



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA MADURADORA DE  
QUESOS PARA LA MICROEMPRESA.**

**AUTOR:**

**GUILLERMO ANDRÉS PACHECO ANDRADE**

**DIRECTOR:**

**ING. DIEGO ORTIZ**

**IBARRA – ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA  
IDENTIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100367795-0
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	PACHECO ANDRADE GUILLERMO ANDRÉS
<b>DIRECCIÓN :</b>	ESPEJO 11-55 Y AMAZONAS
<b>EMAIL :</b>	pachecoytu@hotmail.com

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA MADURADORA DE QUESOS PARA LA MICROEMPRESA.
<b>AUTOR:</b>	PACHECO ANDRADE GUILLERMO ANDRÉS
<b>FECHA:</b>	JULIO 2015
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO QUE OPTA:</b>	INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
<b>DIRECTOR:</b>	ING. DIEGO ORTIZ



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Guillermo Andrés Pacheco Andrade, con cédula de identidad Nro. 100367795-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Guillermo Andrés Pacheco Andrade, con cédula de identidad Nro. 100367795-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado “Construcción De Cámara Maduradora De Quesos Para La Microempresa.” , que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Guillermo Andrés Pacheco Andrade

100367795-0

Ibarra, Julio 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se le desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Guillermo Andrés Pacheco Andrade

100367795-0

Ibarra, Julio, 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

En calidad de Director del Trabajo de Grado "Construcción De Cámara Maduradora De Quesos Para La Microempresa", presentado por el señor Guillermo Andrés Pacheco Andrade, para optar por el título de Ingeniero en mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Diego Ortiz".

Ing. Diego Ortiz

DIRECTOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DECLARACIÓN**

“Yo Guillermo Andrés Pacheco Andrade, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Guillermo Andrés Pacheco Andrade

100367795-0

Ibarra, Julio, 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DEDICATORIA**

A mis queridos padres Guillermo y Luisa que con su apoyo y amor me han motivado todos estos años para cumplir todos mis anhelos para lograr convertirme en lo que ahora soy.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y brindarme los conocimientos necesarios para concluir mi carrera.

A mis padres que con su ejemplo sembraron en mí la semilla del esfuerzo y dedicación, siendo mi guía, mis maestros, mis amigos, hoy y siempre de manera especial a mi padre que me desde pequeño me enseñó el valor del trabajo y el valor de un verdadero amigo.

A mi querida hermana que siempre ha estado a mi lado brindándome su compañía y alegría.

A Paola que con su cariño y consejos ha sido un apoyo muy importante en esta etapa tan de mi vida.

Al Ing. Diego Ortiz que supo guiarme de manera acertada en este trabajo de grado.

A la Industria láctea las Mercedes quien confió en mi para la elaboración de este proyecto.

A mi familia y amigos quienes estuvieron pendientes y apoyándome directa o indirectamente en la culminación de este proyecto.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	ix
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO I .....	1
1    FUNDAMENTO TEÓRICO .....	1
1.1    QUESO .....	1
1.2    MADURACIÓN.....	1
1.2.1    Descomposición de lactosa y citrato.....	2
1.2.2    Descomposición de lactato .....	2
1.2.3    Descomposición de proteínas .....	2
1.2.4    Descomposición de materia grasa.....	3
1.2.5    Maduración superficial.....	3
1.2.6    Maduración de queso por hongos .....	3
1.3    FACTORES QUE ACTÚAN SOBRE LA MADURACIÓN DE QUESO ..	4
1.3.1    La humedad.....	4
1.3.2    La temperatura .....	4
1.3.3    Acidez.....	5
1.3.4    Aireación.....	5
1.4    Defectos de los quesos .....	5
1.4.1    Hinchazón.....	6
1.5.1.1    Hinchazón precoz .....	6
1.5.1.2    Hinchazón tardía.....	6
1.5.2    Putrefacción.....	7
1.5.2.1    Putrefacción blanca .....	7
1.5.2.2    Putrefacción color ceniza.....	7
1.5.3    Defectos en la corteza provocada por microorganismos.....	8
1.5.4    Defectos de paladar.....	8
1.5.4.1    Paladar ácido.....	8
1.5.4.2    Sabor Amargo .....	8
1.5.5    Defectos del cuerpo y textura .....	8
1.5.5.1    Cuerpo duro.....	8

1.5.5.2	Cuerpo friable .....	9
CAPÍTULO II .....		11
2	PREDISEÑO DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN.....	11
2.1	CÁMARA DE MADURACIÓN EN LA ACTUALIDAD.....	11
2.2	CÁMARA FRÍA.....	11
2.2.1	Constitución física.....	11
2.3	TIPOS DE CÁMARAS.....	12
2.3.1	Cámaras de refrigeración .....	12
2.3.2	Cámaras de congelación .....	12
2.4	REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA MADURADORA .....	12
2.4.1	Pisos.....	13
2.4.2	Paredes y techo de la cámara .....	13
2.4.3	Aislamiento.....	13
2.4.4	Puerta.....	13
2.4.5	Iluminación .....	13
2.5	DIMENSIONES.....	14
2.6	CÁMARA DE MADURACIÓN PARA MICROEMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS “LAS MERCEDES” .....	14
CAPÍTULO III .....		15
3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA MADURADORA .....	15
3.1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	15
3.1.1	Cargas de calor .....	15
3.1.1.1	Transmisión de calor .....	15
3.1.1.2	Carga de transmisión de calor (Q).....	15
3.1.1.3	Conductividad térmica (K) .....	16
3.1.1.4	Resistividad térmica (R).....	16
3.1.1.5	Conductancia (c).....	17
3.1.1.6	Resistencia térmica (R) .....	17
3.1.1.7	Coeficiente total de transmisión de calor (U) .....	17
3.1.2	Infiltraciones de aire.....	17
3.1.2.1	Método de estimación por cambio de aire .....	18
3.1.2.2	Factor de frecuencia de uso .....	19

3.1.3	Carga debida al producto .....	19
3.1.3.1	Calor de evolución .....	20
3.1.3.2	Calor específico arriba del punto de congelación .....	20
3.1.4	Carga suplementaria .....	20
3.1.4.1	Iluminación eléctrica y calefactores .....	21
3.1.4.2	Carga debida a las personas .....	21
3.1.5	Aislante térmico .....	21
3.1.5.1	Aislante reflectante .....	22
3.1.5.2	Paneles de poliuretano inyectado .....	22
3.1.6	Cálculo de carga térmica .....	23
3.1.6.1	Datos .....	23
3.1.6.2	Carga de transmisión de calor (Q) .....	24
3.1.6.3	Infiltraciones de aire (Q <sub>3</sub> ) .....	25
3.1.6.4	Carga por producto (Q <sub>4</sub> ) .....	25
3.1.6.5	Cargas suplementarias (Q <sub>5</sub> ) .....	25
3.1.6.6	Carga debido a las personas (Q <sub>6</sub> ) .....	26
3.1.6.7	Carga total (Q <sub>t</sub> ) .....	26
3.2	SELECCIÓN DE EQUIPOS .....	26
3.2.1	Unidad condensadora .....	27
3.2.2	Refrigerante .....	28
3.2.3	Evaporador .....	29
3.2.3.1	Humedad relativa y DT en el Evaporador .....	29
3.2.3.2	Selección de Evaporador .....	30
3.2.3.3	Transmisión de calor por radiación .....	30
3.2.3.4	Ley de la inversa del cuadrado .....	32
3.2.4	Sistema de expansión .....	33
3.2.4.1	Selección del orificio .....	33
3.3	SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN .....	34
3.3.1	Humidificación .....	34
3.3.2	Electroválvula .....	35
3.4	SISTEMA DE CONTROL .....	35
3.4.1	Sistema de control lazo cerrado .....	36
3.4.2	Control digital .....	36
3.4.3	Control on/off .....	37

3.4.4	Controladores de temperatura y humedad .....	37
3.4.4.1	Termostato .....	38
3.4.4.2	Humidistato.....	38
3.4.5	Selección de sistema de control .....	38
3.4.6	Controlador digital full gauge mt-530 super .....	39
3.4.6.1	Sensor de temperatura y humedad .....	40
3.5	CONSERVACIÓN DE TEMPERATURA .....	40
3.5.1	Ley de calentamiento de newton .....	40
3.5.2	Cálculo de conservación.....	41
CAPÍTULO IV .....		45
4	IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS .....	45
4.1	MONTAJE FÍSICO DE LA CÁMARA.....	45
4.1.1	Montaje de sistema de aislamiento.....	45
4.1.2	Colocación de paneles aislados de poliuretano.....	45
4.1.3	Montaje de la unidad condensadora.....	46
4.1.4	Montaje de evaporador.....	47
4.1.5	Sistema de control .....	48
4.1.5.1	Caja metálica .....	48
4.1.5.2	Plano eléctrico .....	49
4.1.5.3	Montaje del Circuito .....	49
4.1.5.4	Montaje de sistema de control.....	51
4.1.6	Pintura de piso.....	52
4.1.6.1	Normativa de Salud .....	52
4.1.6.2	Tipos de pintura de grado alimenticio .....	53
4.1.6.3	Selección .....	53
4.1.7	Puesta en marcha de la cámara.....	54
4.1.8	Entrega de la cámara .....	55
4.2	PRUEBAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	55
4.2.1	Pared posterior .....	56
4.2.1.1	Sección Inferior.....	56
4.2.1.2	Sección Media .....	58
4.2.1.3	Sección Superior .....	59
4.2.2	Pared lateral derecha .....	61

4.2.2.1	Sección Inferior.....	61
4.2.2.2	Sección Media.....	62
4.2.2.3	Sección Superior.....	64
4.2.3	Pared lateral izquierda.....	65
4.2.3.1	Sección Inferior.....	65
4.2.3.2	Sección Media.....	67
4.2.3.3	Sección Superior.....	68
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	70
4.3.1	Promedio de humedad y temperatura por secciones.....	70
4.3.2	Promedio de humedad y temperatura por sectores.....	71
4.3.3	Promedio de humedad y temperatura por niveles.....	72
4.3.4	Promedio de humedad y temperatura de cámara.....	73
4.3.5	Posicionamiento de sensor de temperatura y humedad.....	73
4.4	ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO.....	74
4.4.1	Costos directos de fabricación de la cámara.....	74
4.4.2	Costos indirectos de fabricación.....	74
4.4.3	Costo total.....	75
4.4.4	Análisis costo-beneficio.....	75
4.4.4.1	Sin cámara de maduración.....	75
4.4.4.2	Con cámara de maduración.....	76
4.4.4.3	Comparación de beneficio en base al costo.....	76
CAPÍTULO V.....		77
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1	CONCLUSIONES.....	77
5.2	RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....		79
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		83
ANEXOS.....		84
5.2.1	Condensadores.....	89
5.2.2	Evaporadores Para Baja Temperatura.....	90
5.2.3	Evaporadores Para Media Temperatura.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Hinchazón del queso durante la maduración .....	6
Figura 1.2 – Putrefacción del queso .....	7
Figura 2.1 – Cámara de maduración .....	14
Figura 3.1 – Paneles de poliuretano .....	22
Figura 3.2 – Unidad condensadora .....	28
Figura 3.3 – Gas refrigerante 134 <sup>a</sup> .....	28
Figura 3.4 – Evaporador estático .....	30
Figura 3.5 – Radiación de calor .....	31
Figura 3.6 – Ley Inversa de los cuadrados .....	32
Figura 3.7 – Válvula de expansión modelo T2 .....	33
Figura 3.8 – Orificio para válvula de expansión .....	34
Figura 3.9 – Electroválvula dosificadora de agua .....	35
Figura 3.10 – Sistema de control lazo cerrado .....	36
Figura 3.11 - Control digital .....	36
Figura 3.12 – Control on/off con diferencial .....	37
Figura 3.13 – Diagrama de conexiones controlador .....	40
Figura 3.14 – Sensor SB56 .....	40
Figura 4.1 – Instalación de estructura angular .....	45
Figura 4.2 – Instalación de paneles .....	46
Figura 4.3 – Instalación de techo .....	46
Figura 4.4 – Instalación de unidad condensadora .....	47
Figura 4.5 – Instalación de evaporador .....	47
Figura 4.6 –Caja metálica de conexiones .....	48
Figura 4.7 –Plano Eléctrico .....	49
Figura 4.8 – Montaje del Circuito .....	50
Figura 4.9 –Tapa de caja de control .....	50
Figura 4.10 –Caja de control .....	51
Figura 4.11 – Instalación de sistema de control .....	51

Figura 4.12 - Pintura de Piso.....	54
Figura 4.13 – Prueba de equipo .....	54
Figura 4.14 – Entrega del equipo .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 –Factores para la Maduración de Queso .....	5
Tabla 3.1 – Conductividad térmica de materiales.....	16
Tabla 3.2 Cambios de aire según volumen de cámara .....	18
Tabla 3.3 –Tabla de propiedades y características de algunos productos alimenticios.....	19
Tabla 3.4 – Carga debido a las personas.....	21
Tabla 3.5 –Tabla de Aplicaciones de Unidades condensadoras .....	27
Tabla 3.6 – Evaporadores ThermoCoil.....	29
Tabla 3.7 – DT en el evaporador.....	30
Tabla 3.8 – Orificios para válvulas de expansión tipo T2 .....	34
Tabla 3.9 Selección de Controlador .....	39
Tabla 4.1 – Sector A.....	70
Tabla 4.2 – Sector B.....	70
Tabla 4.3 – Sector C .....	71
Tabla 4.4 – Promedio sector A .....	71
Tabla 4.5 – Promedio sector B .....	72
Tabla 4.6 – Promedio sector C.....	72
Tabla 4.7 – Temperatura y humedad por niveles .....	73
Tabla 4.8 – Promedio de temperatura y humedad .....	73
Tabla 4.9 – Costos directos de fabricación.....	74
Tabla 4.10 – Costos indirectos de fabricación.....	74
Tabla 4.11 – Costo Total del proyecto.....	75
Tabla 4.12 – Costo de fabricación de queso sin cámara.....	75
Tabla 4.13 – Costo de fabricación con cámara .....	76
Tabla 4.14 – Comparación costos.....	76



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración A 1. Sección inferior sector derecho pared A .....	56
Ilustración A 2. Sección inferior sector medio pared A .....	57
Ilustración A 3. Sección Inferior sector izquierdo pared A .....	57
Ilustración A 4. Sección media sector derecho pared A .....	58
Ilustración A 5. Sección media sector medio pared A .....	58
Ilustración A 6. Sección media sector izquierdo pared A .....	59
Ilustración A 7. Sección Superior sector derecho pared A .....	59
Ilustración A 8. Sección superior sector media pared A .....	60
Ilustración A 9. Sección superior sector izquierdo pared A .....	60
Ilustración B 1. Sección Inferior sector derecho pared B.....	61
Ilustración B 2. Sección inferior sector medio pared B .....	61
Ilustración B 3. Sección inferior sector izquierdo pared B .....	62
Ilustración B 4. Sección media sector derecho pared B .....	62
Ilustración B 5. Sección media sector medio pared B .....	63
Ilustración B 6. Sección media sector izquierdo pared B .....	63
Ilustración B 7. Sección superior sector derecho pared B.....	64
Ilustración B 8. Sección superior sector medio pared B .....	64
Ilustración B 9. Sección superior sector izquierdo pared B .....	65
Ilustración C 1. Sección inferior sector derecho pared C .....	65
Ilustración C 2. Sección inferior sector medio pared C.....	66
Ilustración C 3. Sección inferior sector izquierdo pared C.....	66
Ilustración C 4. Sección media sector derecho pared C.....	67
Ilustración C 5. Sección media sector medio pared C.....	67
Ilustración C 6. Sección media sector izquierdo pared C .....	68
Ilustración C 7. Sección superior sector derecho pared C .....	68
Ilustración C 8. Sección superior sector medio pared C.....	69
Ilustración C 9. Sección superior sector izquierdo pared C.....	69

## RESUMEN

El presente proyecto surge de la necesidad de mejorar la calidad y evitar pérdidas de productos en la elaboración de queso maduro dentro de las microempresas de productos lácteos dando la oportunidad a los productores de tener un mayor mercado y tener una mayor competitividad.

