contacto prolongado con el aire.

#### e. Humedad ligada.

Es la humedad de equilibrio de un sólido en contacto con una masa de aire de humedad relativa del 100%. También, la humedad mínima necesaria para que el sólido deje de comportarse como higroscópico.

#### f. Humedad desligada

Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada, o la humedad libre del sólido en contacto con aire saturado.



**Figura 8** Curva De Humedad De Equilibrio

**Fuente:** Mc cabe, (1991)



## g. Formas de expresar la Humedad

La humedad puede expresarse en base seca y base húmeda.

### Humedad en base seca ( $h_{bs}$ )

$$h_{bs} = \left( \frac{masa_{H_2O}}{masa_{ss}} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

$m_{H_2O}$  = masa de agua

$masa_{ss}$  = masa de sólido seco

### Humedad en base húmeda ( $h_{bh}$ )

$$h_{bh} = \left( \frac{masa_{H_2O}}{masa_{ss} + masa_{H_2O}} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación (2)}$$

## 2.14.3 Factores que intervienen en el proceso de secado

Cuando un sólido es sometido a un proceso de secado utilizando aire se presentan dos subprocesos:

Transferencia de materia. El movimiento de la humedad dentro del sólido es una función de la naturaleza física del sólido, su temperatura y su contenido de humedad.

Transferencia de energía. Este segundo subproceso depende de las condiciones externas de temperatura, humedad y flujo del aire, área de exposición y el tipo de secador empleado

### a. Temperatura del aire.



La temperatura desempeña un papel importante en los procesos de secado. Conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. La elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se va a someter al proceso Andritsos, (2003). afirma que las temperaturas de secado de frutas ideales están entre 45 y 55 °C. Esto permite al producto retener sus nutrientes.

#### **b. Humedad relativa del aire.**

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, este valor se expresa como porcentaje (%). A medida que aumenta la temperatura del aire, también aumenta su capacidad de absorción de humedad; cuando la temperatura disminuye sucede lo contrario.

La temperatura de secado está estrechamente relacionada con la humedad relativa del aire, ya que influye en la calidad organoléptica del producto final. Cuando la temperatura del aire de secado es alta y su humedad relativa es baja, existe el riesgo de que la humedad de la superficie del alimento se elimine más rápido de lo que el agua puede difundirse del interior húmedo a la superficie del alimento. Al evitar esto, se inhibe la formación de costras Andritsos, (2003). Por ello es importante, tener muy en cuenta las velocidades de flujo de aire. A nivel industrial se emplean humedades relativas del 20 al 40%.

#### **c. Velocidad del aire.**

La velocidad del aire dentro del secador tiene como funciones principales, en primer lugar, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el alimento facilitando su evaporación. En segundo lugar, ayuda a transportar la humedad



saliente del material. La velocidad de secado aumenta a medida que incrementa la velocidad de aire que fluye sobre el alimento Foust, (1997). A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado. La capa limite que existe entre el material a secar y el aire juega un papel importante en el secado. Cuanto menor sea el espesor de la capa limite, más rápida será la remoción de humedad. Por otra parte, el flujo de aire es importante, uno turbulento es mucho más eficaz que uno laminar. El deshidratado a nivel industrial se lleva a cabo empleando velocidades de aire entre 1.5 y 2.5 m/s.

## **2.15 EL AGUA EN LOS ALIMENTOS**

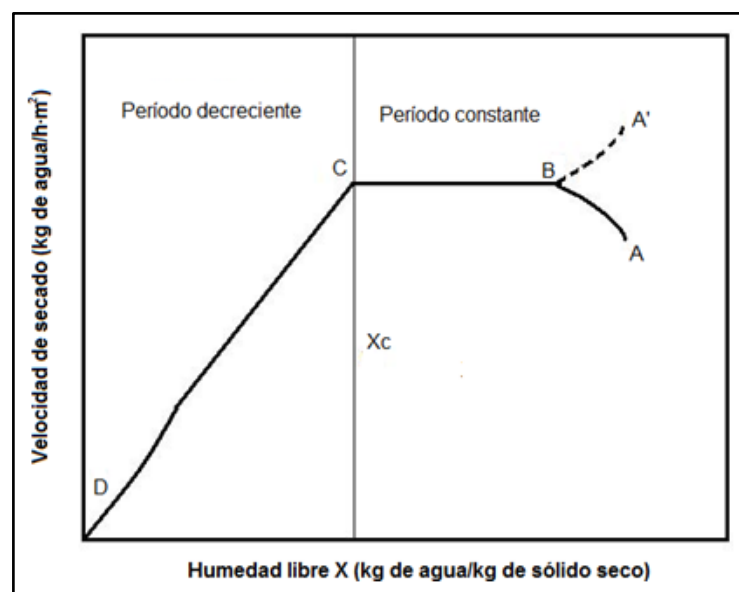
La cantidad de agua en un alimento define sus propiedades reológicas, sensoriales y susceptibilidad a las alteraciones por reacciones. El contenido de humedad en un alimento se refiere a toda el agua que este tiene. En un alimento puede expresarse en base húmeda o base seca. La humedad de un alimento es retenida en dos formas, como agua libre o agua “ligada”. El agua ligada ejerce una presión de vapor de equilibrio menor que la del agua libre a la misma temperatura. La humedad en forma de agua libre podría ser retenida por los capilares finos, o adsorbida dentro de una célula o paredes fibrosas o por combinación física/química con el sólido. El agua libre ejerce una presión de vapor de equilibrio igual a la del agua pura a la misma temperatura. La humedad en forma de agua libre esta retenida en los espacios vacíos de los alimentos sólidos Sharma, (2003).

## 2.16 CURVAS DE SECADO.

Son curvas construidas a partir de datos experimentales que dan información sobre la velocidad de secado de un alimento bajo determinadas condiciones. Se obtienen preferiblemente en un equipo que reproduzca lo más fielmente posible el equipo de proceso usando condiciones de aire que se asemejen a las que se usan en el mismo. La información obtenida de estas curvas es útil para propósitos de:

1. Estimar el tamaño del secador.
2. Establecer las condiciones de operación.
3. Calcular, estimar o aún predecir el tiempo de secado.

La velocidad de secado de un material depende de sus propiedades y densidad global; así como de su contenido de humedad inicial y en equilibrio. La velocidad de secado no es la misma durante todo el proceso. La representación gráfica de la velocidad de secado frente a la humedad del producto o frente al tiempo se denomina “curva de secado”, y será diferente según sea el tipo de producto a deshidratar. Generalmente la forma de las curvas de secado es complicada y deben obtenerse experimentalmente.



### **Figura 9** *Curvas De Velocidad De Secado*

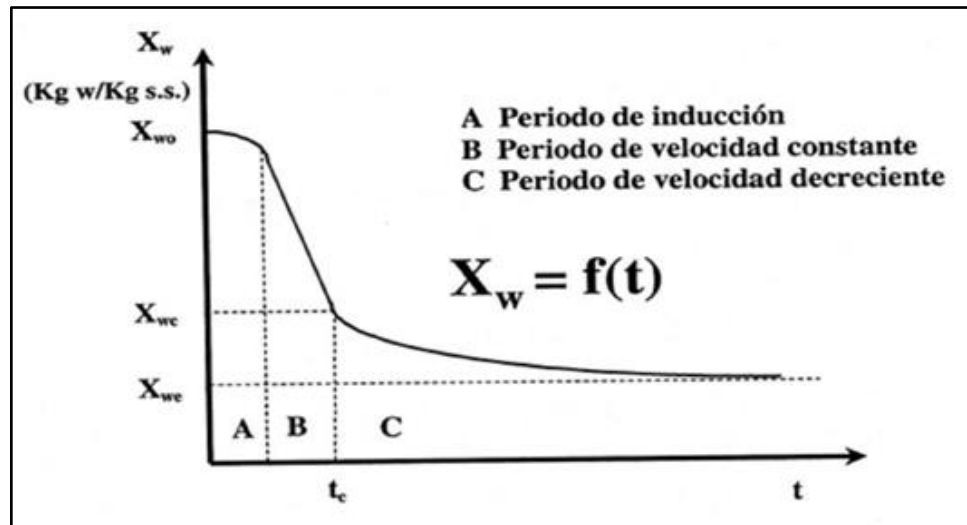
**Fuente:** Sharma, (2003)

En la figura 9, se representa una curva de secado. El producto se encuentra inicialmente en el punto A. En la etapa inicial del secado (AB) el agua se calienta lentamente. En el punto B, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Cuando el sólido está a una temperatura por arriba de la temperatura de operación, la velocidad de secado empieza en el punto A'. Posteriormente, inicia una pérdida de agua a velocidad constante (BC). El periodo de velocidad de secado constante se caracteriza por la evaporación de la humedad a partir de una superficie saturada. El secado de velocidad constante equivale fundamentalmente a evaporación a partir de un cuerpo de agua grande y es independiente del tipo de sólido Sharma, (2003). Esta etapa finaliza cuando se alcanza la llamada humedad crítica ( $X_c$ ), fácilmente identificable en las curvas de secado por el cambio brusco de velocidad. En esta etapa no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua. La velocidad empieza a decrecer (CD), pudiendo existir uno o varios periodos de velocidad decreciente. El periodo de velocidad decreciente es por lo general el periodo más largo de una operación de secado y depende de la temperatura del aire, velocidad del aire y del espesor del alimento. Es posible que la cantidad de humedad que se elimina durante el periodo de velocidad decreciente sea pequeña; sin embargo, los tiempos de secado pueden ser prolongados.

Una curva de interés para el diseño de secado de frutas es la que relaciona el tiempo de secado con la pérdida de humedad (Figura 10). En esta curva se puede observar la disminución de la cantidad de agua en la muestra a medida que transcurre



el tiempo; la cual puede ser directamente analizada para la determinación de tiempos de secado de grandes masas, hasta llegar al más bajo nivel de humedad.



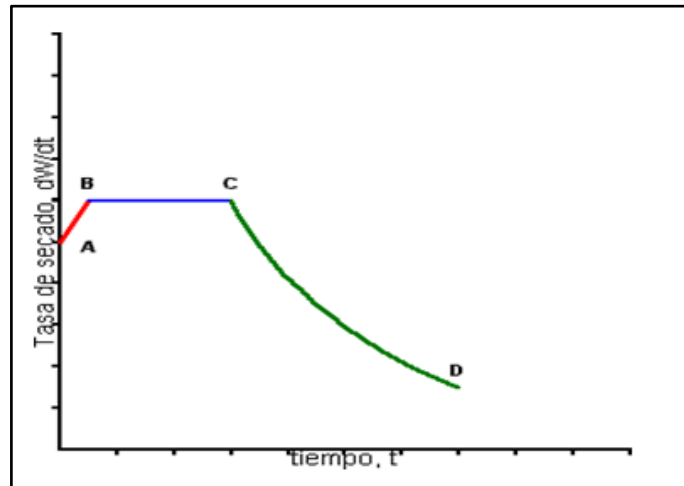
**Figura 10** *Contenido De Humedad En Función Del Tiempo.*

**Fuente:** Mujumdar, (2000)

Si el proceso se lleva a cabo en las mismas condiciones de proceso, para mejores resultados es conveniente comparar en una gráfica donde se coloca la velocidad de secado versus el contenido de humedad libre. En la curva se puede definir las diferentes etapas, tales como: A-B, es un período de equilibrio, donde la superficie busca un equilibrio con el aire. Este período es usualmente corto comparado con el tiempo total de secado. B-C es el periodo de velocidad constante, aquí la superficie del alimento se encuentra saturada con agua; como el agua es evaporada desde la interface, el agua del interior se mueve hacia la superficie.

En la figura 11, se muestra la curva de las diferentes etapas que transcurre durante el secado. La velocidad de secado, es limitado por la velocidad de transferencia de calor hacia el alimento desde el aire caliente. La temperatura es usualmente la temperatura de bulbo húmedo. La siguiente etapa correspondiente a C-D, representa el

período de velocidad decreciente, este es caracterizado por un ligero incremento de la temperatura del producto, la velocidad de secado es controlada por la difusión de la humedad hacia la superficie.



**Figura 11** *Velocidad De Secado ( $dW/dt$ ) En Función Del Tiempo.*

**Fuente:** Garcia, (2007).

## 2.17 CINÉTICA DE SECADO

La cinética de secado muestra la variación de la humedad del material (intensidad de evaporación) con el tiempo. Las curvas de cinética de secado dan idea del tiempo necesario de secado, del consumo de energía, del mecanismo de transferencia de agua, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa, y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables de proceso tales como: la temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc. Esto permite realizar un diseño o una selección más eficiente de secaderos, así como de las variables de proceso Garcia, (2007).

La cinética de secado es de gran utilidad, ya que permite el estudio del proceso de secado bajo condiciones controladas. Además, es esencial para un correcto diseño del



proceso de secado, lo que permite obtener un producto de calidad. La descripción de la cinética de secado contempla:

**Movimiento de la humedad:** la transferencia de masa, es decir del agua, ocurre durante el secado como líquido, vapor o ambos dentro del sólido y vapor desde las superficies húmedas. La resistencia a la transferencia de materia, y no a la transmisión de calor, puede controlar la velocidad de secado Mc Cabe, (1991). Al igual que en otros procesos de transferencia, como transferencia de masa, el proceso de secado de materiales debe considerarse desde el punto de vista de las relaciones de equilibrio (aire-vapor de agua y el material sólido) y además, de las relaciones de velocidad Geankoplis, (1998).

**Difusión dentro del sólido:** dependiendo de la naturaleza del sólido el secado puede basarse tanto en el mecanismo interno de la circulación del líquido como en el efecto de las condiciones externas. En el caso de sólidos no porosos este periodo puede ser descrito por un modelo de difusión y para sólidos porosos por un modelo de flujo capilar.

**Modelo de difusión:** es característico de los materiales que se secan lentamente. La resistencia a la transferencia de vapor de agua desde la superficie del sólido hasta el aire es generalmente despreciable y la difusión dentro del sólido controla la velocidad global de secado. Por tanto, el contenido de humedad en la superficie es muy próximo a la humedad de equilibrio. La velocidad del aire tiene poco o ningún efecto, mientras que su humedad influye sobre el proceso al determinar la humedad de equilibrio Mc Cabe, (1991). En el modelo de difusión es aplicable la segunda ley de Fick que describe el comportamiento de humedad en un sólido no poroso.



**Modelo de flujo capilar:** se puede suponer que un lecho empacado de esferas no porosas contiene espacios vacíos entre dichas esferas que se llaman poros. A medida que se evapora el agua, las fuerzas capilares se ponen en acción debido a la tensión interfacial entre el agua y el sólido. Estas fuerzas proporcionan la fuerza impulsora para el movimiento del agua a través de los poros hacia la superficie de secado, el agua puede fluir desde regiones de concentración elevadas hasta las de bajas concentraciones como resultado de una acción capilar en lugar de difusión, por lo cual es aplicable la primera ley de Fick en lugar de la segunda.

### 2.17.1 Mecanismos de transferencia de materia

El mecanismo de transferencia interna de materia presenta dos teorías gobernantes: Difusión y Capilaridad. Ambas son diferentes desde el punto cualitativo, donde varios autores prefieren la difusión por ser un mecanismo más sencillo Vega, (2006). pero en realidad es el flujo por capilaridad, el cual, rige en el proceso de secado, principalmente en el periodo de velocidad decreciente, pero ambas coinciden en que la velocidad de transporte es proporcional al gradiente de humedad en la mayor parte del secado de los alimentos.

**a. Capilaridad:** Es el flujo de un líquido a través de los intersticios y sobre la superficie de un sólido debido a la atracción molecular entre el líquido y el sólido Barbosa & Gustavo, (2000). El flujo capilar ha sido descrito como el principal mecanismo de transferencia de materia, tanto en la deshidratación como la rehidratación Weerts, (2005).

**b. Difusión:** En productos sólidos de estructura fina en sus propios capilares, poros y pequeños huecos llenos con vapor de agua, es que la difusión molecular del vapor de

agua presenta una clara tendencia de un movimiento desde el interior hacia la superficie durante el secado con aire caliente Barbosa & Gustavo, (2000).

### **2.17.2 Modelado de la cinética de transferencia de materia**

Los modelos empíricos en el secado, básicamente describen la información otorgada por las curvas de secado producidas experimentalmente para varios niveles con distintas variables de proceso, las cuales afectan las curvas de secado, pudiéndose estudiar por comparaciones los datos experimentales con los calculados por los modelos y reconocer los valores de los parámetros, los que están relacionados a estas variables del proceso, como temperatura y velocidad del aire Kiranoudis, (1992).

El modelado de la cinética de secado está restringido, de acuerdo a los periodos del secado que presente el alimento, o sea, inducción, constante y decreciente. Para el caso del período de inducción se hace despreciable por ser un periodo muy corto y ninguna relevancia en el proceso de modelado. En el periodo de velocidad constante también se mueve agua rápidamente y suficiente desde el interior (capilaridad) a la superficie para mantenerla húmeda, en cambio en el periodo de velocidad decreciente, transporte de humedad no es tan rápido para mantener la superficie húmeda, donde el área humedecida en la superficie disminuye gradualmente y comienza a instaurarse el área de secado Turhan, (1997).

Se puede mencionar la fuerza impulsora (ecuación 1) como el gradiente de concentraciones de humedad que presenta el producto, es decir, la razón entre la humedad a tiempo real ( $X_{wt}$ ) y la humedad de equilibrio ( $X_{we}$ ) que tiene el producto, obtenida de su isoterma de desorción a una determinada temperatura. Esta diferencia de humedades se denomina humedad libre, ambas con respecto a la humedad inicial ( $X_{wo}$ ), útil para los tiempos cortos. Y por medio de la fuerza impulsora se puede



obtener la fuerza impulsora reducida (ecuación 2) que presenta únicamente el cambio del cociente, siendo ahora la humedad a tiempo real y la humedad inicial, despreciando la humedad de equilibrio, por ser muy pequeña con respecto a la humedad a tiempo real e inicial, con el fin de obtener una curva de secado que comience de la unidad (1.00), es decir, en el eje y (abscisas), así se normalizan todas las curvas para que empiecen del mismo contenido de humedad inicial, y su utilización en los tiempos largos Vega, (2003).

$$\frac{M_t}{M_o} = \frac{X_{wt} - X_{wo}}{X_{we} - X_{wo}} \dots\dots\dots \text{Ecuación (3)}$$

**Fuerza impulsora.**

$$MR = 1 - \frac{X_{wt} - X_{wo}}{X_{we} - X_{wo}} = \frac{X_{wt} - X_{we}}{X_{wo} - X_{we}} \dots\dots\dots \text{Ecuación (4)}$$

**Fuerza impulsora reducida.**

La resolución de la ecuación de la segunda Ley de Fick se resuelve por medio de la integración del primer término (los demás son despreciables) y para una sola dirección, dependiendo siempre del tipo de geometría al cual se necesite obtener el coeficiente de difusión ( $D_{we}$ ), para esto se tienen las diferentes soluciones de las series ya resueltas, sólo del primer término y de la primera y segunda integración de las mismas.

**Tabla 12**

*Ecuaciones de fusiónales con un solo término del desarrollo de la serie.*

Condiciones	Lamina infinita	Cilindro infinito	Esfera
Tiempos cortos	$\frac{M_t}{M_\infty} = 2\left(\frac{D_{we}t}{\pi.L^2}\right)^{\frac{1}{2}}$	$\frac{M_t}{M_\infty} = 4\left(\frac{D_{we}t}{\pi.r^2}\right)^{\frac{1}{2}}$	$\frac{M_t}{M_\infty} = 6\left(\frac{D_{we}t}{\pi.r^2}\right)^{\frac{1}{2}}$
Tiempos largos	$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-D_{we}\pi^2t}{4L^2}\right)$	$MR = \frac{4}{5,783} \exp\left(\frac{-5,783.D_{we}t}{r^2}\right)$	$MR = \frac{6}{\pi^2} \exp\left(\frac{-D_{we}\pi^2t}{r^2}\right)$

Fuente: (Vega, 2003)

Los datos necesarios para determinar el tiempo de secado del producto a la humedad final que se desee lograr, es por medio de la utilización de la ecuación integrada de la segunda Ley de Fick para un tiempo determinado (largo o corto), con el valor de la Difusividad ( $D_{we}$ ), la geometría y dimensión del producto, la humedad inicial ( $X_{wo}$ ) y de equilibrio obtenida por su isoterma de desorción del producto fresco ( $X_{we}$ ), y la humedad final a la que debe llegar, se despejan y se obtienen el valor del tiempo de secado necesario Fito, (2001).

Al determinar el coeficiente difusional ( $D_{we}$ ), éste pudiese presentar una dependencia con respecto a la concentración o contenido inicial de agua del producto, como también de la temperatura del aire de secado, resultando entonces lógico aplicar la ecuación de Arrhenius (ecuación 5) esta dependencia. Siendo,  $D_{we}$ : coeficiente efectivo de difusividad de agua ( $m^2/s$ );  $D_o$ : coeficiente de Arrhenius ( $m^2/s$ );  $E_a$ : energía de activación (kJ/mol);  $R$ : constante universal de los gases 8.314 (kJ/mol K) y  $T$ : temperatura (K).

$$D_{we} = D_o \cdot \exp\left[\frac{-E_a}{RT}\right] \dots\dots\dots \text{Ecuación (5)}$$



## 2.18 PRUEBA DE FRIEDMAN

Esta prueba puede utilizarse en aquellas situaciones en las que se seleccionan “n” grupos de “k” elementos de forma que los elementos de cada grupo sean lo más parecidos entre sí, y a cada uno de los elementos del grupo se le aplican uno de entre k “tratamientos”, o bien cuando a cada uno de los elementos de una muestra de tamaño n se le aplican los k tratamientos. La hipótesis nula que contrasta es que las respuestas asociadas a cada uno de los tratamientos tienen la misma distribución de probabilidad o distribuciones con la misma mediana, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos la distribución de una de las respuestas difiere de las demás Pardo, (2005).

Es un método no paramétrico lo que quiere decir que es un procedimiento inferencial que no requieren que las observaciones estén dadas en escalas ni que se encuentren sujetas o especifiquen la forma de distribución de la población. El test de Friedman determina observaciones analizadas a escala ordinal, en la cual los tratamientos se designan de forma aleatoria y no existe ningún tipo de interacción entre bloques y tratamientos. Se plantean dos hipótesis; la nula ( $H_0$ ) es aquella que tiene la misma distribución de probabilidad o distribuciones con la misma mediana mientras que en la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) las distribuciones difieren en por lo menos una de las respuestas con respecto a las demás Lara, (2001). Los datos se disponen en una tabla en donde se recogen las respuestas obtenidas después de realizar el análisis sensorial y se calcula mediante la fórmula:

$$FR = \frac{12}{nc(c+1)} \sum R_j^2 - 3n(c+1)$$

..... Ecuación (6)

**Donde:**

**n=** panelistas o jueces





$c$  = número de muestras

$\sum R_j^2$  = sumatoria de los cuadrados de cada una de las muestras.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el laboratorio de Ingeniería de la carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

##### 3.1.1 Construcción del equipo

La construcción y ensamble del prototipo de una cámara de maduración se llevó a cabo en la Empresa “FRIO INDUSTRIAL ANDINO S.A.”, en el área de ensamblaje de equipos para la industria alimentaria, ubicado en la Av. Mariano Núñez Cornejo N° 2753 en la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román. Las pruebas preliminares de funcionamiento y ajuste del prototipo se realizaron en la misma Empresa, en la cual se verificó el buen funcionamiento de los sistemas que contribuye una cámara de maduración de quesos.

##### 3.1.2 Maduración del queso andino

La maduración del queso andino para la validación del equipo, se realizó en el laboratorio de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

#### 3.2 MATERIALES

##### 3.2.1 Materiales utilizados en la construcción del prototipo

- Plancha de acero inoxidable de 0.60 mm de espesor (AISI 304).
- Plancha de acero inoxidable de 0.60 mm de espesor (AISI 201).



- Plancha de acero galvanizado 1/ 20.
- Poliuretano compuesto A y B
- Varillas para soldadura cellector.
- Vidrio Templado.
- Empaque de goma de presión y alta temperatura.
- Remachadora.
- Varilla de soldadura de plata al 5%.
- Remaches galvanizados.
- Ángulos ½ x 1/8”
- Tuberías de cobre (para la línea de alta presión).
- Tubería de cobre (para la línea de baja presión).
- Cable AWG n° 14.
- Cinta metálica.
- Cojinetes para deslizamiento.
- Caja de tablero de control.
- Silicona de alta temperatura.
- Electrodo de soldadura.
- Cable doble blindado N°12.
- Silica gel.
- Humidificador.
- Resistencia flexible de 60 watts.
- Compresor de 1/6 HP de potencia.
- Condensador.
- Evaporador de tubería de cobre de 5/16 de un espesor en sus paredes de 0.60 micras.



- Gas refrigerante R134a-Ecológico.
- Aceite Polyéster sintético.
- Ventilador.
- Empaque de goma.
- Controlador FULL GAUGE MT- 530 SUPER.
- Bulbo sensor (temperatura, humedad y ventilación)
- Tablero de control
- Instalación de sofwar SITRAD al PLC

#### **3.2.1.1 Equipos**

- Soldadura eléctrica FERR – 1800 TURBO.
- Soldadura autógena.
- Soldadura TIG INVERTING VRD 130.
- Soldadura de punto.
- Soldadura de acero.
- Bomba de vacío.
- Manómetros.
- Torno.
- Roladora de planchas.
- Esmeril eléctrico BOSCH GSM 175.
- Taladro INDURA T13 1050.
- Amperímetro BNTEK DT 8308.
- Utilización de equipos e instrumentos en planta de fabricación.

#### **3.2.1.2. Herramientas**

- Cortador de tubo de cobre.



- Doblador de tubo de cobre.
- Alicates, desarmadores varios.
- Juego de brocas.
- Pernos.
- Pulidor de tubos.
- Otras herramientas utilizadas.

### 3.2.1.3 Materiales para la automatización

El presente proyecto de investigación tiene una etapa de automatización del prototipo de la cámara de maduración, la cual se realizó en las mismas instalaciones de la Empresa Frio Industrial Andino S.A y se utilizaron los materiales que se muestran en la tabla:13

**Tabla 13**

*Materiales para la automatización*

Material	Unidad de medida	Características	Función
Sensor FULLGAUGE	Unidad	MT-530E súper -115 o 230 Vac ±10%(50/60 Hz)	Bulbo de Control de temperatura y humedad
Humidificador	Unidad	Resistencia Flexible de 60 watts	Generador de humedad
Panel Electrónico	Unidad	Led de indicación de salida:(Temperatura ,Humedad ,Auxiliar,Buzzer)	Visualización en la pantalla Led de la Temperatura ,Humedad

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 14**

*Materiales para la evaluación*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Características</b>	<b>Función</b>
Equipo prototipo de una cámara de maduración de quesos	Unidad	Automatizado: control de temperatura y humedad por el controlador Full Gauge	Equipo para la maduración del queso andino
Moldes	Unidad	Moldes cilíndricos de acero inoxidable de 5 cm de diámetro x3 cm de altura	Obtención de muestras del queso andino
Queso Andino	Unidad	Gramos	Para su Maduración en el equipo .

Se presenta la tabla 14, donde se muestra los materiales para la ejecución del presente proyecto de investigación.

### **3.2.1.4 Programa empleado para diseño**

Los programas utilizados para en diseño del prototipo de la cámara de maduración de queso andino fueron:

- Auto CAD 2D
- Auto CAD 3D.

### **3.2.2 Materiales utilizados para la validación**

#### **3.2.2.1 Muestra**

Para estudiar el funcionamiento del prototipo de la cámara de maduración y su optimización se utilizaron la siguiente muestra:

- queso Andino



### 3.2.2.2 Equipos e instrumentos de laboratorio

- Equipo de Extracción Soxleht.
- Equipo micro Kjeldahl.
- Estufa para determinar la humedad marca Menmmert de 300°C.
- Refrigerador refrigerante bajo – 50°C.
- Balanza analítica Ohausad venturer y mettler Toledo.
- Tubos de ensayo 15 y 50 ml.
- Placa Petri de 15 ml.
- Crisoles 20g.
- Lunas de reloj 10g.
- Mufla 100 – 700°C.
- Pipeta bulo métricas.
- Matraces Kjeldahl de 30ml.
- Aparato de destilación Kjedahl.
- Matraces ernmeyer de 50ml y 100ml.
- Crisoles de porcelana.
- Balones Kjeldal de250ml.
- Pipetas 10 ml.
- Probetas de 100ml.
- Texturometro TPA.
- Analizador de Actividad de agua(aw).
- Cámara digital toma de imágenes.



### **3.2.2.3 Insumo y materiales para microbiología**

- Agar plate Count (Aerobios mesófilos).
- Agar VRB (Violet Red Bile) (Coliformes).
- Placas Petri.
- Pipetas.
- Autoclave.
- Incubadora.

### **3.2.2.4 Materiales de análisis sensorial**

- Platos de 8 pulg.
- Agua de mesa.
- Vasos descartables.
- Cuchillos pequeños marca tramontina.
- Servilletas descartables.
- Hojas de calificación.
- Lápices.
- Mondadientes.

## **3.3 METODOLOGÍA**

### **3.3.1 Metodología para la construcción del prototipo**

#### **3.3.1.1 Metodología y cálculo matemático para el dimensionamiento del prototipo**

El prototipo de la cámara de maduración está diseñado para trabajar a alta, mediana y bajas temperaturas y alto porcentaje de humedad, además su composición en toda su estructura garantiza su utilización en la industria alimentaria ya que se fabricó con planchas de acero inoxidable AISI 304.





**Tabla 15**

*Datos iniciales de la cámara de maduración*

<b>Item.</b>	<b>Valores</b>
Capacidad	21kg.
Forma	Prisma rectangular
Temperatura de diseño	4 - 16 °C
Humedad de Diseño	80 - 100 %
Muestra	Queso Andino de Diámetro de 5cm x 3 de alto

**Nota:** En la tabla 15, se aprecia los datos iniciales de la cámara de maduración, para los cuales se realizará los distintos cálculos de ingeniería.

### 3.3.1.2 Calcular el área lateral del prototipo de la cámara

Se determinará el Área lateral del prototipo de la cámara de maduración mediante la siguiente expresión.

$$AL= Pb \times h \dots\dots\dots \text{Ecuación (7)}$$

**Donde:**

**AL:** Área Lateral (cm<sup>2</sup>)

**Pb:** Perímetro de la base (cm)

**h:** altura (cm)

$$Pb = 2(a) + 2(b) \dots\dots\dots \text{Ecuación (8)}$$

**Donde:**



**Pb:** Perímetro de la base (cm)

**a:** lado a (cm)

**b:** lado b (cm)

### 3.3.1.3 Calcular el área total prototipo de la cámara

Se determinará el área total del prototipo de la cámara de maduración mediante la siguiente expresión.

$$AT = AL + 2Ab \dots\dots\dots \text{Ecuación (9)}$$

**Donde:**

AT: Área Total (cm<sup>2</sup>)

AL: Área Lateral (cm<sup>2</sup>)

Ab: Área de la base (cm<sup>2</sup>)

$$Ab = b + h \dots\dots\dots \text{Ecuación (10)}$$

**Donde:**

Ab: Área de la base (cm<sup>2</sup>)

b: base (cm)

h: Altura (cm)



### 3.3.1.4 Cálculo del volumen del prototipo de la cámara de maduración

Se determinará el volumen total del prototipo de la cámara de maderación mediante la siguiente expresión.

$$V = Ab \times h \dots\dots\dots \text{Ecuación (11)}$$

**Donde:**

V: Volumen (cm<sup>3</sup>)

Ab: Área de la base (cm<sup>2</sup>)

h: Altura (cm)

$$Ab = b \times h \dots\dots\dots \text{Ecuación (12)}$$

**Donde:**

Ab: Área de la base (cm<sup>2</sup>)

b: base (cm)

h: Altura (cm)

### 3.3.1.5 Cálculo del área de la rejilla de la cámara

Se determinará el Área de la rejilla del prototipo de la cámara de maduración mediante la siguiente expresión.

$$A = b \times h \dots\dots\dots \text{Ecuación (13)}$$

**Donde:**

A: Área (cm<sup>2</sup>)



b: base (cm)

h: Altura (cm)

### 3.3.1.6 Cálculo de espesores de aislamiento y requerimiento frigorífico del prototipo

#### 3.3.1.6.1 Cálculo del flujo de calor

Este cálculo matemático se realizó para hallar el flujo de calor capaz de atravesar las paredes del prototipo de la cámara de maduración en relación a su espesor (e) y régimen estacionario y cuyos lados existen temperaturas  $t_e$  y  $t_i$  (temperatura exterior e interior), donde la  $t_e > t_i$ , está dado por la siguiente formula:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

K = Coeficiente global de transmisión de calor de la pared (W/m<sup>2</sup>K) o (Kcal/hm<sup>2</sup>°C).

S = Superficie del cerramiento, (m<sup>2</sup>)

$\Delta t$  = Diferencia de temperaturas ( $t_e - t_i$ ) (°C)

#### 3.3.1.6.2 Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor

El cerramiento está compuesto por paredes de acero inoxidable con aislante de poliuretano, donde las caras son planas paralelas lo cual el coeficiente global de transmisión de calor (K) fue determinada por la siguiente formula:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (15)}$$

e = Espesor del cerramiento (m)

$\lambda$  = conductividad térmica del cerramiento (Kcal/h m °C).