Para la maduración de queso la microempresa “Las Mercedes” contaba con un cuarto que no prestaba las condiciones necesarias de humedad y temperatura, lo que hacía de este proceso demasiado costoso, laborioso y en algunas ocasiones daba lugar a pérdidas de producto. Estos factores son similares en otras microempresas.

Este proyecto consiste en una cámara frigorífica que presta todas las condiciones necesarias de sanidad, humedad y temperatura, a través de un control de bajo costo, además, está construida de forma modular con materiales de fabricación nacional. Este tipo de cámara frigorífica por su bajo costo puede ser implementada en otras pequeñas empresas similares, en el país.

Luego de las pruebas de temperatura, humedad y con la implementación de esta cámara se pudo obtener un producto de mejor calidad reduciendo el tiempo de maduración de 5 a 3 semanas.

## **ABSTRACT**

This project results from the need to improve quality and avoid product losses in the production of mature cheese within small dairy industries providing an opportunity for producers to have a bigger market and be more competitive.

For cheese ripening small industry "Las Mercedes" it had a room that did not pay the necessary moisture and temperature conditions, making this process too costly, laborious and sometimes resulted in loss of product. These factors are similar to other small industries.

This project consists of a cold room provided all necessary health conditions, humidity and temperature, through low-cost control also is built in a modular way with locally manufactured materials. This type of cold storage for its low cost can be implemented in other similar small industries in the country.

After testing temperature, humidity and the implementation of this cold room could get a better quality product by reducing the time to maturity of 5-3 weeks.

# CAPÍTULO I

## 1 FUNDAMENTO TEÓRICO

En el desarrollo de este capítulo se explicará el proceso de maduración de queso y los parámetros que afectan en el proceso del mismo, esto sirve para cumplir con los objetivos propuestos.

### 1.1 QUESO

El queso es una mezcla de proteínas, grasa y otros componentes lácteos. Esta mezcla se separa de la fase acuosa de la leche después de la coagulación de caseína. (Meyer , 2010)

Existen quesos frescos que se consumen inmediatamente después de su fabricación cuando la cuajada está terminada, mientras existen otros quesos que se los dejan madurar durante algunas semanas o meses para que puedan adquirir características especiales de sabor y aroma.

### 1.2 MADURACIÓN

Se denomina maduración a la descomposición de componentes sólidos del queso mediante las enzimas, bacterias y hongos propios de este lo conlleva a cambios en:

- Apariencia
- Sabor y aroma

Un elemento clave en el proceso de maduración de la pasta de un queso es la muerte progresiva de millones de bacterias ácido lácticas presentes inicialmente en la cuajada. Después de la muerte las células bacterianas se desintegran y liberan sus enzimas intracelulares (proteasas, lipasas, endopeptidas, dipeptidasas y otras). Estas enzimas, junto con la renina (quimosina) y las

enzimas nativas de la leche transforman gradualmente las proteínas y la materia grasa.

El queso adquiere así, con el tiempo, una textura y gusto característico, típico de su especie (Villegas G., 2004); en el proceso de maduración se puede observar en sus primeras etapas el cambio de pasta esto dependerá del tipo de queso que se está elaborando, entre los cambios tenemos:

- Cambio de color de blanco (queso fresco) a amarillento (queso maduro).
- Cambio de consistencia que en algunos casos conforme progresa la maduración se vuelve más blanda o más dura.

### **1.2.1 Descomposición de lactosa y citrato**

La lactosa se transforma durante el primer y segundo día dando paso al ácido láctico (lactato) al igual que el citrato que en los dos primeros días da paso a la formación de acetoina, diacetilo y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El CO<sub>2</sub> hace que el queso forme una especie de ojos en el que en un principio es eliminado en forma de agua y al llegar a su saturación se elimina en forma de gas formando dichos ojos.

### **1.2.2 Descomposición de lactato**

El lactato es la sal proveniente del ácido láctico antes mencionado en queso. Este se descompone por la acción de las bacterias propiónicas y bacterias butíricas, la descomposición de las bacterias propiónicas si no son controladas en un ambiente con temperatura baja puede producir defectos como la hinchazón tardía.

### **1.2.3 Descomposición de proteínas**

Las proteínas son una cadena larga de aminoácidos que al descomponerse forman cadenas más cortas llamadas peptonas y péptidos y estas a su vez

aminoácidos libres, ésta se da solamente cuando existe el accionar de las enzimas bacterianas.

Esta descomposición tiene gran influencia en el sabor del queso, por lo que si se usa grandes cantidades de cuajo o si se baja demasiado el PH el queso puede tener un sabor amargo.

Por otra parte la velocidad de maduración se puede ver afectada por la cantidad de enzimas por lo que se recomienda que el PH debe subir desde 5,2 hasta 5,7 en queso semi-maduro y en queso maduro desde 4,7 hasta 6,4.

#### **1.2.4 Descomposición de materia grasa**

La transformación de la materia grasa se denomina lipólisis, esta transformación se da gracias a las lipasas que son enzimas que se encuentran principalmente en la superficie del queso, el desarrollo de este proceso depende del PH, la temperatura, el contenido de sal y la humedad influyendo en gran medida al sabor de queso.

#### **1.2.5 Maduración superficial**

Este tipo de maduración está presente ya que en la superficie del queso existen condiciones especiales como la presencia de oxígeno, la alta concentración de sal, que permiten el crecimiento de hongos y bacterias los cuales descomponen aminoácidos, proteínas y materia grasa, las cuales ingresan al interior del queso dándole un sabor característico.

#### **1.2.6 Maduración de queso por hongos**

El hongo fermenta al queso produciendo enzimas proteolíticas y lipolíticas a un PH de alrededor de 4,7.

En este tipo de maduración es necesario hacer canales para el ingreso de aire al queso o a su vez reducir el tamaño, de tal manera que las enzimas de estos hongos puedan ingresar al queso.

### **1.3 FACTORES QUE ACTÚAN SOBRE LA MADURACIÓN DE QUESO**

Para el proceso de maduración del queso existen factores externos los cuales influirán en el transcurso afectando la velocidad de maduración, el tipo de enzimas y microorganismos que van a crecer en el queso.

Los factores de influencia son:

- La humedad
- La temperatura
- Acidez
- Aeración

#### **1.3.1 La humedad**

La humedad del ambiente favorece el crecimiento microbiano en el queso ayudando a la velocidad de maduración, siendo los ambientes más secos desfavorables para la maduración y los ambientes húmedos favorables para la maduración, además la humedad influye en la formación de corteza y crecimiento de hongos, dando como resultado diferentes tipos de quesos maduros.

#### **1.3.2 La temperatura**

La temperatura dentro del proceso de maduración ayuda a regular la cantidad de desarrollo microbiano así como la cantidad de producción de enzimas.

Al existir una temperatura elevada dentro de este proceso se produce una maduración demasiado rápida y no uniforme comprometiendo el sabor y calidad

del producto, por otro lado si existiera una temperatura demasiado baja se produciría una maduración demasiado lenta.

### 1.3.3 Acidez

La acidez aumenta durante el proceso de maduración debido a la descomposición de proteínas y de lactato, que liberan amoníaco y ciertas enzimas básicas, por esta razón el valor de acidez de la mayoría de quesos oscila entre 4,9 y 5,5.

### 1.3.4 Aireación

La presencia de oxígeno ayuda al crecimiento de flora aerobiana y flora facultativa los cuales facilitan la formación de moho y bacterias, conjuntamente el cambio de aire tiene un efecto de secado sobre el queso el cual puede formar una corteza no deseada sobre el mismo.

**Tabla 1.1** Factores para la Maduración de Queso

Humedad Ambiente	70-90% HR
Temperatura Ambiente	10 – 15 °C
Acides del Queso	4.9 – 5.5 PH
Aireación	< 3m <sup>3</sup> /min

Elaborado: Guillermo Pacheco

## 1.4 Defectos de los quesos

El queso maduro posee características típicas de sabor, olor, color, consistencia y textura que lo distinguen de los diferentes tipos de quesos, factores que se puede perfeccionar para obtener un producto de excelente calidad.

Las anomalías o defectos en estas características conllevan a un producto de mala calidad e inapropiado para el consumo.



### 1.4.1 Hinchazón

La hinchazón se la puede identificar por la convexidad de las superficies planas del queso, debido a fermentaciones y el gran número de ojos, estas deformaciones aparecen en los primeros días de maduración o luego de 12 a 24 días hasta 2 meses.



**Figura 1.1** Hinchazón del queso durante la maduración

Fuente: Suárez & Colomo, (2011, pág. 2)

#### 1.5.1.1 Hinchazón precoz

Se puede observar en los primeros días después de la elaboración del queso que esta hinchazón es dada por la fermentación de la lactosa, la cual genera formaciones de CO<sub>2</sub>, este tipo de defecto se visualiza en las prensas antes de la maduración y se evita con cuidados en la higiene del lugar de trabajo y una adecuada pasteurización de la leche.

#### 1.5.1.2 Hinchazón tardía

Este defecto se lo puede visualizar alrededor de los 2 meses después de la fabricación, se pueden distinguir grietas de al menos 10 cm acompañada de un

gran aumento de volumen del queso, este defecto depende mucho de las condiciones de humedad, temperatura y PH del queso.

## **1.5.2 Putrefacción**

### **1.5.2.1 Putrefacción blanca**

En este tipo de defecto se puede distinguir con zonas delimitadas de aspecto blanco con olor nauseabundo y consistencia blanda, esto puede darse por una exposición prolongada a humedad mayor a 100%HR acompañado de temperaturas mayores a 25°C lo cual fomenta el desarrollo de bacilos.

### **1.5.2.2 Putrefacción color ceniza**

Se presenta después de 3 a 5 meses durante el proceso de maduración con la aparición de rajaduras en el queso y coloración ceniza azulado, acompañado de puntos color café oscuro, para evitar este tipo de defectos se debe cuidar la higiene del lugar de maduración y tener un adecuado control de los fermentos lácteos.



**Figura 1.2** Putrefacción del queso

Fuente: Martín, (2012)

### **1.5.3 Defectos en la corteza provocada por microorganismos**

Se presenta con la formación de pigmentos o decoloración en el queso, en otros casos encontramos ennegrecimiento de la superficie del queso acompañado de la aparición de hongos principalmente se presenta este problema por la falta de cuidado en la cámaras maduradoras.

### **1.5.4 Defectos de paladar**

#### **1.5.4.1 Paladar ácido**

Se ve afectado principalmente al sabor del queso, existen diversos factores que son causantes de este como:

- El uso excesivo de fermentos
- La subida de temperatura y humedad excesivamente rápida.
- Temperatura de maduración mayor a 25°C.

#### **1.5.4.2 Sabor Amargo**

Este sabor puede darse debido a factores como:

- El exceso de cuajo
- Por la utilización de leche guardada de 2 o más días
- Exceso de Cloruro de Calcio

### **1.5.5 Defectos del cuerpo y textura**

#### **1.5.5.1 Cuerpo duro**

Este defecto puede ser causado por:

- Exceso de calentamiento.

- Poca humedad.
- Poca grasa.
- Exceso de sal.

#### **1.5.5.2 Cuerpo friable**

Este defecto se lo distingue por una textura harinosa dada por:

- La excesiva humedad.
- Falta de sal.
- Exceso de acidez.



## **CAPÍTULO II**

### **2 PREDISEÑO DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN**

#### **2.1 CÁMARA DE MADURACIÓN EN LA ACTUALIDAD**

Actualmente la microempresa de productos lácteos “Las Mercedes” realiza el proceso de maduración manualmente y en cuartos de ladrillo. Este proceso tiene muchas dificultades ya que la humedad es mantenida mediante sacos de arena los cuales son mojados de forma manual cada cierto periodo de tiempo y la temperatura se trata de estabilizar aumentando el espesor de las paredes y ubicándolas en los lugares cercanos a los páramos, como en la ciudad de Cayambe, además una persona tiene que supervisar la maduración de los quesos tiene que verificar estos parámetros y tratar de controlarlos de alguna forma si se quiere obtener un producto de buena calidad.

Este proceso se lo hace de igual manera en la mayoría de microempresas del norte del país.

#### **2.2 CÁMARA FRÍA**

Una cámara fría se la puede definir como un lugar aislado térmicamente donde la temperatura está controlada por medio de un sistema de refrigeración, el cual extrae la energía térmica del producto que se encuentra en su interior , la fabricación de cámaras de refrigeración ha sido principalmente con el fin de conservar productos vegetales, animales, y químicos.

##### **2.2.1 Constitución física**

Las cámaras frías principalmente están constituidas por:

- Paneles aislados
- Techos
- Pisos

- Sistema de refrigeración
- Sistema de control

## **2.3 TIPOS DE CÁMARAS**

Hoy en día para la conservación de alimentos dentro de las cámaras frías se consideran parámetros importantes como la temperatura y la humedad del recinto, en donde estos se encuentren por lo que estas cámaras se las puede clasificar de la siguiente manera:

- Cámara de refrigeración
- Cámara de congelación

### **2.3.1 Cámaras de refrigeración**

Son cámaras que debido al requerimiento del producto contenido tendrán un rango de temperatura de 12°C a 0°C denominada dentro de la refrigeración alta temperatura, este tipo de cámara es utilizada para la conservación de productos de tipo vegetal, frutas, productos lácteos permitiendo conservar características físicas y químicas de los alimentos.