$h_i$  y  $h_e$  = Coeficientes superficiales de transmisión de calor interior y exterior, respectivamente, (W/m<sup>2</sup>K) o (Kcal/hm<sup>2</sup>°C).

### 3.3.1.7 Cálculo de temperaturas

Este proyecto de investigación está situado en la Escuela Profesional de ingeniería Agroindustrial de la región de Puno. Los datos meteorológicos del clima en cuanto a la temperatura y humedad se representan en la siguiente tabla 16:

**Tabla 16**

*Temperatura máxima promedio mensual, según departamento 2014 -2015*

Departamento	2014												2015											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Amazonas	20,2	19,1	19,3	19,8	20,1	20,5	20,0	19,7	20,1	20,5	21,4	19,8	18,7	20,0	19,5	19,2	19,5	19,6	19,9	20,7	21,0	21,6	21,3	19,2
Ancash	20,0	19,6	19,1	20,2	19,8	21,8	21,5	21,7	21,8	21,7	21,6	21,7	21,1	20,8	...	21,1	21,0	22,9	22,7	22,9	22,6	21,5	21,1	20,9
Apurímac	...	...	...	...	...	21,5	20,1	20,4	21,0	21,8	23,7	21,7	20,1	20,1	20,1	19,0	20,4	20,1	21,1	21,4	22,8	23,2	22,9	22,1
Arequipa	22,1	22,9	22,3	23,5	22,7	23,5	23,8	22,9	23,5	23,6	23,5	23,1	23,9	20,9	21,4	22,9	23,3	24,6	23,9	24,9	25,4	25,7	25,9	26,6
Ayacucho	26,3	26,9	27,3	27,3	28,1	27,2	27,4	27,1	27,0	27,4	28,9	27,4	25,6	25,3	24,9	24,7	26,5	26,3	27,0	27,1	27,5	27,0	28,6	27,6
Cajamarca	22,1	22,5	20,8	21,8	21,6	22,3	22,3	21,5	21,9	22,4	22,4	21,8	20,8	21,7	21,2	21,2	21,3	21,6	22,3	23,0	23,1	22,8	22,7	22,9
Cusco	21,3	21,1	21,6	21,2	21,0	22,6	21,1	20,9	21,0	21,8	22,8	21,4	19,8	20,8	20,8	19,6	20,5	21,6	21,5	22,0	22,4	22,0	22,5	20,9
Huancavelica	16,1	16,0	15,2	15,7	16,8	17,0	16,5	16,6	16,1	16,2	18,3	17,2	15,7	15,9	15,2	14,7	16,2	16,3	17,4	17,6	18,3	18,3	19,1	17,4
Huánuco	25,7	25,8	25,9	26,9	27,1	27,6	27,1	26,4	26,6	26,2	26,9	26,3	26,4	25,4	26,6	26,0	26,1	26,6	26,5	27,4	28,4	27,6	27,7	26,8
Ica	32,8	34,2	33,8	31,8	27,4	25,1	25,8	27,2	28,4	29,9	30,6	31,5	31,9	32,3	33,2	33,0	29,5	26,7	26,0	26,4	28,4	29,5	29,8	31,0
Junín	19,9	19,5	19,4	20,1	20,9	21,6	20,1	20,7	20,5	20,6	22,1	20,9	19,6	19,5	19,5	19,0	20,4	20,6	21,4	21,6	22,0	22,2	21,7	20,3
La Libertad	27,7	27,6	27,4	25,5	26,1	24,6	21,7	21,8	22,1	22,4	23,8	24,8	26,9	28,7	29,2	28,1	26,6	25,7	24,0	23,0	24,2	24,4	25,7	26,6
Lambayeque	29,5	28,6	28,5	27,1	26,7	26,1	24,1	23,6	23,7	23,9	25,3	26,9	28,0	29,0	29,4	28,1	27,9	27,0	25,5	24,4	25,8	26,0	26,6	27,9
Lima	26,3	27,5	27,3	23,3	21,7	21,0	17,6	17,5	18,1	19,7	21,8	23,2	24,8	27,7	27,8	25,5	23,4	21,9	19,8	...	20,2	21,1	21,4	23,4
Loreto	31,4	31,9	31,4	31,3	31,5	31,1	31,3	31,9	33,1	32,6	32,1	31,8	30,8	32,2	31,0	31,0	31,4	31,9	31,8	32,9	34,5	33,7	33,0	31,9
Madre de Dios	30,1	30,0	32,1	32,3	29,4	29,7	28,4	32,2	33,4	34,6	31,4	31,0	30,8	31,2	32,0	31,8	29,5	30,6	29,6	32,6	33,7	33,1	32,3	32,5
Moquegua	27,4	28,1	27,4	27,0	26,5	26,1	26,9	27,8	27,1	28,0	27,3	27,0	28,2	26,0	27,0	27,3	27,1	27,7	26,6	27,4	28,3	28,1	27,7	29,3
Pasco	10,4	10,0	10,3	10,3	11,0	11,7	10,7	10,7	10,5	10,3	12,1	11,1	10,5	10,6	10,4	9,9	10,8	11,2	12,0	12,3	12,3	11,7	11,8	10,9
Piura	33,5	34,5	34,9	...	31,4	30,9	29,0	29,1	29,8	30,0	30,3	31,4	33,4	34,7	34,8	...	31,8	30,6	29,7	29,0	30,7	30,8	30,8	32,7
Puno	15,4	15,9	16,3	15,9	16,2	16,6	15,4	15,0	15,0	16,0	17,5	17,4	15,2	15,7	15,3	14,6	15,4	15,8	15,1	15,6	17,0	17,3	18,3	17,8
San Martín	27,8	26,7	27,8	27,9	28,9	28,6	29,0	29,0	29,0	29,2	29,4	27,9	26,8	28,4	28,3	28,1	27,7	28,0	28,6	29,5	30,6	30,4	30,2	28,2
Tacna	29,1	27,9	27,3	24,0	22,1	19,3	18,9	20,1	19,9	23,4	25,3	25,8	27,3	28,6	28,7	25,9	22,7	21,0	19,7	20,5	22,7	23,6	25,0	27,0
Tumbes	31,5	31,7	32,0	31,9	31,5	30,5	29,2	28,1	28,5	28,6	30,0	30,3	33,2	33,4	32,4	32,7	33,0	32,2	31,1	30,0	30,8	30,4	31,7	33,2
Ucayali	30,9	30,9	30,1	30,8	30,6	30,8	30,2	32,6	33,4	32,6	31,4	31,6	30,8	30,5	31,2	30,7	30,4	31,4	31,3	33,5	35,1	33,6	32,2	32,2

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

**Tabla 17**

*Humedad relativa mínima y máxima anual, según departamento 2006 -2015*

Año	Ilo (Moquegua)			Puno (Puno)			Puerto Maldonado (Madre de Dios)			SHNA (Loreto)		
	Prom.	Mín.	Máy.	Prom.	Mín.	Máy.	Prom.	Mín.	Máy.	Prom.	Mín.	Máy.
2006	80	72	87	48	30	70	87	82	90	90	87	93
2007	83	71	93	63	44	84	88	84	91	88	84	93
2008	77	71	79	67	51	82	...	...	...	88	86	90
2009	78	67	89	69	61	79	...	...	...	88	84	90
2010	78	71	87	66	43	82	...	...	...	88	85	90
2011	74	69	81	70	55	81	...	...	...	90	87	91
2012	75	70	81	74	67	81	...	...	...	...	...	...
2013	78	72	87	74	66	78	...	...	...	...	...	...
2014	78	65	84	66	54	81	...	...	...	...	...	...
2015	81	74	91	60	39	68	...	...	...	87	86	93

**Fuente:** Marina de Guerra del Peru-Dirección de Hidrología y Navegación, (2016).

Para el cálculo y estimación de la temperatura y humedad para nuestro diseño del equipo se consideró la temperatura media del mes más cálido. El cálculo de la temperatura exterior en cada cerramiento, dependerá de la orientación de cada parámetro.

Para el cálculo de la temperatura se estimó con la siguiente expresión:

$$T^a \text{ de cálculo } t_c = 0,4*t_{me}+0,6*t_{max} \dots\dots\dots\text{Ecuación(16)}$$

**Donde:**

**t<sub>me</sub>**=Temperatura media del mes más cálido.

**t<sub>max</sub>**=Temperatura máxima del mes más cálido.

El cálculo de la temperatura exterior para los cerramientos de prototipo de la cámara se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 18**

*Cálculo de Temperaturas exterior para el prototipo*

Asignación de Temperatura para el cálculo	Temperatura
Temperatura Media del mes más cálido (tme)	12.5
Temperatura máxima del mes más cálido (tmax)	18
Humedad Relativa media %	39
T <sup>a</sup> de cálculo $t_c = 0,4 \cdot t_{me} + 0,6 \cdot t_{max}$	15.8

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** Para el cálculo de la Humedad relativa se consideró la Humedad relativa media %.

### 3.3.1.8 Cálculo del espesor del aislante

Para el cálculo del espesor del aislante del cerramiento de sus paredes y techo del prototipo de la cámara de maduración, se procede a fijar el flujo de calor máximo permisible. La cámara del presente proyecto está compuesta por un sistema de refrigeración (control de temperatura), sistema de humidificación y aireación constante, donde las pérdidas máximas admisibles en cada cerramiento de la cámara se fijarán en 8 K cal /h.

Por tanto, como  $Q = K \cdot S \cdot \Delta t$ , para  $S = 1 \text{ m}^2$ , nos queda:

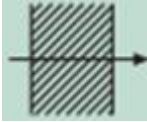
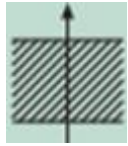
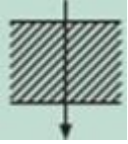
$$Q = K \cdot \Delta t. \dots\dots\dots \text{Ecuación (17)}$$

El aislante que se utilizó en las paredes del prototipo es espuma de Poliuretano.

Conductividad Térmica ( $\lambda$ )=0.026

**Tabla 19**

*Coefficientes Superficiales de transmisión de calor.*

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal.		0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal < 60° y flujo ascendente .		0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente.		0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

**Nota:** Los valores que se han tomado para el cálculo son:

**Tabla 20**

*Coefficientes superficiales de transmisión de calor*

COEFICIENTES SUPERFICIALES DE TRANSMISION DE CALOR UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO (m <sup>2</sup> h°C/kcal)			
	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Cerramientos verticales	0,13	0,07	0,2
Cubierta	0,2	0,06	0,26
Suelo	0,11	0,06	0,17



**Tabla 21**

*Paredes, techos del prototipo*

<b>PAREDES, TECHO PROTOTIPO</b>	
Cámaras de maduración	14
Cámaras de conservación	4
t <sup>a</sup> interior (°C)	4
t <sup>a</sup> exterior (°C)	15,8
K = Q/DT	0,67796610
1/K	1,48
1/K = 1/he + e/l + 1/hi	
espesor mínimo aislante e (m)	0,0256
se dispondrá el cerramiento del prototipo de e (m)	<b>0,09</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.1.9 Cálculo de las necesidades frigoríficas para el prototipo

#### 3.3.1.9.1 Cálculo de balance térmico

#### **A. Cálculo de la carga térmica debido a las pérdidas por transmisión por las paredes y techos (conformación de la estructura de la cámara de maduración) Q1.**

Este refiere a la cantidad de calor que es capaz de atravesar las paredes y techo de la estructura del prototipo en relación a su espesor (e) en cuyos lados existen temperaturas (te = temperatura exterior y ti = temperatura interior), donde te > ti la cual está dada por la siguiente formula.

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t \dots\dots\dots \text{Ecuación (18)}$$

**Dónde:**

K = Coeficiente global de transmisión de calor de la pared (W/m<sup>2</sup>K) o (Kcal/hm<sup>2</sup>°C).

S = Superficie del cerramiento, (m<sup>2</sup>)



$Dt$  = Diferencia de temperaturas ( $t_e - t_i$ ) ( $^{\circ}C$ )

## B. Cálculo de carga térmica debido a las necesidades por renovación de aire. $Q_2$

Es la carga térmica a evacuar de un recinto frigorífico, en este proyecto se establecerá para el prototipo de la cámara de maduración, que será necesaria debido a la renovación del aire

$$Q_2 = Q_{2.1} + Q_{2.2} \dots\dots\dots \text{Ecuación (19)}$$

### Q2.1. Carga térmica debido a las necesidades por renovaciones técnicas de aire

La carga térmica debida a este concepto se corresponde con la siguiente expresión:

$$Q_{2.1} = m_a \cdot \Delta h = (V \cdot \rho \cdot n) \cdot \Delta h \dots\dots\dots \text{Ecuación (20)}$$

**Siendo:**

$Q_{2.1}$  = Carga térmica debido a renovaciones de aire, Kcal/día.

$m_a$  = Masa del aire, Kg/día.

$V$  = Volumen del recinto,  $m^3$ .

$\rho$  = Densidad media del aire entre las condiciones exteriores e interiores, Kg/  $m^3$ .

$n$  =  $N^0$  de renovaciones técnicas, renovaciones /día.

$\Delta h$  = Diferencias de entalpias entre el aire exterior e interior.

### Q2.2. Carga térmica debido a las necesidades por renovaciones técnicas de aire<sup>2</sup>.

$$Q_{2.2} = m_a \cdot \Delta h = (V \cdot \rho \cdot n) \cdot \Delta h \dots\dots\dots \text{Ecuación (21)}$$



**Siendo:**

$Q_{2.2}$  = Carga térmica debido a renovaciones de aire, Kcal/día.

$m_a$  = Masa del aire, Kg/día.

$V$  = Volumen del recinto,  $m^3$ .

$\rho$  = Densidad media del aire entre las condiciones exteriores e interiores,  $Kg/m^3$ .

$n$  =  $N^0$  de renovaciones técnicas, renovaciones /día.

$\Delta h$  = Diferencias de entalpias entre el aire exterior e interior.

### **C. Cálculo de la carga térmica debido a las pérdidas por refrigeración. Q3.**

El prototipo del presente proyecto tiene un sistema de refrigeración (con temperatura superior a  $0^{\circ}C$ ), donde en este equipo solo entran las pérdidas debido a la refrigeración del queso andino.

Esta carga térmica se calcula mediante la expresión:

$$Q_3 = m \cdot C_p \cdot (t_i - t_r) \dots \dots \dots \text{Ecuación (22)}$$

**Siendo:**

$Q_3$  = Carga térmica debido a la refrigeración del producto, Kcal/día.

$m$  = Masa del producto a refrigerar, Kg/día.

$C_p$  = Calor específico del producto, Kcal/  $kg^{\circ}C$ .

$t_i$  = Temperatura de entrada del producto,  $^{\circ}C$ .



$t_r$  = Temperatura de conservación del producto en estado de refrigeración, °C.

#### **D. Cálculo de la carga térmica debido a las necesidades de conservación del producto. Q4.**

En la maduración y conservación del queso andino se tomará los siguientes valores:

- Quesos en maduración a temperaturas establecidas se desprende 1800 Kcal /tn día.
- Quesos en conservación de 2-4 °C se desprende 180 Kcal/tn día.

#### **E. Cálculo de la carga térmica debido al calor desprendido por el motor ventilador.**

El cálculo preciso de este aparato se necesitó las características previas del ventilador instalado, donde debido al tiempo de horas de funcionamiento se tomó los valores de forma bastante aproximada el equivalente calorífico de trabajo del ventilador un valor entre el 5% y 8% de  $Q_1+Q_2+Q_3$ .

$$Q_5 = n \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \dots \dots \dots \text{Ecuación (23)}$$

Siendo  $n$  un valor comprendido entre 0.05 y 0.08.

#### **F. Cálculo de la carga térmica debido a las necesidades por pérdidas diversas. Q6.**

En el prototipo se considerarán pérdidas como:

- Debido a la convección y radiación de los aparatos y tuberías por donde circula el fluido refrigerante, donde las tuberías de cobre estarán aisladas, las pérdidas generalmente son inevitables.
- Debido por la abertura de la puerta, entre otras cargas térmicas.



$$Q_6 = \alpha \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \dots \dots \dots \text{Ecuación (24)}$$

Siendo  $\alpha$  un valor comprendido entre 0.1 y 0.15.

### **G. Cálculo de la Carga Térmica Total del Prototipo**

El cálculo de la carga térmica total del prototipo resultara de los 6 apartamentos anteriores , donde esta carga térmica se debe corregir mediante un factor de corrección que oscila entre 0.7 y 0.9 ,aumentando así la carga térmica .Para la cámara de maduración de queso andino se tomara el factor de corrección de 0.85 .la cual este se deberá a la gran diferencia de temperatura que se tiene entre el producto y el aire del espacio refrigerado al principio de del control de la temperatura deseada.

A continuación, se muestra los resultados del balance térmico requerido para el Prototipo de la Cámara de maduración del queso andino.

**Tabla 22**

*Cuadro para hallar la carga térmica del Prototipo de la cámara de maduración del queso andino.*

---

**Prototipo de Cámara de Maduración del queso andino**

---

$t^a$  interior (°C)  
Hr (tanto x 1)  
Largo (m)  
Ancho (m)  
Alto (m)  
Volumen de cámara (m<sup>3</sup>)  
Capacidad de quesos a madurar (kg)  
 $t^a$  de entrada de queso (°C)  
Calor específico del queso (kcal/kg°C)

---

**Datos de las Paredes y techo**

---

1/he  
1/hi  
1/he + 1/hi

---

**Cargas Térmicas**

---

Carga térmica por cerramiento (Total)  
Carga térmica debido a la necesidad de renovación de aire  
Carga térmica por perdidas por refrigeración de producto  
Carga por funcionamiento de ventilación  
Carga térmica por perdidas diversas  
Carga térmica total  
Factor de corrección  
CARGA TOTAL CORREGIDA  
Potencia necesaria del Prototipo(Kcal/h)

---

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.1.10 Elección del equipo frigorífico

#### 3.3.1.10.1 Refrigerante utilizado

El refrigerante utilizado será el R134A-Ecológico por las siguientes razones:

- El R134a es un HFC que no daña la capa de ozono.
- Tiene una gran estabilidad térmica y química.



- Propiedades termodinámicas excelentes.
- Es un gas de una baja toxicidad y no es inflamable.
- Excelente compatibilidad con la mayoría del material.

Este gas refrigerante a utilizarse es muy utilizado en el aire acondicionado, chillers del sector industrial y comercial, además es una sustancia con muy poca toxicidad donde el índice por inhalación LCLO es inferior a 500.000 ppm.

### **3.3.1.10.2 Compresor a utilizarse**

El compresor a utilizarse para el prototipo de la cámara de maduración será un compresor hermético de potencia de 1/6 de HP y consumo de 200 watts, el cual se encargará de generar frío y contribuir con el control de la temperatura dentro de la cámara de maduración. A continuación, se presenta las siguientes características del compresor:

- Alta eficiencia, alta capacidad de refrigeración y congelación de evaporación en cada rango de aplicación.
- Bajos niveles de ruido.
- Menor consumo de energía.
- Más confiable.
- Filtro incluido.
- Aplicación para, alta, media y baja temperatura.
- Diseño compacto y ligero.

### **3.3.1.10.3 Condensador a utilizarse.**

El condensador será el encargado de eliminar el calor con que llega el vapor recalentado desde el compresor, esto se lo hace al medio que lo rodea, pudiendo ser aire donde el condensador actúa como un intercambiador de calor. Para el sistema que se instalara para el prototipo de la cámara de maduración será un condensador de rejillas.

### **3.3.1.10.4 Evaporador a utilizarse**

El evaporador en la cámara de maduración tendrá la función de transferencia de la energía térmica, en la cual actúa como un intercambiador de calor, aquí se podría decir que se lleva a cabo el efecto refrigerante. En el prototipo de la cámara se hizo un evaporador por serpentín de tubería de cobre la cual está colocada en la estructura interna de las paredes.

### **3.3.1.10.5 Elemento de expansión**

Este elemento tendrá la función de controlar el paso del refrigerante y separar la parte alta y baja presión del sistema. Se utilizó el tubo capilar se sección circular pequeña como elemento de expansión la cual actuará reteniendo el flujo del líquido refrigerante que estará conectado al tubo que va hacia el evaporador.

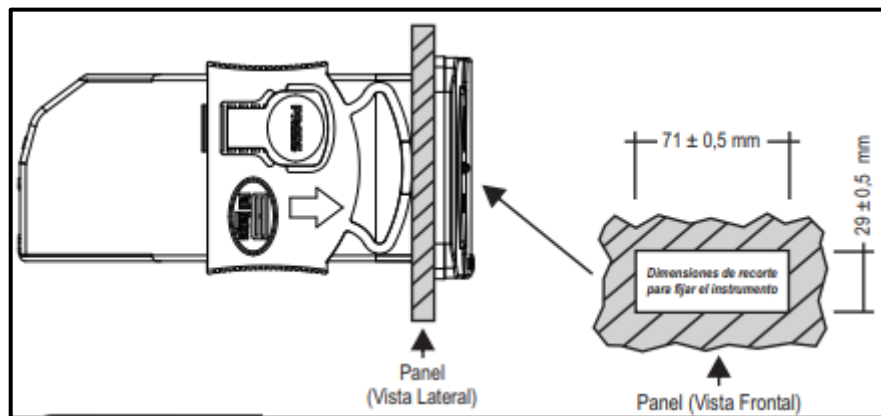
### **3.3.1.11 Diseño del prototipo**

Ya realizado los cálculos de dimensionamiento, cálculos de flujo de calor, espesor de la estructura, cálculos de las necesidades frigoríficas y elección del sistema, se procedió a diseñar el prototipo de la cámara de maduración de quesos con la ayuda de la herramienta CAD (2D y 3D), donde realizamos la estructura entre sí con sus cortes y medidas necesarias. En el Anexo 1, se presentan los respectivos planos del prototipo.

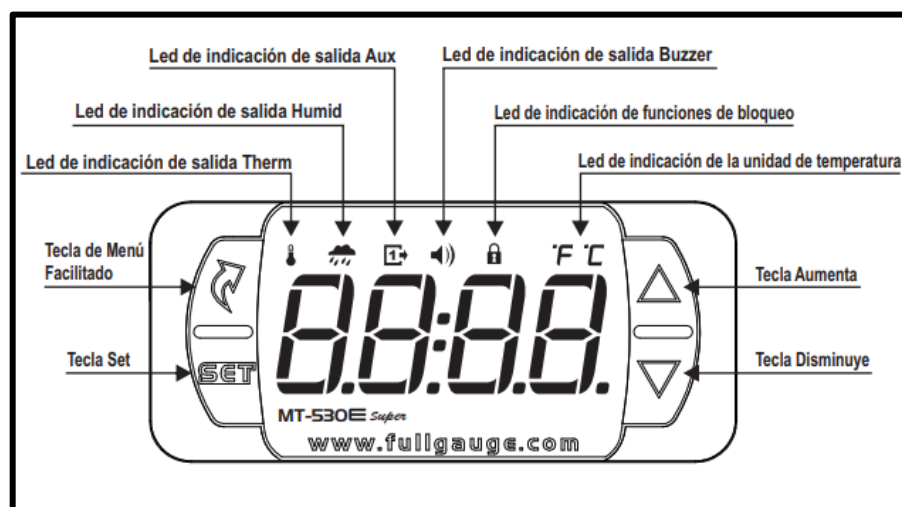


### 3.3.1.12 Sistema de control

Para el sistema de control del prototipo de la cámara de maduración de quesos, estará conformado con la implementación de un PLC,s, donde este dispositivo tenga la capacidad de poder controlar la temperatura, Humedad y ventilación del equipo. El dispositivo propuesto para la instalación es el FULL GAUGE MT 530-SUPER, el cual es un dispositivo industrial, el más eficaz y amigable con el usuario. Por otro lado, el dispositivo poseerá un solo bulbo sensor para el control de los parámetros y el sistema de cableado será totalmente hermético.



**Figura 12** Estructura Del Panel Del Controlador FULL GAUGE MT-530

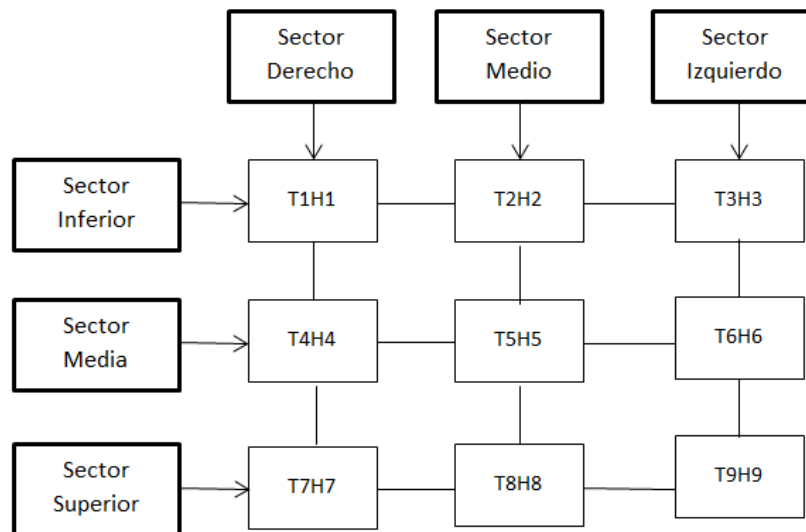


**Figura 13** Controlador FULL GAUGE MT-530.

**Nota:** Indicaciones y Teclas del controlador FULL GAUGE MT-530.

### 3.3.1.13 Ubicación del bulbo sensor

A continuación, se presenta el siguiente diagrama para la ubicación adecuada del bulbo sensor, el cual dará lectura real de los parámetros de temperatura y humedad en el interior de la cámara de maduración



**Figura 14** Diagrama Establecido De Los Sectores Para La Toma De Datos De La Temperatura Y Humedad Del Prototipo

## 3.3.2 Método para la validación del prototipo

### 3.3.2.1 Método experimental

El queso andino de la Empresa Bioindustrias Lácteas Estrellita & Belén E.I.R.L, registrado con la marca “GOLOSO”. En el diagrama se aprecia el proceso desde la recepción de la materia prima (leche), hasta el proceso de la obtención del queso andino y como ultima el proceso de maduración

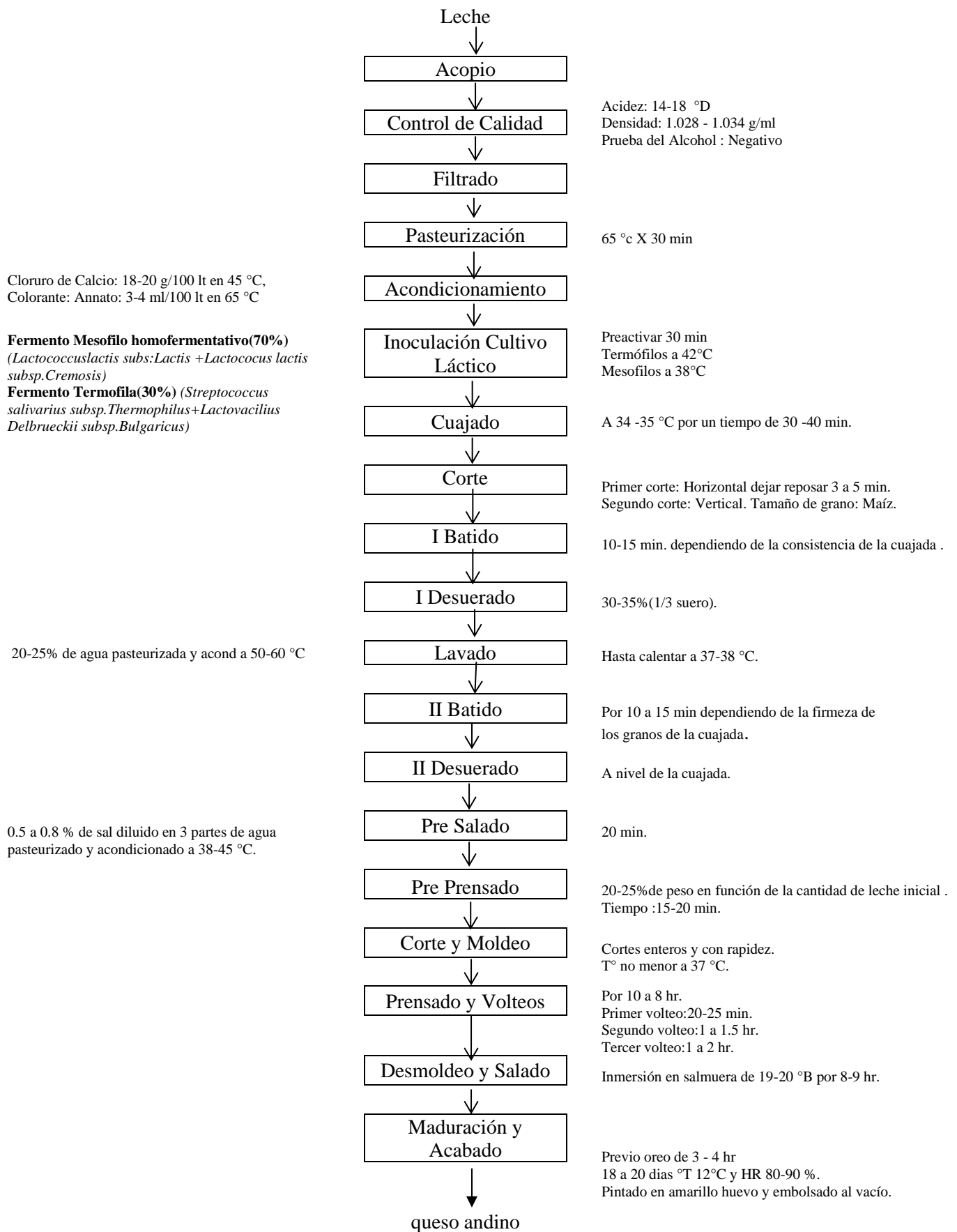


### **3.3.2.2 Materia prima**

Se utilizó (Leche cruda fresca) de la especie vacuno raza *brows swuiss*: proveniente de los proveedores de leche de la planta quesera, que pertenecen a la comunidad de Cara Cara del Distrito de Nicasio Provincia de Lampa-Puno. La leche una vez procesada en las instalaciones de la planta quesera se obtuvo el queso andino, el cual fue transportada en cajas termicas de Poliestireno y adecuadamente acondicionados hasta la ciudad de Puno y finalmente abierta en el Laboratorio de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, para su extracción de las muestras y posterior maduración de acuerdo a los requerimientos de este proyecto.

### **3.3.2.3 Metodología experimental para la obtención del queso andino.**

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la elaboración del queso andino



**Figura 15** Diagrama de flujo de elaboración del queso andino.

**Fuente:** Adaptado de PRADERA,(2011)



### **3.3.2.4 Procedimiento experimental**

#### **3.3.2.4.1 Recepción.**

Se realizó el acopio de la leche hacia la planta, realizando un control de calidad tales como: % acidez, densidad. Previa homogeneización de la leche.

#### **3.3.2.4.2 Control de calidad.**

Se realizó un control físico químico de la materia prima: densidad, pH y acidez

#### **3.3.2.4.3 Filtrado.**

Se filtró con el fin de eliminar impurezas físicas como: pelos, pajas entre otros.

#### **3.3.2.4.4 Pasteurización.**

La leche fue sometida a tratamiento térmico para la destrucción de microorganismos patógenos e inactivar parte de las enzimas. En este caso a una temperatura de 67°/ 30 min Ccopa, (2006).

#### **3.3.2.4.5 Enfriamiento.**

Se enfrió utilizando agua fría, hasta obtener una temperatura de 40°C para agregar cloruro de calcio (18gr/100Lt) con la finalidad de mejorar la firmeza de la coagulación, restableciendo así el equilibrio de los minerales que se perdieron en la pasteurización.

#### **3.3.2.4.6 Inoculación cultivo láctico.**

A una temperatura de 34 – 36°C se le adiciono cuajo, con el fin de coagular la leche, donde el cuajo descompone a la caseína y facilita la unión, el agua así obtener la cuajada, se revuelve constantemente durante 2 min para que la mezcla sea homogénea.



#### **3.3.2.4.7 Coagulado.**

Se dejó reposar durante 30 min aproximadamente, hasta que el cuajo actuó y se obtuvo una consistencia adecuada para luego realizar el corte y posterior desuerado.

#### **3.3.2.4.8 Corte.**

Seguidamente se realizó el corte utilizando liras, haciendo cortes horizontales y verticales (0.5 – 1.0 cm<sup>3</sup> aproximadamente) para favorecer la expulsión del suero del interior de la cuajada, durante 5 min aproximadamente y luego se dejó en reposo 3 min aproximadamente para que maduren los granos y/o adquieran consistencia adecuada.

#### **3.3.2.4.9 I Batido.**

El batido se hizo lentamente durante 5 min aproximadamente luego se aceleró gradualmente hasta completar a un tiempo de 20 min, hasta llegar a un punto de arroz, esto para eliminar la mayor cantidad de suero posible.

#### **3.3.2.4.10 I Desuerado.**

Se realizó extrayendo al 10% aproximadamente del total del suero, esto para evitar cambios bruscos de temperatura de la masa y así regular la acidificación de los granos de la cuajada.

#### **3.3.2.4.11 Lavado**

El lavado de la cuajada, se hizo con el fin de controlar la acidificación para lo cual se le adiciono 20% (del volumen total inicial) de agua estéril a una temperatura de 60 – 70°C.



Se hizo un lavado con el fin de extraer el suero ácido del centro de los granos de masa y regular la acidez.

#### **3.3.2.4.12 II Batido**

Se batió constantemente para mantener la temperatura a 38 – 40°C y no producir cambios bruscos en los granos de la cuajada.

#### **3.3.2.4.13 Desuerado**

Se realizó extrayendo 60% aproximadamente del total del suero.

#### **3.3.2.4.14 Pre – prensado**

Se realizó con la finalidad de eliminar el suero de la cuajada y hacerla más compacta, por un tiempo aproximado de 20 min. Con un peso de 2 – 3 veces mayor que el peso de la cuajada.

#### **3.3.2.4.15 Corte**

Se hizo cortes para facilitar el moldeo.

#### **3.3.2.4.16 Moldeo**

Se utilizó moldes de plástico, llenando de la cuajada, cubriéndolo enseguida con la tapa para que le dé una mejor forma.

#### **3.3.2.4.17 Prensado y volteo**

Se realizó para retirar la mayor cantidad de suero. Se incrementa gradualmente la presión. Después del pre-prensado se procede al volteo y luego se deja prensado hasta obtener una pasta sólida con bajo contenido de humedad. Se considera un tiempo de 12 horas y un peso de 6kg/kg de queso.



#### **3.3.2.4.18 Desmoldeo**

Finalizado la operación de prensado se procede al desmolde del queso

#### **3.3.2.4.19 Salmuera**

El salado se realizó con la preparación de salmuera (2.5% de sal) que fue esterilizado a 85°C por 10 – 15 min. Con el fin de eliminar bacterias patógenas, la salmuera se adiciono previo colado muy lentamente por las paredes de la tina para no producir cambios bruscos de temperatura. Se mantuvo a 42°C para no reseca la cuajada.

#### **3.3.2.4.20 Maduración**

Se realizó durante 21 días en el prototipo de la cámara de maduración de quesos, controlando la temperatura, humedad y cierta ventilación.

#### **3.3.2.5 Metodología para la maduración del queso andino**

Las muestras del queso andino se introducen al Prototipo para que desarrolle el proceso de maduración durante 21 días como mínimo para los 3 tratamientos TQA1(T:10-12°C y H: 90-95 %), TQA2(T:12-14°C y H: 85-90 %) y TQA3(T:14-16°C y H: 80-85%) y a una aireación constante respectivamente. En el proceso de maduración se procedió al volteo diario durante los primeros 5 días y luego inter diario para controlar la formación de hongos y controlar la salud en la superficie de los quesos. Para los tiempos de maduración 0, 5, 10, 15 y 21 días se realizó los análisis programados por la investigación, donde una maduración adecuada y controlada permitió el desarrollo de las características como aromas, sabores, olores y textura característico para este tipo de queso andino. Las muestras de queso andino ingresaron al experimento con un valor promedio en sus características de Aw: 0.984, Ph: 8.38 y Humedad: 90.32.





A continuación, para los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensorial evaluados durante la maduración del queso andino se utilizaron lo siguiente:

### 3.3.2.6 Factores de estudio

#### **Factor 1:** Tiempo de Maduración

T1: Tiempo 1: (0 días)

T2: Tiempo 2: (5 días)

T3: Tiempo 3: (10 días)

T4: Tiempo 4: (15 días)

T5: Tiempo 5: (21 días)

#### **Factor 2:** Temperatura para la Maduración.

T°1: Temperatura: (10 – 12°C).

T°2: Temperatura :(12 – 14°C).

T°3: Temperatura :(14 – 16°C).

#### **Factor 3:** Humedad para la Maduración.

H1: Humedad: (90 – 95%).

H2: Humedad :(85 – 90%)

H3: Humedad: (80 –85%)

### 3.3.2.7 Variables de respuesta

Para el factor 1, 2 y 3:



Características físico químicas para un determinado tiempo, temperatura y Humedad de maduración del queso andino se determinó:

- Determinación de Proteínas (%) (AOAC., 2000)
- Determinación de Grasa (%), A.O.A.C.
- Determinación de Ceniza (%), A.O.A.C.
- Determinación de Humedad (%), A.O.A.C.
- Determinación de pH.
- Determinación de Actividad de Agua (aw)
- Determinación de Perfil de textura (TPA)
- Análisis para la Medida del Color (MATLAB)

Análisis microbiológico para un determinado tiempo, temperatura y Humedad de maduración del queso andino se determinó:

- *Mesofilos aerobios.*
- *Enterobacterias.*
- *Staphylococcus aureus.*
- *Listeria Monocitogenes.*
- *Salmonella sp*

Cinética de secado-Maduración efecto del tiempo, temperatura y Humedad de maduración del queso andino se determinó:

- Difusividad Efectiva.

Evaluación Sensorial del efecto del tiempo, temperatura y humedad de maduración del queso andino con la evaluación no paramétrica de FRIEDMAN:

- Forma del queso.



- Corteza.
- Color.
- Aberturas.
- Olor.
- Sabor.
- Aroma.
- Gusto acido.
- Textura.

### **3.3.2.8 Análisis físicoquímico del queso andino madurado**

El análisis fisicoquímico del queso andino se realizó en el Laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Altiplano, aplicando su respectivo procedimiento para la determinación de su característica y aspecto. en las muestras del queso.

#### **3.3.2.8.1 Determinación de humedad**

Se realizó por desecación en una estufa una temperatura de 65°C con una muestra de 5 gramos, hasta lograr peso constante durante 48 horas. En ese lapso de tiempo la muestra perdió la humedad, lo que quedo es la materia seca. Se determinó la humedad por diferencia de peso inicial, y el peso final, obteniéndose el porcentaje de humedad (A.O.A.C, 1993).

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{gr.de muestra}} * 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación (25)}$$



### 3.3.2.8.2 Determinación de proteína total

Se determinó por el método micro kjeldhal, usando un factor 6.25 para convertir el nitrógeno a proteína total. El procedimiento comprendió de tres fases: digestión, destilación y titulación. Se pesó 0.1 g. de muestra, se lleva a un balón Kjeldahl, se agrega 2.5ml. de ácido sulfúrico y se coloca a una cocina de digestión hasta que quedo cristalizado. La muestra digerida se agregó NaOH, e inmediatamente se conectó el vapor para que se produzca la destilación, se colocó el refrigerante y se recibió el destilado en un erlemeyer con contenido de ácido bórico más indicadores de pH; la destilación termino cuando hubo un viraje de color, luego se procedió a titulación con HCL. Se anotó el gasto y se procedió a hacer los cálculos con la siguiente fórmula, (A.O.A.C, 1993).

$$\% N = \frac{ml\ HCL\ x\ normalidad\ x\ meq\ x\ N2}{gr.de\ muestra} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación (26)}$$

### 3.3.2.8.3 Determinación de la ceniza

La muestra se incineró a 500°C en una mufla para quemar todo el material orgánico, para ello se colocó 2g. de muestra en un crisol de porcelana y se llevó a la mufla durante 3 horas. Después de haber enfriado se procedió a pesar. El porcentaje de cenizas de determinada de la siguiente manera (A.O.A.C, 1993)

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{peso de ceniza}}{\text{peso de muestra}} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación (27)}$$

### 3.3.2.8.4 Determinación de la grasa

Se determinó el método soxhlet, para lo cual se pesó 2g. de muestra, se empaqueta en un papel filtro whatman N°2 se coloca el paquete en el cuerpo del aparato



soxhlet, debe ser tarado libre de humedad (anotando peso) y luego agregar hexano, seguidamente se conecta a una fuente de color, al calentarse se evapora y asciende a la parte superior, allí se condensa por refrigeración y cae sobre la muestra, regresando al balón por sifón. Se evapora el hexano remanente en el balón una estufa a 60°C y enfría en una campana. Los cálculos se realizaron con las siguiente formula A.O.A.C, (1993).

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(\text{peso de balón+grasa})-(\text{peso de balón vacío})}{\text{peso de muestra}} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación (28)}$$

#### **3.3.2.8.5 Determinación del pH**

Se determinó sumergiendo la muestra molida de 5 g. en un Erlenmeyer de 100 ml con agua destilada de 20 ml. Luego se hizo reposar durante 20 minutos y se sumergió con potenciómetro digital ya antes graduada. Hasta tener lectura estandarizada, de potencial Redox. 1 a 7.

#### **3.3.2.8.6 Determinación de la actividad de agua (Aw)**

La determinación de la actividad de agua (Aw) en el queso andino durante su maduración se llevó a cabo con un equipo. Este equipo nos da la lectura de la actividad de agua, donde se estabiliza el equipo y luego se utiliza 20 gramos de muestra triturada.

#### **3.3.2.9 Determinación del perfil de textura (TPA)**

El análisis de perfil de textura (TPA) se realizó con un equipo texturometro BROOKFIELD CT3 bajo las siguientes condiciones:

- Dimensiones de la muestra: 40 mm de altura (L) x 30 mm de diámetro.
- Se utilizó un accesorio cilíndrico de prueba de 31 mm de diámetro.
- Compresión: 40 % de deformación.



-Velocidad a 1 mm/seg.

-Se realizó 3 repeticiones.

### **3.3.2.10 Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico para el queso Andino se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad Nacional del Altiplano, aplicando la metodología estandarizada por DIGESA, el CODEX ALIMENTARIO y las normas sanitarias vigente de criterios microbiológicos de Calidad Sanitaria e inocuidad de alimentos y bebidas de consumo humano, donde se determinó:

-*Mesofilos aerobios*.

-*Enterobacterias*.

-*Staphylococcus aureus*.

-*Listeria Monocitogenes*.

-*Salmonella sp.*

### **3.3.2.11 Metodología para determinar la difusividad efectiva**

#### **3.3.2.11.1 Cinética de secado - maduración del queso andino**

El estudio de cinética de secado –maduración del queso andino se realizó en el prototipo diseñado para este estudio para 3 tratamientos (QAT1, QAT2 y QAT3), a diferentes temperaturas (T1=10-12 °C, T2=12-14 °C y T3=14-16 °C), Humedad (H1=90-95%. H2=85-90 %. y H3=80-85 %) y una aireación constante.

Durante el secado-maduración se midió la pérdida de peso durante los tiempos (0, 120, 240, 360 y 504 horas) que respectivamente corresponde a los días 0, 5, 10, 15 y 21 días de maduración en el prototipo desarrollado para su automatización.

**Tabla 23**

*Datos registrados durante el secado-maduración del queso andino*

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Peso de muestra</b>	<b>Pérdida de peso (g).</b>	<b>g de agua</b>	<b>(Hbs) g agua/ g materia seca</b>
<b>0</b>	( )	( )	( )	( )
<b>120</b>	( )	( )	( )	( )
<b>240</b>	( )	( )	( )	( )
<b>360</b>	( )	( )	( )	( )
<b>504</b>	( )	( )	( )	( )

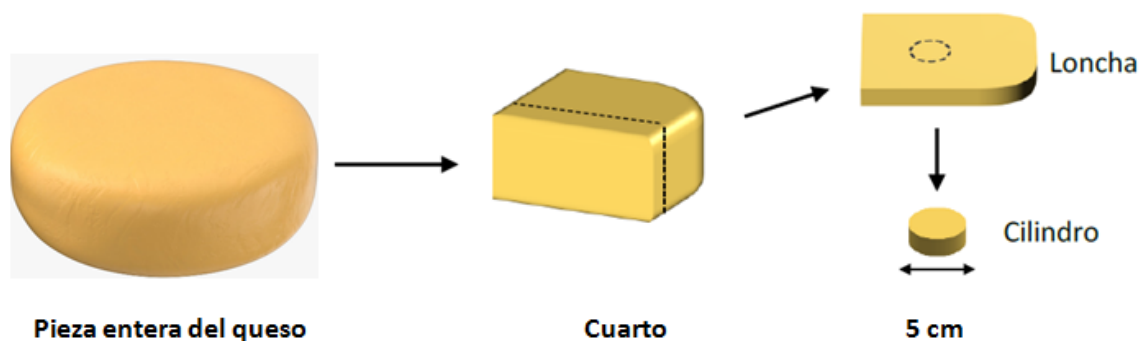
**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se describe la metodología seguida en la determinación de las curvas de secado y de los perfiles de humedad de un mismo lote y geometría, las cuales fueron sometidos a los tratamientos de maduración mencionados, las muestras fueron introducidos al prototipo para su maduración respectiva.

### 3.3.2.11.2 Determinación de cinéticas de secado y perfiles de humedad en piezas cilíndricas

Se utilizaron muestras de queso controlada provenientes de la planta quesera Bioindustrias Lácteas Estrellita & Belén E.I.R. L, acondicionadas a una geometría cilíndrica en las que solo se permitió la transferencia de materia de forma radial. Las muestras cilíndricas fueron de 3 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro, donde dichas muestras se obtuvieron a partir de un molde cilíndrico de acero inoxidable y un cortador de queso.

Estas muestras se obtuvieron a partir de lonchas de queso partido transversalmente de los dos cuartos de queso andino destinados para su maduración y así encontrar la difusividad efectiva.

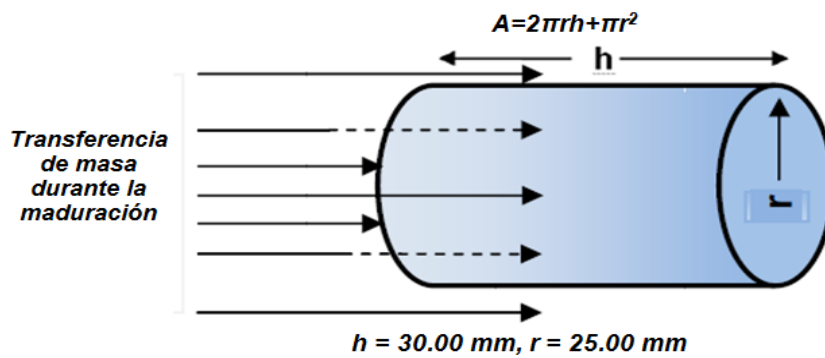


**Figura 16** Esquema Del Corte De Queso Andino Para La Obtención De Las Muestras Cilíndricas.



### 3.3.2.11.3 Determinación del área del cilindro para las muestras del queso andino

Se realizó la determinación del área para las muestras del queso andino, en este se halló el área para la figura geométrica del cilindro como se muestra a continuación, donde la única área fuera del alcance para su transferencia de masa fue una de las bases circulares.



**Figura 17** Área De Exposición En La Forma Cilíndrica.

Una de las características que se mantuvo constante durante secado- maduración del queso andino fue el área de contacto para todas las muestras en sus respectivos tratamientos.

**Tabla 24**

*Área de contacto en la forma Cilíndrica del queso andino*

Forma	Área
Cilindro	0.0067m <sup>2</sup>



### 3.3.2.11.4 Determinación de las curvas de secado - maduración

Para la determinación se construyeron las siguientes curvas de secado: pérdida de peso vs tiempo, Humedad en base seca (Hbs) vs tiempo, Velocidad de secado vs Hbs y Velocidad de secado vs tiempo, que permitieron determinar la humedad crítica y la humedad de equilibrio de los tres tratamientos (QAT1, QAT2 y QAT3). Estas curvas permiten representar gráficamente la variación de diversos parámetros a medida que transcurre el proceso de secado –maduración, las curvas de mayor interés en la descripción de la cinética de secado son: la humedad libre Vs Tiempo y Velocidad de secado Vs humedad libre.

### 3.3.2.11.5 Cálculo de difusividad efectiva (Def)

Se utilizó el modelo de la segunda Ley de Fick para la forma cilíndrica. Se aplicó el modelo difusional para el cilindro:

$$\frac{X - X^*}{X_o - X^*} = \frac{4}{r_a^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\beta_n^2} \exp(-\beta_n^2 D_{ef} t) \dots\dots\dots \text{Ecuación (29)}$$

**Dónde:**

**X:** Contenido de humedad en el tiempo t.

**X<sub>o</sub>:** Contenido de humedad inicial.

**X\*:** Contenido de humedad de equilibrio.

**r<sub>a</sub>:** es el radio del cilindro.

**β<sub>n</sub>:** raíces de primera clase y de orden cero.



El coeficiente difusional efectivo ( $D_{ef}$ ) para cada forma geométrica cilíndrica, se calculó a partir de la pendiente de la línea recta, obtenida al graficar el  $\ln(X-X^*)/(X_0-X^*)$  en función del tiempo de secado.

### 3.3.2.11.6 La influencia de la temperatura de secado en la difusividad

La influencia de la temperatura de secado en la difusividad se midió con la Energía de activación.

$$D_{ef} = D_o \exp\left(\frac{-Ea}{RT}\right) \dots\dots\dots \text{Ecuación (30)}$$

**Dónde:**

$D_0$ : es un factor pre-exponencial.

$Ea$ : es la energía de activación (kJ/mol).

$R$ : la constante de los gases (8,314 J/ (g-molK)).

### 3.3.2.12 Metodología para el análisis sensorial del queso andino

#### 3.3.2.12.1 Lugar de ejecución

El Análisis sensorial de los quesos se realizó en el Laboratorio de Ingeniería de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano, donde se determinaron las propiedades organolépticas del queso Andino por medio de los sentidos. Los parámetros a evaluarse como forma del queso, corteza, color, aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura, sirvieron para determinar la calidad y aceptabilidad en los tratamientos (QAT1, QAT2 y QAT3) durante la maduración del



queso, por ello se proporcionó las muestras de queso andino a 12 catadores para que emitan su juicio.

### **3.3.2.12.2 Determinación de variables, niveles y jueces para el análisis sensorial**

**Variable Independiente:** quesos andinos a diferentes tratamientos.

**Niveles:** Los niveles son 3 (QAT1, QAT2 y QAT3).

**Variable Dependiente:** Parámetros Sensoriales de Evaluación.

#### **Apariencia Exterior (presentación)**

- a) Forma del queso
- b) Corteza/ Superior

#### **Apariencia exterior:**

- c) Color.
- d) Aberturas.

#### **Flavor:**

- e) Olor.
- f) Sabor.
- g) Aroma.
- h) Gusto Acido.

#### **Textura:**

- i) Textura Global.

**Número de Jueces:** 12



Los 12 Jueces evaluaron los parámetros sensoriales como, forma del queso, corteza, color, aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura. Los jueces estaban conformados por 10 alumnos del décimo semestre de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y dos expertos en catación de quesos. La Degustación se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería de la escuela profesional mencionada anteriormente, en la cual se acondiciono el lugar donde se realizó la catación. Se presentaron a los jueces tres muestras tres muestras rotuladas en orden aleatorio, junto con la ficha diseñada donde muestra la escala para conocer el agrado o desagrado de los tratamientos. Después de la catación de los quesos andinos a diferentes tratamientos de maduración por parte de los jueces, ellos procedieron a llenar el test de aplicación de perfiles sensoriales. Los resultados cualitativos se transformaron en cuantitativos mediante la prueba de Friedman seguida del ANVA para comprobar si existe diferencia significativa entre las medias y en caso de encontrar diferencia significativa se utilizó una prueba de comparaciones múltiples, la prueba de tukey al 95 % de confianza.

### **3.3.2.12.3 Prueba de Friedman**

Esta prueba consiste en otorgar un valor numérico a cada uno de los atributos sensoriales, siendo así en la escala el valor de 5 corresponde a muy buena y el 1 corresponde a muy malo como se muestra en la Tabla 23. En seguida los datos recolectados fueron calculados mediante la fórmula de Friedman que consiste en realizar las respectivas operaciones, tomando en cuenta el número de jueces y muestras para obtener un valor experimental y al ser comparado con el valor tabulado interpretar estos resultados respectivos

**Tabla 25**

*Escala de evaluación Sensorial para la Prueba de Friedman*

<b>Escala</b>	<b>Numeración</b>
Muy malo	1
Malo	2
Regular	3
Buena	4
Muy Buena	5

#### **3.3.2.12.4 ANVA**

En estadística el análisis de varianza permite comparar las medias de dos o más tratamientos. En esta investigación se estudió una sola variable independiente que son los tratamientos de maduración del queso andino, por lo que se utilizó el ANVA de un factor. Para realizar la comparación de las medias de los tratamientos (QAT1, QAT2 y QAT3) en cuanto a los parámetros sensoriales como forma del queso, Corteza, Color, Aberturas, Olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura, donde se debe conocer si existe diferencia significativa al 95 % de confianza.

### 3.3.2.12.5 Comparaciones múltiples

En esta investigación se utilizó la prueba de tukey mediante el cual se determina si existe diferencias entre el promedio de puntajes de las muestras de los tratamientos (QAT1,QAT2 y QAT3) en los atributos evaluados respectivamente ,para ello es necesario conocer si estas diferencias son significativas o no ,realizando comparaciones de medias de par en par .Se puede establecer la varianza correspondiente a los jueces o a otras agrupaciones en bloque también puede ser comparada con un error experimental aleatorio. En estas comparaciones múltiples se establece la hipótesis nula (Ho) en la que se menciona que todos los tratamientos son iguales, frente a la hipótesis alterna (Hi) en donde almenos uno de los tratamientos es diferente a los demás

$$DHS = \sqrt{\frac{CME}{J}} * RES \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (31)}$$

**Donde:**

**CME:** cuadrado medio del error

**J:** número de jueces o repeticiones

**RES:** valor tabulado al 95% de confianza (horizontalmente grados de libertad de tratamiento y verticalmente grados de libertad del error)

### 3.3.2.12.6 Matriz de operacionalización de las variables

A continuación, se presenta la operacionalización de las variables para el análisis sensorial del queso andino.

**Tabla 26**

*Operacionalización de las variables*

Variable	Dimensión	Indicador
<b>Independiente</b>		
<b>Tratamientos</b>	QAT1	. Perfil de Aceptabilidad
	QAT2	. Perfil de Aceptabilidad
	QAT3	. Perfil de Aceptabilidad
<b>Dependientes</b>		
<b>Parámetros Sensoriales</b>	Forma, corteza, color, aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y Textura	.Prueba de Friedman

**3.3.2.12.7 Técnica e instrucción de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos aplicada en esta investigación comprendida para los parámetros sensoriales se aplicó una encuesta



definida como “aquella que obtiene datos útiles para la descripción y la predicción de un fenómeno permitiendo hacer estimaciones con población de referencia” Hernandez, (2001). La encuesta estuvo basada en la recolección de juicios (12 jueces, en la cual 10 eran estudiantes de la escuela profesional de ingeniería Agroindustrial y 2 catadores expertos de la región Puno) que evidencien lo teórico y práctico, para ello se formularon varias preguntas direccionadas y enmarcadas a las propiedades sensoriales y aceptación del queso madurado como producto final. Seguidamente se analizaron los datos cualitativos y fueron transformados a cuantitativos como se muestra en la tabla 25, donde se obtiene el promedio emitido para cada formulación y se realizó el análisis estadístico correspondiente.

### Tabla 27

*Tabla para la recopilación de resultados de las variables dependientes.*

<b>Forma del Queso-Corteza-Color-Aberturas-Olor-Sabor-Aroma-Gusto Acido-textura</b>			
	<b>QAT1</b>	<b>QAT2</b>	<b>QAT3</b>
<b>r1</b>	Xt1.1	Xt2.1	Xt3.1
<b>r2</b>	Xt1.2	Xt2.2	Xt3.2
<b>r3</b>	Xt1.3	Xt2.3	Xt3.3
<b>r4</b>	Xt1.4	Xt2.4	Xt3.4
<b>r..</b>	Xt1	Xt2	Xt3
<b>r12</b>	Xt1.12	Xt2.12	Xt3.12
<b>Σ</b>	<b>Xt</b>	<b>Xt</b>	<b>Xt</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Ho:** Los tratamientos no tienen efecto sobre la forma, corteza, color, aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura

**Hi:** Los tratamientos sí tienen efecto sobre la forma, corteza, color, aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura

### 3.3.2.12.8 Procesamiento de datos

El procesamiento para la evaluación sensorial del queso andino se realizó la estadística para los tres tratamiento de maduración con la prueba de Friedman calculada a partir del cuadrado de las sumatorias o rangos de cada juicio emitido por los 12 jueces, el mismo que fue comparado con la Chi cuadrado determinando si existe o no diferencia entre los parámetros sensoriales evaluados en muestra de queso .Si el factor de Friedman es mayor que la Chi cuadrado se acepta la hipótesis nula ,por lo tanto se acepta la hipótesis alterna siendo necesario realizar un análisis de varianza para cada atributo del queso andino seguido de la comparación de medias con la prueba de Tukey al 95 % de confianza. Finalmente, al ser comparadas las medias se determina si existe diferencia significativa.

## 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el primer, segundo y tercer factor en estudio se usó el método diseñado completamente al azar con arreglo factorial de 3x5 para 3 tipos de Temperatura, 3 Humedades y 5 tiempos (días) de maduración.

**Tabla 28**

*Esquema Experimental Para La Determinación De Las Características Fisico-Químicas Del Queso Andino*

Temperatura	T1					T2					T3				
Humedad	H1					H2					H3				
Tiempo (Días de Maduración)	D0	D5	D10	D15	D21	D0	D5	D10	D15	D21	D0	D5	D10	D15	D21
REP 1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
REP2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
REP3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

**Fuente:** Elaboración Propia.

Para el segundo y tercer factor en estudio se evaluó bajo el método estadístico factorial de 3 temperaturas (T1, T2 y T3) y 3 humedades (H1, H2 y H3).



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

##### 4.1.1 Dimensiones del prototipo de la cámara para su diseño

En la tabla 27, se muestra los resultados obtenidos de los cálculos realizados para determinar las dimensiones y especificaciones del Prototipo de la cámara de maduración.

**Tabla 29**

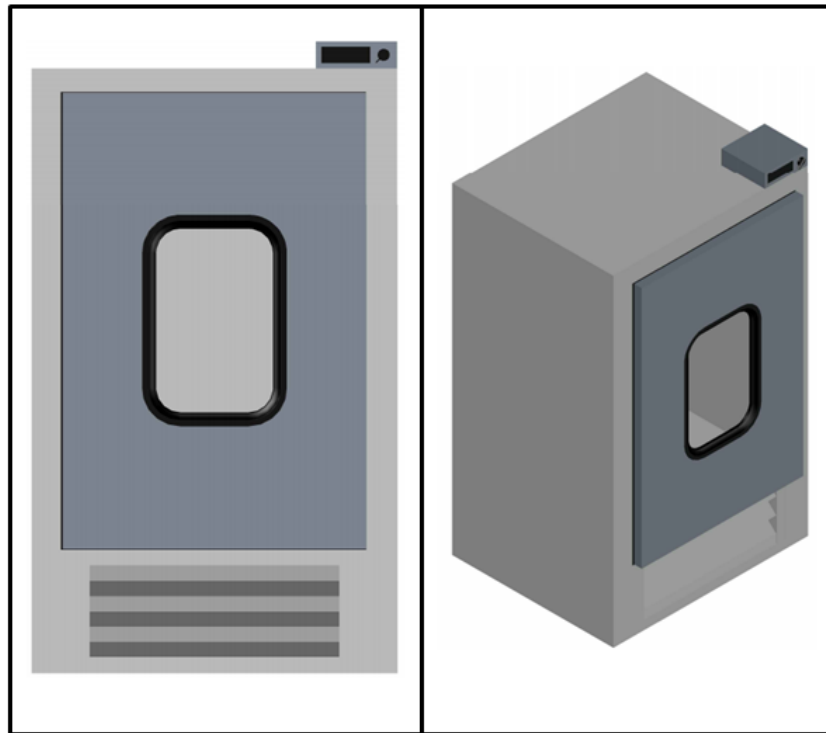
*Dimensiones y capacidad del prototipo.*

Variable	Cálculo
t <sup>a</sup> interior (°C)	10 - 16
Hr (tanto x 1)	0. 9
Largo (m)	0. 47
Ancho (m)	0. 56
Alto (m)	0. 79
Volumen de cámara (m <sup>3</sup> )	0. 2
Capacidad de quesos a madurar (kg)	21
Velocidad del ventilador (rpm)	3000
Área de las rejillas (m <sup>2</sup> )	0. 25
Distancia entre rejillas (m)	0. 015
t <sup>a</sup> de entrada de queso (°C)	20
Calor específico del queso (kcal/kg°C)	0. 64
<b>Cerramientos en la estructura</b>	
Espesor del cerramiento vertical de la cámara (lateral Derecho e Izquierdo) (m)	0. 09
Espesor del cerramiento de la cámara ( superior e inferior)(m)	0. 07
<b>Cargas Térmicas</b>	
Potencia necesaria del Prototipo(Kcal/h)	<b>202. 433824</b>
Carga térmica debido a la necesidad de renovación de aire	1786
Carga térmica por perdidas por refrigeración de producto	441
Carga por funcionamiento de ventilación	179. 55



Carga térmica por pérdidas diversas	359.1
Carga térmica total	4129.65
Factor de corrección	0.85
<b>CARGA TOTAL CORREGIDA</b>	<b>4858.41177</b>

Se aprecia en la tabla 27, que la cámara de maduración para su automatización presenta las dimensiones establecidas de Largo=0.47, Ancho=0.56 y Alto=0.79 m, donde su capacidad de almacenamiento del queso para su maduración es de 21 Kg, el volumen interior es de 0.2 m<sup>3</sup>. Las medidas utilizadas para la construcción del prototipo se determinaron en base al volumen geométrico de cada queso y generar una buena circulación de humedad y aireación. Cuenta con ventilador de 3000 rpm y en su estructura con cerramientos de espesor de 0.09 m para las partes laterales y 0.07 m para la parte superior e inferior, puesto que Pacheco, (2015), indica en su investigación que el aislamiento adecuado para la cámara de quesos es de 3 pulgadas donde el cerramiento no debe tener contacto con el ambiente interno ni externo de la cámara y debe ser colocado de tal manera que garantice los requerimientos. La carga térmica total del prototipo por los cerramientos es de 1364 y la potencia necesaria es de 202.433824 Kcal/h respectivamente.



**Figura 18** *Diseño Del Prototipo De La Cámara De Maduración.*

En la Figura: 18, se puede apreciar el diseño que se realizó el prototipo de la cámara de maduración de quesos en 2D y 3D, este diseño se ejecutó con las medidas calculadas en la cual está compuesta por su estructura y su sistema de control.

#### **4.1.2 Montaje físico del prototipo de la cámara**

En la Figura: 19, se aprecia el resultado del montaje de la cámara de maduración de quesos, en la cual está compuesto por su estructura, sistema de refrigeración para el control de temperatura, sistema de humidificación, sistema de ventilación, bulbo sensor, rejillas, puerta y su PLC de la marca FULL GAUGE MT-530 Súper.



**Figura 19** Montaje Físico del Prototipo.

**Tabla 30**

*Ficha Técnica del Prototipo Diseñado.*

Información	Descripción	Indicador	Unidad
Requerimiento del Prototipo			
Alimentación de Energía	Energía	220 60	V Hz
Consumo de Energía	Energía	0.25	KW
Estructura del Prototipo			
Material Exterior	Acero Inoxidable	304	ASTM
Material Interior	Acero Inoxidable	201	ASTM



Tipo de Aislante	Espuma de poliuretano	0.9	M
Volumen de la cámara	Volumen	0.2	m3
<b>Sistema de Aireación</b>			
Ventilación	Motor ventilador	3000	Rpm
<b>Sistema para Temperatura</b>			
Potencia del motor	Compresor	.1/6	Hp
	Aceite Polyester Sintético	-	-
Potencia	Frigorífica	600	BTUs
Sistema de Intercambio de calor	Evaporador de tubería de cobre	5/16	In
	Espesor	0.6	Micras
Refrigerante en el sistema	Gas refrigerante	R-134 <sup>a</sup>	HFC
Sistema de Condensación	Condensador por parrilla		
<b>Sistema para la Humedad</b>			
Generación de Humedad	Resistencia flexible	60	Watts
<b>Sistema de control de Temperatura y Humedad</b>			
Controlador	Controlador Industrial con un solo bulbo sensor -Full Gauge MT-530	-	-

En la tabla 28, se aprecia las características del prototipo de la cámara de maduración de quesos para su construcción y sus especificaciones técnicas de los materiales, accesorios requerimiento y consumo de energía ,donde en su estructura exterior está compuesta por el acero inoxidable AISI 201 y la estructura interior con el acero inoxidable AISI 304, lo cual garantiza que esta no pueda oxidarse y así generar las mejores condiciones sanitarias adecuadas para la maduración de los quesos ya que se trabajara con altos porcentajes de humedad .El prototipo comprende de un compresor de 1/6 de Hp de potencia con una potencia frigorífica de 600 BTUs, un intercambiador de calor (evaporador con tubería de cobre de 5/16 ") y un sistema de condensación por parrillas,



El sistema frigorífico para regular la temperatura está compuesto por un gas refrigerante ECOLOGICO R-134a, ya que el cual es del tipo hidroclorofluorocarbonatado (HFC) que no daña la capa de ozono y es utilizado en la refrigeración comercial como lo menciona pacheco, (2015).