### **2.3.2 Cámaras de congelación**

Este tipo de cámaras están diseñadas para manejar temperaturas que van entre los -1°C a -35°C, estas cámaras son usadas para la conservación de productos cárnicos, mariscos, y en algunos casos en la industria panificadora.

## **2.4 REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA MADURADORA**

Para que la cámara de maduración tenga una óptima condición higiénica sanitaria deberá tener las siguientes características.

### **2.4.1 Pisos**

Es piso debe ser construido de material antideslizante, resistente a la temperatura e impermeable con el fin de garantizar una fácil limpieza y mantenimiento del mismo, el piso de la cámara estará al mismo nivel o a un nivel superior del piso exterior.

### **2.4.2 Paredes y techo de la cámara**

Todas las paredes deben estar recubiertas con material anticorrosivo resistente a la humedad, lisas, las esquinas de la cámara deberán estar redondeadas, al igual que las juntas de material estarán debidamente impermeabilizadas con la finalidad de tener fácil mantenimiento, limpieza y evitar focos de bacterias no deseadas.

### **2.4.3 Aislamiento**

El aislamiento térmico no debe tener contacto con el ambiente interno ni externo de la cámara y debe ser colocado de tal manera que garantice los requerimientos de paredes y techo mencionados anteriormente.

### **2.4.4 Puerta**

La puerta estará aislada térmicamente, recubierta de material anticorrosivo resistente a la humedad y de fácil limpieza, la puerta debe contar con apertura de fácil manejo, con el fin de evitar atrapamientos dentro de esta.

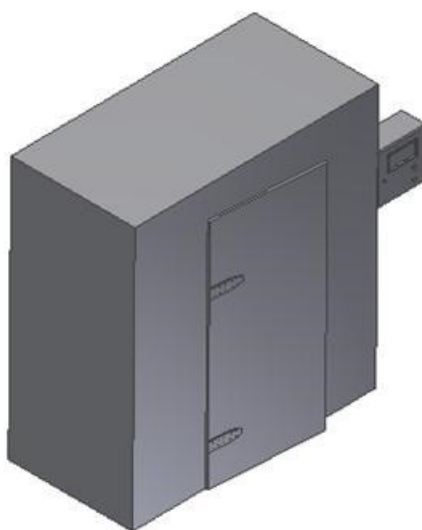
### **2.4.5 Iluminación**

La cámara contará con iluminación artificial protegida de humedad y de eventuales golpes, esta se activará desde la parte exterior de la misma.



## 2.5 DIMENSIONES

La cámara para maduración de quesos tendrá las siguientes dimensiones: 1m de ancho, 2m de largo y contará con una altura de 2.4m, esto permitirá el almacenamiento de aproximadamente 600 quesos de 500g, de esta manera se aprovecha los paneles de dimensión estándar de 1m x 2m x 2.40m, el espacio de la empresa y la buena circulación de aire entre los quesos a madurar.



**Figura 2.1 Cámara de maduración**

Elaborado: Guillermo Pacheco

## 2.6 CÁMARA DE MADURACIÓN PARA MICROEMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS “LAS MERCEDES”

La cámara de maduración será de tipo conservación, esta tendrá un sistema de refrigeración sin aire forzado sino que la temperatura se la mantendrá por medio de radiación, tendrá un ambiente controlado tanto de temperatura como de humedad, la cámara cumplirá con los requerimientos de temperatura, humedad, higiene, forma y materiales antes mencionados para asegurar la calidad del producto a obtener.

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA MADURADORA

#### 3.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

##### 3.1.1 Cargas de calor

Para la determinación la capacidad del equipo es necesario saber los siguientes factores:

- Carga de transmisión de calor
- Infiltraciones de aire
- La carga del producto
- Las cargas suplementarias

##### 3.1.1.1 Transmisión de calor

El intercambio de calor a través de paredes techos y pisos de una cámara varía según su estructura, material del cual este construida, tiene su propio coeficiente de aislamiento y su espesor, además del área expuesta a diferencias de temperatura del espacio refrigerado (interior de la cámara) con la temperatura del ambiente.

##### 3.1.1.2 Carga de transmisión de calor (Q)

Se refiere a la cantidad de calor que es transmitida a través de una barrera plana considerando el diferencial de temperaturas entre la misma en este caso será la diferencia que existe entre el interior refrigerado de la cámara y el exterior a temperatura ambiente, para su cálculo tenemos la siguiente fórmula:

$$Q=U \times A \times DT$$

Q= Transmisión de calor (BTU/h)

U= Coeficiente Total de Transmisión de Calor (BTU/h ft<sup>3</sup> °F)

A=Área del Material (ft<sup>2</sup>)

DT= Diferencial de temperatura existente entre la barrera de calor

### 3.1.1.3 Conductividad térmica (K)

Se define como la cantidad de calor que atraviesa por una barrera de material de un espesor determinado medido en (BTU/h ft<sup>3</sup> °F)

**Tabla 3.1 – Conductividad térmica de materiales**

Material	Valor k <sup>1,2</sup>	R/pulgada <sup>3</sup>
Aserrín	0.36	2.8
Virutas	0.41	2.4
AISLANTE		
Bateria de Fibra de Vidrio Estándar	0.313	3.2
Bateria de Fibra de Vidrio de Alto rendimiento	0.263	3.8
Fibra de Vidrio con relleno suelto	0.400	2.5
Lana de roca con relleno suelto	0.357	2.8
Celulosa con relleno suelto	0.270	3.7
Polistireno Expandido	0.263	3.8
Polistireno Extrudido	0.200	5.0
GASES		
Aire	0.181	5.5
Dióxido de Carbono	0.115	8.7
Helio	1.04	0.96
Metano	0.237	4.2
LÍQUIDOS		
Glicol Etileno	1.80	0.56
Gasolina	0.94	1.06
Agua	4.19	0.24
METALES		
Aluminio	1890	0.00053
Cobre	2760	0.00036
Hierro	555	0.0018
Plomo	240	0.0042
MATERIALES DE CONSTRUCCION MISCELANEOS		
Teja Acústica	0.40	2.5
Asfalto	5.2	0.19
Concreto (140 lb/ft <sup>3</sup> )	12.0	0.08
Algodón (6 lb/ft <sup>3</sup> )	0.30	3.3
Vidrio para Ventana	6.10	0.16
Tierra	4-20	0.25-0.05
Abeto	0.76	1.3
Roble	1.18	0.85
Pino Amarillo	1.04	0.96
Madera Contrachapada	0.83	1.2
<small>(<sup>1</sup>) Los valores mostrados están a 75°F (aproximadamente 300K)  (<sup>2</sup>) Valores nominales en Btu·in./pies<sup>2</sup>·hr·°F  (<sup>3</sup>) Resistividad térmica en pies<sup>2</sup>·hr·°F/Btu·in.</small>		

Fuente: Asociación Internacional de Fabricantes de Aislante Reflectante, 2002

### 3.1.1.4 Resistividad térmica (R)

Se define a la resistencia térmica como el recíproco de la conductividad térmica, estos se los puede sumar para encontrar la resistencia total.

$$r = \frac{1}{k}$$

$$r_{\text{Total}} = \sum r$$

### 3.1.1.5 Conductancia (c)

Se la define como el factor total de transmisión de calor a través de un material formado con una o varias capas y un espesor de material definido.

### 3.1.1.6 Resistencia térmica (R)

Es la oposición que presenta el material frente a un flujo de calor en la cual debe existir una diferencia de temperaturas para que se produzca un traspaso de calor en determinado tiempo.

$$R = \frac{1}{C}$$

### 3.1.1.7 Coeficiente total de transmisión de calor (U)

Lo podemos definir como la cantidad de calor que se transmite a través de un material o una estructura con paredes paralelas, resulta tras la sumatoria de los efectos de la conductividad y la conductancia del material dejando a un lado la resistencia pelicular superficial ya que en el trabajo de refrigeración tiene poco efecto frente a la conductividad baja del material aislante.

$$U = \frac{1}{R_{\text{Total}}}$$

$$R_{\text{Total}} = \sum \frac{1}{C} + \sum \frac{x}{k}$$

### 3.1.2 Infiltraciones de aire

El aire que ingresa a la cámara refrigerada es considerado un aumento de carga de refrigeración adicional en esta, además es considerable la cantidad de

humedad del aire que ha ingresado a la cámara ya que este al ser superior al existente dentro se condensará y será un adicional de carga de refrigeración.

La carga térmica adicional debido a las infiltraciones de aire es un factor difícil de calcular con exactitud, por lo que basado en la experiencia se han desarrollado métodos de estimación.

### 3.1.2.1 Método de estimación por cambio de aire

El cambio de aire dentro de la cámara depende de la frecuencia con que las personas entran y salen, considerando para esto el volumen total de la cámara.

La American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) tomando en cuenta este método y luego de diferentes pruebas presenta la siguiente tabla con los factores de promedio de cambios de aire en 24 horas debido a la apertura de puertas e infiltraciones.

**Tabla 3.2** Cambios de aire según volumen de cámara

Volumen <i>ft</i> <sup>3</sup>	Cambios de aire en 24 horas		Volumen <i>ft</i> <sup>3</sup>	Cambios de aire en 24 horas	
	Arriba de 32°F	Debajo de 32°F		Arriba de 32°F	Debajo de 32°F
200	44.0	33.5	6000	6.5	5.0
300	34.5	26.2	8000	5.5	4.3
400	29.5	22.5	10000	4.9	3.8
500	26.0	20.0	15000	3.9	3.0
600	23.0	18.0	20000	3.5	2.6
800	20.0	15.3	25000	3.0	2.3
1000	17.5	13.5	30000	2.7	2.1
1500	14.0	11.0	40000	2.3	1.8
2000	12.0	9.3	50000	2.0	1.6
3000	9.5	7.4	75000	1.6	1.3
4000	8.2	6.3	100000	1.4	1.1
5000	7.2	5.6			

Fuente: ASHRAE, 2001

### 3.1.2.2 Factor de frecuencia de uso

Los valores de la tabla 3.2 están sujetos a un modificación mayor si definitivamente se determina que el uso de la cámara de almacenamiento es demasiado frecuente o es ocasional, para uso frecuente intenso multiplicar por dos los valores de la tabla, para almacenamientos prolongados multiplicar por 0.6. (Copeland Corporation, 2008)

### 3.1.3 Carga debida al producto

La cantidad de calor que se debe extraer de un producto para que este tenga igual temperatura que la cámara refrigerada se denomina la carga debida al producto, esta carga pueda darse por los siguientes factores:

- a. Colocar el producto con mayor temperatura que la de la cámara refrigerada.
- b. Transpiración de algunos productos alimenticios.

**Tabla 3.3** Tabla de propiedades y características de algunos productos alimenticios

Productos	Temperatura Promedio De Congelación	Porcentaje De Agua	Calor Especifico BTU/lb.°F (24 horas)		Calor latente de fusión BTU/lb	Calor de Evolución por (24 hrs.)(ton) a la Temp. indicada	
			Arriba del punto de Congelación	Abajo del punto de Congelación		°F	BTU
VARIOS							
Leche	31	87.5	0.93	0.49	124		
Levadura		70.9	0.77	0.41	102		
Lúpulo						35	1500
Malta						50	1500
Manteca de cerdo			0.52				
Mantequilla	30	15	0.64	0.34	15		
Miel de abeja		18	0.35	0.26	26	40	1420
Miel de maple		36	0.49	0.31	52	45	1420
Nueces (secas)		3-10	0.21-0.29	0.19-0.24	4.3-14	35	1000
Pan		32-37	0.7	0.34	46-53		
Queso americano	17	60	0.64	0.36	79	40	4680
Queso camembert	18	60	0.7	0.4	86	40	4920
Queso limburger	19	55	0.7	0.4	86	40	4920
Queso roquefort	3	55	0.65	0.32	79	45	4000
Queso suizo	15	55	0.64	0.36	79	40	4660

Fuente: ASHRAE, 2001

### **3.1.3.1 Calor de evolución**

Los organismos vivos como verduras y frutas luego de ser cosechados siguen teniendo vida durante cierto tiempo, periodo en el cual estos producen calor, así también otros productos alimenticios continúan teniendo reacciones químicas como la maduración el cual produce calor, la cantidad de calor que el producto emite depende de la temperatura a la cual esté almacenado este como se observa en la Tabla 3.3

### **3.1.3.2 Calor específico arriba del punto de congelación**

El producto ingresa a la cámara con una temperatura mayor a la del interior, el producto al contener un gran porcentaje de agua reacciona de diferente manera a la pérdida de calor, arriba y abajo del punto de congelación, ya que en este caso el agua cambia su estado líquido por sólido.

El calor que se extraerá de un producto a una temperatura de almacenamiento por encima del punto de congelación se lo calcula del siguiente modo:

$$Q = w C (T_1 - T_2)$$

Q= BTU que debe extraerse

W= Peso del producto en libras

C= Calor específico por encima de punto de congelación

T<sub>1</sub>= Temperatura inicial el producto en °F

T<sub>2</sub>= Temperatura de almacenamiento en °F

### **3.1.4 Carga suplementaria**

Además del calor transmitido al espacio refrigerado a través de las paredes, infiltraciones de aire y carga del producto, la ganancia de calor procedente de otras fuentes que deberán incluirse para la estimación de la carga de refrigeración total. (Copeland Corporation, 2008)

### 3.1.4.1 Iluminación eléctrica y calefactores

Las luces y calefactores transforman la energía eléctrica disipando calor hacia el espacio refrigerado por lo que se debe considerar la cantidad de carga térmica que aportan estos elementos, para este factor se considera:

$$1W/h=3.41BTU/h$$

### 3.1.4.2 Carga debida a las personas

Todo organismo vivo genera calor y el cuerpo humano no es la excepción, disipa calor y humedad la cual se debe considerar para el cálculo de la carga de calor total a la cual está expuesta nuestra cámara, a continuación tenemos la tabla con el calor promedio disipado por el cuerpo humano dentro de un espacio refrigerado.

**Tabla 3.4** Carga debido a las personas

Temperatura del Espacio Refrigerado en °F	Calor disipado/ persona BTU/hora
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

Fuente: Copeland, 2008

### 3.1.5 Aislante térmico

Sirve para reducir la transferencia de calor que puede existir entre el interior de la cámara y el exterior, de esta manera se ayuda a reducir el consumo de energía apoyando las metas ecológicas y ambientales.



### 3.1.5.1 Aislante reflectante

Es el aislante térmico que consiste en una o más superficies de baja emisividad, limitando uno o más espacios de aire encerrados. (ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE FABRICANTES DE AISLANTE REFLECTANTE, 2002)

El aislante térmico reflectante como el poliuretano, poliestireno, la fibra de vidrio y espuma reducen la transferencia de calor atrapando el aire que se encuentra a su alrededor, con lo cual este tipo de material aislante reduce principalmente la convección, de esta manera reducir la transferencia de calor.

### 3.1.5.2 Paneles de poliuretano inyectado

Los paneles de poliuretano inyectado se han utilizado en gran medida dentro de la refrigeración gracias a la versatilidad y facilidad de armado, los paneles generalmente están formados por dos chapas de acero perfilado el cual al unirse con el núcleo de poliuretano presentan una resistencia mecánica de tal manera que pueden ser utilizados tanto en techos como en paredes.

En el Ecuador se comercializa paneles de poliuretano inyectado con medidas estándar de 1 m x 2.40 m con variaciones en su espesor de acuerdo a las necesidades del cliente con una conductividad térmica igual a la del poliestireno de 0.26 BTU/h ft<sup>3</sup> °F.



**Figura 3.1** – Paneles de poliuretano

### 3.1.6 Cálculo de carga térmica

Una vez estudiado las diferentes cargas a las que estará expuesta la cámara se calculó y se obtuvo la carga total del equipo.

#### 3.1.6.1 Datos

Temperatura externa= 25°C (77°F)

Temperatura interna (requerida)= 10°C (50°F)

$\Delta T=27^{\circ}\text{F}$     $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$

4 Paredes 2 x 2.4 m (6.6 x 7.9 ft)   Poliestireno expandido K=0.263 (Tabla 3.1)

Espesor 3"

1 Techo 2 x 2m (6.6 x 6.6 ft)   Poliestireno expandido K=0.263 (Tabla 3.1)

Espesor 3"

1 Piso 2 x 2 m (6.6 x 6.6 ft)   Concreto K= 12 (Tabla 3.1)

Espesor 4"

#### Área (A)

$$A_{\text{Paredes}} = 4 (2 \times 2.4)\text{m}^2$$

$$A_{\text{Techo}} = (2 \times 2)\text{m}^2$$

$$A_{\text{Paredes}} = 19.2 \text{ m}^2 (208.56\text{ft}^2)$$

$$A_{\text{Techo}} = 4\text{m}^2 (43.56\text{ft}^2)$$

$$A_{\text{PISO}} = (2 \times 2)\text{m}^2$$

$$A_{\text{PISO}} = 4\text{m}^2 (43.56\text{ft}^2)$$

#### Volumen (V)

$$V = (2 \times 2 \times 2.4)\text{m}^3$$

$$V = 9.64\text{m}^3 (344.124\text{ft}^3)$$

### Resistencia Térmica (R)

Se calculó la resistencia térmica de acuerdo al espesor de los paneles de poliuretano que es de 3 pulgadas y la loseta de 4 pulgadas en donde se encuentra en las instalaciones de la micro empresa.

$$R_{\text{Paredes}} = \frac{3}{0.26} \quad R_{\text{Techo}} = \frac{4}{12}$$
$$R_{\text{Paredes}} = 11.53 \quad R_{\text{Techo}} = 0.33$$
$$R_{\text{Paredes}} = R_{\text{Techo}}$$

### Coefficiente de transmisión de calor (U)

$$U_{\text{Paredes}} = \frac{1}{11.53} \quad U_{\text{Piso}} = \frac{1}{0.33}$$
$$U_{\text{Paredes}} = 0.087 \text{ (BTU/h}\cdot\text{ft}^2) \quad U_{\text{Piso}} = 3.03 \text{ (BTU/h}\cdot\text{ft}^2)$$
$$U_{\text{Paredes}} = 0.274 \text{ W/m}^2 \quad U_{\text{Piso}} = 9.55 \text{ W/m}^2$$

#### 3.1.6.2 Carga de transmisión de calor (Q)

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

#### Carga paredes y techo (Q<sub>1</sub>)

$$Q_1 = 0.087 \times (208.56 + 43.57) \times 25$$

$$Q_1 = 548.38 \text{ BTU/h}$$

$$Q_1 = 160,71 \text{ W}$$

#### Carga piso (Q<sub>2</sub>)

$$Q_2 = 3.03 \times 43.56 \times 25$$

$$Q_2 = 3299,6 \text{ BTU/h}$$

$$Q_2 = 967,01 \text{ W}$$

### 3.1.6.3 Infiltraciones de aire (Q<sub>3</sub>)

Los cambios de aire en 24 horas según la tabla 3.2 para volúmenes de 400 ft<sup>3</sup> y una temperatura por arriba de los 32°F, es de 29.5 con un factor de uso para almacenamientos prolongados de 0.6 descrito en la sección 3.1.2.2 Factor de frecuencia de uso, se escogió este factor debido a que la cámara se la abre cada dos días dentro de tiempo de maduración para voltear el queso.

$$Q_3 = 344.124 \times 29.5 \times 0.6$$

$$Q_3 = 6090.9 \text{ BTU}$$

$$Q_3 = \frac{6090.9}{24}$$

$$Q_3 = 253.7 \text{ BTU/h}$$

$$Q_3 = 74,35 \text{ W}$$

### 3.1.6.4 Carga por producto (Q<sub>4</sub>)

Peso del queso 500g (1.1lb)

Capacidad del cuarto de 600 quesos (660lb)

Calor específico arriba del punto de congelación en 24 horas para el queso es de 0.7 según tabla 3.3

$$Q_4 = 660 \times 0.7 \times 25$$

$$Q_4 = 11550 \text{ BTU}$$

$$Q_4 = \frac{10810.8}{24}$$

$$Q_4 = 481.24 \text{ BTU/h}$$

$$Q_4 = 141,03 \text{ W}$$

### 3.1.6.5 Cargas suplementarias (Q<sub>5</sub>)

Un foco de 20w que funciona media hora al día.

1watt (3.41BTU)

$$Q_5 = 20 \times 0.5 \times 3.41$$

$$Q_5 = 34.1 \text{ BTU/h}$$

$$Q_5 = 34.1 \text{ BTU/h}$$

$$Q_5 = 10 \text{ W}$$

### **3.1.6.6 Carga debido a las personas ( $Q_6$ )**

El calor disipado por una persona a una temperatura de 50°F (10°C) es 720 BTU/h tomado de la tabla 3.4.

$$Q_6 = 720 \text{ BTU/h}$$

$$Q_6 = 121.01 \text{ W}$$

### **3.1.6.7 Carga total ( $Q_t$ )**

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$Q_t = 548.38 + 3299.6 + 253.7 + 481.24 + 34.1 + 720$$

$$Q_t = 5337.02 \text{ BTU/h}$$

$$Q_t = 1564,12 \text{ W}$$

## **3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS**

Una vez obtenida la carga total a la cual está expuesta la cámara se seleccionó los componentes necesarios para el funcionamiento de acuerdo al requerimiento estudiado.

### 3.2.1 Unidad condensadora

Es un conjunto de compresor, condensador, motor de ventilador, controles y una placa de montaje. Su función es la de un intercambiador de calor para enfriar y condensar el vapor refrigerante entrante en líquido y la de un ventilador para soplar aire del exterior a través de la sección del intercambiador de calor para enfriar el refrigerante en el interior. (Tecumseh, 2013).

**Tabla 3.5** Tabla de Aplicaciones de Unidades condensadoras

Gas Refrigerante Refrigerant	Referencia Comercial Commercial Reference	Modelo del Compresor Compressor Model	Capacidad Frigorífica Cooling Capacity M-HBP								Desplazamiento Displacement cm <sup>3</sup> /rev	Unidades Dimensionales Dimensional Units (mm)		
			-15°C		-6,7°C		0°C		7,2°C			A	B	C
			Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h				
R-12	1/3	UAE4430AS (T)	1430	360	1956	493	2500	630	3100	781	8,85	380	230	300
	1/3+	UAE4440AS (T)	1900	479	2604	656	3250	819	4100	1033	12,04	410	230	320
	1/2	UAE4448AS (T)	2263	570	3180	801	3920	987	4800	1209	14,17	410	280	320
R-134a	1/5	UAZ0413YS (T)	1038	261	1460	368	1759	443	2160	544	5,91	380	260	265
	1/3+	UTP9419YS (T)	1766	445	2581	650	3276	825	4073	1026	9,76	410	230	320
	1/2	UTP9421YS (T)	2059	519	2880	725	3608	909	4468	1125	10,87	410	230	320
	1/2	UTP9423YS (T)	2272	572	3242	817	4104	1034	5123	1290	12,48	410	280	320
	1/3	UAE4430YS (T)	1430	360	1956	493	2500	630	3100	781	8,85	380	230	300
	1/3+	UAE4440YS (T)	1946	490	2668	672	3329	839	4200	1058	12,04	410	230	320
	1/2	UAE4448YS (T)	2310	582	3246	818	4002	1008	4900	1234	14,17	410	280	320
	1/2+	UTY4452YS (T)	2402	605	3436	865	4372	1101	5500	1385	16,00	510	280	368
	2/3	UTY4466YS (T)	3009	758	4681	1179	6179	1556	6900	1739	18,80	510	280	368
R-22	3/4	UTY4475YS (T)	3072	774	4395	1107	5592	1409	7035	1772	22,30	510	280	368
	7/8	UTY4489YS (T)	4204	1059	5883	1482	7499	1889	9400	2368	26,00	490	330	407
	1/3	UAE9415ES (T)	1464	369	1810	456	2265	571	2795	704	5,67	410	230	320
	1/3+	UAE9422ES (T)	1907	480	2668	672	3424	862	4294	1082	7,57	410	280	320
	1/2+	UAE9430ES (T)	2294	578	3223	812	4117	1037	5161	1300	8,85	410	280	320
	7/8	UTY9448ES (T)	3047	768	5400	1360	7162	1804	8301	2091	16,00	490	330	407
	1 1/4	UTY9455ES (T)	4180	1053	6143	1547	8003	2016	10310	2597	18,80	490	330	407
	1 1/4	UTY9467ES (T)	6209	1564	8264	2082	9958	2508	12000	3023	22,30	490	330	700
	1 1/3	UTY9474ES (T)	6542	1648	9205	2319	11589	2919	15425	3885	26,00	490	330	700

Fuente: (Tecumseh, 2013)

La selección de la unidad condensadora se ha basado en la carga total de calor obtenida anteriormente que es de 5337.02 BTU/h para a temperatura de 10°C lo que en la tabla 3.5 se encontró una unidad condensadora equivalente a ½ HP de capacidad frigorífica de 5500 BTU/h a una temperatura de 7,2°C.

Se realizó el análisis de la tabla del fabricante obteniendo un promedio de 161.14BTU por cada grado de temperatura que aumenta, así se obtuvo una capacidad calorífica para esta unidad de 5983.42 BTU/h a temperatura de 10°C con esto se garantiza la temperatura del producto y la vida útil de la unidad condensadora ya que trabaja al 89% de su capacidad.



**Figura 3.2** – Unidad condensadora

Fuente: (Tecumseh, 2013)

Modelo de compresor: UTY4452YS

Unidad condensadora: CAJN4461 YHR

Referencia comercial: ½+ HP

Refrigerante: R-134 a

Dimensiones: 510 x 280 x 360 mm

Capacidad: 5500BTU/h a 7°C

### 3.2.2 Refrigerante

El R-134a es un refrigerante tipo hidroclofluorocarbonado (HCF) que no daña la capa de ozono, es un remplazante del gas refrigerante R-12 un clorofluoro el cual era perjudicial para la capa de ozono, este gas refrigerante es utilizado para equipos de aire acondicionado automotriz, refrigeración comercial y enfriadores de agua.



**Figura 3.3** - Gas refrigerante 134<sup>a</sup>

Fuente: (Dupont, 2014)

### 3.2.3 Evaporador

Es una parte del sistema donde el líquido refrigerante es evaporado, comúnmente llamado serpentín de enfriamiento, donde el líquido refrigerante cambia su estado a vapor por la absorción de calor.

Se utilizó la siguiente tabla del fabricante para la selección del evaporador de acuerdo a la carga de calor calculada de 5337.02 BTU/h.

**Tabla 3.6** – Evaporadores ThermoCoil

Ítem	Modelo	Medidas (mm)			Ventilador No. x Dia (pulg).	Caudal (CFM)	Rendimiento DT=10°F	
		Largo	Alto	Ancho			Te=20 °F	Te=-20 °F
1	EB-SRD-1B	343	102	132	1x8	250	1500	1300
2	EB-SRD-2B	540	102	132	2x8	500	2700	2450
3	EB-SRD-3B	870	102	132	3x8	750	4230	3650
4	EBS-040-E	508	330	88	1x12	800	4860	4016
5	EBS-050-E	813	330	88	2x12	1600	6050	5000
6	EBS-071-E	813	330	88	2x12	1800	8570	7082
7	EBS-100-E	1143	330	88	3x12	2400	12000	9920
8	EBS-120-E	1524	330	88	3x12	2800	14560	12040
9	EBS-150-E	1778	330	88	4x12	3600	17990	14870
10	EBS-180-E	2032	330	88	5x12	4200	21000	17400
11	EBS-220-E	2540	330	88	6x12	5400	26000	21500
12	EAS-140-E	864	660	88	1x20	3600	16600	13720
13	EAS-180-E	1020	660	88	1x22	5200	27790	18830
14	EAS-240-E	1270	660	88	2x20	7200	29532	24410
15	EAS-270-E	1524	660	88	2x20	7230	33200	27430
16	EAS-300-E	1778	660	88	2x20	7300	36500	30160
17	EAS-360-E	2032	660	88	2x22	10400	45580	37670
18	EAS-400-E	2286	660	88	2x22	10450	49200	40660
19	EAS-450-E	2540	660	88	3x20	10900	53710	44390
20	EAS-560-E	3048	660	88	3x22	15600	68450	56570

Fuente: (ThermoCoil, 2015)

#### 3.2.3.1 Humedad relativa y DT en el Evaporador

Normalmente un control satisfactorio de la humedad relativa para una aplicación dada se alcanza seccionando un compresor y evaporador con la adecuada diferencia de temperatura entre la temperatura de la cámara y la de evaporación del refrigerante.