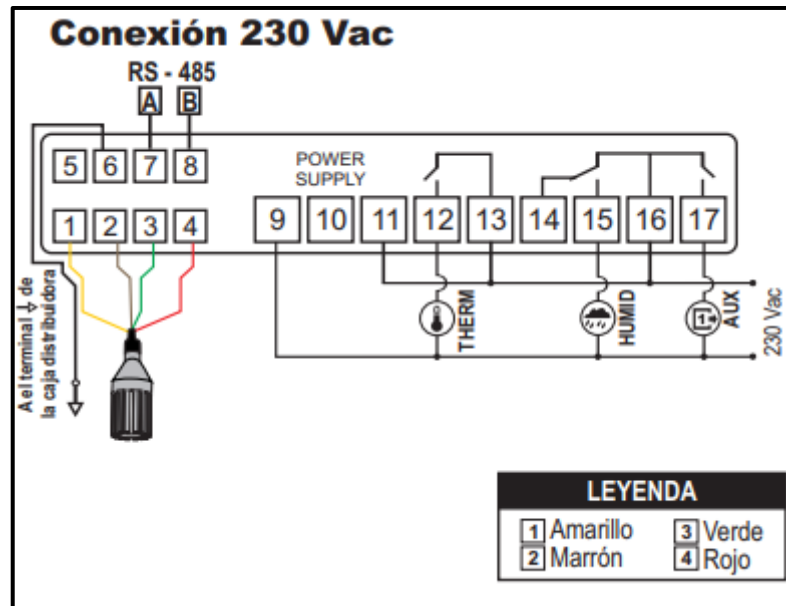
Para la generación de humedad comprende un sistema de resistencia flexibles de 60 watts en contacto con el agua, para el sistema de ventilación posee una moto ventilador de 3000 rpm. Todo este sistema estará automatizado por el dispositivo PLC FULL GAUGE MT 530 súper que garantiza el control de parámetros en la cámara de maduración.

#### **4.1.3 Validación del prototipo**

Los datos recolectados de temperatura y humedad en los diferentes sectores del Prototipo de la cámara de maduración ya construido como indica el diagrama de la figura 20, se establece que el bulbo sensor para el control de los parámetros se ubicará en el sector derecho de la parte superior del equipo y será controlado por el dispositivo PLC FULL GAUGE MT 530 Súper de origen brasilero, el cual funciona de una manera adecuada ya que es especialista en el control de ambientes y contiene solo un sensor donde se miden los parámetros como indica Guijarro, (2001).

A continuación, en la siguiente figura 20 se aprecia el diagrama de la conexión eléctrica del dispositivo.





**Figura 20** Diagrama De Conexión Eléctrica Del Controlador

#### 4.2 Resultados de los análisis fisicoquímicos del queso andino

En las tablas (29, 30 y 31), se muestra los resultados de los Análisis Fisicoquímicos realizados a las muestras de los Quesos Andinos a sus 21 días de maduración, para el primer tratamiento (QAT1), segundo tratamiento(QAT2) y tercer tratamiento(QAT3) respectivamente.

**Tabla 31***Características Fisicoquímicas del Queso Andino del Tratamiento QAT1.*

<b>Muestra</b>	<b>Características químicas</b>	<b>Resultado</b>
<b>QAT1</b>	pH	5.5
	Humedad	38.00%
	Proteína	28.46%
	Grasa	30.15%
	Ceniza	0.57%
	<b>Características Organolépticas</b>	<b>Resultado</b>
	Aspecto	Solido
	Color	Amarillento
	Olor	Característico
	Consistencia	Rígido

**Tabla 32***Características Fisicoquímicas del Queso Andino del Tratamiento QAT2.*

<b>Muestra</b>	<b>Características Químicas</b>	<b>Resultado</b>
<b>QAT2</b>	pH	5.6
	Humedad	38.50%
	Proteína	28.49%
	Grasa	30.00%
	Ceniza	0.58%
	<b>Características Organolépticas</b>	<b>Resultado</b>
	Aspecto	Solido
	Color	Amarillento
	Olor	Característico
	Consistencia	Rígido

**Tabla 33***Características Fisicoquímicas del Queso Andino del Tratamiento QAT3.*

<b>Muestra</b>	<b>Características Químicas</b>	<b>Resultado</b>
<b>QAT3</b>	pH	5.5
	Humedad	37.00%
	Proteína	28.45%
	Grasa	28.11%
	Ceniza	0.59%
	<b>Características Organolépticas</b>	<b>Resultado</b>
	Aspecto	Solido
	Color	Amarillento
	Olor	Característico
	Consistencia	Rígido



En las tablas 29, 30 y 31, se puede observar que el pH del queso andino para los 3 tratamientos nos da valores de 5.5-5.6 a los 21 días de maduración en el prototipo. Según la FAO, (1983). especifica la descripción de calidad en el valor del pH 5.2 en quesos Gouda madurado.

La humedad que se obtuvieron para los quesos como producto final para los Tratamientos respectivos fueron: QAT1=38%. QAT2=38.5 % y QAT3=37%. Para los parámetros de humedad según la OMS y FAO, (2000), señalan entre las características principales del queso tipo Gouda listo para el consumo, que el contenido máximo de humedad debe ser no mayor a 43 %.

La grasa como otra de las características fisicoquímicas del queso andino se obtuvo las concentraciones siguientes como resultado: QAT1=30.15%. QAT2=30% Y QAT3=28.11% el cual se puede apreciar en las tablas ya mencionados, donde estos valores son obtenidos a los 21 días de maduración en la presente investigación el cual se asemeja con los autores.

La mayoría de los quesos madurados poseen un contenido de grasa que varía de 30-45 %, donde este parámetro junto al grado de maduración determina la calidad según los establece Mahecha, (1987).

El contenido de ceniza obtenido para los 3 tratamientos fue: QAT1=0.57%, QAT2=0.58% y QAT3=0.59% respectivamente para esta presenta investigación en la cual se aprecia un ligero incremento, donde estos valores son muy diferentes a los valores mencionados por los autores.

Los minerales denominados cenizas juegan un papel muy importante en la quesería son los fosfatos citratos de calcio y magnesio por eso es de mayor importancia el calcio el que precipita en la estructura del complejo caseinico. Como indica Santos,



(1998). a mayor pH de coagulación lograr que no haya una desmineralización, en un queso madurado la ceniza oscila entre 2.9-3.5% Molina., (1996) y para queso fresco es de 4.5 de ceniza.

En cuanto a la concentración de proteína para los 3 tratamientos se obtuvieron: QAT1=28.46%, QAT2=28.49% y QAT3=28.45%, demuestra la concentración liberada a los 21 días como producto final, donde estos valores se asemeja con los valores descritos por los autores.

Las proteínas del queso Edam oscilan entre 27% y 29%, valor que difiere levemente, debido a la calidad de la leche que se utilizó en la elaboración de los quesos. Se puede observar un descenso de la proteína durante la madurez, teniendo el tiempo un efecto significativo sobre esta variable, en lo que indica Mejía, (2004).

En investigación del queso Edam la proteína promedio 27.16% a los 30 días y 25.57% base seca a los 60 días de maduración es donde muestra la bajada de la proteína mientras pasa el tiempo, según la investigación de Lopez, (2007).

Las características organolépticas presentado por el queso andino a los 21 días a nivel de laboratorio se analizaron: aspecto, color, olor y consistencia, dando como resultado un aspecto =sólido. Color=amarillento, Olor=característico y consistencia=Rígido, en lo cual se puede apreciar que los 3 tratamientos presentan igualdad de resultados.

El sistema proteolítico de los *lactococcus* desarrolla sabor, olor y color de los quesos madurados y los aminoácidos son precursores de muchos componentes volátiles, ciertos aminoácidos y péptidos, de por si han marcado aroma según el estudio de Larpent, (1995). Las bacterias *thermophilusdiacetilactis* se introduce en un startes cuando se precisa acentuar el aroma de los quesos lo cual indica Scott, (1991).

Para los resultados obtenidos en la presente investigación se confirma lo mencionado por Conner *et al.* (1988), citado por Molina., (1996), donde indica que las propiedades físico-químicas y sensoriales del producto final depende de una serie de factores tales como materia prima utilizada, cambios producidos durante la maduración del queso, los que a su vez dependen de las condiciones de la humedad y temperatura de la cámara de maduración.

### 4.3 Resultados del análisis microbiológico del queso andino

En la tabla 32. se muestra los resultados de los análisis microbiológicos realizados a las muestras de los quesos andinos a sus 21 días de maduración, para el primer tratamiento (QAT1), segundo tratamiento(QAT2) y tercer tratamiento(QAT3) respectivamente.

**Tabla 34**

Resultados microbiológicos del queso andino del tratamiento QAT1, QAT2 y QAT3.

Muestra	Bacterias	Resultado
QAT1	Mesofilos aerobios viables	$3 \times 10^5$ UFC/g.
	Hongos y levaduras	$1 \times 10^2$ NMP/g.
	<i>Enterobacterias</i>	$2 \times 10^3$ NMP/g.
	<i>Staphylococcus aureus</i>	00 UFC/g.
	<i>Listeria monocitogenes</i>	00 UFC/g.
	<i>Salmonella sp.</i>	00 UFC/g.
QAT2	Mesofilos aerobios viables	$9 \times 10^5$ UFC/g.
	Hongos y levaduras	$1 \times 10^2$ NMP/g.
	<i>Enterobacterias</i>	$2 \times 10^2$ NMP/g.
	<i>Staphylococcus aureus</i>	00 UFC/g.
	<i>Listeria monocitogenes</i>	00 UFC/g.
	<i>Salmonella sp.</i>	00 UFC/g.
QAT3	Mesofilos aerobios viables	$8 \times 10^4$ UFC/g.
	Hongos y levaduras	$5 \times 10^2$ NMP/g.
	<i>Enterobacterias</i>	$1 \times 10^2$ NMP/g.
	<i>Staphylococcus aureus</i>	00 UFC/g.
	<i>Listeria monocitogenes</i>	00 UFC/g.
	<i>Salmonella sp.</i>	00 UFC/g.

En la tabla 32, nos demuestra los resultados microbiológicos realizado a las muestras de los 3 tratamientos del queso andino(QAT1,QAT2 y QAT3) a los 21 días de maduración, donde se determinó la carga bacteriana de los mesofilos aerobios viables, se encuentra dentro del límite aceptable, los recuentos de hongos, levaduras y enterobacterias están dentro de los límites mínimos permisibles y no se detectó presencia de gérmenes patógenos, salmonella sp., Staphylococcus aureus y Listeria monocitogenes, tal como lo estable y exige MINSA, (2017).

#### 4.4 ANÁLISIS DE TEXTURA MEDIANTE EL MÉTODO DEL TPA

##### 4.4.1 Dureza

Se realizó el análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 % para la variable Dureza se presenta en la Tabla 33. Los resultados muestran que los tratamientos con efecto factorial T1, T2 y T3 directamente relacionados con el tiempo de maduración, no tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta fuerza de dureza ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 35**

*Análisis de varianza para la dureza determinada con el perfil de textura (TPA) en el queso andino.*

Prueba	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
TPA	Inter-grupos	1457619.468	4	364404.867	1.611	0.246
	Intra-grupos	2261319.652	10	226131.965		
	Total	3718939.120	14			

En la tabla 34, se muestra los resultados del comportamiento del parámetro textural de la Dureza a un nivel de confianza para la media al 95 % para los tiempos 0, 5, 10, 15 y 21 días de maduración del queso andino.

**Tabla 36***Tabla descriptiva para el parámetro textural de la dureza.*

Parámetro Textural	TIEMPO	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Dureza	0 DIAS	3064.85	233.41919	134.76463	2485.0046	3644.6954
	5 DIAS	3288.33	487.95959	281.72360	2076.1745	4500.4922
	10 DIAS	2468.88	469.13775	270.85680	1303.4839	3634.2894
	15 DIAS	2686.44	735.58450	424.68991	859.1535	4513.7399
	21 DIAS	2563.83	277.30123	160.09994	1874.9789	3252.6878

El análisis de medias a través de la prueba de Duncan para el TPA en la dureza del queso andino mostro el tratamiento directamente relacionado con el grado de maduración no tiene un efecto significativo sobre su dureza, donde se aprecia que en los dos primeros tiempos aumenta el valor de la dureza y luego disminuye ligeramente. En la tabla 34, se muestra en análisis de la dureza para los tiempos de maduración para 21 días con respecto al tiempo cero es de 2563.8333 respectivamente este comportamiento de la dureza estable a deducir que al incrementar el grado de maduración con respecto al tiempo mayor será la fuerza necesaria requerida para el proceso de masticado.

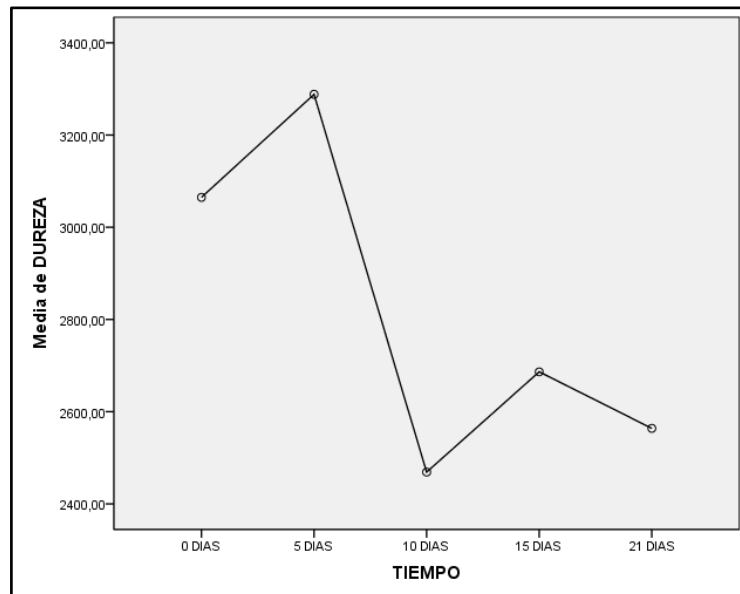
Zuñiga, (2007), confirma que la dureza como parámetro textural del queso Edam se incrementa significativamente con el tiempo de maduración, aspecto encontrado tanto con el método del TPA como con el de penetrometría por esfera.

**Tabla 37**

Comparación de medias para tiempos de maduración en el parámetro textural de dureza con la prueba de Duncan.

Tiempo	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
10 DIAS	3	2468.8867 A
21 DIAS	3	2563.8333 A
15 DIAS	3	2686.4467 A
0 DIAS	3	3064.8500 A
5 DIAS	3	3288.3333 A
Sig.		0.081

Los tiempos de maduración para 0, 5, 10, 15 y 21 días no muestran diferencia significativa en el parámetro textural de la dureza, el comportamiento en los valores que se muestra en la en la tabla 35, indica diferencias constantes y mínimas en el comportamiento de la dureza en el queso andino.



**Figura 21:** *Comportamiento De Las Medias Del Parámetro Textural De La Dureza*



#### 4.4.2 Cohesividad

Se realizó el análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 % para la variable Cohesividad se presenta en la tabla 36. Los resultados muestran que los tratamientos con efecto factorial T1, T2 y T3 directamente relacionados con el tiempo de maduración, no tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta Cohesividad ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 38**

*Análisis de varianza para la cohesividad determinada con el perfil de textura (TPA) en el queso Andino.*

Prueba	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
TPA	Inter-grupos	0.046	4	0.011	1.009	0.447
	Intra-grupos	0.114	10	0.011		
	Total	0.159	14			

En la tabla 37, se muestra los resultados del comportamiento del parámetro textural de Cohesividad a un nivel de confianza para la media al 95 % para los tiempos 0, 5, 10, 15 y 21 días de maduración del queso andino.

**Tabla 39**

*Tabla descriptiva para el parámetro textural de la cohesividad.*

Parámetro Textural	Tiempo	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cohesividad	0 DIAS	0.7400	0.01732	0.01000	0.6970	0.7830
	5 DIAS	0.7500	0.05196	0.03000	0.6209	0.8791
	10 DIAS	0.6867	0.13577	0.07839	0.3494	1.0239
	15 DIAS	0.6233	0.14364	0.08293	0.2665	0.9802
	21 DIAS	0.6200	0.12124	0.07000	0.3188	0.9212

El análisis de medias se efectuó a través de la prueba de Duncan para el TPA en la Cohesividad del queso andino, donde la cohesividad representa el punto límite hasta el cual puede deformarse el material antes de romperse. Se puede apreciar en la Tabla 37, que la Cohesión mostro una disminución significativa a medida que el tiempo de maduración aumenta, siendo esta interacción significativa al 5 %, esto se deduce a que el queso cuanto más tiempo de maduración tiene se vuelve un material menos cohesivo. De acuerdo con los resultados de Álvarez *et al.* (2007) afirman que cuando la humedad aumenta y el contenido graso disminuye, la cohesividad aumenta, ya que la fuerza ejercida por los enlaces internos del queso es mayor.

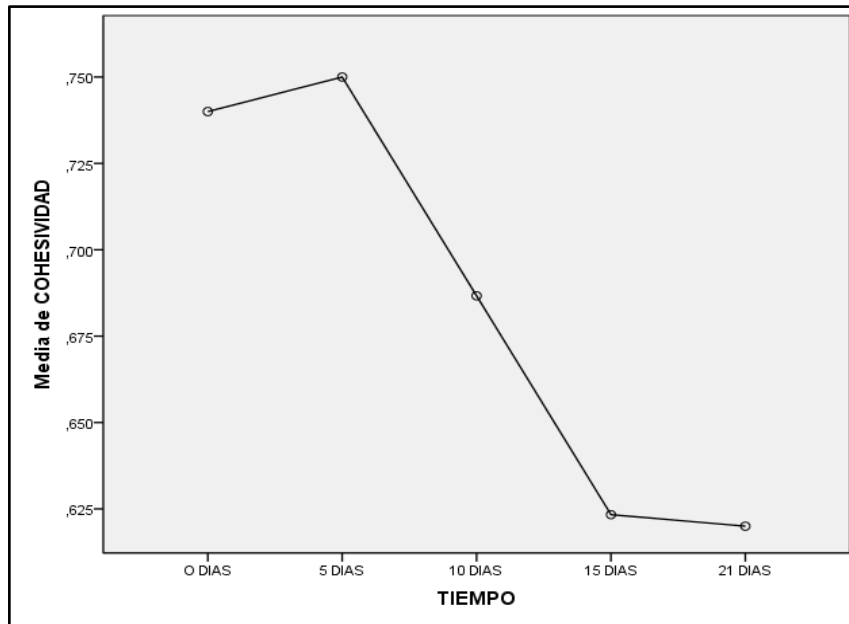
En la tabla 38, se muestra que la Cohesividad para los tiempos de maduración para 21 días con respecto al tiempo cero es de 0.6200 respectivamente se demuestra que el nivel de maduración incide en la Cohesión del queso andino.

#### **Tabla 40**

*Comparación de medias para tiempos de maduración en el Parámetro Textural de Cohesividad con la prueba de Duncan.*

Tiempo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
21 DIAS	3	0.6200 A
15 DIAS	3	0.6233 A
10 DIAS	3	0.6867 A
0 DIAS	3	0.7400 A
5 DIAS	3	0.7500 A
Sig.		0.199

Los tiempos de maduración para 0, 5, 10, 15 y 21 días no muestran diferencia significativa en el parámetro textural de Cohesividad, ya que los valores que comparten los días de maduración son la misma.



**Figura 22** Comportamiento De Las Medias Del Parámetro Textural De Cohesividad.

#### 4.4.3 Elasticidad

Se realizó el análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 % para la variable Elasticidad se presenta en la Tabla 39. Los resultados muestran que los tratamientos con efecto factorial T1, T2 y T3 directamente relacionados con el tiempo de maduración, tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta Elasticidad ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 41**

*Análisis de varianza para la Elasticidad determinada con el perfil de textura (TPA) en el queso Andino.*

Prueba	Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
TPA	Inter-grupos	20.219	4	5.055	2.443	0.115
	Intra-grupos	20.688	10	2.069		
	Total	40.907	14			

En la tabla 40, se muestra los resultados del comportamiento del parámetro textural de Elasticidad a un nivel de confianza para la media al 95 % para los tiempos 0, 5, 10, 15 y 21 días de maduración del queso andino.

**Tabla 42**

*Tabla Descriptivo para el Parámetro textural de la Elasticidad.*

Parámetro Textural	TIEMPO	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Elasticidad	0 DIAS	14.1933	0.19502	0.11260	13.7089	14.6778
	5 DIAS	13.9767	0.48014	0.27721	12.7839	15.1694
	10 DIAS	13.0900	1.43847	0.83050	9.5166	16.6634
	15 DIAS	11.8000	2.05424	1.18602	6.6970	16.9030
	21 DIAS	11.2667	1.94582	1.12342	6.4330	16.1004

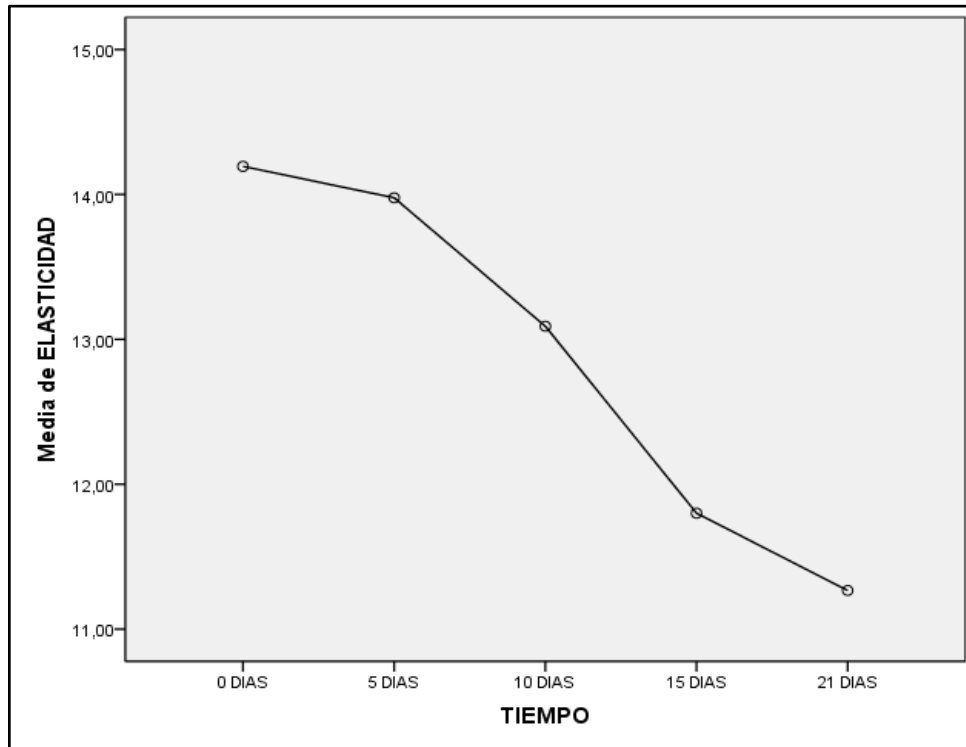
El análisis de medias se efectuó a través de la prueba de Duncan para el TPA en la Elasticidad del queso andino, donde la Elasticidad es la velocidad en que un material deformado vuelve a su condición inicial después que la fuerza de deformación es removida. En la tabla 42, se puede apreciar que la Elasticidad va disminuyendo a medida que se incrementa el grado de madurez del queso andino, esto se puede evidenciar comparando el día 0 que tiene un valor de 14.1933 y el día 21 teniendo un valor de 11.2667 respectivamente. INTI, (2007). establece que los quesos semiduros y duros son catalogados la textura elasticidad con mayor valor promedio, el cual se reafirma con los resultados obtenidos en la presente investigación.

**Tabla 43**

*Comparación de medias para tiempos de maduración en el Parámetro Textural de Elasticidad con la prueba de Duncan.*

Tiempo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
21 DIAS	3	11.2667 A	
15 DIAS	3	11.8000 A	11.8000 B
10 DIAS	3	13.0900 A	13.0900 B
5 DIAS	3	13.9767 A	13.9767 B
0 DIAS	3		14.1933 B
Sig.		0.057	0.086

Los tiempos que indican diferencia significativa en el parámetro textural de Elasticidad en el queso andino como se muestra en la tabla 42 son: 0 días=14.1933 y 21 días = 11.2667 si presentan diferencia significativa entre sí por el grado de madurez.



**Figura 23** *Comportamiento De Las Medias Del Parámetro Textural De Elasticidad.*

## **4.5 COMPORTAMIENTO DEL PH SOBRE EL TIPO DE TRATAMIENTO Y TIEMPO DE MADURACIÓN**

### **4.5.1 Comportamiento del pH sobre el tipo de tratamiento**

En la tabla 42, se muestra los resultados del análisis de varianza del pH a un nivel de significancia del 5 %, en donde se aprecia que el factor tratamientos (T1, T2 y T3) tiene un efecto significativo en el aumento del pH durante la maduración del queso andino.

**Tabla 44**

*Análisis de varianza para el Efecto de los Tratamientos sobre el pH en la Maduración del queso Andino.*

Tratamientos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0.511	2	0.256	3.452	0.065
Intra-grupos	0.889	12	0.074		
Total	1.400	14			

En la tabla 43, se muestra los resultados del comportamiento del pH a un nivel de confianza para la media del 95 % para los tratamientos T1, T2 y T3 en la maduración del queso andino.

**Tabla 45**

*Descriptivo para el Efecto de los Tratamientos sobre del pH en la Maduración del Queso Andino.*

Tratamientos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	5	8.3920	0.17050	0.07625	8.1803	8.6037
T2	5	8.1540	0.34414	0.15390	7.7267	8.5813
T3	5	7.9400	0.27322	0.12219	7.6008	8.2792
Total	15	8.1620	0.31621	0.08164	7.9869	8.3371

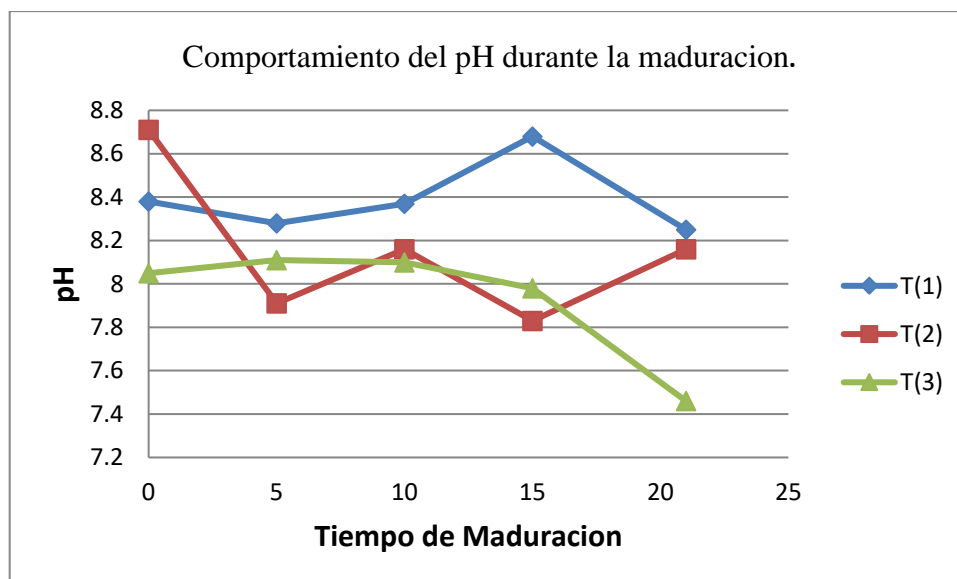
La comparación de medias se realizó con la prueba de DUNCAN, donde se aprecia la diferencia obtenidos en los valores del pH, esto nos indica que el tipo de tratamiento aplicado al queso andino durante su maduración influirá en el comportamiento del pH, donde el valor del pH en el tratamiento (T1) = 8.3920 y el valor para el tratamiento (T3) = 7.9400. Esto se debe a que los tratamientos tienen sus condiciones de maduración con respecto a la temperatura y Humedad dentro del prototipo de la cámara de maduración. El mejor comportamiento en el desarrollo del pH fue el del T3, el cual se aprecia una diferencia respecto a los tratamientos T1 y T2.

**Tabla 46**

*Comparación de medias para Efecto de Tratamientos con Respecto al pH durante la Maduración del Queso Andino con la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).*

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3	5	7.9400	
T2	5	8.1540	8.1540
T1	5		8.3920
Sig.		0.237	0.192

Los tratamientos que indican diferencia significativa con respecto al comportamiento del pH en la maduración del queso andino como se muestra en la Tabla 44, son: T3=7.9400 y T1 días = 8.3920 si presentan diferencia significativa entre sí por la comparación de sus medias respectivamente.



**Figura 24** *Comportamiento del pH Durante La Maduración.*

#### 4.5.2 Comportamiento del pH sobre el tiempo de maduración

En la tabla 45, se muestra los resultados del análisis de varianza del pH a un nivel de significancia del 5 %, en donde se aprecia que el factor Tiempos (0,5,10,15 y 21 días) tiene un efecto significativo en el aumento del pH durante la maduración del queso andino.

**Tabla 47**

*Análisis de varianza para el efecto de los tiempos sobre el pH en la maduración del queso andino.*

Tiempos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0.288	4	0.072	0.646	0.642
Intra-grupos	1.112	10	0.111		
Total	1.400	14			

En la Tabla 46, se muestra los resultados del comportamiento del pH a un nivel de confianza para la media del 95 % para los tiempos (0, 5, 10, 15 y 21 días) en la maduración del queso andino.

**Tabla 48**

*Tabla Descriptivo para el efecto de los tiempos sobre el pH en la maduración del queso andino.*

Tiempos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0 DIAS	3	8.3800	0.33000	0.19053	7.5602	9.1998
5 DIAS	3	8.1000	0.18520	0.10693	7.6399	8.5601
10 DIAS	3	8.2100	0.14177	0.08185	7.8578	8.5622
15 DIAS	3	8.1633	0.45369	0.26194	7.0363	9.2904
21 DIAS	3	7.9567	0.43247	0.24969	6.8823	9.0310
Total	15	8.1620	0.31621	0.08164	7.9869	8.3371



La comparación de medias se realizó con la prueba de DUNCAN, donde se aprecia que el pH tiene un comportamiento ligeramente decreciente en el proceso de maduración debido a la formación de compuestos alcalinos nitrogenados y/o por el catabolismo del ácido láctico, así lo demuestra la tabla 47, donde el pH a los 0 días =8.3800 y a los 21 días =7.9567, la cual indica que el comportamiento del pH disminuye a más tiempo de maduración.

La acidez es mayor en quesos recién elaborados al respecto a los quesos que tienen un periodo de maduración mayores a 4 semanas es de 0.72% de acidez láctica para semiduros, Carr., (1989). Se afirma en esta investigación un acercamiento a los valores mencionados por Mucio, (1995), el cual menciona que los quesos después del proceso se tienen pH 5.7 a razón que madure al final se observa un pH 5.1-5.30 después de maduración de 3-4 semanas.

#### **Tabla 49**

*Comparación de medias para Efecto del Tiempo con Respecto al pH durante la Maduración del Queso Andino con la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).*

Tiempo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
21 DIAS	3	7.9567
5 DIAS	3	8.1000
15 DIAS	3	8.1633
10 DIAS	3	8.2100
0 DIAS	3	8.3800
Sig.		0.183

El efecto de Tiempos de maduración indica que no existe diferencia significativa con respecto al comportamiento del pH en la maduración del queso andino como se

muestra en la Tabla 47, donde los tiempos de maduración (0, 5, 10, 15 y 21 días) comparten la misma letra.

## 4.6 COMPORTAMIENTO DE LA AW SOBRE EL TIPO DE TRATAMIENTO Y TIEMPO DE MADURACIÓN

### 4.6.1 Comportamiento de la Aw sobre el tipo de tratamiento

En la tabla 48, se muestra los resultados del análisis de varianza del Aw a un nivel de significancia del 5 %, en donde se aprecia que el factor tratamientos (T1, T2 y T3) tiene un efecto significativo en la disminución del Aw durante la maduración del queso andino.

**Tabla 50**

*Análisis de varianza para el Efecto de los Tratamientos sobre el Aw en la Maduración del queso Andino.*

Tratamientos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0.000	2	0.000	0.329	0.726
Intra-grupos	0.001	12	0.000		
Total	0.001	14			

En la tabla 49, se muestra los resultados del comportamiento del Aw a un nivel de confianza para la media del 95 % para los tratamientos T1, T2 y T3 en la maduración del queso andino.