Recomendaciones generales han probado se satisfactorias en la mayoría de aplicaciones. (Copeland Corporation, Manual de Refrigeración, 2008)



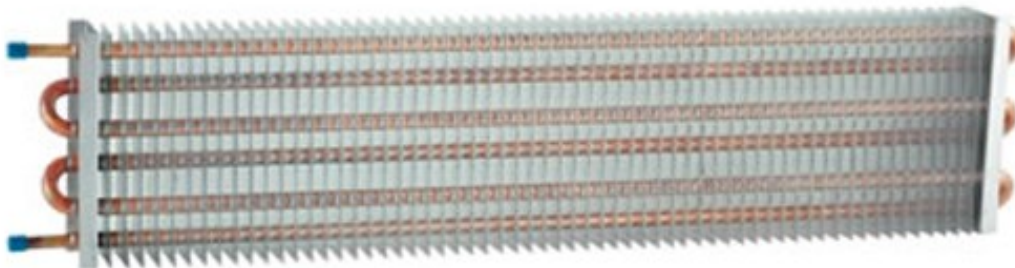
**Tabla 3.7** - DT en el evaporador

Rango de Temperatura	Humedad Relativa Deseada	DT (Refrigerante y Aire)
25°F – 45°F	90%	8°F – 12°F
25°F – 45°F	85%	10°F – 14°F
25°F – 45°F	80%	12°F – 16°F
25°F – 45°F	75%	16°F – 22°F
10°F y abajo	-	15°F o menos

Fuente: (Copeland Corporation, Manual de Refrigeración, 2008)

### 3.2.3.2 Selección de Evaporador

Para este equipo se utilizó un evaporador de tipo estático TermoCoil modelo EBS-050-E con una capacidad calorífica de 6050 BTU/h con un DT diferencia de temperatura de evaporación y temperatura ambiente de 10, de dimensiones 0.83 x 0.33 x 0.08 m como se muestra en la tabla 3.6 del fabricante, con el fin de garantizar la facilidad de control de humedad y temperatura.



**Figura 3.4** – Evaporador estático

Fuente: (Dufrio, 2014)

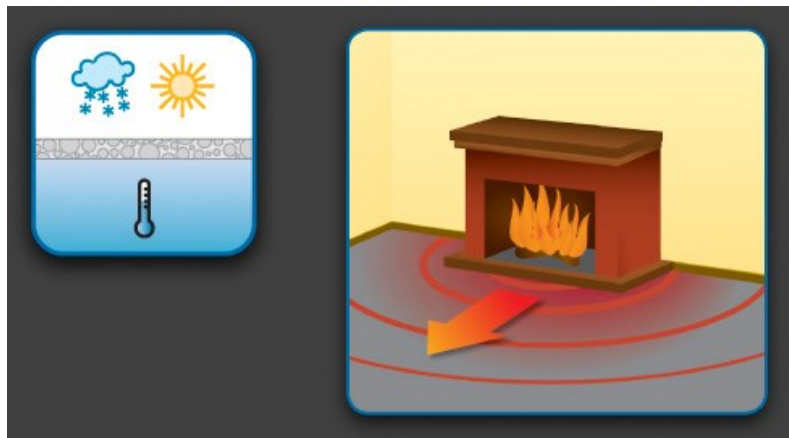
### 3.2.3.3 Transmisión de calor por radiación

La transmisión de calor no solamente se refiere a cuerpos calientes y luminosos.

En la convección, el calor es primero absorbido de la fuente por partículas de fluido inmediatamente adyacentes a ella y entonces transferido al interior del fluido mezclándose con él. Ambos mecanismos requieren la presencia de un

medio para transportar el calor de la fuente al receptor. La transferencia de calor radiante no requiere la intervención de un medio, y el calor puede ser transmitido por radiación a través del vacío absoluto. (Kern, 1999)

Cuando los cuerpos a diferentes temperaturas se colocan unos a la vista de otros en el interior de un recinto, los cuerpos más calientes pierden energía debido a la emisión más rápida de radiación que la recepción de energía debido a la absorción de radiación procedente de cuerpos más fríos, y la temperatura de los cuerpos más calientes disminuye. Simultáneamente, los cuerpos más fríos absorben energía procedente de los más calientes con una velocidad mayor de la que emiten energía y la temperatura de los cuerpos más fríos aumenta. (McCabe, 1998)



**Figura 3.5** – Radiación de calor  
Fuente: (Solant Aislantes, 2015)

Para la cámara el cuerpo frío será el evaporador que tiene una temperatura de 12°C a 15°C el cual absorberá el calor de los cuerpos más calientes (queso) por medio de radiación.

### 3.2.3.4 Ley de la inversa del cuadrado

El calor transferido por radiación disminuye según el cuadrado de la distancia recorrida (William C. & William M., 2000).

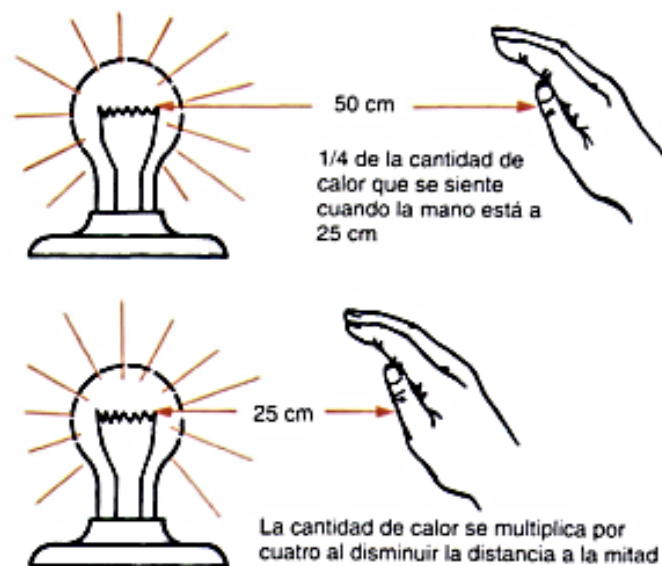
$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

T<sub>1</sub>= Temperatura a distancia 1

T<sub>2</sub>= Temperatura a distancia 2

d<sub>1</sub>= distancia 1

d<sub>2</sub>= distancia 2



**Figura 3.6** – Ley Inversa de los cuadrados

Fuente: (William C. & William M., 2000)

Basándose en esta ley y las especificaciones del fabricante se procedió a poner el evaporador en la parte central de la cámara para que exista una buena distribución de temperatura, y no exista problemas de goteos de condensación sobre el producto.

### 3.2.4 Sistema de expansión

Una vez obtenida la capacidad calorífica necesaria, el refrigerante utilizado en la cámara se escogió el dispositivo de expansión a utilizar.

Las válvulas de expansión termostáticas regulan la inyección de refrigerante líquido en los evaporadores. La inyección se controla en función del recalentamiento del refrigerante. (Danfoss, 2014)

Se usó la válvula de expansión Danfoss de modelo T2 ya que esta brinda características favorables para el funcionamiento e instalación del equipo, se lo puede usar tanto para refrigeración y congelación, posee orificios intercambiables que facilita la adaptación a la capacidad necesaria, protege al motor compresor de una presión de evaporación excesiva, además que permite cambiar o reemplazar el filtro.



**Figura 3.7** – Válvula de expansión modelo T2

Fuente: (Danfoss, 2014)

#### 3.2.4.1 Selección del orificio

En este caso se transformó la capacidad de 5337.02 BTU/h a Toneladas de refrigeración para escoger la válvula necesaria de acuerdo a las especificaciones del fabricante, capacidad de refrigeración 0.44 Ton, refrigerante R-134a

Se seleccionó el orificio necesario de acuerdo a las especificaciones del fabricante expuestas en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8 – Orificios para válvulas de expansión tipo T2**

Gama N: – 40 a +10°C

Orificio	Capacidad nominal en toneladas (TR)				Capacidad nominal en KW				Código
	R22	R 407C	R 134a	R404A R507	R22	R 407C	R 134a	R404A R507	
0X	0,15	0,16	0,11	0,11	0,5	0,5	0,4	0,38	068-2002
00	0,3	0,3	0,25	0,21	1,0	1,1	0,9	0,7	068-2003
01	0,7	0,8	0,5	0,45	2,5	2,7	1,8	1,6	068-2010
02	1,0	1,1	0,8	0,6	3,5	3,8	2,6	2,1	068-2015
03	1,5	1,6	1,3	1,2	5,2	5,6	4,6	4,2	068-2006
04	2,3	2,5	1,9	1,7	8,0	8,6	6,7	6,0	068-2007
05	3,0	3,2	2,5	2,2	10,5	11,3	8,6	7,7	068-2008
06	4,5	4,9	3,0	2,6	15,5	16,7	10,5	9,1	068-2009

Fuente: (Danfoss, 2014)

El orificio 00 que entrega 3000 a 6000 Btu/h (0.25 a 0.5 Toneladas de refrigeración) el cual es adecuado para los 5983.42 BTU/h (0.498 Ton) que requiere el equipo.



**Figura 3.8 - Orificio para válvula de expansión**

Fuente: (Danfoss, 2014)

### 3.3 SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

Las operaciones de humidificación y deshumidificación implican transferencia de materia entre una fase líquida pura y un gas permanente que es insoluble en el líquido. (McCabe, 1998).

#### 3.3.1 Humidificación

La humidificación para el proceso de maduración del queso se la debe hacer sin presencia de rocío de agua por lo que nebulizadores o aspersores no pueden

ser utilizados para el caso de la cámara, se recurrió a una humidificación tipo ducha controlada con una electroválvula colocada en la parte inferior de la cámara el cual se activará al exceder el diferencial de humedad garantizando así la humedad requerida de 70% a 90% de humedad relativa.

### 3.3.2 Electroválvula

La electroválvula es un dispositivo electromecánico que responde a pulsos eléctricos que al circular a través de su bobina abre y cierra la válvula controlando así un flujo que circule en una tubería, su uso es muy fácil por lo que es muy utilizado para la automatización dentro de la industria.



**Figura 3.9** – Electroválvula dosificadora de agua  
Fuente: (Aalorborg, 2014)

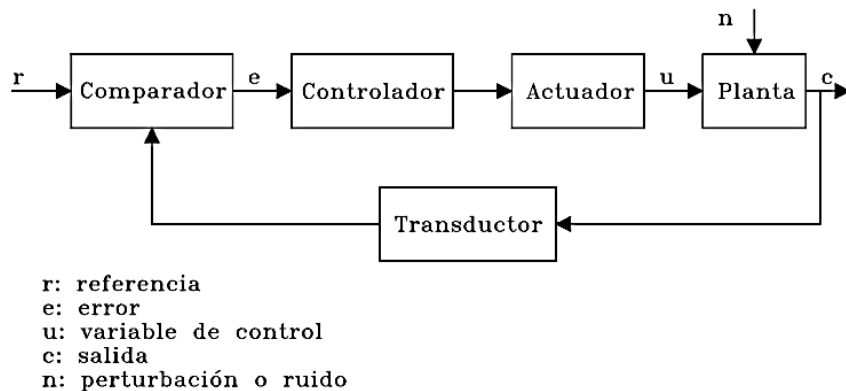
## 3.4 SISTEMA DE CONTROL

El control automático es esencial en el control numérico de las máquinas-herramientas de las industrias de manufactura, en el diseño de sistemas de pilotos automáticos en la industria aeroespacial, y en el diseño de automóviles y camiones en la industria automotriz. También es esencial en las operaciones

industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso. (Ogata, 1998)

### 3.4.1 Sistema de control lazo cerrado

Aquel que utiliza una medida de la salida actual para compararla con la respuesta deseada (Giraldo & Tabares, 1997).

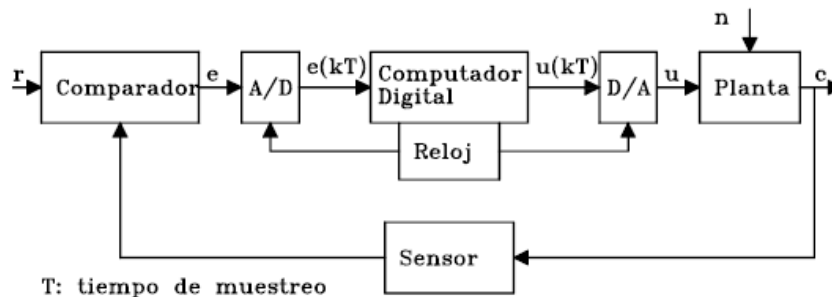


**Figura 3.10** – Sistema de control lazo cerrado

Fuente: (Giraldo & Tabares, 1997)

### 3.4.2 Control digital

Es aquel control que se lo realiza a través de un microprocesador o un microcomputador en tiempo discreto empleando lógica programable.



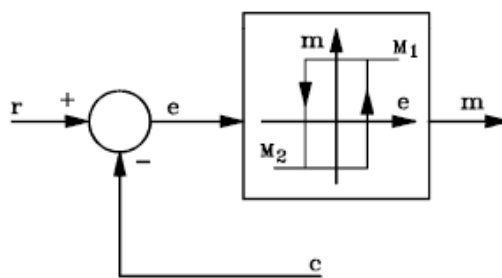
**Figura 3.11** - Control digital

Fuente: (Giraldo & Tabares, 1997)

### 3.4.3 Control on/off

El sistema de control on/off es un sistema que generalmente tiene dos posiciones fijas, encendido y apagado por lo que lo hace un sistema simple y de bajo costo y se lo usa tanto industrialmente como doméesticamente.

Este sistema puede ser implementado con una brecha diferencial el cual evita operaciones demasiado frecuentes de encendido y apagado el cual puede reducir la vida útil de los actuadores, este sistema es muy utilizado en refrigeración ya que el sistema de condensación específicamente el compresor trabaja con presiones muy elevadas por lo que al existir una frecuencia de encendido y apagado muy corta podría dañar válvulas, pistones, o su sistema mecánico en general.



**Figura 3.12** - Control on/off con diferencial

Fuente: (Giraldo & Tabares, 1997)

### 3.4.4 Controladores de temperatura y humedad

Casi todos los controladores industriales emplean como fuente de energía la electricidad, un fluido presurizado, tal como el aceite o el aire. Los controladores también pueden clasificarse, de acuerdo con el tipo de energía que utilizan en su operación, como neumáticos, hidráulicos o electrónicos. El tipo de controlador que se use debe decidirse con base en la naturaleza de la planta y las condiciones operacionales, incluyendo consideraciones tales como seguridad, costo, disponibilidad, confiabilidad, precisión, peso y tamaño. (Ogata, 1998).



#### **3.4.4.1 Termostato**

Un termostato actúa para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio de temperatura. Existen numerosos tipos de termostatos que van desde un simple interruptor bimetálico a interruptores múltiples que actúan con la señal de bulbo sensibles remotos. Los termostatos pueden tener punto de control fijo o bien pueden ser ajustables.

Normalmente un termostato de refrigeración cerrará su circuito con una elevación de la temperatura y lo interrumpirá con un descenso de ésta, mientras que un termostato de calefacción cerrará su circuito con un descenso de la temperatura y lo interrumpirá con una elevación. (Copeland Corporation, 2008)

#### **3.4.4.2 Humidistato**

El humidistato es un dispositivo de control el cual actúa para alcanzar la humedad requerida en un recinto climatizado, activando o desconectando un circuito según sea los requerimientos del usuario.

En el caso de la humidificación la salida del control se activará cuando la medida de humedad sea inferior a la humedad seleccionada por el usuario, al contrario para la deshumidificación la salida del control se activará cuando la medida de humedad sea superior a la humedad seleccionada por el usuario

#### **3.4.5 Selección de sistema de control**

Para la cámara de maduración de quesos se necesita un sistema de control de temperatura (Termostato), un sistema de control de Humedad (humidistato), alarma sonora y visual para indicar el aumento excesivo de humedad y temperatura, termómetro e higrómetro para la visualización de los parámetros por parte del usuario, por lo que a continuación se presenta las alternativas de control con sus características.

**Tabla 3.9 Selección de Controlador**

Controladores de Temperatura y Humedad							
Marca y modelo	Alimentación	Temperatura de control	Humedad de control	Corriente de salida	Sensor	Alarma	Registro de datos
Danfoss EKC 102C1	230 Vac (50/60 Hz)	-50 a 90°C	N/A	10(6)A / 240Vac	Pt 1000 NTC-M2020	Sonora	N/A
Ranco R002	12 Vdc ±10%	-10 a 100°C	N/A	8A/250Vac 5A/250Vac	PTC NTC	N/A	N/A
Hampshire 125	115 Vac (60Hz)	-50°C a 50°C Solo lectura	N/A	1A / 30V	Termocupla tipo K,J	Sonora y Visual	N/A
AGPtek WH8040	220 Vac (60Hz)	-10 a 60°C Solo lectura	1a99%HR ±3%HR(Err)	5A/220Vac	Hm40 NTC	N/A	N/A
Novus N322 -RHT	100 a 240 Vac (50/60 Hz)	-40 a 120 °C (resolución de 0.1°C)	0 a 100 % (resolución de 1%HR)	Dos salidas tipo relé 16A,3A /250Vac	RHT	Sonora	RS485
Full Gauge MT530	115 a 230 Vac±10%(50/60 Hz) 12 o 24 Vac/dc	-10 a 70°C ±1.5°C (resolución de 0.1°C)	5 a 95%HR ±5%HR (resolución de 0.1%HR)	Tres salidas tipo relé 16A,2x5A /250Vac	SB56	Sonora y visual	RS 485 Dataloger máximos y mínimos
Osaka OK 33-THR	100 a 240 VAC +/- 10% 50/60 Hz	-50 a 109°C (resolución de 0.1°C)	0 a 100%HR (resolución de 0.5%HR)	4 Salidas tipo relé 16A,8A, 5A/250Vac	Temperat. NTC / PTC Humedad CP50 o CP84	Sonora	N/A

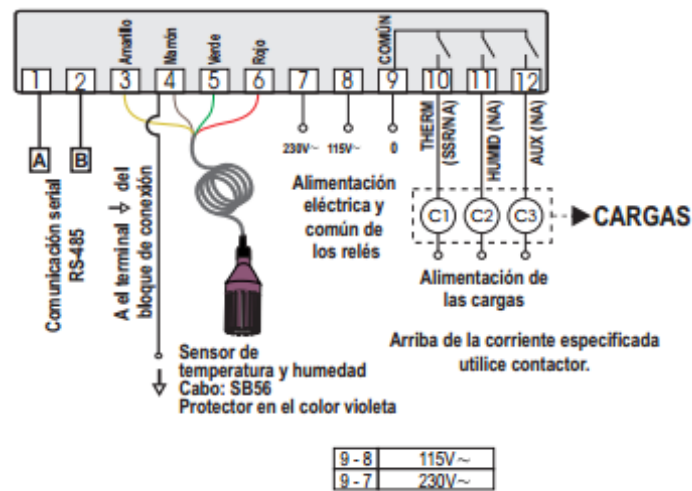
Elaborado: Guillermo Pacheco

Se escogió el controlador Full Gauge MT-530 ya que cumple con los requisitos de control tanto como de temperatura como para humedad, además no es necesario implementar una alarma visual y sonora ya que este lo incorpora en su hardware, este controlador además tiene tres salidas tipo relé lo cual permite una conexión adicional además de las necesarias, adicionalmente registra máximos y mínimos tanto de humedad y temperatura lo que permite al usuario controlar estos parámetros además de su fácil conexión vía RS 485.

### 3.4.6 Controlador digital full gauge mt-530 super

Es un instrumento que indica y controla la temperatura y la humedad del ambiente, indicado para la humedad relativa baja y media del aire (a partir el 0 a 100%, sin condensación) y la temperatura de -10 a 70°C. Sus sensores de la temperatura y de la humedad se ensamblan en un único bulbo, qué disminuye el espacio en el cableado de la instalación. El instrumento tiene la salida THERM

con relé de estado sólido (SSR) y comunicación serial para la conexión con él vía Internet (Full Gauge, 2010).



**Figura 3.13** – Diagrama de conexiones controlador  
Fuente: Full Gauge, 2015

### 3.4.6.1 Sensor de temperatura y humedad

Sensor de temperatura y humedad conjugado SB56 marca Full Gauge tiene un rango de temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$  y un rango de humedad de 0 a 100%.



**Figura 3.14** – Sensor SB56  
Fuente: Catálogo de Productos Full Gauge, 2015.

## 3.5 CONSERVACIÓN DE TEMPERATURA

### 3.5.1 Ley de calentamiento de Newton

Cuando en un cuerpo de temperatura ( $T_0$ ) se pone en contacto con un medio de temperatura distinta, su temperatura no cambia de manera instantánea, sino que llega al equilibrio térmico con el medio de forma paulatina.

Este tiempo de respuesta se puede determinar a partir de la ley de enfriamiento y calentamiento de Newton, la cual establece que la rapidez de variación de temperatura es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el medio circundante. (Bertucelli & Garbellini, 2008)

$$\frac{dT}{dt} = k (T_0 - T_a)$$

### 3.5.2 Cálculo de conservación

Para el cálculo se obtuvo una temperatura inicial de 12 °C cuando se apaga el sistema de refrigeración y una temperatura de 14°C al cabo de 45 minutos, estos datos se obtuvieron durante las pruebas de temperatura y humedad, con la puerta cerrada durante toda la prueba.

Aplicando la ley de calentamiento de Newton tenemos.

$$\frac{dT}{dt} = k (T - T_a) \quad (1)$$

Para:

$$t_0 = 0 \text{ min} \quad T_0 = 12^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 45 \text{ min} \quad T_1 = 14^\circ\text{C}$$

Temperatura ambiente  $T_a = 25^\circ\text{C}$

Reemplazo de  $T_a$  en la ecuación 1

$$dT = k (T - 25) dt \quad (2)$$

Para resolver la ecuación diferencial se integró las dos partes de la ecuación 2.

$$\int \frac{1}{T-25} dT = \int k dt \quad (3)$$

Integrando ambas partes nos queda:

$$\ln|25-T| = k t + C \quad (4)$$

Para encontrar el valor de C se reemplaza  $t_0=0$  y  $T_0=12^\circ\text{C}$  en la ecuación 4.

$$\begin{aligned} \ln|25-12| &= C \\ \ln|25-T| &= k t + \ln|13| \end{aligned} \quad (5)$$

Para encontrar el valor de k se reemplaza  $t_1=45$  y  $T_1=14^\circ\text{C}$  en la ecuación 5.

$$\begin{aligned} \ln|25-14| &= 45 k + \ln|13| \\ \ln|11| &= 45 k + \ln|13| \\ k &= \frac{1}{45} \ln\left|\frac{11}{13}\right| \\ \ln|25-T| &= \frac{t}{45} \ln\left|\frac{11}{13}\right| + \ln|13| \end{aligned} \quad (6)$$

Aplicando propiedades de logaritmos en la ecuación 6.

$$\begin{aligned} \ln|25-T| &= \ln\left[13\left(\frac{11}{13}\right)^{\frac{t}{45}}\right] \\ 25-T &= 13\left(\frac{11}{13}\right)^{\frac{t}{45}} \\ T &= 25 - 13\left(\frac{11}{13}\right)^{\frac{t}{45}} \end{aligned} \quad (7)$$

La ecuación 7 representa la variación de temperatura en cualquier instante de tiempo.

Se reemplaza  $T=24^\circ\text{C}$  en la ecuación 7 para encontrar cuanto tiempo tarda la cámara de maduración antes de igualar la temperatura ambiente en caso de pérdida de energía.

$$24 = 25 - 13 \left( \frac{11}{13} \right)^{\frac{t}{45}}$$

$$\left( \frac{11}{13} \right)^{\frac{t}{45}} = \frac{25-24}{13} \quad (8)$$

Aplicando propiedades de logaritmos en ecuación 8.

$$\frac{t}{45} \ln \left( \frac{11}{13} \right) = \ln | 0.076 |$$

$$\frac{t}{45} = \frac{\ln | 0.076 |}{\ln \left( \frac{11}{13} \right)}$$

$$t = 45 \left( \frac{-2.57}{-0.16} \right)$$

$$t = 45 (16.06)$$

$$t = 722.81$$

A la cámara antes de llegar a la temperatura ambiente le toma 722.81 minutos es decir 12 horas.



## CAPÍTULO IV

### 4 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

#### 4.1 MONTAJE FÍSICO DE LA CÁMARA

##### 4.1.1 Montaje de sistema de aislamiento

La estructura angular es de 3 Pulgadas de acero pre pintado está sujeta al piso para constituir la estructura y dar forma a la cámara que servirá de sujeción para los paneles aislados.



**Figura 4.1** – Instalación de estructura angular

Elaborado: Guillermo Pacheco

##### 4.1.2 Colocación de paneles aislados de poliuretano

Una vez sujeta la estructura angular se colocó los paneles de poliuretano expandido que servirá como paredes y techo de la cámara, cuidando la alineación y colocación de los mismos para que no existan espacios y así evitar fugas de calor.





**Figura 4.2** – Instalación de paneles  
Elaborado: Guillermo Pacheco



**Figura 4.3** – Instalación de techo  
Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.1.3 Montaje de la unidad condensadora**

La unidad condensadora está colocada en la parte superior de la cámara donde tiene el suficiente espacio para que exista ventilación y a su vez conste un adecuado intercambio de calor entre el evaporador y el condensador.

Para la instalación de la unidad condensadora se utilizó soldadura oxiacetilénica para unir la tubería de cobre del sistema de refrigeración.

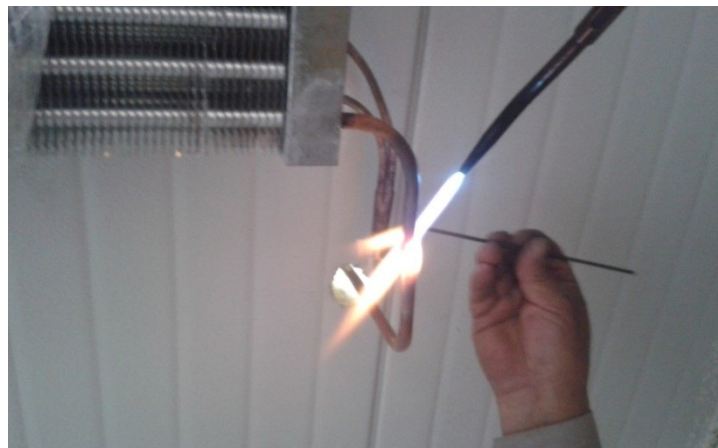


**Figura 4.4** – Instalación de unidad condensadora

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.1.4 Montaje de evaporador**

El evaporador está colocado en la parte superior del interior de la cámara equidistante de las paredes de la misma para garantizar que tenga igual temperatura en los diferentes puntos de la cámara.



**Figura 4.5** – Instalación de evaporador

Elaborado: Guillermo Pacheco

## 4.1.5 Sistema de control

### 4.1.5.1 Caja metálica

Armario de diseño compacto fabricado íntegramente en acero laminado y conformado en frío, con tratamiento anticorrosivo, realizado bajo Normas INEN NTE 2568 y NTE 2569, IP65, están direccionadas a aplicaciones de automatización eléctrica industrial.

Puerta con sello de goma esponja, cierre estándar extraíble, bisagras interiores. Placa porta equipos color naranja. Pernos tierra de 1/4" soldados a caja y puerta.

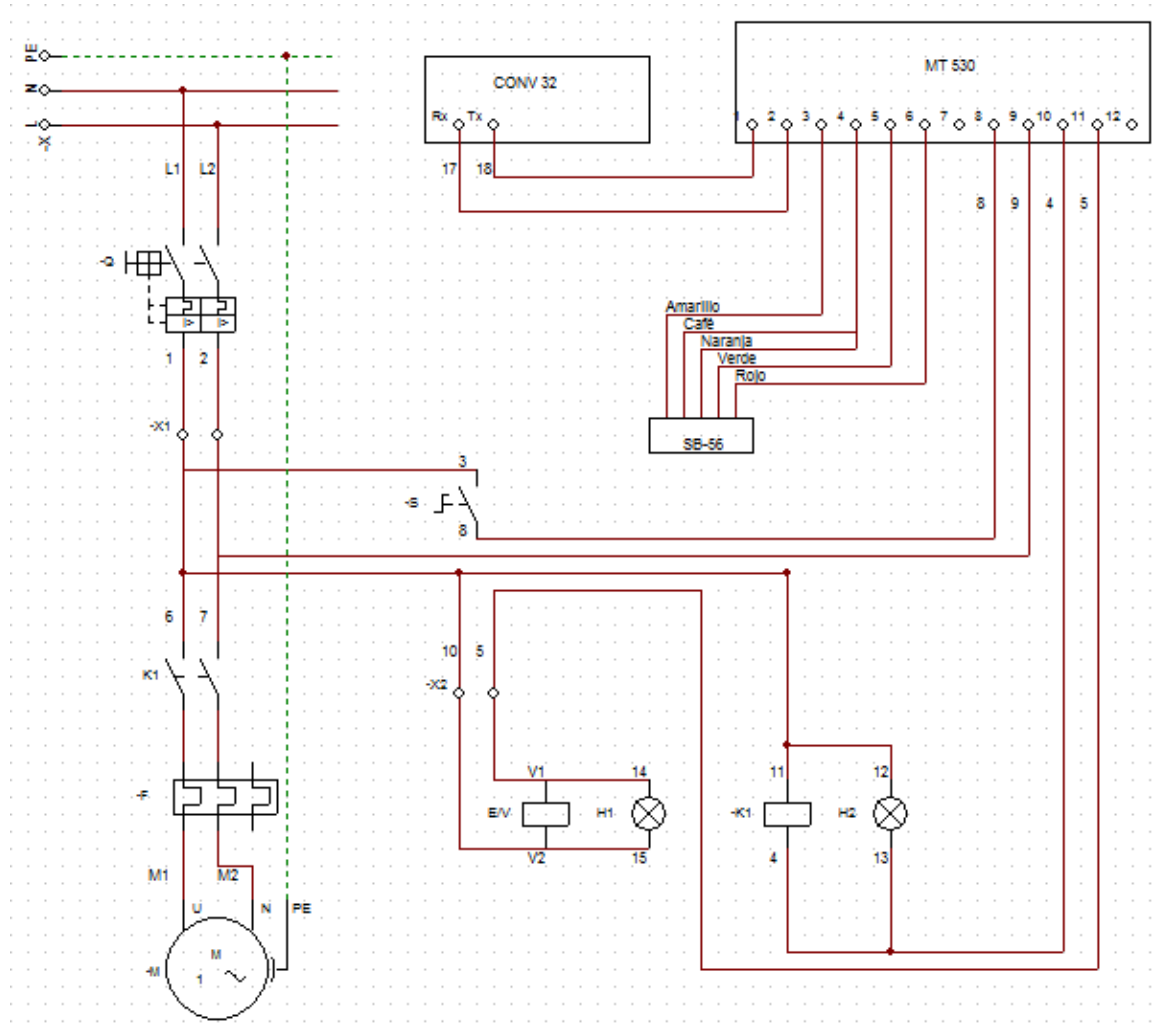


**Figura 4.6** - Caja metálica de conexiones

Fuente: (Iselec, 2015)

### 4.1.5.2 Plano eléctrico

Previo a armar la caja de control se realizó el plano eléctrico de la misma para poder montar de forma sistemática el circuito eléctrico.