**Tabla 51**

*Tabla Descriptivo para el Efecto de los Tratamientos sobre el Aw en la Maduración del Queso Andino.*

Tratamientos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	5	0.97840	0.002510	0.001122	0.97528	0.98152
T2	5	0.97380	0.016604	0.007426	0.95318	0.99442
T3	5	0.97380	0.006301	0.002818	0.96598	0.98162
Total	15	0.97533	0.009846	0.002542	0.96988	0.98079

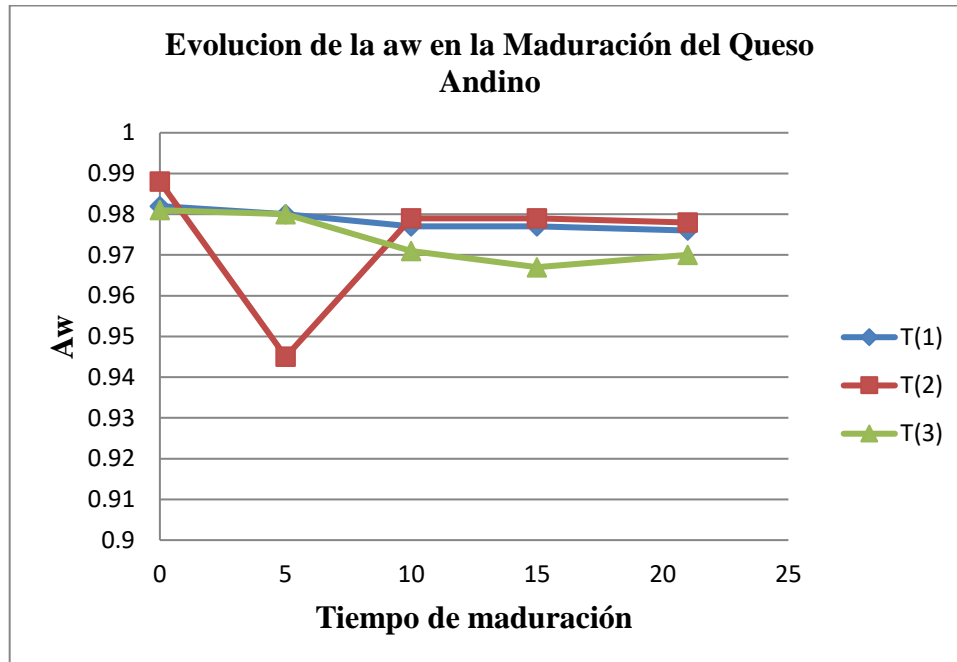
La comparación de medias se realizó con la prueba de DUNCAN, donde se aprecia la diferencia obtenidos en los valores del Aw, esto nos indica que el tipo de tratamiento aplicado al queso andino durante su maduración influye ligeramente en el comportamientos del Aw, donde el valor del Aw en el tratamiento (T1) =  $(0.97528 \pm 0.98152)$  y el valor de intervalo para (T3) =  $(0.96598 \pm 0.98162)$ . Esto se debe a que las humedades entre tratamientos se controlaron y que el rango de temperatura hizo que la deshidratación del queso durante la maduración sea lenta.

**Tabla 52**

*Comparación de medias para Efecto de Tratamientos con Respecto al Aw durante la Maduración del Queso Andino con la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).*

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T2	5	0.97380
T3	5	0.97380
T1	5	0.97840
Sig.		0.517

El efecto de Tratamientos en la maduración del queso Andino indican que no existe diferencia significativa con respecto al comportamiento del Aw como se muestra en la Tabla 50, donde los tratamientos (T1, T2 y T3) comparten la misma letra.



**Figura 25** Evolución de la Aw en la maduración de queso andino

#### 4.6.2 Comportamiento del Aw sobre el tiempo de maduración

En la tabla 51, se muestra los resultados del análisis de varianza del Aw a un nivel de significancia del 5 %, en donde se aprecia que el factor Tiempos (0, 5, 10, 15 y 21 días) tiene un efecto significativo en la disminución del aw durante la maduración del queso andino.

**Tabla 53**

*Análisis de varianza para el Efecto de los Tiempos sobre el Aw en la Maduración del Queso Andino.*

Tiempos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0.000	4	0.000	0.902	0.498
Intra-grupos	0.001	10	0.000		
Total	0.001	14			

En la Tabla 52, se muestra los resultados del comportamiento del Aw a un nivel de confianza para la media del 95 % para los tiempos (0, 5, 10, 15 y 21 días) en la maduración del queso andino.

**Tabla 54**

*Tabla Descriptivo para el Efecto de los Tiempos sobre el Aw en la Maduración del Queso Andino.*

Tiempo	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0 DIAS	3	0.98367	0.003786	0.002186	0.97426	0.99307
5 DIAS	3	0.96833	0.020207	0.011667	0.91814	1.01853
10 DIAS	3	0.97567	0.004163	0.002404	0.96532	0.98601
15 DIAS	3	0.97433	0.006429	0.003712	0.95836	0.99030
21 DIAS	3	0.97467	0.004163	0.002404	0.96432	0.98501
Total	15	0.97533	0.009846	0.002542	0.96988	0.98079

La comparación de medias se realizó con la prueba de DUNCAN, donde se aprecia que la aw tiene un comportamiento de descenso con respecto al valor en el proceso de maduración, así lo demuestra la tabla 53 donde el Aw a los 0 días =  $(0.97426 \pm 0.99307)$  y a los 21 días =  $(0.96432 \pm 0.98501)$ , la cual indica que el grado de maduración tiene efecto directamente sobre la actividad de agua (Aw), donde los resultados obtenidos en la maduración del queso andino con respecto a la Aw se

confirma lo mencionado por Esteban, (1990). al afirmar que la aw del queso disminuye durante la elaboración, el salado y la maduración, como resultado de la concentración de los sólidos y además, por la producción de compuestos nitrogenados no proteicos de bajo peso molecular y de solutos solubles derivados de los procesos de glicólisis, proteólisis y lipólisis.

**Tabla 55:**

*Comparación de medias para Efecto del Tiempo con Respecto al Aw durante la Maduración del Queso Andino con la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).*

Tiempo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
5 DIAS	3	0.96833
15 DIAS	3	0.97433
21 DIAS	3	0.97467
10 DIAS	3	0.97567
0 DIAS	3	0.98367
Sig.		0.114

El efecto de Tiempos de maduración con respecto al comportamiento del Aw indican que no existe diferencia significativa en la maduración del queso andino como se muestra en la Tabla 53, donde los tiempos de maduración (0, 5, 10, 15 y 21 días) compartiendo la misma letra demostrada por la prueba de Duncan.

## 4.7 CINÉTICA DE SECADO EN LA MADURACIÓN DEL QUESO ANDINO

### 4.7.1 Pérdida de peso vs tiempo

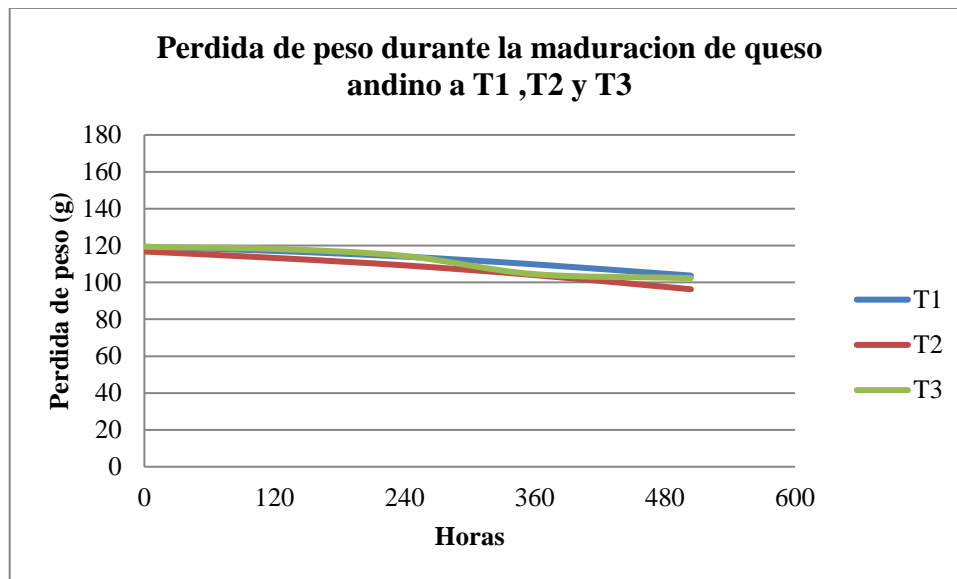
En la tabla 54, se presentan los datos experimentales de la pérdida de peso durante la maduración de las muestras del queso Andino a los tres tratamientos T1 (T:10-12 °C, H:90-95%), T2 (T:12-14 °C, H:85-90%) y T3 (T:14-16 °C, H:80-85%), con estos datos obtenidos se graficó la curva de pérdida de peso versus tiempo de maduración que se muestra en la grafico 5.

**Tabla 56**

*Pérdida de peso (g) durante la Maduración del Queso Andino a los tres Tratamientos T1, T2 y T3.*

Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Pérdida de peso (g)		
		T(1)	T(2)	T(3)
0	0	119.37	116.78	119.28
5	120	117.09	113.29	118.16
10	240	114.00	109.24	114.37
15	360	109.78	103.97	104.49
21	504	103.68	96.29	102.33

En la tabla 54, se aprecia que la pérdida de peso fue en forma decreciente hasta obtener un peso final de 103.68 g, 96.29 g y 102.33 g para los tratamientos de maduración del Queso Andino T1, T2 y T3, respectivamente.



**Figura 26** Pérdida De Peso Durante La Maduración del queso andino a T1, T2 y T3

Al analizar la figura 26, se puede observar el comportamiento de la curva de pérdida de peso que es influenciado directamente por la temperatura y Humedad, el empleo de temperaturas por los rangos de 14-16 °C y una humedad por encima de los 80 % hace que la deshidratación de los quesos Andinos durante su maduración sea adecuada y que el tiempo de 504 horas-Equivalente a 21 días es la adecuada para el comportamiento estable respectivamente.

Se confirma lo mencionado por Dumaris, (1991), indicando durante la maduración el queso sufre una pérdida de peso por evaporación dependiendo de factores tales como la temperatura y humedad relativa a la cámara de maduración, influye además si la pieza de queso se encuentra o no recubierta con algún tipo de película protectora.



#### 4.7.2 Humedad en base seca vs tiempo

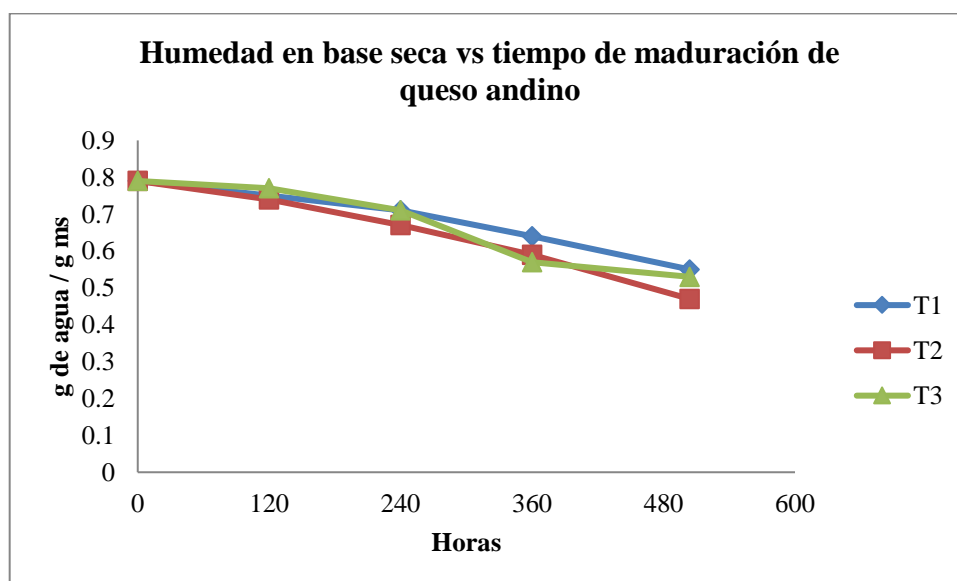
En la tabla 55, se reportan los valores obtenidos de la Humedad expresado en base seca (g agua/ g ms) versus el tiempo en la maduración del queso andino en los tres tratamientos T1, T2 y T3.

**Tabla 57**

*Humedad en base seca (W) Vs tiempo de maduración del queso andino en los tratamientos T1, T2 y T3.*

Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Humedad en Base seca (w) g. agua/g.m.s		
		T(1)	T(2)	T(3)
0	0	0.79	0.79	0.79
5	120	0.75	0.74	0.77
10	240	0.71	0.67	0.71
15	360	0.64	0.59	0.57
21	504	0.55	0.47	0.53

En la tabla 55, se observa que las muestras de queso Andino inicia con una humedad de base seca (W) de 0.79 g agua/g ms para los tres tratamientos de maduración de los quesos, hasta llegar a una humedad de equilibrio de 0.55, 0.47 y 0.53 g agua / g ms para T1, T2 y T3 respectivamente.



**Figura 27** Humedad En Base Seca Vs Tiempo De Maduración de queso andino

En la figura 27, se puede observar que la pérdida de agua se genera lentamente hasta las 120 horas (5 días), siendo la pérdida de agua un poco más acelerada a partir de las 240 horas (10 días) hasta los 360 horas (15 días) y haciéndose más lento al transcurrir el tiempo durante la maduración en la cámara. Para los 360 horas (15 días) de maduración, el valor del contenido de agua para cada tratamiento se obtuvo los valores de 0.64, 0.59 y 0.57 g agua / g ms para T1, T2 y T3 respectivamente, demostrándose que la temperatura y la humedad son las variables que influyen en la maduración del queso andino.

#### 4.7.3 Velocidad de secado (R) vs tiempo

En la tabla 56, se observan los valores obtenidos de la velocidad de secado del queso andino versus el tiempo de maduración para los 3 tratamientos T1, T2 y T3.

**Tabla 58**

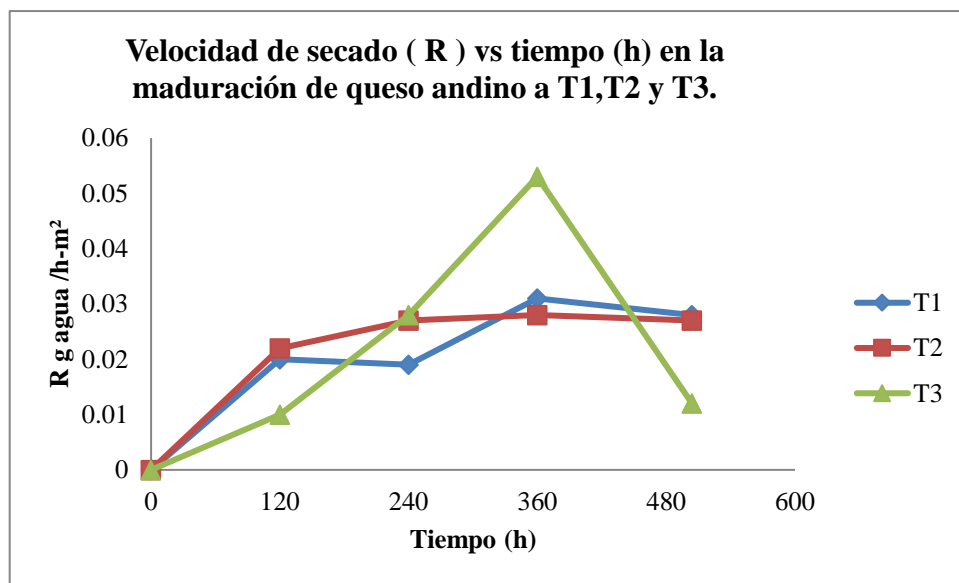
*Velocidades de secado (R) obtenidos durante la maduración del queso andino a Tratamientos T1, T2 y T3*

Velocidad de Secado R g. agua/m <sup>2</sup> .h					
Tiempo (días)	Tiempo (horas)	T1	T2	T3	
0	0	0	0	0	
5	120	0.020	0.022	0.010	
10	240	0.019	0.027	0.028	
15	360	0.031	0.028	0.053	
21	504	0.028	0.027	0.012	

En la tabla 56, se puede observar que a las 360 horas (15 días) efectiva de maduración del queso, se obtiene una velocidad de 0.031, 0.028 y 0.053 (g agua/h m<sup>2</sup>) y

a las 504 horas (21 días) se obtiene una velocidad de 0.028, 0.027 y 0.012 para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente.

En la Figura 28, se muestra el comportamiento de la velocidad de secado frente al pasar el tiempo de maduración durante los 21 días en el queso andino, en la cual se aprecia el comportamiento en los T1 y T2 con velocidad estable a las 369 horas (15 días) y el T3 una velocidad de secado más ascendente.



**Figura 28** Velocidad de secado ( R ) vs tiempo (h) en la maduración de queso andino a T1,T2 y T3.

En la figura 28, se observa el comportamiento de la velocidad durante la maduración del queso Andino con respecto al tiempo, en las que se puede apreciar las etapas del deshidratado: estabilización, periodo de deshidratado a velocidad constante y periodo de deshidratado a velocidad decreciente, comprendiéndose así su comportamiento de la velocidad con respecto al tiempo.

#### 4.7.4 Velocidad de secado ( $R$ ) vs la humedad libre para los tratamientos de maduración T1, T2 Y T3.

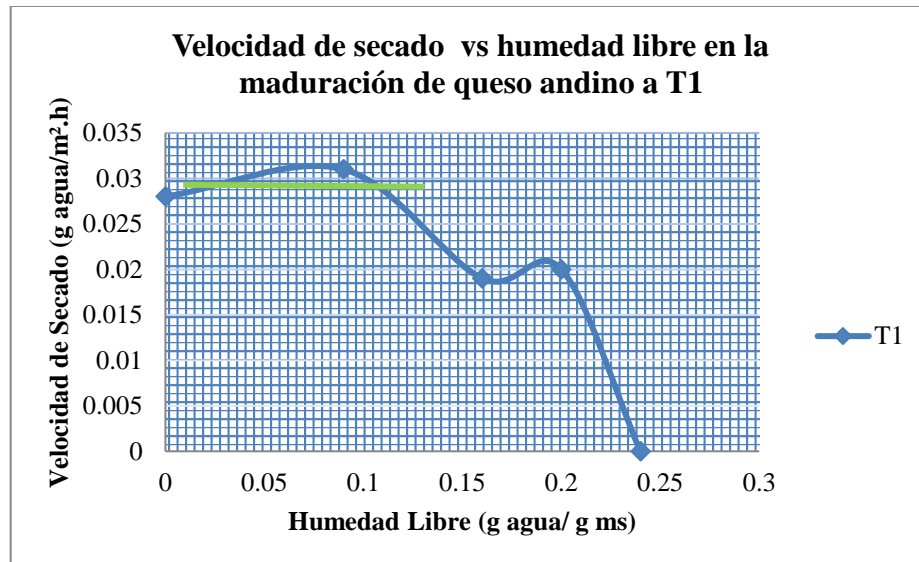
En las figuras 29, 30 y 31, se observan las curvas de velocidad de secado  $R$  (g agua / m<sup>2</sup>-h), en función de la humedad libre que esta expresado en (g agua / g ms). En el cuadro 58 se presenta la obtención de la humedad libre, la cual se obtiene por la diferencia entre la humedad total y la humedad de equilibrio obtenido experimentalmente para cada Tratamiento durante la maduración del queso Andino.

En la tabla 57, se registra los resultados obtenidos de la humedad libre de las muestras del queso Andino durante su maduración a los T1, T2 y T3.

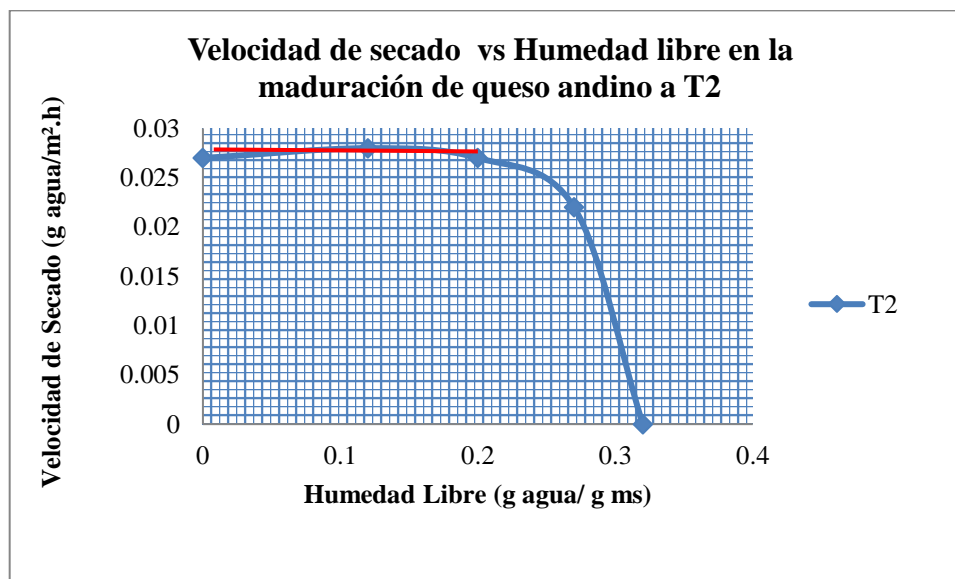
**Tabla 59**

*Velocidad de secado  $R$  y humedad libre del queso andino durante su maduración a T1, T2 y T3.*

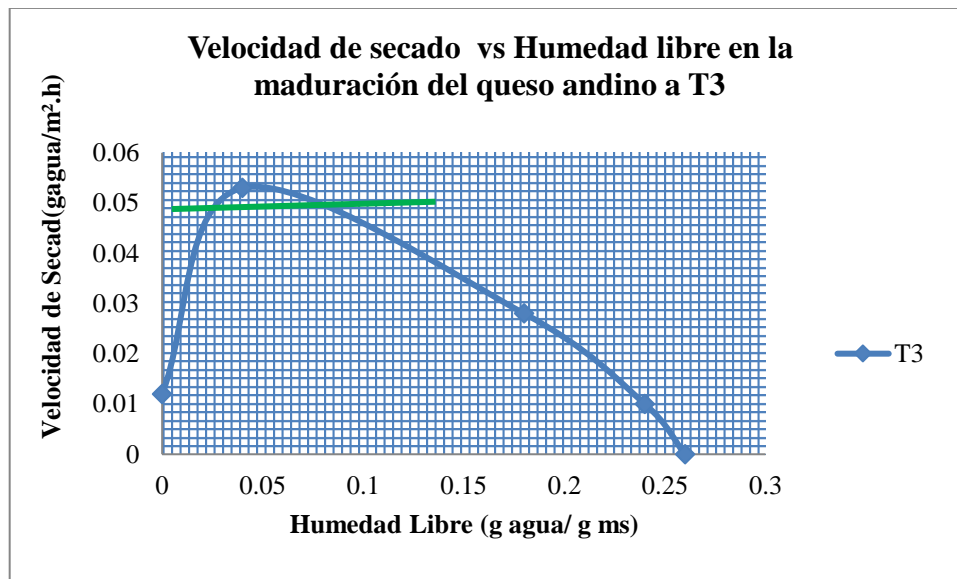
Tiempo (días)	Tiempo (horas)	T(1)		T(2)		T(3)	
		$R$ (g. agua /m <sup>2</sup> -h)	X <sub>t</sub> -X*= $X$ (g. agua libre /g. ms)	$R$ (g. agua /m <sup>2</sup> -h)	X <sub>t</sub> -X*= $X$ (g. agua libre /g. ms)	$R$ (g. agua /m <sup>2</sup> -h)	X <sub>t</sub> -X*= $X$ (g. agua libre /g. ms)
0	0	0	0.24	0	0.32	0	0.26
5	120	0.020	0.20	0.022	0.27	0.010	0.24
10	240	0.019	0.16	0.027	0.20	0.028	0.18
15	360	0.031	0.09	0.028	0.12	0.053	0.04
21	504	0.028	0	0.027	0	0.012	0



**Figura 29** *Velocidad de secado vs humedad libre en maduración de queso andino a T1*



**Figura 30** *Velocidad de secado vs humedad libre en la maduración de queso andino a T2*



**Figura 31** Velocidad de secado vs humedad libre en la maduración del queso andino a T3

En los gráficos 29, 30 y 31, se puede apreciar con mejor claridad las etapas de secado durante la maduración del queso andino: Primer periodo de secado en la maduración conocido como estabilización, donde para los 3 tratamientos en la maduración del queso durante las 120 horas (5 días) fueron 0.020, 0.022 y 0.010 (g agua / m<sup>2</sup>-h) respectivamente. La velocidad de secado en la maduración se incrementa ligeramente durante el incremento de temperatura y disminución de Humedad en el interior del prototipo de cámara de maduración de queso. En esta etapa se elimina el agua libre en los alimentos Geankoplis, (1998). Segundo periodo de secado durante la maduración o periodo de maduración constante, en la maduración de queso andino a partir de las 240 horas (10 días) se obtiene una velocidad constante para el T1 con valor igual a 0,019 g agua / m<sup>2</sup>-h, para el T2 se obtiene un valor de 0.027 g agua / m<sup>2</sup>-h y para el tratamiento T3 se obtiene el valor de 0.028 g agua / m<sup>2</sup>-h. Este periodo termina cuando se llega a la humedad crítica, donde el agua de la superficie del sólido, donde la velocidad del secado en la maduración dependerá de la difusión de humedad a la superficie del queso. Tercer periodo de secado, o periodo de maduración a velocidad

decreciente, se presenta cuando el contenido de humedad del queso supera el contenido de humedad crítica. El periodo de maduración fue de 408 horas, 384 horas y 336 horas, con humedades de equilibrio de 0.035, 0.04 y 0.048 g agua /g ms respectivamente para T1, T2 y T3.

### Tabla 60

*Resultados de la humedad de equilibrio en la maduración del queso andino a tratamientos T1, T2 y T3.*

Tratamientos para la Maduración	Humedad de Equilibrio (g agua /g ms)
T1	0.035 a
T2	0.004 a
T3	0.048 a

Se puede apreciar en la tabla 58 que, a mayor temperatura y menor humedad de maduración del queso andino, la humedad de equilibrio aumenta ligeramente. Esto se debe a la relación directa de temperatura y humedad controlada en el prototipo de la cámara de maduración.

## 4.8 DIFUSIVIDAD EFECTIVA (Def) DEL VAPOR DE AGUA DURANTE LA MADURACIÓN DEL QUESO ANDINO

La difusividad efectiva fue calculada con la ecuación integrada de la Ley de Fick para la forma geométrica del cilindro y para tiempos largos de maduración, la pendiente de la recta al graficar el primer término de la ecuación Vs el tiempo permite calcular el valor de la difusividad efectiva. Los resultados experimentales se presentan en las tablas 59, 60 y 61 y en la figura 12.

### Tabla 61

*Datos para calcular la difusividad efectiva del vapor de agua en la maduración del queso andino a T1*



Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Xt (g agua/g ms)	E (Xt - Xe/X0 - Xe)	Ln E
0	0	0.79		
5	120	0.75	0.947019868	- 0.054435207
10	240	0.71	0.894039735	- 0.112005058
15	360	0.64	0.801324503	- 0.221489291
21	504	0.55	0.682119205	- 0.382550849

**Tabla 62**

*Datos para calcular la difusividad efectiva del vapor de agua en la maduración de queso andino a T2*

Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Xt (g agua/g ms)	E (Xt - Xe/X0 - Xe)	Ln E
0	0	0.79		
5	120	0.74	0.933333333	- 0.068992871
10	240	0.67	0.84	- 0.174353387
15	360	0.59	0.733333333	- 0.310154928
21	504	0.47	0.573333333	- -0.55628800

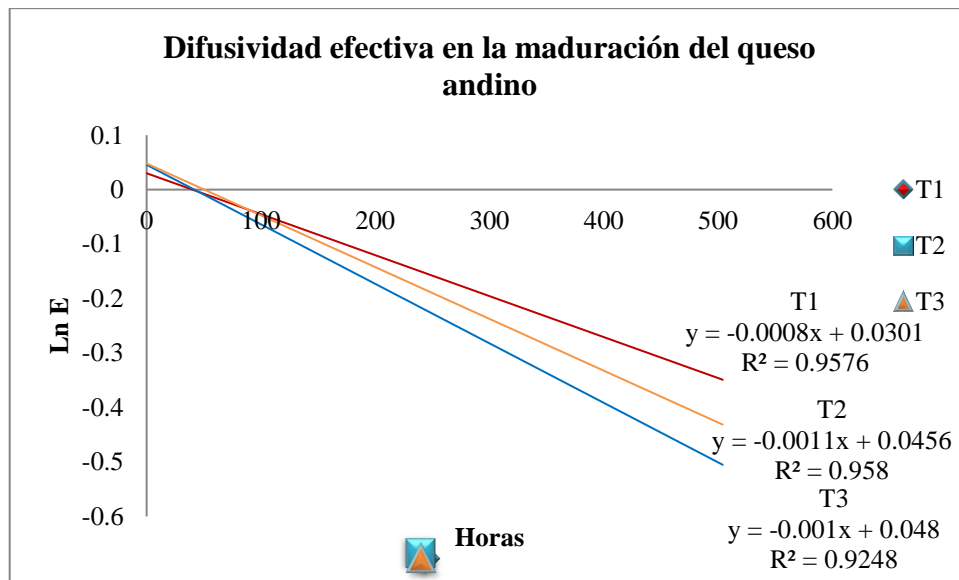


**Tabla 63**

*Datos para calcular la difusividad efectiva del vapor de agua en la maduración del queso andino a T3*

Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Xt (g agua/g ms)	E (Xt - Xe/X0 - Xe)	Ln E
0	0	0.79		
5	120	0.77	0.973045822	-0.027324104
10	240	0.71	0.892183288	-0.114083687
15	360	0.57	0.703504043	-0.351681655
21	504	0.53	0.649595687	-0.431405129

Con las tablas 59, 60 y 61, se genera el grafico 12, para obtener las ecuaciones de la regresión lineal para cada tratamiento respectivo y en la pendiente se determina la difusividad efectiva.



**Figura 32** *Difusividad Efectiva En La Maduración del queso andino*

**Tabla 64**

*Difusividad efectiva en la maduración del queso andino a tratamientos T1, T2 y T3*

Def		
T1	T2	T3
8.00E-04	1.10E-03	1.00E-03

En la tabla 62, son los resultados obtenidos sobre la difusividad efectiva(Def) del queso andino madurado durante los 21 días en el prototipo de la cámara de maduración, donde para los tratamientos respectivos se obtuvieron los siguientes valores: T1= 8.00E-04, T2= 1.10E-03 y T3=1.00E-03. Castell, (2014), realizo una investigación de tesis de secado–maduración del queso donde obtuvo los siguientes resultados de la Difusividad efectiva: entre  $1.542 \times 10^{-11}$  y  $1.726 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  a 12 °C.

#### **4.9 EVALUACIÓN SENSORIAL CON LA PRUEBA DE FRIEDMAN**

Los juicios emitidos para cada uno de los catadores para cada uno de los tratamientos en la maduración del queso andino fueron trasladados a valores cuantitativos mediante una escala como se muestra en la tabla 63. lo cual es necesario cuando se realizan pruebas hedónicas según Alvarez, (2008).

**Tabla 65**

*Datos obtenidos en la evaluación sensorial realizada a los tratamientos en la maduración del queso andino*

Jueces	Forma del Queso		Parámetros sensoriales																											
			Corteza			Color			Aberturas			Olor			Sabor			Aroma			Gusto Acido			Textura						
	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA	QA			
<b>1</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3
<b>2</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	5	5	5	3	3	3	4	4	4
<b>3</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	3	3	3
<b>4</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4
<b>5</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3
<b>6</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	3	3	3
<b>7</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	5	5	5
<b>8</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4
<b>9</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	3	3	3	4	4	4
<b>10</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4	4
<b>11</b>	T1	T2	T3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4
<b>12</b>	T1	T2	T3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4



**Tabla 66**

*Resultados de la sumatoria en la prueba de Friedman.*

Jueces	Muestras		
	QAT1	QAT2	QAT3
1	30	32	41
2	29	35	42
3	32	32	39
4	32	35	40
5	33	32	41
6	34	38	43
7	31	35	41
8	33	37	43
9	30	35	39
10	32	37	43
11	31	37	43
12	28	35	41

Esta prueba se caracteriza por transformar los valores obtenidos inicialmente por códigos numerados del 1 al 3, siendo ordenados de menor a mayor en la tabla 65.

**Tabla 67**

*Resultados transformados para la prueba de friedman.*

Jueces	Rangos y/o Equivalencias		
	QAT1	QAT2	QAT3
1	1	2	3
2	1	2	3
3	1.5	1.5	3
4	1	2	3
5	2	1	3
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	2	3
9	1	2	3
10	1	2	3
11	1	2	3
12	1	2	3
<b>Total</b>	13.5	22.5	36
<b>Cuadrado</b>	182.25	506.25	1296
$\Sigma$		1984.5	
<b>Friedman</b>		<b>21.38</b>	



**Hipótesis:**

**Muestras:** Ho:  $S_{m2} = S_{e2}$

Hi:  $S_{m2} > S_{e2}$

- **Comparación:**

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = \frac{nc(c+1)}{2} \dots\dots\dots \text{Ecuación (32)}$$

$$13.5 + 22.5 + 36 = \frac{12 * 3 (3 + 1)}{2}$$

$$72 = 72$$

- **Formula:**

$$FR = \frac{12}{nc(c+1)} \sum R_j^2 - 3n(c+1) \dots\dots\dots \text{Ecuación (33)}$$

$$FR = \frac{12}{12 * 3 (3 + 1)} ( 13.5^2 + 22.5^2 + 36^2 ) - 3*12 ( 3 + 1 )$$

$$FR = 21.38$$

-  $\chi^2$ : **Grados de libertad = c-1**

$$3-1= 2$$

$$X_{0,05}^2 = 5.99$$

$$FR > X_{0,05}^2$$

$$21,38 > 5,99$$

Se rechaza: **Ho:**  $S_{m2} = S_{e2}$

Se acepta: **Hi:**  $S_{m2} > S_{e2}$

Se rechaza Ho:  $S_{m2} = S_{e2}$ , por lo tanto, se acepta: Hi:  $S_{m2} > S_{e2}$ , lo que nos indica es que las tres muestras analizadas son diferentes en los 9 atributos sensoriales: forma del queso, corteza, color aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura.



### **-Aceptación**

Se realizó la medición del grado de aceptación emitido por cada uno de los jueces después de probar las tres muestras del queso andino madurado y ellos eligieron la de su mayor agrado. Esta prueba de catación se llevó a cabo en el laboratorio de ingeniería de los alimentos, de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano con 12 catadores.