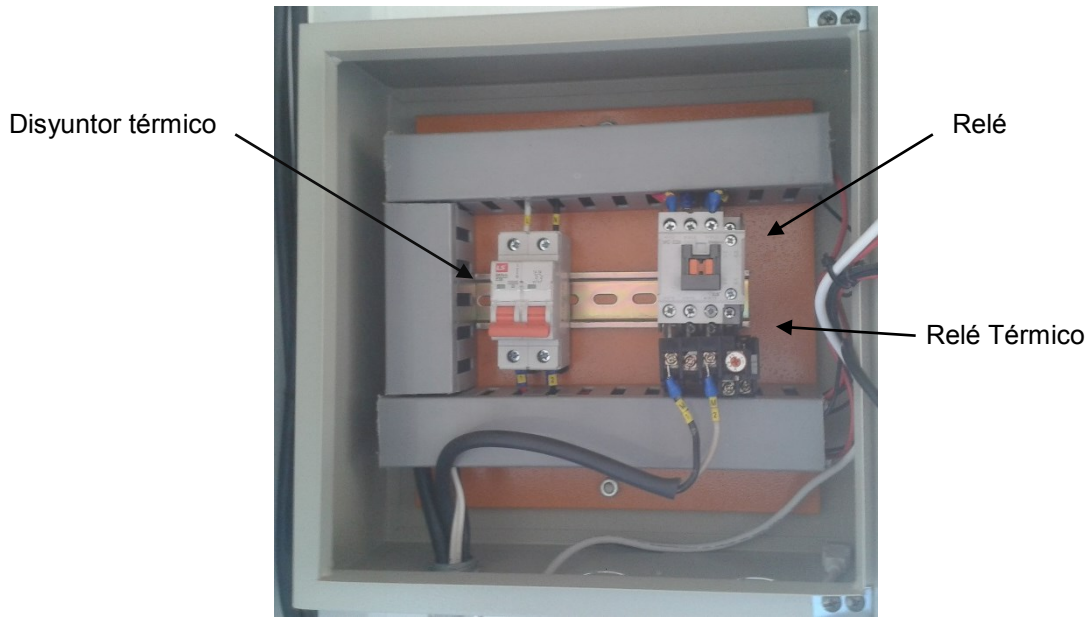


**Figura 4.7 - Plano Eléctrico**

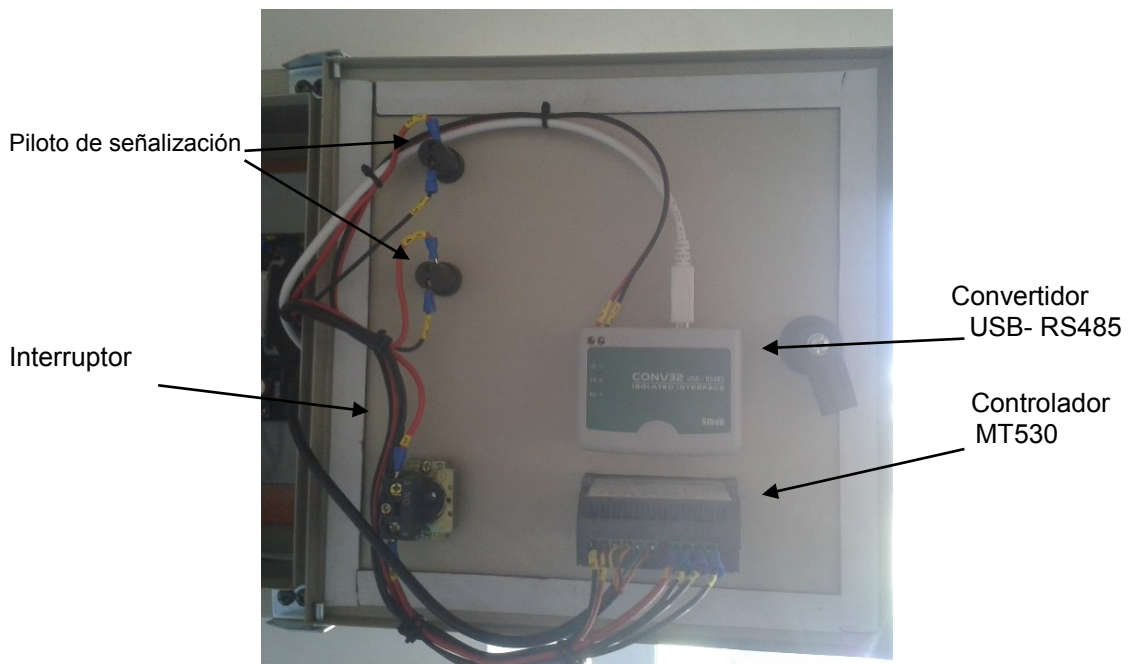
Elaborado: Guillermo Pacheco

### 4.1.5.3 Montaje del Circuito

Se realizó el montaje del sistema de control según los planos eléctricos de la figura 4.7



**Figura 4.8 - Montaje del Circuito**  
Elaborado: Guillermo Pacheco



**Figura 4.9 - Tapa de caja de control**  
Elaborado: Guillermo Pacheco



**Figura 4.10** - Caja de control  
Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.1.5.4 Montaje de sistema de control**

La caja de control de la cámara maduradora está ubicada en un lugar visible el cual es de fácil acceso tanto para el mantenimiento como para el registro de humedad y temperatura de la cámara, además se encuentra en un punto alto protegido de posibles salpicaduras de agua.



**Figura 4.11** – Instalación de sistema de control  
Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.1.6 Pintura de piso**

##### **4.1.6.1 Normativa de Salud**

El Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002 nos dice que en conformidad con el Art. 42 de la Constitución Política, es deber del Estado garantizar el derecho a la salud, su promoción y protección por medio de la seguridad alimentaria por lo cual es importante que el país cuente con una normativa actualizada para que la industria alimenticia elabore alimentos sujetándose a normas de buenas prácticas de manufactura, las que facilitarán el control a lo largo de toda la cadena de producción, distribución y comercialización, así como el comercio internacional, acorde a los avances científicos y tecnológicos, a la integración de los mercados y a la globalización de la economía.

El su artículo 3 DE LAS CONDICIONES MÍNIMAS BASICAS: Los establecimientos donde se producen y manipulan alimentos serán diseñados y construidos en armonía con la naturaleza de las operaciones y riesgos asociados a la actividad y al alimento, de manera que puedan cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Que el riesgo de contaminación y alteración sea mínimo;
- b. Que el diseño y distribución de las áreas permita un mantenimiento, limpieza y desinfección apropiada que minimice las contaminaciones;
- c. Que las superficies y materiales, particularmente aquellos que están en contacto con los alimentos, no sean tóxicos y estén diseñados para el uso pretendido, fáciles de mantener, limpiar y desinfectar; y,
- d. Que facilite un control efectivo de plagas y dificulte el acceso y refugio de las mismas. (Asamblea Nacional, 2002).

#### 4.1.6.2 Tipos de pintura de grado alimenticio

Marca	Descripción
DUREPOXY 10	Es un imprimante Epóxico catalizado con poliamidas y pigmentos inhibidores de corrosión. Tiene excelente resistencia al agua. Forma un excelente sistema cuando se recubre con los acabados Epóxicos.
DUREPOXY ER-10	Es una pintura acabado Epóxico de 2 componentes curado con poliamidas, de acabado brillante. Por ser grado alimenticio, puede estar en contacto con alimentos o agua potable.
WINNER 350	Es un recubrimiento Epóxico altos sólidos catalizado, capa gruesa, que funciona como imprimante y acabado simultáneamente, muy adherente sobre superficies metálicas. Por ser grado alimenticio, puede estar en contacto con alimentos o agua potable.
DURAFLOOR 310	Es un acabado Epóxico grado alimenticio para transito ligero a medio. Destaca por su resistencia a la abrasión y al rayado; así mismo, su adherencia al concreto es excelente. Presenta un acabado brillante, con buena resistencia a solventes y detergentes. Es una muy buena alternativa cuando se busca un balance adecuado entre economía y desempeño.
DURAFLOOR 350	Es un acabado Epóxico grado alimenticio para transito medio y con alto contenido en sólidos, Destaca por su excelente adhesión y notable desempeño. Pueden alcanzarse películas de alto espesor con un mínimo consumo de material.

#### 4.1.6.3 Selección

En cumplimiento con el decreto ejecutivo 3253 de BUENAS PRÁCTICAS PARA ALIMENTOS PROCESADOS el piso es de color blanco con pintura epóxica DURAFLOOR 310, por su adherencia al asfalto, resistente al rayado y abrasión, de grado alimenticio con el fin de garantizar la fácil limpieza y evitar focos de microorganismos.





**Figura 4.12 - Pintura de Piso**

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.1.7 Puesta en marcha de la cámara**

Una vez que se tiene todos los elementos necesarios para el funcionamiento de la cámara se procede a la puesta en marcha para calibración y pruebas.



**Figura 4.13 – Prueba de equipo**

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.1.8 Entrega de la cámara**

Una vez terminada las pruebas y calibraciones técnicas se procedió a realizar pruebas de maduración del queso para la total satisfacción de la microempresa Productos “Las Mercedes”.

La entrega se la realizó a su gerente propietario Ing. Sebastián Castro.



**Figura 4.14** – Entrega del equipo  
Elaborado: Guillermo Pacheco

#### **4.2 PRUEBAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD**

Durante 9 días se realizó la toma de datos de temperatura y humedad en los diferentes sectores de la cámara de maduración con el fin de garantizar los valores requeridos por el empresario en toda la cámara.

Para las pruebas se dividió a la cámara en tres sectores A, B, C, siendo A la pared posterior, B la pared lateral derecha y C la pared lateral izquierda.

Además estos sectores se los dividió en secciones de la siguiente manera:

**Tabla 4.2** – Sectores de toma de datos

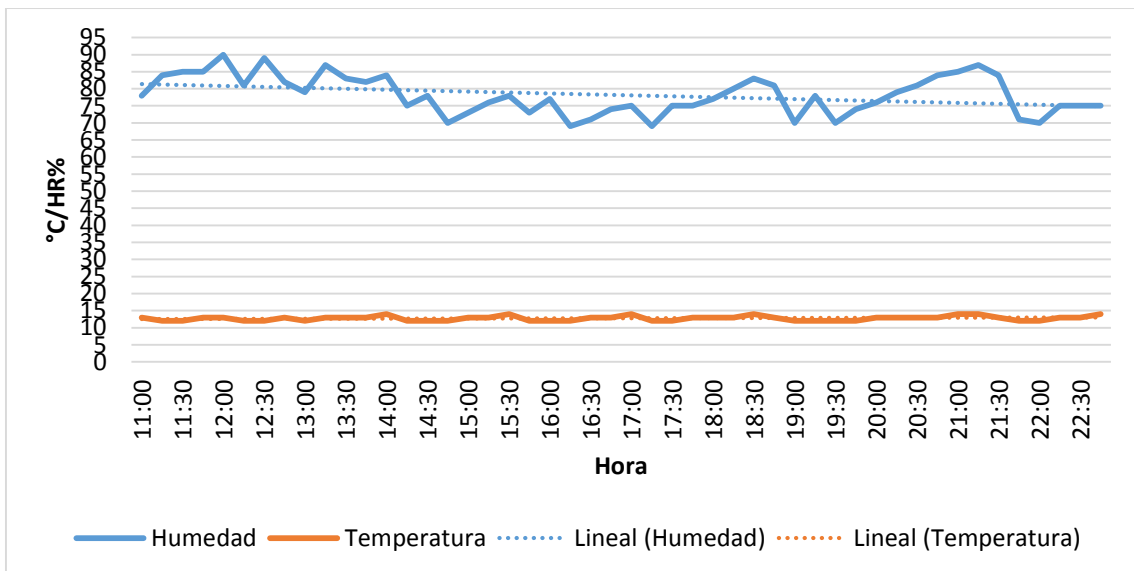
	Sector derecho	Sector Medio	Sector izquierdo
Sección inferior	A1,B1,C1	A2,B2,C2	A3,B3,C3
Sección media	A4,B4,C4	A5,B5,C5	A6,B6,C6
Sección superior	A7,B7,C7	A8,B8,C8	A9,B9,C9