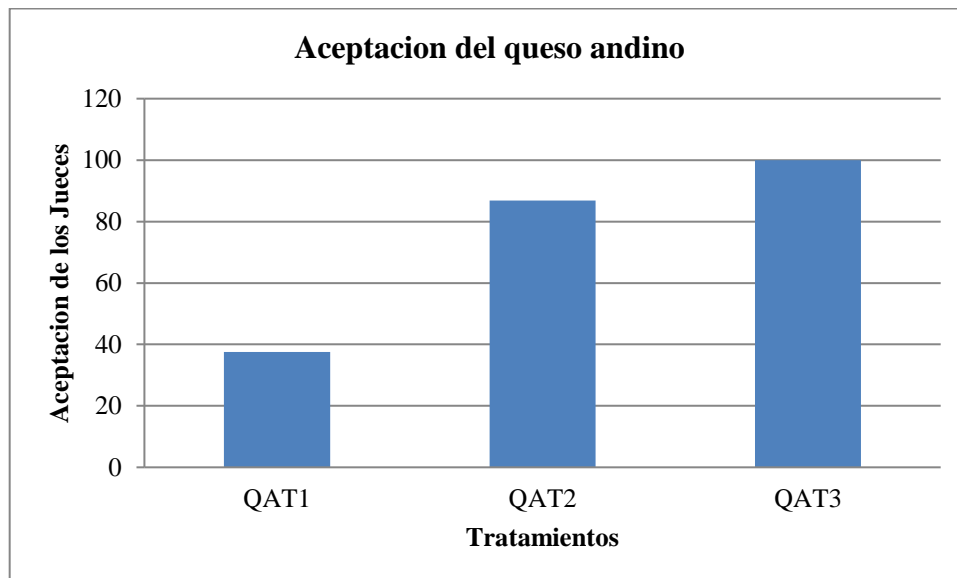
En la tabla 66, se observa por cada uno de los jueces el tratamiento de mayor aceptación en la maduración del queso andino fue del Tratamiento QAT3 la que agrado a los 12 jueces, este queso se maduró a una temperatura de 14-16 °C y a una Humedad de 80-85 %. A continuación, se presenta en el grafico 33, donde se aprecia la aceptación del queso Andino.

### **Tabla 68**

*Tratamiento de maduración del queso Andino de mayor aceptación por cada uno de los catadores.*

<b>Jueces</b>	<b>Código</b>
<b>1</b>	QAT3
<b>2</b>	QAT3
<b>3</b>	QAT3
<b>4</b>	QAT3
<b>5</b>	QAT3
<b>6</b>	QAT3
<b>7</b>	QAT3
<b>8</b>	QAT3
<b>9</b>	QAT3
<b>10</b>	QAT3
<b>11</b>	QAT3
<b>12</b>	QAT3

En la tabla 66, se muestra el número de jueces que emitieron su aceptación por el tratamiento de maduración del queso andino, donde el QAT3 fue la que les gusto a la totalidad de los jueces.



**Figura 33** *Aceptación del queso andino*

Como se aprecia en el grafico 33, se aprecia que el queso andino de tratamiento QAT3 obtuvo la aceptación del 100% con respecto a su puntuación codificada del 1-3 .la cual dio como resultado de su acumulado de 36 puntos, que se presenta en la tabla 66 de resultados de acumulados para la prueba de Friedman, mientas el tratamiento QAT2 obtuvo en puntaje de 22.5 que representa un 86.1% y el tratamiento QAT1 representa un 37.5 %.

#### **4.9.1 Análisis de varianza para cada atributo de la evaluación sensorial**

En la aplicación del test de Friedman para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3 en la maduración del queso Andino se obtuvo como resultado como resultado la aceptación de la hipótesis alterna ( $H_i: S_{m2} > S_{e2}$ ), la cual nos indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por ello es necesario realizar una prueba

de homogeneidad de varianzas (ANVA) y determinar entre que parámetros sensoriales evaluados existe dichas diferencias Lara, (2001).

#### 4.9.2 Forma del queso

En la tabla 67, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración de queso andino, ya que mientras mayor sea la sumatoria existe mayor aceptabilidad por parte del juez como se aprecia a continuación.

**Tabla 69**

*Datos obtenidos para el atributo de la forma del queso*

Jueces	Forma del Queso			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	3	3	5	11
2	4	4	5	13
3	4	4	5	13
4	4	4	5	13
5	4	4	5	13
6	4	5	5	14
7	4	4	5	13
8	4	4	5	13
9	4	4	4	12
10	4	4	5	13
11	4	4	5	13
12	3	4	5	12
Σ	46	48	59	
X	3.83	4	4.92	153

**H<sub>0</sub>:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre la forma de queso andino.

**H<sub>i</sub>:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre la forma del queso andino.

**Tabla 70**

*Resultados del ANVA del atributo de forma del queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95 %
<b>Tratamientos</b>	8.16666667	2	4.08333333	29.4	4.66204E-08	3.28
<b>Error</b>	4.58333333	33	0.13888889			
<b>Total</b>	12.75	35				



Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto, se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre la forma del queso andino.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (ANVA), en el caso de los tratamientos en la maduración del queso andino se acepta la hipótesis alterna ( $H_1: S_m^2 > S_e^2$ ) y se manifiesta que el efecto de la variación generado por las mismas es equivalente a 29.4, por lo que existe una diferencia significativa en comparación con el F tabulado

$F(0.05) = 3.28$ , lo cual nos demuestra que en los tres tratamientos de los quesos difieren en el atributo de la forma del queso.

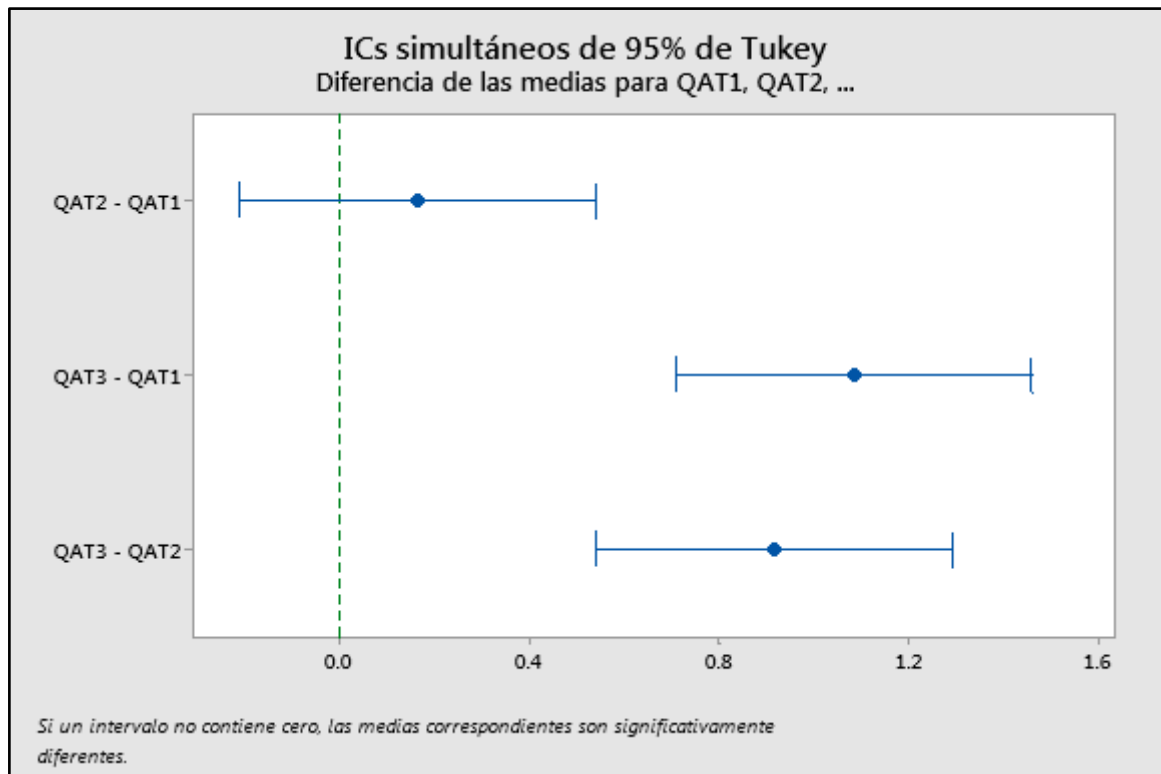
A continuación, en la tabla 69, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto a la forma del queso.

### Tabla 71

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamiento	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.9167	A
QAT2	12	4.000	B
QAT1	12	3.833	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes



**Figura 34** Representación para hallar la diferencia significativa entre tratamiento de maduración de queso andino.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo de la forma del queso como se observa en la tabla 69, son: QAT3= 4.9167 y QAT2= 4.000 si presentan diferencia significativa, los mismo ocurre con el tratamiento QAT3 y QAT1, donde el QAT3 es el tratamiento a condiciones de maduración (temperatura 14-16 °C y humedad de 80-85 %) el cual presenta su forma intacta al finalizar el proceso de maduración frente a los otros 2 tratamientos. Siempre la apariencia externa del queso debe ser regular, sin defectos o malformaciones menciona Chamorro & Losada, (2002).

Coste, (2005). indica que la evaluación de la apariencia externa del queso, consiste en el examen visual de la muestra del queso, en los que se consideran los atributos de forma, tamaño y peso.

### 4.9.3 Corteza

En este atributo existe una variación como se muestra en la tabla 70, debido a que los 12 jueces tienen diferentes apreciaciones con respecto a la corteza del queso andino. En este análisis mientras mayor sea la puntuación mejor es la aceptación como sucede con el tratamiento QAT3.

**Tabla 72**

*Datos obtenidos para el atributo de la corteza.*

Jueces	Corteza			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	3	3	4	10
2	3	4	5	12
3	3	3	4	10
4	3	4	5	12
5	3	4	5	12
6	4	4	5	13
7	4	3	4	11
8	3	4	4	11
9	3	4	4	11
10	3	4	5	12
11	3	5	5	13
12	3	4	4	11
$\Sigma$	38	46	54	
<b>X</b>	3.17	3,83	4.5	138

**H0:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre la corteza de queso andino.

**Hi:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre la corteza de queso andino.

**Tabla 73**

*Resultados del ANVA para el atributo de la corteza del queso andino para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95 %
<b>Tratamientos</b>	10.666666	2	5.33333333	21.12	1.2418E-06	3.28
<b>Error</b>	8.3333333	33	0.25252525			
<b>Total</b>	19	35				

Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre la corteza del queso Andino.

Se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 21,12 la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , la cual demuestra que hay una diferencia significativa.

Se establece que los tres tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3 poseen diferentes desarrollos de corteza en el queso y eso se corrobora de manera visual específicamente donde el tratamiento QAT1 no tenía una buena aceptación, mientras que el tratamiento QAT3 fue aceptada considerablemente.

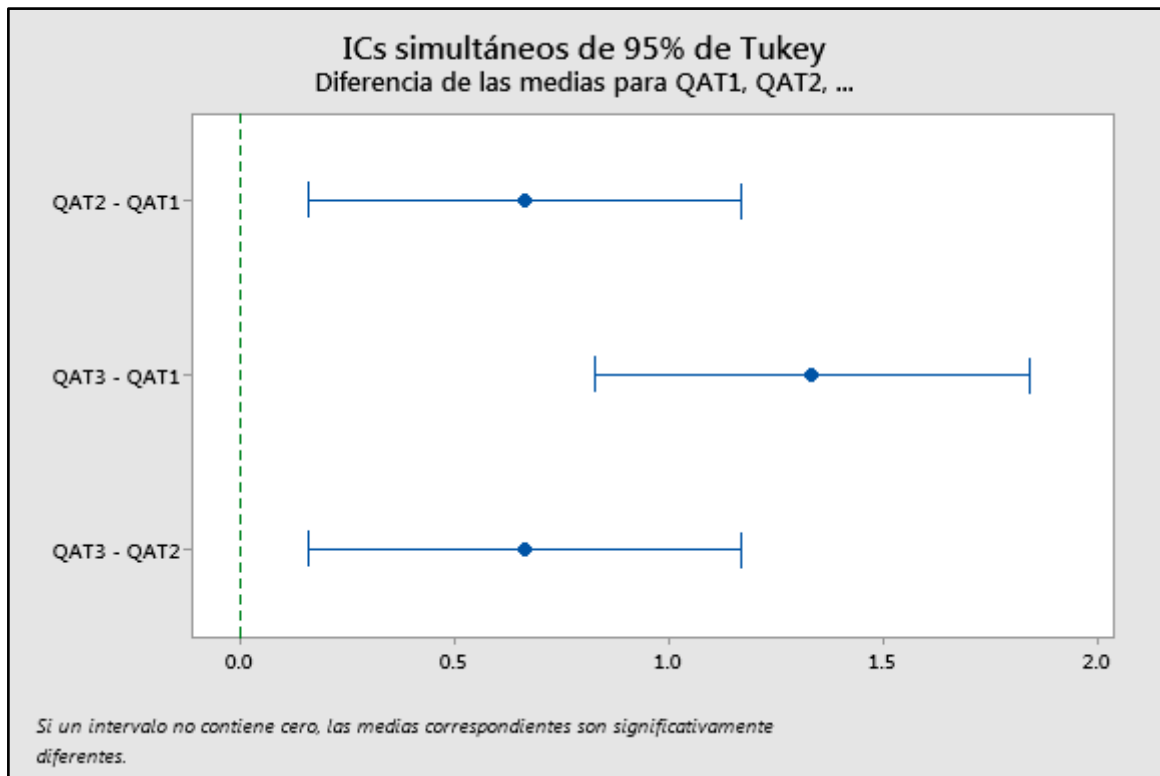
A continuación, en la tabla 72, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto a la corteza.

#### **Tabla 74**

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
QAT3	12	4.500	A
QAT2	12	3.833	B
QAT1	12	3.167	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Figura 35** Representación para hallar la diferencia significativa en corteza del queso andino

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo de la corteza del queso como se observa en la tabla 72, son: QAT3= 4.500, QAT2= 3.833 y QAT1= 3.167 si presentan diferencia significativa entre sí, donde QAT3 y QAT2 presentan diferencia significativa en la corteza, ya que la temperatura como la humedad hicieron que la corteza del tratamiento QAT3 sea mejor. También existe diferencia significativa entre los tratamientos QAT3 y QAT1, la primera presenta mejor desarrollo de la corteza frente a la segunda, donde la segunda por una alta concentración de humedad (90-95%) en la cámara hizo que su corteza no se desarrolle de la mejor manera.

#### 4.9.4 Color

En la tabla 73, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración del queso Andino, donde mientras mayor sea la



sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad del queso Andino respecto al color, esto se aprecia en el tratamiento QAT3.

**Tabla 75**

*Datos obtenidos para el atributo del Color*

Jueces	Color			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	4	4	5	13
2	4	4	5	13
3	3	4	5	12
4	4	4	4	12
5	4	4	5	13
6	4	5	5	14
7	4	4	5	13
8	4	5	5	14
9	3	4	4	11
10	4	4	5	13
11	4	4	5	13
12	4	4	5	13
Σ	46	50	58	
$\bar{X}$	3.83	4,17	4.83	154

**H0:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre el color del queso andino.

**Hi:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre el color del queso andino.

**Tabla 76**

*Resultados del ANVA para el atributo del color del queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	6.22222222	2	3.11111111	20.53	1.6095E-06	3.28
<b>Error</b>	5	33	0.15151515			
<b>Total</b>	11.22222222	35				

Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre el color del queso andino.



Se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 20.53, la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que hay una diferencia significativa.

Los tres tratamientos resultantes en la maduración del queso andino poseen una variación en el color y esto se manifiesta en el tratamiento QAT3 de mejor aceptabilidad en su color.

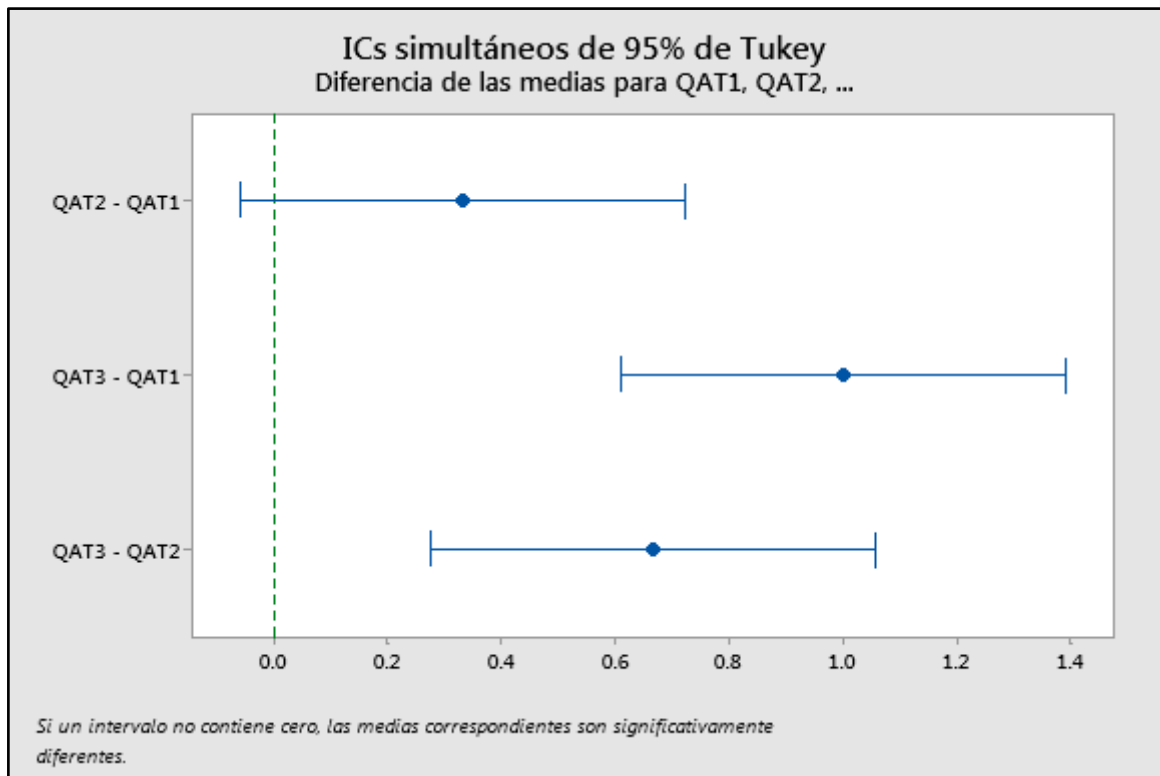
A continuación, en la tabla 75, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto a al Color.

### Tabla 77

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.833	A
QAT2	12	4.167	B
QAT1	12	3.833	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes



**Figura 36** Representación para hallar la diferencia significativa en el color de queso andino entre tratamientos.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo del Color del queso como se observa en la Tabla 75, son: QAT3= 4.833 y QAT2= 4.167 si presentan diferencia significativa, el color del tratamiento QAT3 presentaba un amarillento intenso característico de este tipo de quesos frente al tratamiento QAT2. También existe diferencia significativa entre los tratamientos QAT3= 4.833 y QAT1= 3.833, el color entre ellos diferenciaba ligeramente.

A los 21 días de maduración el queso Edam, presenta color amarillo pálido o amarillo mantecoso menciona Cenzano I. (1992). Y a la vez los quesos semiduros o duros suelen tener una coloración más intensa debajo de la corteza que es lo que se denomina aureola o cerco lo cual indica Coste, (2005).

#### 4.9.5 Aberturas



En la tabla 76, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración del queso Andino, donde mientras mayor sea la sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad de queso andino con respecto a las aberturas, esto se aprecia en el tratamiento QAT3 quien obtuvo la mayor puntuación respecto al tratamiento QAT2 y QAT1.

**Tabla 78**

*Datos obtenidos para el atributo de las aberturas en el queso*

Jueces	Aberturas			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	3	4	5	12
2	3	4	4	11
3	4	3	3	10
4	3	3	4	10
5	4	3	4	11
6	4	4	5	13
7	3	4	4	11
8	4	4	5	13
9	3	3	3	9
10	3	4	4	11
11	3	4	4	11
12	3	3	4	10
$\Sigma$	40	43	49	
$\bar{X}$	3.33	3,58	4.08	132

**H<sub>0</sub>:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre las aberturas en el queso andino.

**H<sub>1</sub>:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre las aberturas en el queso andino.

**Tabla 79**

*Resultados del ANVA para el atributo de aberturas en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	3.5	2	1.75	5.5	0.008679823	3.28
<b>Error</b>	10.5	33	0.31818182			
<b>Total</b>	14	35				



Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre las aberturas en el queso andino.

Se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 5.5, la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que hay una diferencia significativa.

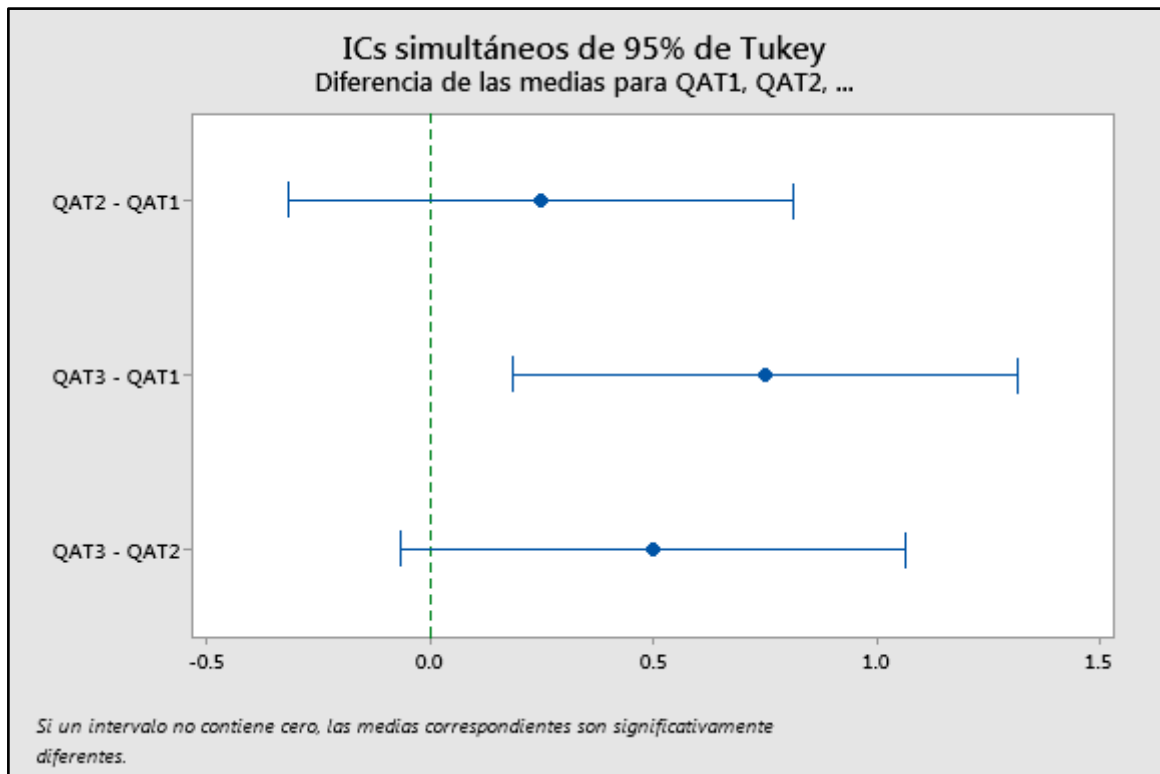
A continuación, en la tabla 78, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto a las aberturas en el queso.

### Tabla 80

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.083	A
QAT2	12	3.583	A B
QAT1	12	3.333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes



**Figura 37** Representación para hallar la diferencia significativa con respecto a la aceptabilidad de queso andino con respecto a las aberturas.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo de las aberturas en el queso como se observa en la tabla 78, son: QAT3=4.083 y QAT1=3.333 si presentan diferencia significativa, no presentaban aberturas en el queso del tratamiento QAT3, donde poseía una estructura compacta y sin poros. También se puede apreciar que los tratamientos QAT3 y QAT1 frente al tratamiento QAT2= 3.583 no existe diferencia significativa.

#### 4.9.6 Olor

En la tabla 79, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración del queso Andino, donde mientras mayor sea la sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad del queso Andino respecto a al atributo del olor, esto se aprecia en el tratamiento QAT3 quien obtuvo la mayor puntuación respecto al tratamiento QAT2 y QAT1.

**Tabla 81**

*Datos obtenidos para el atributo del Olor en el queso*

Jueces	Olor			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	4	4	5	13
2	3	4	5	12
3	4	4	5	13
4	4	4	4	12
5	4	4	5	13
6	4	4	4	12
7	3	4	5	12
8	4	4	5	13
9	4	4	5	13
10	4	5	5	14
11	3	4	5	12
12	3	4	4	11
$\Sigma$	44	49	57	
X	3.67	4,08	4.75	150

**H0:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre el olor en el queso andino.

**Hi:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre el olor en el queso andino.

**Tabla 82**

*Resultados del ANVA para el atributo del olor en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	7.1666666	2	3.5833333	20.27	1.80951E-06	3.28
<b>Error</b>	5.8333333	33	0.1767676			
<b>Total</b>	13	35				

Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre el olor en el queso andino.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en el caso de los tratamientos se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una F exp de 20.27. la cual es mayor en comparación con F tabulada  $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que

hay una diferencia significativa en los tres tratamientos de maduración del queso andino que difieren en este atributo.

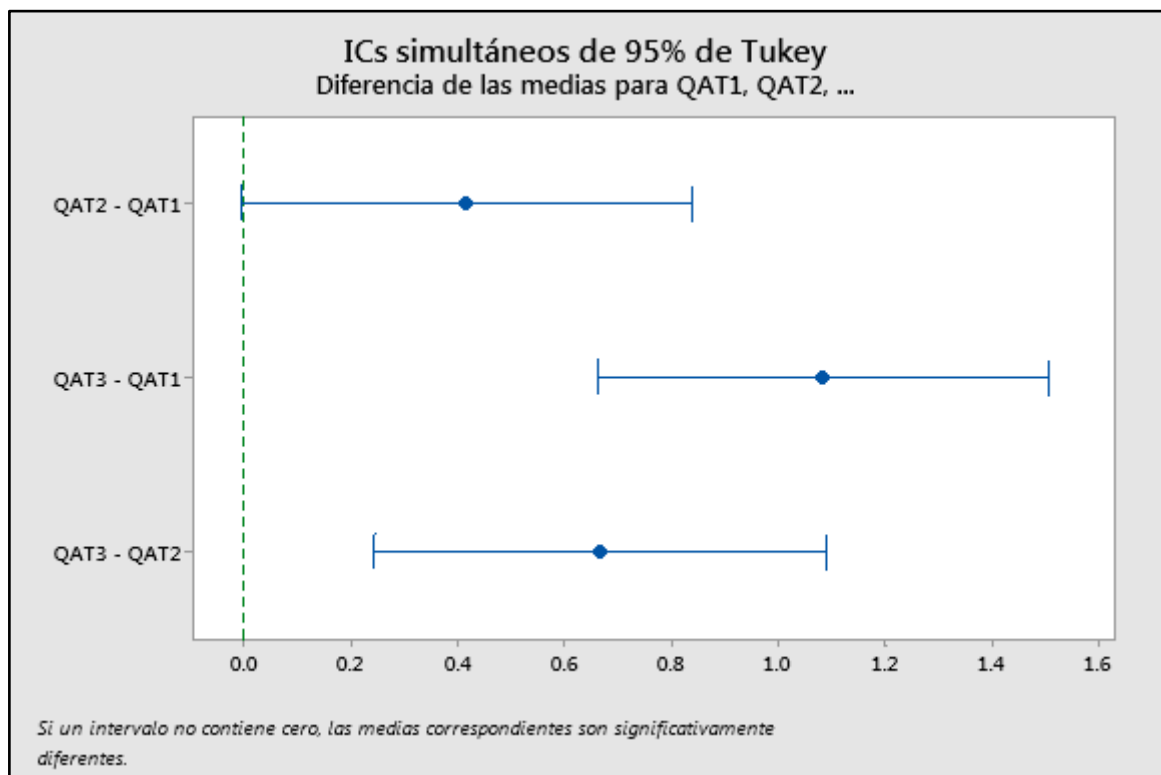
A continuación, en la tabla 81, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto al olor en el queso.

**Tabla 83**

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.750	A
QAT2	12	4.0833	B
QAT1	12	3.667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Figura 38** Representación para hallar la diferencia significativa con respecto al olor en queso andino



Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo del Olor del queso como se observa en la tabla 81, son: QAT3= 4.750 y QAT2=4.0833 si presentan diferencia significativa, el olor del tratamiento QAT3 presentaba un olor a mantecoso característico propio. También existe diferencia significativa entre los tratamientos QAT3=4.750 y QAT1=3.667, el olor entre ellos se diferencia ya que el tratamiento QAT1 tiene menos intensidad.

El sistema proteolítico de los lactococcus desarrolla sabor, olor y color de los quesos madurados y los aminoácidos son precursores de muchos componentes volátiles y a la vez de ciertos aminoácidos y péptidos según menciona Larpent, (1995).

El olor láctico es dominante o casi exclusivo en los quesos jóvenes (frescos), mientras que en los más madurados aparecen otras familias de olores, como consecuencia de una serie de mecanismos, en su mayoría enzimáticos, que transforman los diferentes componentes de la cuajada (proteínas y lípidos) formando números componentes aromáticos indica Coste, (2005).

#### **4.9.7 Sabor**

En la tabla 82, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración del queso andino, donde mientras mayor sea la sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad del queso andino respecto al atributo del sabor, esto se aprecia en el tratamiento QAT3 quien obtuvo la mayor puntuación respecto al tratamiento QAT2 y QAT1.

**Tabla 84***Datos obtenidos para el atributo del Sabor en el queso*

Jueces	Sabor			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	3	3	4	10
2	3	4	5	12
3	4	4	5	13
4	4	4	4	12
5	3	3	4	10
6	4	4	5	13
7	3	4	4	11
8	4	4	4	12
9	4	4	5	13
10	4	4	5	13
11	3	4	4	11
12	3	4	4	11
$\Sigma$	42	46	53	
$\bar{X}$	3.5	3,83	4.42	141

**H<sub>0</sub>**: Los Tratamientos no tienen efecto sobre el Sabor en el queso andino.**H<sub>i</sub>**: Los Tratamientos si tienen efecto sobre el Sabor en el queso andino.**Tabla 85***Resultados del ANVA para el atributo del sabor en el queso para los tratamientos**QAT1, QAT2 y QAT3.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	5.16666667	2	2.58333333	11.24	0.000189136	3.28
<b>Error</b>	7.58333333	33	0.22979798			
<b>Total</b>	12.75	35				

Se rechaza la H<sub>0</sub>, por lo tanto se acepta la H<sub>i</sub> en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre el Sabor en el queso andino.



De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en el caso de los tratamientos se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 11.24, la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que hay una diferencia significativa en los tres tratamientos de maduración del queso andino que difieren en este atributo.

A continuación, en la tabla 84, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto al sabor en el queso.

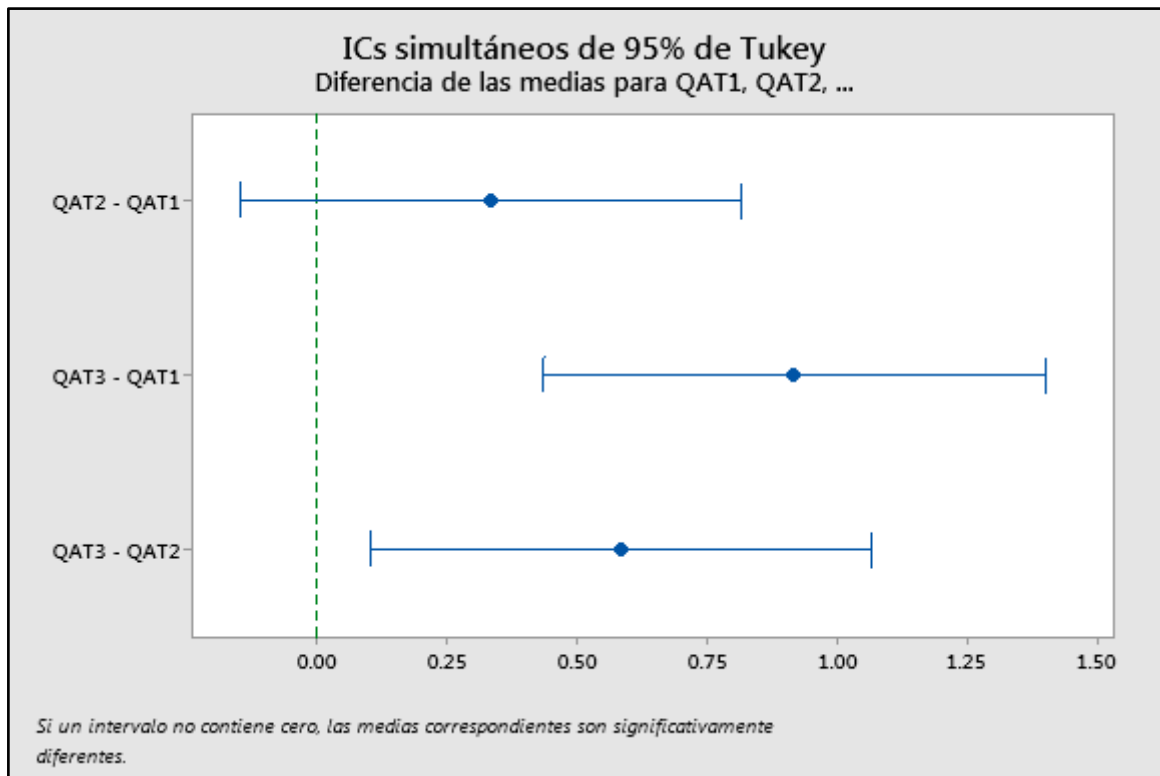
### Tabla 86

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.417	A
QAT2	12	3.833	B
QAT1	12	3.500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.





**Figura 39** Representación para hallar la diferencia significativa aceptabilidad del queso andino respecto al atributo del sabor.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo del Sabor del queso como se observa en la tabla 84, son: QAT3=4.417 y QAT2=3.833 si presentan diferencia significativa, el sabor del tratamiento QAT3 presenta un sabor láctico suave. También existe diferencia significativa entre los tratamientos QAT3=4.417 y QAT1=3.500, el sabor entre ellos diferencia ya que el tratamiento QAT1 tiene un sabor poco característico a un queso madurado.

#### 4.9.8 Aroma

En la tabla 85, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración del queso Andino, donde mientras mayor sea la sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad del queso andino respecto al atributo del aroma, esto se aprecia en el tratamiento QAT3 quien obtuvo la mayor puntuación respecto al tratamiento QAT2 y QAT1.

**Tabla 87**

*Datos obtenidos para el atributo del aroma en el queso*

Jueces	Aroma			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	3	3	4	10
2	3	4	5	12
3	3	4	5	12
4	3	4	5	12
5	4	4	4	12
6	4	4	4	12
7	3	4	5	12
8	3	4	5	12
9	3	4	5	12
10	3	4	5	12
11	4	4	5	13
12	3	4	5	12
$\Sigma$	39	47	57	
$\bar{X}$	3.25	3,92	4.75	143

**H0:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre el aroma en el queso Andino.

**Hi:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre el aroma en el queso Andino.

**Tabla 88**

*Resultados del ANVA para el atributo del Aroma en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	13.5555556	2	6.77777778	41.29	1.04143E-09	3.28
<b>Error</b>	5.41666667	33	0.16414141			
<b>Total</b>	18.9722222	35				

Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre el aroma en el queso andino.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en el caso de los tratamientos se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 41.29, la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que

hay una diferencia significativa en los tres tratamientos de maduración del queso andino que difieren en este atributo.

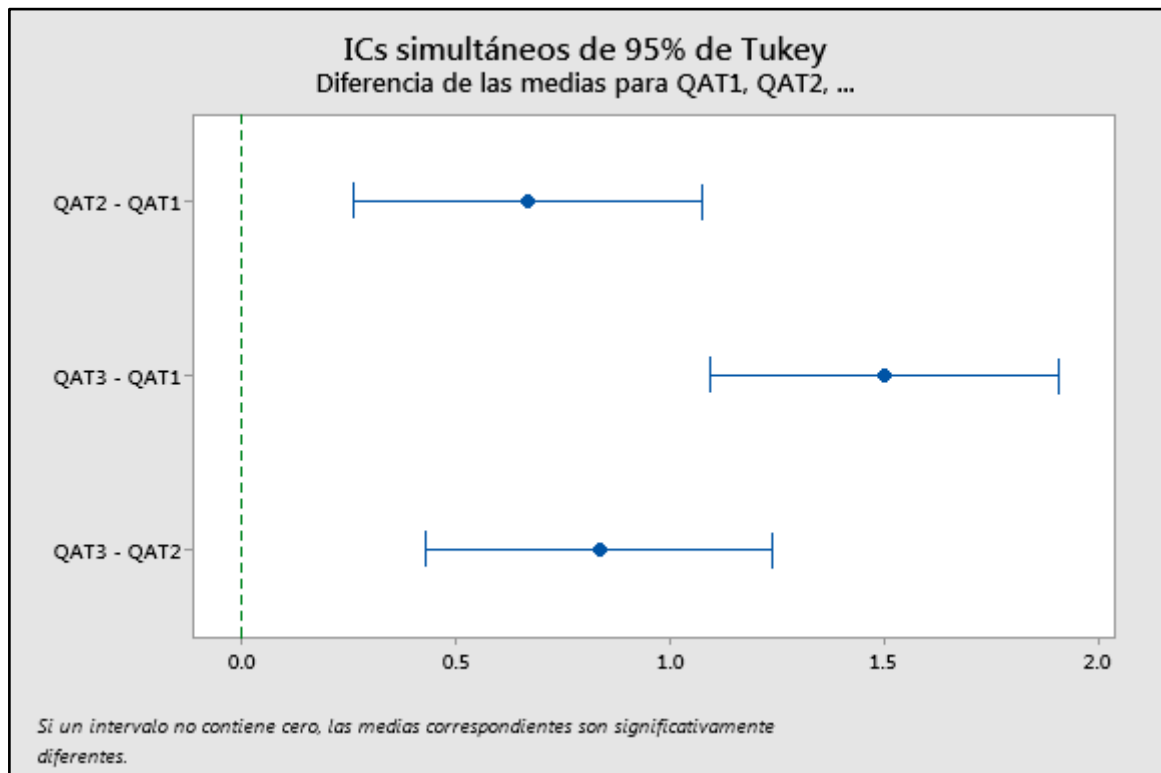
A continuación, en la tabla 87, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto al aroma en el queso.

**Tabla 89**

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.750	A
QAT2	12	3.9167	B
QAT1	12	3.250	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Figura 40** Representación para hallar la diferencia significativa en la aceptabilidad de queso andino respecto al atributo de aroma.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo del Aroma del queso como se observa en la tabla 87, son: QAT3= 4.750, QAT2=3.9167 y QAT1= 3.250 si presentan diferencia significativa entre sí, donde esta diferencia en el aroma se debe a la capacidad de degradación de las grasas durante el tiempo de maduración, donde los quesos muy grasos son los más aromáticos.

En la investigación se observó que el queso de 20 días de maduración elaborado con leche semidescremada obtuvo una calificación más alta, seguido el queso Edam de 30 días de maduración elaborado con la leche semidescremada según establecido por Lopez. V. , (2007)

#### 4.9.9 Gusto ácido

En la tabla 88, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración de queso andino, donde mientras mayor sea la sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad de queso andino respecto al atributo del gusto ácido, esto se aprecia en el tratamiento QAT3 quien obtuvo la mayor puntuación respecto al tratamiento QAT2 y QAT1.

**Tabla 90**

*Datos obtenidos para el atributo del gusto ácido en el queso*

Jueces	Gusto Acido			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	4	4	4	12
2	3	3	4	10
3	4	3	3	10
4	4	4	4	12
5	4	3	4	11
6	3	4	5	12
7	3	4	4	11
8	4	4	5	13
9	3	4	5	12
10	3	4	4	11



<b>11</b>	4	4	5	13
<b>12</b>	3	4	5	12
<b>Σ</b>	42	45	52	
<b>X</b>	3.5	3,75	4.33	139

**H0:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre el gusto ácido en el queso andino.

**Hi:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre el gusto ácido en el queso andino.

**Tabla 91**

*Resultados del ANVA para el atributo del gusto ácido en el queso para los tratamientos QAT1, QAT2 y QAT3*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	4.38888889	2	2.19444444	7.30	0.002367044	3.28
<b>Error</b>	9.91666667	33	0.30050505			
<b>Total</b>	14.30555556	35				

Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_i$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre el gusto ácido en el queso Andino.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en el caso de los tratamientos se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 7.29, la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que hay una diferencia significativa en los tres tratamientos de maduración del queso andino que difieren en este atributo.

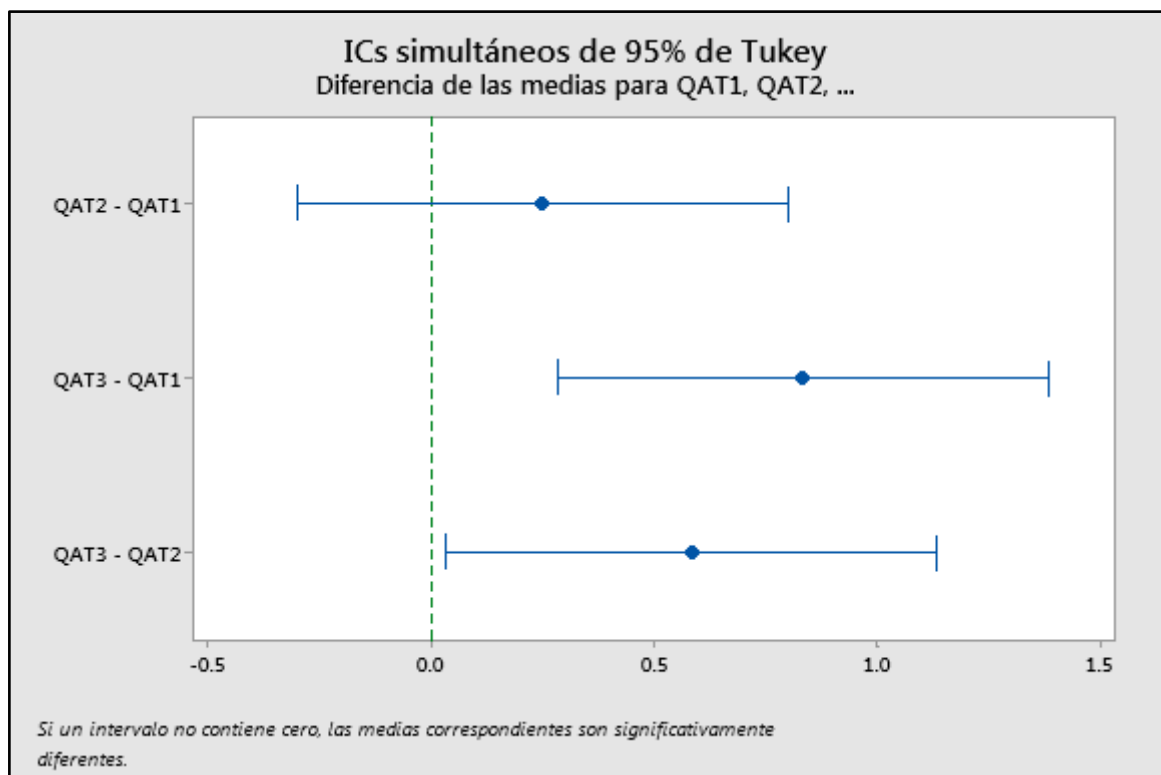
A continuación, en la tabla 90, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto al gusto ácido en el queso.

**Tabla 92**

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.333	A
QAT2	12	3.750	B
QAT1	12	3.500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes



**Figura 41** Representación para hallar la diferencia significativa aceptabilidad de queso Andino respecto al atributo del gusto ácido.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo de gusto a ácido del queso como se observa en la tabla 90, son: QAT3=4.333 y QAT2=3.750 si presentan diferencia significativa, el gusto a ácido del tratamiento QAT3 presenta gusto ligeramente ácido característico. También existe diferencia significativa entre los tratamientos QAT3=4.333 y QAT1=3.500, el gusto ácido entre ellos diferencian ya que el tratamiento QAT1 tiene gusto ácido poco característico a un queso madurado.

Las sensaciones gustativas nos permiten captar la cantidad de sal, dulzor, acidez y amargor del queso. De los cuatro sabores básicos (dulce, salado, ácido y amargo) los más frecuentes en un queso son el ácido y el salado. En los quesos más madurados el sabor es más equilibrado y se hace más intensa de sal, como consecuencia del agua evaporada por el proceso de maduración según establece Coste, (2005). Las características del queso Edam, es de sabor agradable ligeramente ácido, que los ácidos grasos, cetonas, esteroides y aldehídos, proteínas pectonas que son responsables del sabor en el periodo de maduración del queso según define Cenzano I. , (1992).

#### 4.9.10 Textura

En la tabla 91, se muestra la puntuación obtenida para cada uno de los tratamientos en la maduración de queso andino, donde mientras mayor sea la sumatoria de puntuación mayor será la aceptabilidad de queso andino respecto al atributo de la textura, esto se aprecia en el tratamiento QAT3 quien obtuvo la mayor puntuación respecto al tratamiento QAT2 y QAT1.

**Tabla 93**

*Datos obtenidos para el atributo de textura en el queso*

Jueces	Textura			SUMA
	QAT1	QAT2	QAT3	
1	3	4	5	12
2	3	4	4	11
3	3	3	4	10
4	3	4	5	12
5	3	3	5	11
6	3	4	5	12
7	4	4	5	13
8	3	4	5	12
9	3	4	4	11
10	4	4	5	13
11	3	4	5	12
12	3	4	5	12



$\Sigma$	38	46	57	
$\bar{X}$	3.17	3,83	4.75	141

**H0:** Los Tratamientos no tienen efecto sobre la textura en el queso andino.

**Hi:** Los Tratamientos si tienen efecto sobre la textura en el queso andino.

#### Tabla 94

*Resultados del ANVA para el atributo de textura en el queso para los tratamientos*

*QAT1, QAT2 y QAT3.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor para F 95%
<b>Tratamientos</b>	15.1666667	2	7.58333333	44.82	3.91692E-10	3.28
<b>Error</b>	5.58333333	33	0.16919192			
<b>Total</b>	20.75	35				

Se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto se acepta la  $H_1$  en la cual los tratamientos si tiene efecto sobre la textura en el queso andino.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en el caso de los tratamientos se acepta la hipótesis alterna debido a que se obtuvo una  $F_{exp}$  de 44.82, la cual es mayor en comparación con  $F_{tabulada}$   $F(0.05) = 3.28$ , esto nos demuestra que hay una diferencia significativa en los tres tratamientos de maduración del queso andino que difieren en este atributo.

A continuación, en la tabla 93, se presenta los valores obtenidos de la prueba de Tukey para determinar cuál tratamiento de maduración es diferente a la otra con respecto a la Textura en el queso.

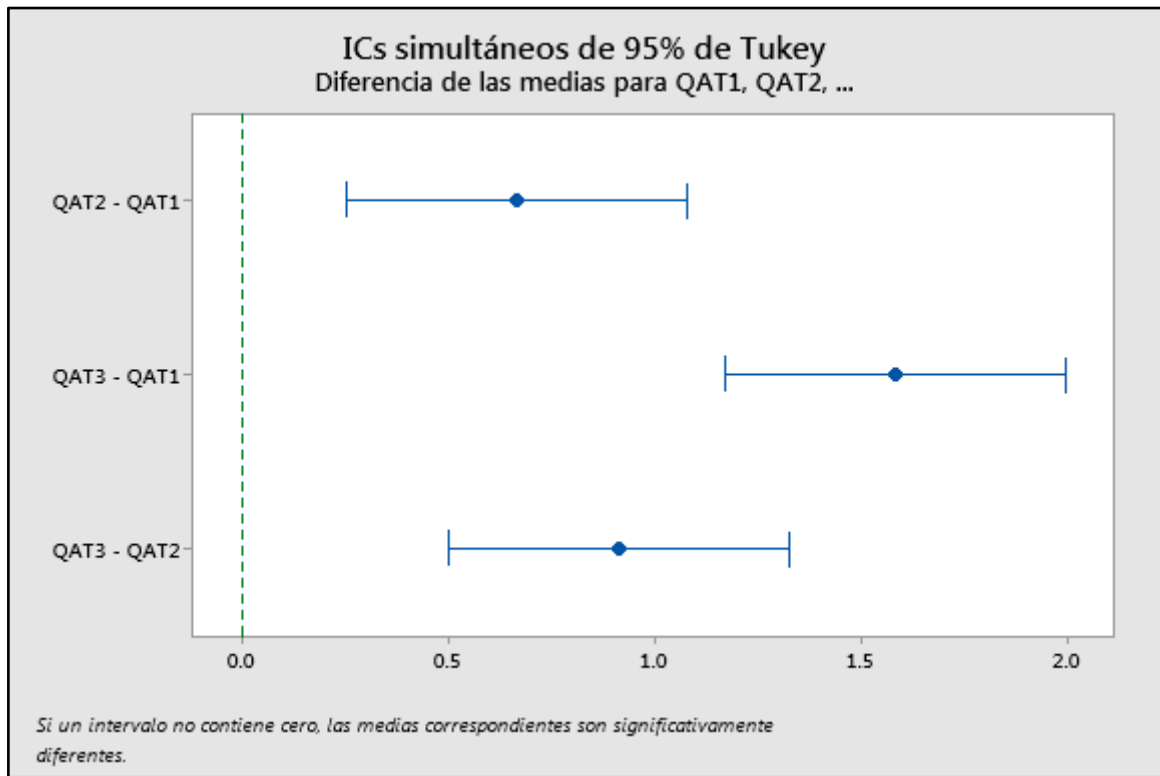


**Tabla 95**

*Comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
QAT3	12	4.750	A
QAT2	12	3.833	B
QAT1	12	3.167	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Figura 42** Representación para hallar la diferencia significativa aceptabilidad del queso andino respecto al atributo de la textura.

Los tratamientos que indican diferencia significativa en el atributo en la textura del queso como se observa en la tabla 93, son: QAT3=4.750, QAT2=3.833 y QAT1=3.167 si presentan diferencia significativa entre sí, donde esta diferencia en la textura se debe a que posee una característica de textura blanda y mantecosa característico propio de este tipo queso madurado.

Cuando se mastica el queso se pueden apreciar las características geométricas, es decir el tamaño y forma de las partículas que lo forman y podemos medir la



granulosidad del mismo determinando si el liso, arenoso o granuloso. También en la boca se mide la solubilidad y cremosidad, la solubilidad suele ser mayor en los quesos jóvenes ya que son más húmedos y los más maduros tienden a absorber más saliva que los primeros. La cremosidad es una sensación semilíquida que varía con la crema o sustancia grasa del queso y cuando más grasa y humedad tienen más cremoso así lo establece Coste, (2005).

Los quesos semiduros y duros son catalogados de textura elasticidad con mayor valor promedio descrito por INTI, (2007).



## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

1.-Se diseñó, construyó y automatizó el prototipo de cámara de maduración para el queso andino, donde este equipo permite optimizar el proceso de maduración con el control de la temperatura, humedad y aireación, el cual presenta la siguiente característica. La cámara posee una capacidad de maduración para 21 kg de quesos, un volumen de 0.2 (m<sup>3</sup>), el área de rejillas en el interior es de 0.25 (m<sup>2</sup>), una moto ventilador de capacidad 3000 (rpm), el cerramiento de la estructura tiene un espesor de 0.07m para la parte superior e inferior y 0.09 m para la parte vertical (derecho e izquierdo), el humidificador posee una resistencia flexible de 60 watts y un compresor de potencia de 1/6 Hp con capacidad frigorífica de 600 BTUs.

- El dispositivo PLC FULL GAUGE MT -530 del prototipo para su optimización de la cámara funciona de una manera adecuada ya que este tipo de dispositivos se especializa en el control de ambientes, posee un solo bulbo sensor donde se miden los parámetros de Temperatura, Humedad y activación de la aireación. La programación para el funcionamiento es realmente fácil, donde no necesita de una comunicación exterior para programarlo.

- El aislamiento en los cerramientos del prototipo por medio de espuma de poliuretano ayuda a la conservación del ambiente dentro de la cámara, es aislamiento garantiza la conservación del clima generado por en el humidificador, moto ventilador y sistema frigorífico.

-De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que el proceso de secado-maduración del queso andino presenta dependencia con la temperatura y humedad. La



cinética de secado –maduración es un método efectivo que permite modelar adecuadamente el proceso de maduración bajo distintas condiciones y que las curvas de secado –maduración permiten identificar claramente los periodos de velocidad.

2.-La Difusividad efectiva (Def) obtenidos para los quesos andinos durante su maduración para los 3 tratamientos: QAT1, QQAT2 y QAT3 fueron de  $8.00E-04$ ,  $1.10E-03$  y  $1.00E-03$  m<sup>2</sup>/s, empleándose temperaturas (10-12 °C), (12-14 °C), (14-16 °C) y humedades (90-95 %), (85-90%) y (80-85%). Además, se determinó una dependencia directa con la ecuación de Arrhenius.

3.- Se concluyó en la investigación de la maduración del queso andino que los factores de temperatura, humedad y tiempo de maduración (días) influyen en las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso andino, demostrándose los resultados para los tratamientos: QAT1, QAT2 y QAT3 respectivamente, donde el tratamiento QAT3 (T:14-16 °C y H: 80-85 %) para su maduración del queso dieron los mejores resultados.

4.-En la evaluación sensorial los efectos del tiempo, temperatura y humedad en los tratamientos QAT1,QAT2 y QAT3 durante la maduración del queso andino, son los responsables del desarrollo característico sensoriales: Forma del queso ,corteza, color, aberturas, olor, sabor, aroma, gusto ácido y textura del queso andino, demostrando una pequeña variación en sus atributos, que al final el mejor tratamiento para el desarrollo de sus atributos sensoriales fue el tratamiento (QAT3) a los 21 días de maduración. Las investigaciones para este tipo de queso andino madurado semiduro en nuestro medio desconocen sus características en la cual no existen estudios de investigación del mismo.



## IV. RECOMENDACIONES

- Para el diseño de una cámara de maduración en dimensiones más grandes es necesario la utilización de atomizadores de agua o varios vaporizadores para poder generar un ambiente con humedad en un rango de 80-90 % de humedad, ya que los dispositivos utilizados para el sistema de humidificación son complejos que deben ser tomados en cuenta para el diseño.
- Para un mejor control de la cámara de maduración se recomienda adquirir el SITRAD para el controlador FULL GAUGE MT-530 ya que este tipo de controlador tiene la ventaja de poder instalarse y controlarse mediante la aplicación móvil, que desde un teléfono celular podríamos ingresar al sistema de control para revisar y modificar los parámetros si fuera necesario.
- Considerar tiempos de control más cortas (horas) para determinar la difusividad efectiva durante los 21 días de maduración del queso andino.
- Comparar las características sensoriales del queso andino madurado en el prototipo con los quesos madurados de las plantas queseras de la región, con los mismos parámetros de leche.
- Este prototipo puede ser utilizado también para investigaciones de otros alimentos que necesiten microclimas, ya que este equipo está diseñado para poder ser modificados los parámetros que se necesiten.



## VII. BIBLIOGRAFÍAS

- ALCAZAR, J.** (1997). *Diccionario termino de industrias alimentarias primera.* edición Cuzco Perú.
- ALVAREZ., D. S.** (2008). *Adaptación de la escala hedónica para medir preferencias.* Chile.
- ANDRITSOS, N. P.** (2003). *Use of geothermal energy for tomato drying.*
- ANZALDUA & MORALES, A.** (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica.* Acribia, S.A.
- AOAC.** (2000). *Official Methods of AOAC International: Food Composition, Additives, Natural Contaminants.* Gaithersburg,,: Maryland, EE. UU.
- BARBOSA & GUSTAVO, C. V.** (2000). *Deshidratación de alimentos.* España: Acribia.
- BELITZ, H.** (1992). *Química de los alimentos.* Zaragoza, España: Edt. Acribia.
- BIRG G., & B.** (1977). *Sensory properties of food.* Applied Science Publishers, Ltd. ISBN: 085334:7441.
- BONNET, s.** (2010). *“Boletín informativo aceros inoxidables”.* Islas Canarias. España.
- BOURNE, M.** (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. 2da.* Academic Press. EE.UU.
- BRODIER F., L. P.** (1997). *Guide d'évaluation olfato-gustative des fromages á pâte dure et semi-dure* *Lebensm- Wiss. U. Technol.*
- BUDYNAS, R. & .** (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY.* Mexico: D.F. McGraw-Hill.
- CABRERA, & M.** (2010). *Maduración de quesos.* Madrid: España.



- CARITAS.** (2009). *Manual de elaboración de variedades de quesos.*
- CARR., S.** (1989). *Quesos del Mundo*. Barcelona: Folio .A. España.
- CARRILLO, D. y.** (2013). *Automatización de un invernadero con el PLC S7-200. Tesis de Licenciatura. Zacatecas: Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zatecata: Universidad Autonoma de Zacatecas.*
- CASTAÑO., & M.** (2004). *DISEÑO DE MÁQUINAS. Medellín, Colombia. Medellin: Colombia.*
- CASTELL., A.** (2014). *USO DE RMN DE CAMPO BAJO PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIA. APLICACIÓN AL SECADO-MADURACIÓN DE QUESO. Mallorca - España: Tesis Doctoral Palm.*
- CCOPA, R.** (2006). *"Evaluacion de efecto de la temperatura y tiempo de calentamiento en la vida util del queso tipo paria envasado al vacio"*. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. UNA - PUNO.
- CEDEPAS.** (2014). *Manual de producción de Derivados Lácteos.* La Libertad: [http://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/manual\\_lacteos.pdf](http://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/manual_lacteos.pdf).
- CENGEL, Y. A.** (2002). *Termodinámica.* Mexico: McGRAW-HILL.
- CENZANO, I.** (1992). *Los quesos: otros quesos europeos.* Madrid: AMV: Ediciones y Mundi - Prensa.
- CESOL.** (2003). *"Aceros inoxidable y resistentes al calor"*. Asociación española de soldadura y tecnologías de unión. España. España.
- CHAMORRO & LOSADA, M.** (2002). *El análisis sensorial de los quesos.* Madrid, España: Madrid Vicente.



- CHARLEY, H.** (1997). *Tecnología De los Alimentos, Proceso químicos y físicos en la preparación de alimentos*. 2da Ed. Edt. LIMUSA.México.
- CHIRINOS, R.** (2012). *Manual de capacitación de elaboración de queso*. Ayaviri.
- CODEX, A.** (1978). *Norma general del CODEX para el queso. Codex Standard 283-1978*.
- COLLINS., Y. M.** (2003). *Lipólisis y catabolismo de ácidos grasos libres en el queso: una revisión de los conocimientos actuales*. International Dariry Journal.
- CONDORI.** (2010). *Quesería Rural*. Puno: Lucero.
- COSTE, F.** (2005). *Analisis Sensorialde Quesos*. Zamora - España: s edt., pp10.
- COSTELL, E. &.** (1981). *El análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos II Planteamiento y planificación: selección de pruebas*. Revista de Agroquímica y Tecnología d en los alimentos 21, 149-166.
- DDA, M. B.** (2006). *Microbiología de alimentos*. Zaragoza España.: Acribia, SA. .
- DUBACH, J.** (1998). *El “ABC” para Quesería rural de los andes. Proyecto quesería Rurales de Ecuador Convenio MAG-COTEGU*. Quito: Ecuador.
- DUMARIS., R. B.** (1991). *Ciencia y tecnología de la leche. Queso*. Zaragoza: Acribia, S.A.
- ECK, A. G.** (2000). *Fabricacion de queso: de la ciencia a la garantia de calidad* . Paris: Intercepcion.
- ELENA, C.** (1991). *Investigación detesis doctorado análisis sensorial en Universidad Nacionalzamorra* . Argentina.
- ESTEBAN., M. &.** (1990). *Actividad de agua en queso a partir de su composición química: Food Chem*.
- ESTRELLA, L. y.** (2010). *Diseño y construcción de un prototipo para la variación de humedad y temperatura dentro de un ambiente cerrado para la realización de prácticas*





- en el laboratorio del DECEM. Sangolqui: Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico. Politécnica del ejército, consulta: 23 de marzo de 2004.*
- FAO.** (1983). *Equipo regional de fomento y capacitación en lechería para América latina .Tecnología y Control de Calidad de Productos Lácteos.* Santiago: Chile.
- FENNEMA, O. R.** (1996). *Food Chemistry, Tercera Edición.* Marcel Dekker.
- FITO, P. A.** (2001). *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente.* Valencia (España): U.P.V.
- FOUST, A.** (1997). *Principios de operaciones unitarias.* CECSA.
- FUNG, L.** (2009). *Tecnología de elaboración de queso a partir de leche de oveja.* Escuela Académico Profesional de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- GARCIA, S. Y.** (2007). *Isotermas de adsorción y cinética de Secado de Hortalizas y aromáticas.* Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales – UNAM. RIA, 36 (1): 115-129. Abril 2007. INTA, Argentina.
- GEANKOPLIS, C.** (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias.* Continental, S.A., México. 759 p.
- GÓMEZ, M.** (2004). *Evaluación sensorial e instrumental de textura de quesos argentinos.* Valencia: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España. .
- GUIJARRO, F.** (2011). *Diseño y Desarrollo de una cámara de maduración de quesos para la planta piloto de alimentos (Tesis de pregrado).* Equinoccial Quito: Ecuador.
- H, M., & FONDEN, R. Y.** (2003). *Composition of Swedish dairy milk.* Journal Dairy International: 13:409-425.
- HARBUTT, J.** (1999). *La enciclopedia Mundial del queso.* Gunozeto.



- HERNANDEZ, R. G.** (2006). *Manual del Soldador*. Madrid: ISBN.
- HERNANDEZ., f.** (2001). *Metodología de la investigación*. Mexico: Graw Hill.
- HOLZAPFEL, W. y.** (1998). *La generación de bacterias acidas lácticas*. London: edición BlackieAcademic profinal.
- HOWARD, B. C.** (2005). *Modern Welding Technology*. Nueva Jersey: Pearson Education.
- HUTCHINGS, J.** (1977). *The importance of visual appearance of foods to the food processor and the consumer*. Journal of Food Quality 1, 267-278.
- INDUSTRIAL, I. N.** (2016). *Tecnológicas de Industria Láctea-*. Argentina.
- INTI.** (2007). *Instituto Nacional de Tecnología lácteos* . Santa Fe: Argentina.
- INTI.** (2007). *Instituto Nacional de Tecnología lácteos*. Rafaela Santa Fe Argentina.
- ISO.** (2009). *Milk and milk products. Sensory analysis. Part 1: General guidance for the recruitment, selection, training and monitoring of assessors*.
- ISO.** (2007). *Sensory analysis - General guidance for the design of test rooms*.
- ISO.** (2008). *5492 Sensory analysis*.
- JELLINEK, G.** (1985). *Sensory evaluation of food. Theory and practice*. England: Ellis Horwood.
- KALPAKJIAN, S. &.** (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología 4ta*. Mexico: Pearson Educacion.
- KIRANOUDIS, C. Z.-K.** (1992). *Drying kinetics of onions and green pepper*. Drying Technology: 10(4), 995-1011.
- LARA, P.** (2001). *Diseño estadístico de experimentos, análisis de varianza y temas relacionados*. Proyecto sur.



- LARPENT.** (1995). *Adaptador de cultivos lácticos Bacterias acidas lácticas.*
- LICATA.** (2017). *ta <http://www.zonadiet.com/comida/queso>. Obtenido de ta <http://www.zonadiet.com/comida/queso>.*
- LOPEZ., V.** (2007). *Determinación de influencia de dos tipos de leche y tres tiempos de maduración en la elaboración y la calidad de queso de pasta firme tipo Edam. Tesis.*  
Tesis.
- LOPEZ., V. D.** (2007). *determinación de influencia de dos tipos de leche y tres tiempos de maduración en la elaboración y la calidad de queso de pasta firme tipo Edam. Tesis. .*  
Tesis.
- MADRID, A.** (1994). *Nuevo manual de tecnología quesera.* Madrid: Ediciones y Mundi-Prensa.
- MAHECHA., G.** (1987). *Clasificación de los quesos. Alimentos 2 (12): 59-61.*
- MARIA, a. d.** (2017). *caracterizacion fisico quimica y sensorial de los quesos artesanos andaluces.* Cordoba - Argentina: Uc0Press.
- MARIN, J.** (2008). *Apuntes de Diseño de Maquinas.* Barcelona - España: Gamma.
- MC CABE, W. S.** (1991). *Operaciones básicas de Ingeniería Química.* McGraw-Hill, Inc.1112  
p.
- MEJIA., R.** (2004). *Caracterizacion Textural y Fisicoquimico del Queso Edam.* Colombia:  
Facultad de Agronomía-Medellin.
- MEYER, R.** (1996). *Elaboracion de productos lacteos. Segun Reimpresion Trillan.* Mexico.
- MINAG.** (2017). *Ministerio de Agricultura.*
- MINSA.** (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos 10ma ed. .* Lima: Elaborado por  
Reyes M; Gómez I; Espinoza C. .



- MOLINA., L. B.** (1996). *Características de la calidad química y sensorial del queso Chanco de campo del mercado en Chile*. Chile: Alimentos N°21: 25 - 36.
- MOTT, R. L.** (2009). *Diseño de Elementos de maquinas 4ta Edicion*. Mexico: Hispanoamericana S.A.
- MUCIO, M.** (2005). *Quesos típicos de Sudamérica Brasil*.
- MUCIO., M.** (1995). *Quesos típicos de Sudamérica Brasil*. Brasil.
- MUJUMDAR., A. S.** (2000). *Handbook of industrial drying*. Taylor & Francis Group, LLC.
- NORMAN, W.** (1994). *elementos de tecnología de alimentos*. Mexico.
- NTP., 2. 0.** (2010). *Leche y Productos Lacteos. Leche Cruda. Requisitos*.
- NTP., N. T.** (2010). *leche y productos lacteos. Quesos madurados y requisitos. 2da edicion R. 0012-2005 INDECOPI-CNB*.
- OMS/FAO., O. M.** (2000). *Codex Alimentarius. Leche y Productos Lácteos. Volumen 12: Segunda edicion*.
- ORDOÑEZ, J.** (1998). *Tecnología de losalimentos de origen animal*. España.
- ORIA, R.** (1991). *Elaboración de Productos Lácteos*. Zaragoza España.: Acribia,.
- OSORIO, J. C.** (2004). *Caracterización Textural y Físicoquímica del queso Edam*. facultad Nacional de Agronomía.
- OSPINA Lopez, R.** (2007). *Soldabilidad en Aceros Inoxidables y Aceros Dimisibles*. Colombia:: Universidad Tecnologica de Pereira.
- PACHECO., G.** (2015). *CONSTRUCCIÓN DE UN CÁMARA MADURADORA DE QUESOS PARA LA MICROEMPRESA*. Ecuador: Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.
- PARDO, A. R.** (2005). *Análisis de datos con SPSS 13 Base*. España: Mc Graw Hill.



- PAXSON, H.** (2013). *La vida del queso: elaboración de alimentos y valor en América. (Libro electrónico)*. 209 p. Universidad de California.
- PITA, E. G.** (1991). *Principios y Sistemas de refrigeración*. Mexico d.f.: LIMUSA S.A. de C.V.
- POVEDA., J. S.-P.-C.** (2008). *Composicion volatil, perfil olfametrico y evaluacion sensorial de quesos de cabra Españoles semiduros*. Ciencia y Tecnologia Lacteas.
- PRADERA.** (2011). *Tecnologia de lacteos*. Puno: Juliaca.
- RAFAEL, M. &.** (2013). *Catálogo de maquinaria para procesamiento de lácteos*.
- RAMIREZ.** (2006). *Manual Practico de Quesería*. ediciones Ayala España, , 1ra y 2da Edición.
- RAMIREZ, M.** (2005). *Manual Practico de Quesería*. 1ra y 2da ediciones Ayala España.
- REINA. G., M.** (2003). *“Soldadura de los Aceros. Aplicaciones”*. España: 4ta. Weld-Work S.L.
- RODRIGUEZ, E. ..** (2005). *Los Refrigerantes en las Instalaciones Frigoríficas*. España: THONSON EDITORES SPAIN PARANINFO, S.A.
- ROSENTHAL, A.** (2001). *Textura de los Alimentos. Medida y percepción*. España.: Acribia.
- SANTOS., A.** (1998). *“leche y sus derivados”*. Mexico: Trillas.
- SCOTT, R.** (2009). *Fabricación de Quesos*. Acribia. Zaragoza: España.
- SCOTT., R.** (1991). *Fabricación de queso*. Zaragoza: Acribia- España.
- SHARMA, S. M.** (2003). *Ingenieria en Alimentos.Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. Limusa Wiley.
- SIERRA Y SELVA EXPORTADORA, S.** (2016). *Informe de productos lácteos*. Lima:  
[www.sierraexportadora.gob.pe](http://www.sierraexportadora.gob.pe).

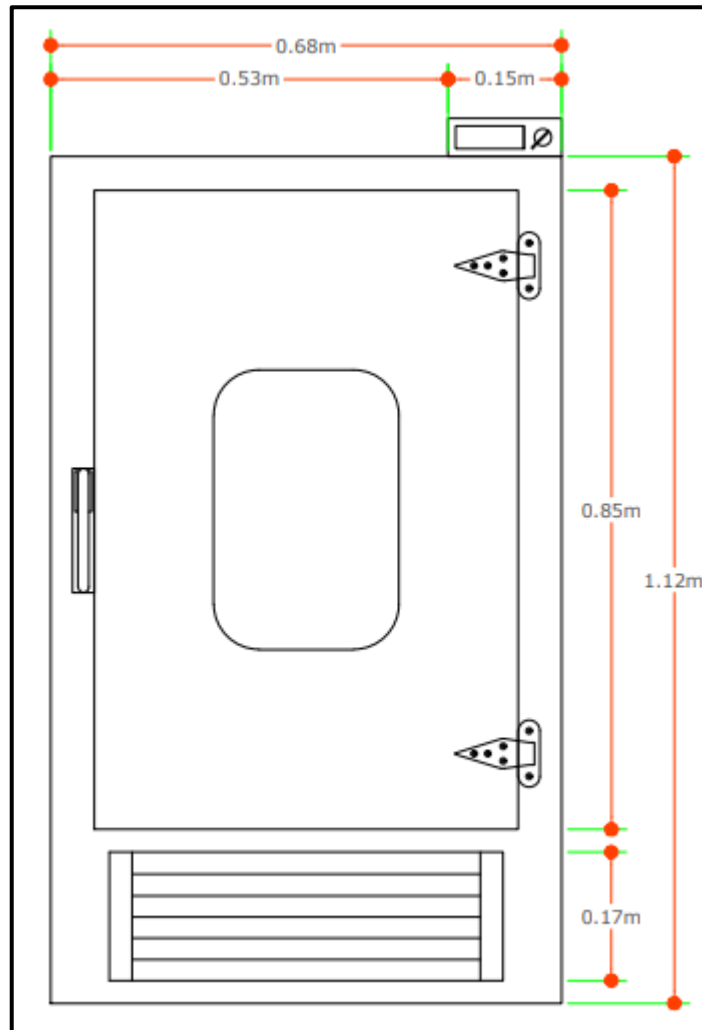


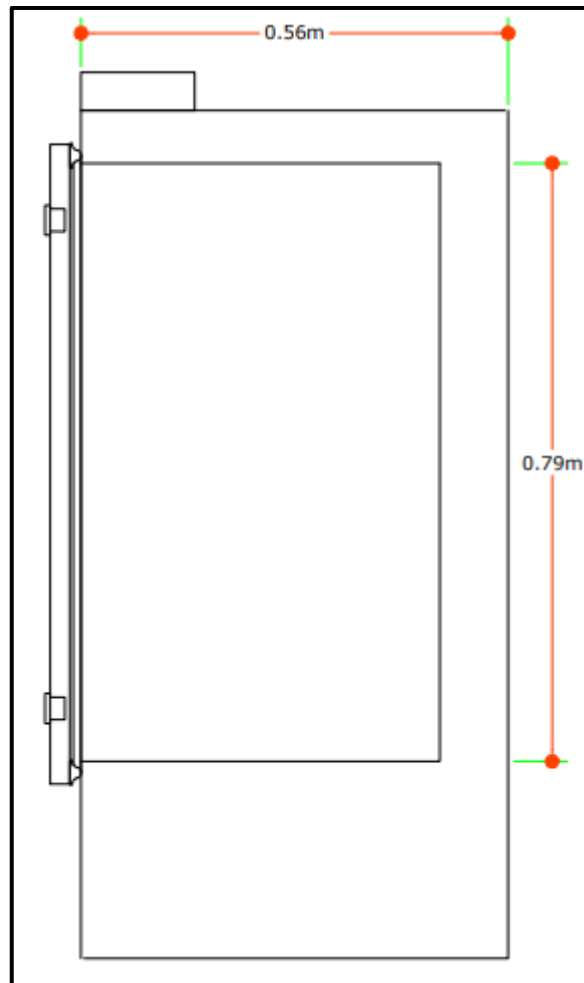
- SOTTIEZ.** (1999). *Leche y Productos Lácteos. Tomo II.*
- SUNAT.** (2017). (*Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria*). Lima.
- SZCZESNIAK, A.** (2002). *Texture is a sensory property.* Food Quality and Preference 13:215-225.
- TENIZA, O.** (2008). *Estudio del suero de queso de leche de vaca y propuesta para el rehuso del mismo. Tesis para obtener el grado de maestro en tecnología avanzada. Instituto Politecnico Nacional-Centro de Investigacion en biotecnologia Aplicada.* Mexico. 139p.
- TURHAN, M. T.** (1997). *Drying kinetics of red pepper.*Journal of Food Processing and Preservation: 21, 209-223.
- VASQUEZ, I.** (2010). *Elaboración de queso Andino.* Puno: Facultad de Ciencias Agropecuaria. Escuela Académico Profesional: Ingeniería Agroindustrial.
- VEGA, A.** (2003). *Estudio de la Deshidratación y Rehidratación del Pimiento Rojo (Capsicum Annuum L.) var.Lamuyo.* Valencia, España.: Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos.
- VEGA., A. Y.** (2006). *Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (Vasconcellea pubescens).* Revista Información Tecnológica: 17(3), 23-31.
- VEISSEYRE, R.** (1980). *Lactiologia Técnica.* 2da Edit. Zaragoza: España.
- WEERTS, A. D.** (2005). *Modelling the hydration of foodstuffs.* Simulation Modelling Practice and Theory: 13, 119-128.
- ZUÑGA., L.** (2 Budynas, (2008)007). *Estudio de la Dureza del Queso Edam por medio de Análisis de Perfil de Textura y Penetrometria por Esfera.* . Medellin: Rev.Fac. Agr. .

## ANEXOS

### ANEXO 1

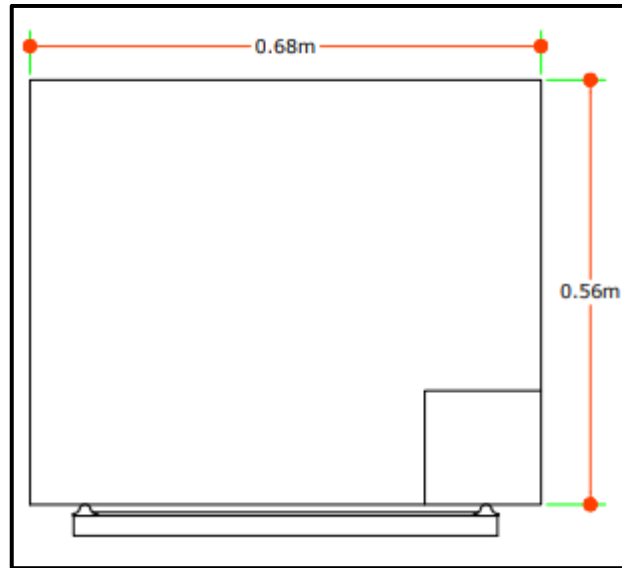
#### VISTAS DEL DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA CAMARA DE MADURACION DE QUESO ANDINO



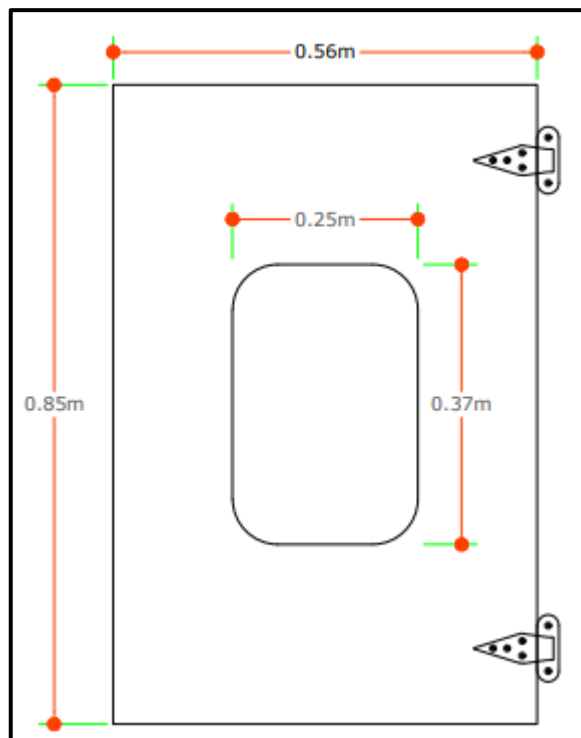


**Figura 43** *Vista frontal del Prototipo*

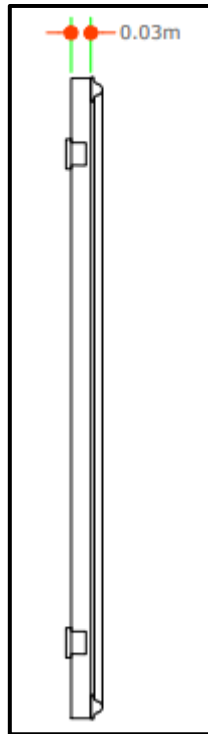




**Figura 44** *Vista Lateral Derecho del Prototipo.*



**Figura 45** *Vista de Planta del Prototipo*



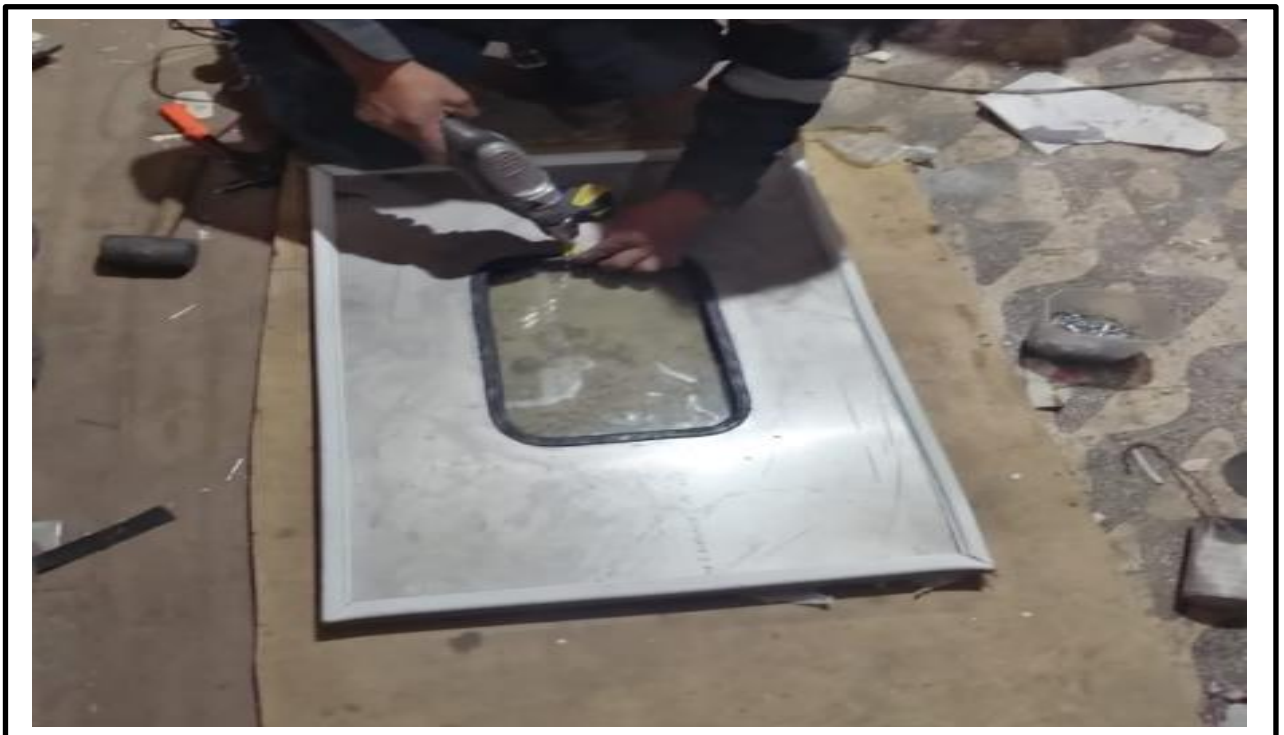
**Figura 46** *Vista Frontal de la Puerta del Prototipo*

## ANEXO 2

### PANEL FOTOGRAFICO DE LA CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO



**Descripción:** En esta imagen se aprecia el ensamblado de la estructura del prototipo con el acero inoxidable AISI 304.



**Descripción:** Aquí se aprecia el ensamblado de la puerta del prototipo, donde se le puso un empaque con vidrio templado y silica gel para que no se empañe con la humedad.



**Descripción:** Aquí se puede apreciar los cerramientos laterales del prototipo, en la cual se observa el espesor de los cerramientos donde posee la espuma de poliuretano, para garantizar un ambiente deseado dentro de la cámara de maduración.





**Descripción:** Aquí se aprecia ya casi terminando de ensamblar todos los cerramientos de la estructura del prototipo de la cámara de maduración con el acero inoxidable AISI 304.



**Descripción:** Aquí se aprecia preparando la tubería de cobre para el sistema de refrigeración, en la cual se utilizó las tuberías para la línea de baja y alta presión por donde circulara el gas refrigerante R-134 a.



**Descripción:** Aquí se aprecia el entubamiento en forma de serpentin para el sistema de evaporación del gas refrigerante en la estructura de la parte posterior del prototipo.



**Descripción:** Aquí se aprecia la estructura y la puerta del prototipo lista para ser ensamblada.



**Descripción:** Aquí se aprecia realizando la soldadura de la tubería de cobre, donde se está uniendo la línea de baja presión al condensador y luego al compresor de 1/6 de HP.



**Descripción:** Aquí se aprecia el llenado del gas refrigerante y el control de la presión con el manómetro, para así garantizar la temperatura dentro del prototipo de la cámara.





**Descripción:** Aquí se aprecia la estructura del prototipo ya ensamblada.



**Descripción:** Aquí se aprecia el sistema eléctrico ya instalado y el controlador del dispositivo PLC FULL GAUGE MT 530. para el control de la temperatura, humedad y



**Descripción:** Aquí se aprecia la maduración de los quesos andinos dentro del prototipo de la cámara, se realizó en el laboratorio de ingeniería de la escuela profesional de ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional del Altiplano.



**Descripción:** Aquí se aprecia la extracción de las muestras del queso andino con los sacabocados de acero inoxidable.



**Descripción:** Aquí se aprecia la realización del análisis de la actividad de agua (Aw) para los quesos.

**Descripción:** Aquí se aprecia el análisis de textura de las muestras, con el equipo de texturometro.





## CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLOGICO y FISICOQUIMICO DEL QUESO ANDINO.



**Universidad Nacional del Altiplano - Puno**  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD ACREDITADA  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



Nº 000999

LQ - 2019

### Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de: QUESO ANDINO  
**PROCEDENCIA** : BIOINDUSTRIAS LACTEAS ESTRELLITA BELEN EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA, DISTRITO DE LAMPA, PROVINCIA DE LAMPA  
**PROYECTO** : "CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CÁMARA DE MADURACIÓN DE QUESOS Y OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA SU EVALUACIÓN EN QUESOS ANDINOS"  
**INTERESADO** : JOSE LUIS QUISPE CUEVAS, JHINO AUGUSTO RODRIGUEZ MENA  
**MOTIVO** : CONTROL DE CALIDAD  
**MUESTREO** : 03/10/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 03/10/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000162

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Solido  
**COLOR** : Amarillento  
**OLOR** : Característico  
**CONSISTENCIA** : Rígido

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**pH** : 5.5  
**Humedad** : 38.00 %  
**Proteína** : 28.46 %  
**Grasa** : 30.15 %  
**Ceniza** : 0.57 %

Puno, C.U. 05 de noviembre del 2019.

VºBº



*[Firma]*  
Luis Tello Palma  
DECANO  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



*[Firma]*  
JEFATURA  
Ing. José Miguel Castillo Prado  
Laboratorio de Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERÍA QUÍMICA  
UNA-PUNO

*[Firma]*  
ING. LUZ MARINA PEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 162293

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD ACREDITADA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 001126

LQ - 2019

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de: QUESO ANDINO (MUESTRA 02)  
**PROCEDENCIA** : BIOINDUSTRIAS LACTEAS ESTRELLITA BELEN EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA, DISTRITO DE LAMPA, PROVINCIA DE LAMPA  
**PROYECTO** : "CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CÁMARA DE MADURACIÓN DE QUESOS Y OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA SU EVALUACIÓN EN QUESOS ANDINOS"  
**INTERESADO** : JOSE LUIS QUISPE CUEVAS, JHINO AUGUSTO RODRIGUEZ MENA  
**MOTIVO** : CONTROL DE CALIDAD  
**MUESTREO** : 12/11/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 12/11/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000215

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Solido  
**COLOR** : Amarillento  
**OLOR** : Característico  
**CONSISTENCIA** : Rígido

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**pH** : 5.6  
**Humedad** : 38.50 %  
**Proteína** : 28.49 %  
**Grasa** : 30.00 %  
**Ceniza** : 0.58 %

Puno, C.U. 31 de diciembre del 2019.

VºBº



Walther B. Aragón, Ph.D.  
DECANO - IQ - UNA

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 162393



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD ACREDITADA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 001127

LQ - 2019

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de: QUESO ANDINO (MUESTRA 03)  
**PROCEDENCIA** : BIOINDUSTRIAS LACTEAS ESTRELLITA BELEN EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA, DISTRITO DE LAMPA, PROVINCIA DE LAMPA  
**PROYECTO** : "CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CÁMARA DE MADURACIÓN DE QUESOS Y OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA SU EVALUACIÓN EN QUESOS ANDINOS"  
**INTERESADO** : JOSE LUIS QUISPE CUEVAS, JHINO AUGUSTO RODRIGUEZ MENA  
**MOTIVO** : CONTROL DE CALIDAD  
**MUESTREO** : 24/12/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 24/12/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000216

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Solido  
**COLOR** : Amarillento  
**OLOR** : Característico  
**CONSISTENCIA** : Rígido

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

pH : 5.5  
Humedad : 37.00 %  
Proteína : 28.45 %  
Grasa : 28.11 %  
Ceniza : 0.59 %

Puno, C.U. 31 de diciembre del 2019.

vºBº



Walter D. ...  
DECANO - FIG - UNA

*Luz Marina Teves Ponce*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - UNA - CIP - 102200





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS



CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

**I .DATOS GENERALES**

Solicitante : Bach. JHYNO RODRIGUEZ  
Muestra : Queso Andino  
Procedencia : Bioindustrias Lacteas: ESTRELLITA Q. BELEN E.I.R.L.  
Motivo : Análisis Microbiológico para determinar Calidad  
(Investigación Tesis)  
Número de muestras : Muestra de 200 g  
Fecha de muestreo : 26-09-2019  
Métodos de análisis : Bacterias indicadoras de Calidad Higiénico-Sanitario y patógenos

**II .RESULTADOS**

**MUESTRA 01: Queso Andino**

Mesofilos aerobios viables :  $3 \times 10^5$  UFC/ g  
Enterobacterias :  $2 \times 10^3$  UFC/ g  
*Staphylococcus aureus* : 00 UFC/ g  
*Listeria monocitogenes* en 25 g : 00 UFC/g  
*Salmonella sp.* En 25 g : 00 UFC/g

**III. INTERPRETACIÓN**

El análisis microbiológico de la muestra de queso, determinó una carga microbiana de Mesofilos aerobios viables en el límite mínimo permisible, Enterobacterias excede el límite máximo permisible, no se aislaron gérmenes patógenos.

**IV. DICTAMEN**

La muestra analizada de acuerdo a la norma sanitaria vigente presenta regular calidad microbiológica. Se recomienda aplicar Buenas Prácticas higiénicas en el procesamiento.

El análisis microbiológico se realizó aplicando metodología estandarizada de DIGESA y el CODEX ALIMENTARIOS y norma sanitaria vigente de Criterios microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad de alimentos y bebidas de consumo humano,( Perú 2016).

Puno, C.U. 7 de Octubre del 2019



  
DGO. M.Sc. EVANGELINA CHAUQUI  
Docente Principal D.E. FOCOPUNO  
COLBIOP N° 905  
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS



CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

I. DATOS GENERALES

Solicitante : **Bachiller JHYNO RODRIGUEZ**  
Muestra : Queso Andino  
Procedencia : Bioindustrias Lácteas: ESTRELLITA Q. BELEN E.I.R.L.  
Motivo : Análisis Microbiológico para determinar Calidad  
(Investigación tesis)  
Número de muestras : 01 muestra de 200 g  
Fecha de muestreo : 23 de Octubre del 2019  
Método de análisis : Bacterias indicadoras de Calidad Higiénico-sanitario y patógenos

II. RESULTADOS

**MUESTRA N° 01: Queso Andino**

Mesofilos aerobios viables :  $9 \times 10^5$  UFC/g  
Hongos y levaduras :  $1 \times 10^2$  NMP/g  
Enterobacterias :  $2 \times 10^2$  NMP/g  
*Staphylococcus aureus* : 00 UFC/g  
*Listeria monocitogenes* : 00 UFC/g  
*Salmonella sp.* : 00 UFC/g

III. INTERPRETACIÓN

El resultado del análisis microbiológico de la muestra de Queso andino, determinó que la carga bacteriana de mesofilos aerobios viables, se encuentra dentro del límite aceptable, sin embargo demuestra regular calidad sanitaria; los recuentos de hongos, levaduras y enterobacterias están dentro de los límites mínimos permisibles; no se detectó presencia de gérmenes patógenos, *Salmonella sp.*, *S. aureus* y *L. monocitogenes*. se recomienda aplicar Buenas Prácticas Higiénicas en el procesamiento.

El análisis microbiológico se realizó aplicando metodologías estandarizadas de DIGESA, CODEX ALIMENTARIUS y Norma Sanitaria vigente de Criterios microbiológicos de Calidad Sanitaria e inocuidad de Alimentos y Bebidas de consumo humano (Perú, 2016).

Puno, 30 de Octubre del 2019.



  
BIO-M.Sc. EVA LAURA CHAUCA  
Docente Principal DE FCCB-LINA  
COLBIOP N° 905  
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS



CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

I. DATOS GENERALES

Solicitante : **Bachiller JHYNO RODRIGUEZ**  
Muestra : Queso Andino  
Procedencia : Bioindustrias Lácteas: ESTRELLITA Q. BELEN E.I.R.L.  
Motivo : Análisis Microbiológico para determinar Calidad  
(Investigación tesis)  
Número de muestras : 01 muestra de 200 g  
Fecha de muestreo : 24 de Diciembre del 2019  
Método de análisis : Bacterias indicadoras de Calidad Higiénico-sanitario y patógenos

II. RESULTADOS

MUESTRA N° 01: **Queso Andino**

Mesofilos aerobios viables :  $8 \times 10^4$  UFC/g  
Hongos y levaduras :  $5 \times 10^2$  NMP/g  
Enterobacterias :  $1 \times 10^2$  NMP/g  
*Staphylococcus aureus* : 00 UFC/g  
*Listeria monocitogenes* : 00 UFC/g  
*Salmonella sp.* : 00 UFC/g

III. INTERPRETACIÓN

El resultado del análisis microbiológico de la muestra de Queso andino, determinó que la carga bacteriana de mesofilos aerobios viables, se encuentra dentro del límite aceptable, sin embargo demuestra regular calidad sanitaria; los recuentos de hongos, levaduras y enterobacterias están dentro de los límites mínimos permisibles; no se detectó presencia de gérmenes patógenos, *Salmonella sp.*, *S. aureus* y *L. monocitogenes*. se recomienda aplicar Buenas Prácticas Higiénicas en el procesamiento.

El análisis microbiológico se realizó aplicando metodologías estandarizadas de DIGESA, CODEX ALIMENTARIUS y Norma Sanitaria vigente de Criterios microbiológicos de Calidad Sanitaria e inocuidad de Alimentos y Bebidas de consumo humano (Perú, 2016).

Puno, 26 de Diciembre del 2019.

M.Sc. ENA LAURA CHAUCA  
Presidente Principal D.E. FCCBB-UNA  
COLBIOP N° 905  
JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO 4

**Tabla 96**

*Registro de datos de la dureza, cohesividad y elasticidad de queso andino*

Tratamiento	Tiempo de Maduración	Repeticiones	Dureza	Promedio
T1	0	R1	2727.5	2814.8
		R2	2988.9	
		R3	2728.0	
	5	R1	2662.0	3016.33
		R2	3194.0	
		R3	3193.0	
	10	R1	2871.0	2990.83
		R2	3230.0	
		R3	2871.5	
	15	R1	2162.0	2291.00
		R2	2548.5	
		R3	2162.5	
	21	R1	2380.5	2246.17
		R2	2340.0	
		R3	2018.0	
T2	0	R1	3678.5	3277.00
		R2	3076.0	
		R3	3076.5	
	5	R1	3121.0	2997.00
		R2	2748.5	
		R3	3121.5	
	10	R1	2142.5	2082.33
		R2	2052.0	
		R3	2052.5	
	15	R1	2341.0	2233.17
		R2	2017.0	
		R3	2341.5	
	21	R1	2380.0	2757.50
		R2	2946.0	
		R3	2946.5	
T3	0	R1	3203.0	3102.75
		R2	2901.75	
		R3	3203.5	
	5	R1	4304.5	3851.67
		R2	3625.0	
		R3	3625.5	
	10	R1	2328.5	2333.50
		R2	2344.0	
		R3	2328.0	
	15	R1	3715.0	3535.17
		R2	3445.5	
		R3	3445.0	
	21	R1	2533.5	2687.83
		R2	2997.0	
		R3	2533.0	



<b>T1</b>	<b>0</b>	R1	0.70	0.73
		R2	0.75	
		R3	0.74	
	<b>5</b>	R1	0.78	0.78
		R2	0.79	
		R3	0.77	
	<b>10</b>	R1	0.76	0.77
		R2	0.78	
		R3	0.77	
	<b>15</b>	R1	0.71	0.73
		R2	0.76	
		R3	0.72	
<b>21</b>	R1	0.70	0.73	
	R2	0.75		
	R3	0.74		
<b>T2</b>	<b>0</b>	R1	0.76	0.76
		R2	0.77	
		R3	0.75	
	<b>5</b>	R1	0.71	0.69
		R2	0.67	
		R3	0.70	
	<b>10</b>	R1	0.59	0.53
		R2	0.50	
		R3	0.51	
	<b>15</b>	R1	0.44	0.46
		R2	0.50	
		R3	0.43	
<b>21</b>	R1	0.46	0.49	
	R2	0.51		
	R3	0.50		
<b>T3</b>	<b>0</b>	R1	0.73	0.73
		R2	0.74	
		R3	0.72	
	<b>5</b>	R1	0.82	0.78
		R2	0.76	
		R3	0.77	
	<b>10</b>	R1	0.75	0.76
		R2	0.77	
		R3	0.76	
	<b>15</b>	R1	0.70	0.68
		R2	0.68	
		R3	0.67	
<b>21</b>	R1	0.68	0.64	
	R2	0.63		
	R3	0.62		
<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo de Maduración</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Elasticidad</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1</b>	<b>0</b>	R1	14.60	14.33
		R2	14.20	
		R3	14.20	



	<b>5</b>	R1	14.10	14.17
		R2	14.30	
		R3	14.10	
	<b>10</b>	R1	13.90	13.97
		R2	14.00	
		R3	14.00	
	<b>15</b>	R1	12.40	13.07
		R2	13.40	
		R3	13.40	
	<b>21</b>	R1	11.90	12.57
		R2	12.90	
		R3	12.90	
<b>T2</b>	<b>0</b>	R1	13.90	13.97
		R2	14.10	
		R3	13.90	
	<b>5</b>	R1	13.50	13.43
		R2	13.30	
		R3	13.50	
	<b>10</b>	R1	11.70	11.43
		R2	10.90	
		R3	11.70	
	<b>15</b>	R1	9.50	9.43
		R2	9.30	
		R3	9.50	
<b>21</b>	R1	8.80	9.03	
	R2	9.50		
	R3	8.80		
<b>T3</b>	<b>0</b>	R1	14.25	14.28
		R2	14.35	
		R3	14.25	
	<b>5</b>	R1	14.60	14.33
		R2	13.80	
		R3	14.60	
	<b>10</b>	R1	14.20	13.87
		R2	13.20	
		R3	14.20	
	<b>15</b>	R1	12.90	12.90
		R2	12.90	
		R3	12.90	
<b>21</b>	R1	12.20	12.20	
	R2	12.20		
	R3	12.20		



## ANEXO 5

**Tabla 97**

*Registro de promedio de datos del pH y Aw para los tratamientos (T1, T2 y T3) durante el tiempo de maduración.*

Tiempo (días)	Tiempo (horas)	pH del queso Andino		
		T(1)	T(2)	T(3)
0	0	8.38	8.71	8.05
5	120	8.28	7.91	8.11
10	240	8.37	8.16	8.10
15	360	8.68	7.83	7.98
21	504	8.25	8.16	7.46

Tiempo (días)	Tiempo (horas)	aw del Queso Andino		
		T(1)	T(2)	T(3)
0	0	0.982	0.988	0.981
5	120	0.980	0.945	0.980
10	240	0.977	0.979	0.971
15	360	0.977	0.979	0.967
21	504	0.976	0.978	0.970



## ANEXO 6

### EVALUACION SENSORIAL DEL QUESO

Categoría:	
Código de la Muestra:	Fecha:
Nombre:	

#### LA EVALUACION DEL QUESO SE LLEVARÁ A CABO TENIENDO EN CUENTA:

- Apariencia Exterior (presentación).
- Apariencia Interior (apariencia al corte).
- Flavor (olor, aroma y gusto).
- Textura.

**Tabla 98**

*Escala de puntuación.*

CATEGORIA	PUNTAJE
Muy Buena.	5
Buena .	4
Regular.	3
Malo.	2
Muy Malo.	1

**Tabla 99**

*Evaluación de queso andino.*

ATRIBUTOS	DESCRPTORES	PUNTAJE					PUNTAJE PARCIAL
Apariencia Exterior	Forma del Queso.	1	2	3	4	5	
	Corteza /Superior.	1	2	3	4	5	
Apariencia Interior	Color	1	2	3	4	5	
	Aberturas	1	2	3	4	5	
Flavor	Olor	1	2	3	4	5	
	Sabor	1	2	3	4	5	
	Aroma.	1	2	3	4	5	
Textura	Gusto Acido	1	2	3	4	5	
	Textura Global	1	2	3	4	5	

#### **PUNTAJE TOTAL**

**Puntuación Máxima 45 puntos.**