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### 4.2.1 Pared posterior

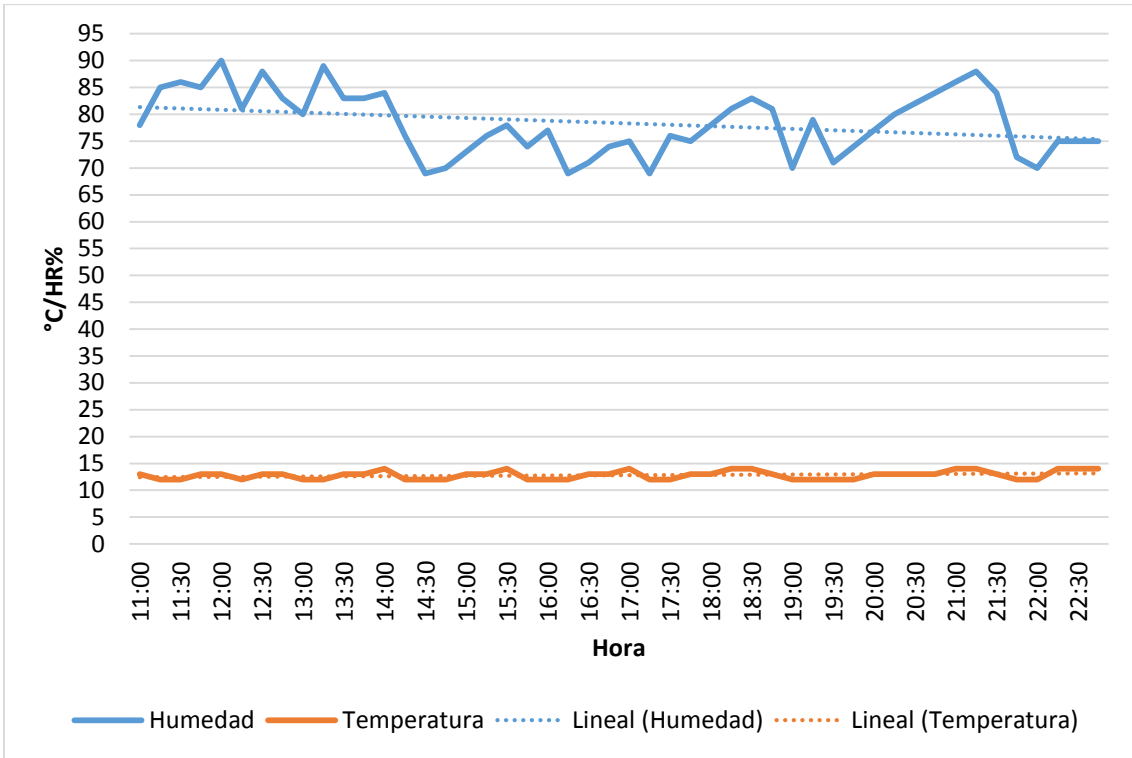
##### 4.2.1.1 Sección Inferior

Graficas de temperatura y humedad tomada de 11:00 horas hasta las 22:30 horas en la pared posterior secciones A1, A2, A3 de la cámara de maduración.



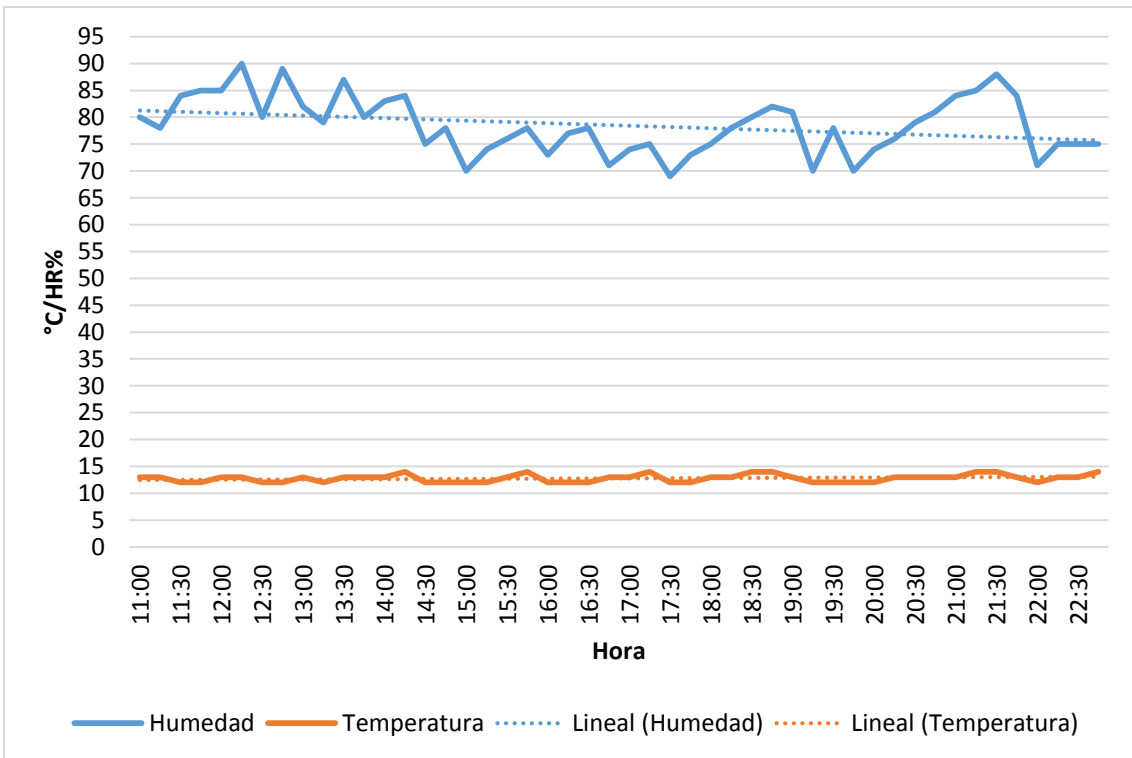
**Ilustración A 1.** Sección inferior sector derecho pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración A 2.** Sección inferior sector medio pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración A 3.** Sección Inferior sector izquierdo pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco

### 4.2.1.2 Sección Media

Graficas de temperatura y humedad tomada de 11:00 horas hasta las 22:30 horas en la pared posterior secciones A4, A5, A6 de la cámara de maduración

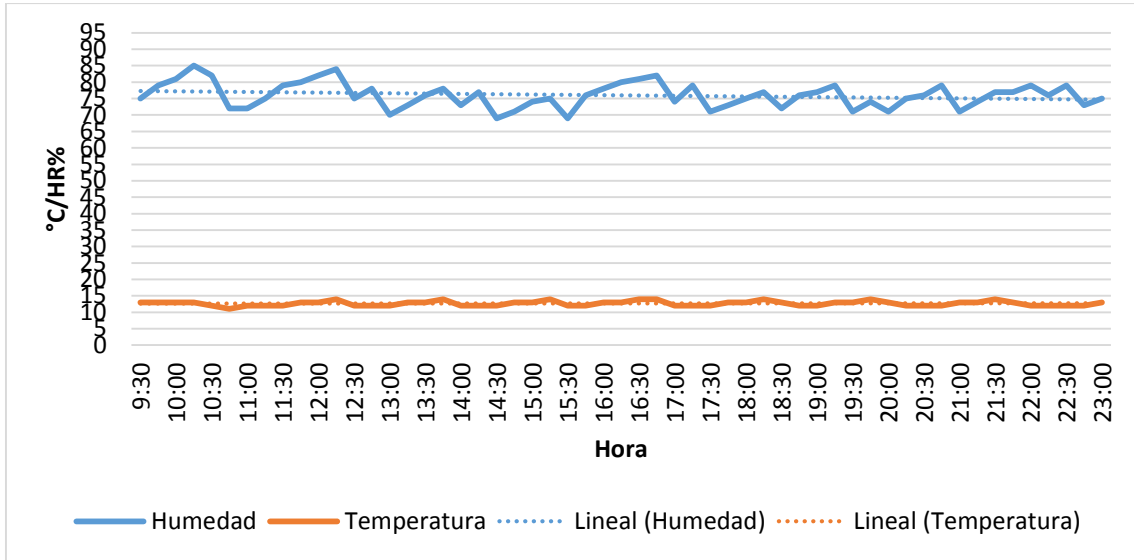


Ilustración A 4. Sección media sector derecho pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco

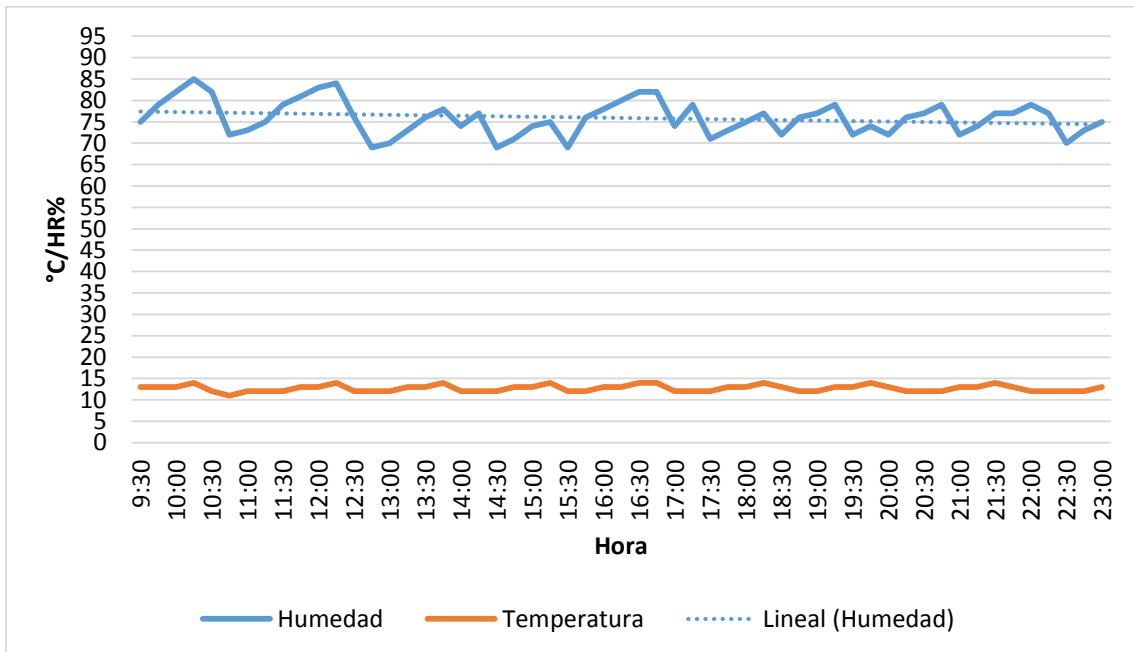
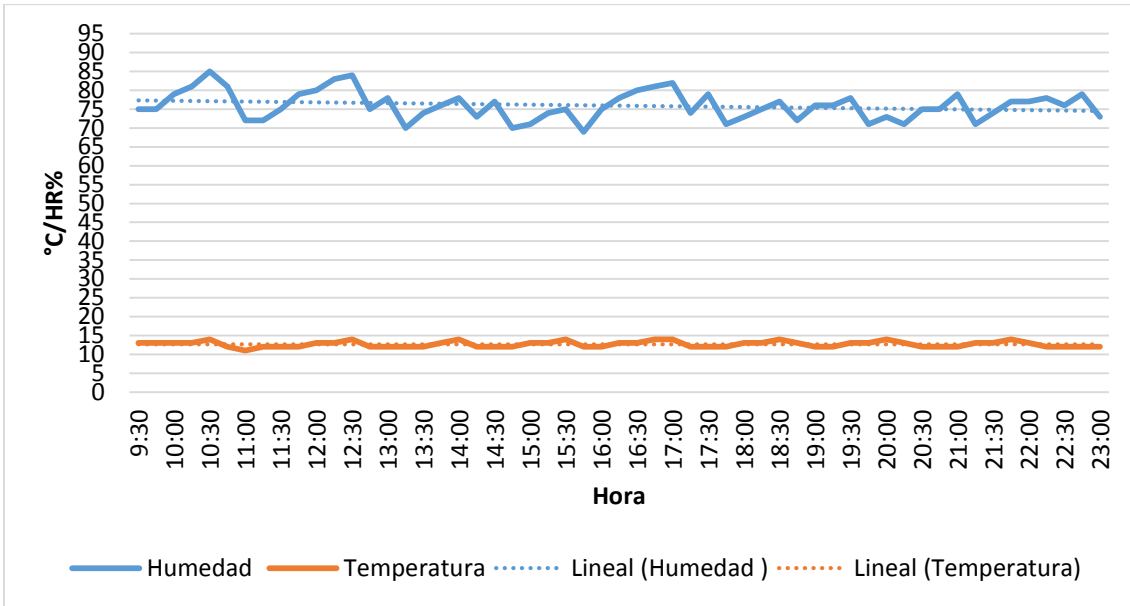


Ilustración A 5. Sección media sector medio pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco

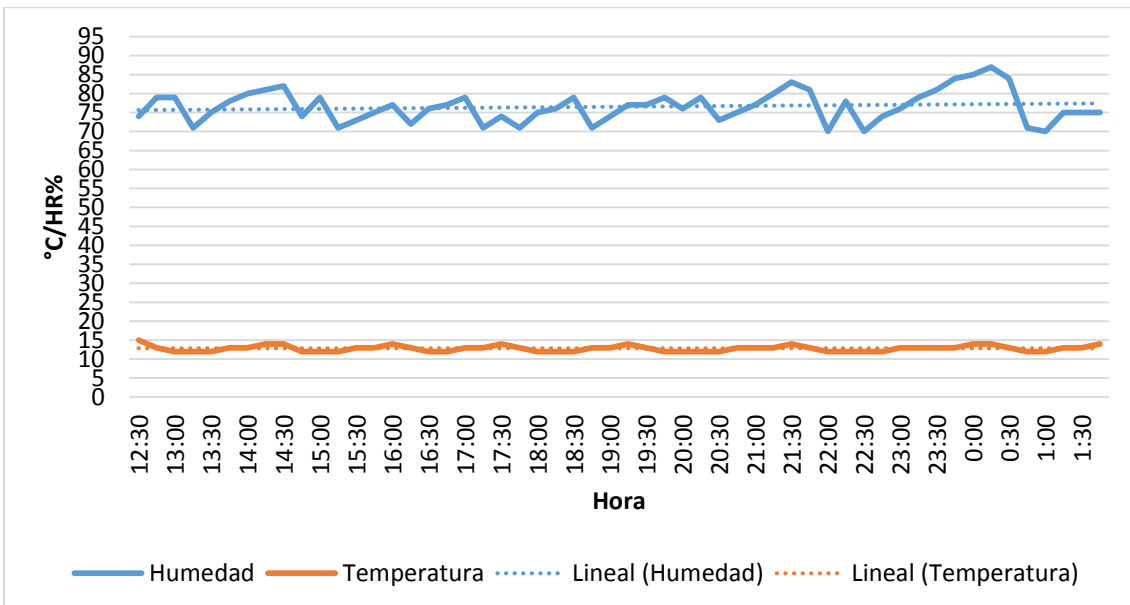


**Ilustración A 6.** Sección media sector izquierdo pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco

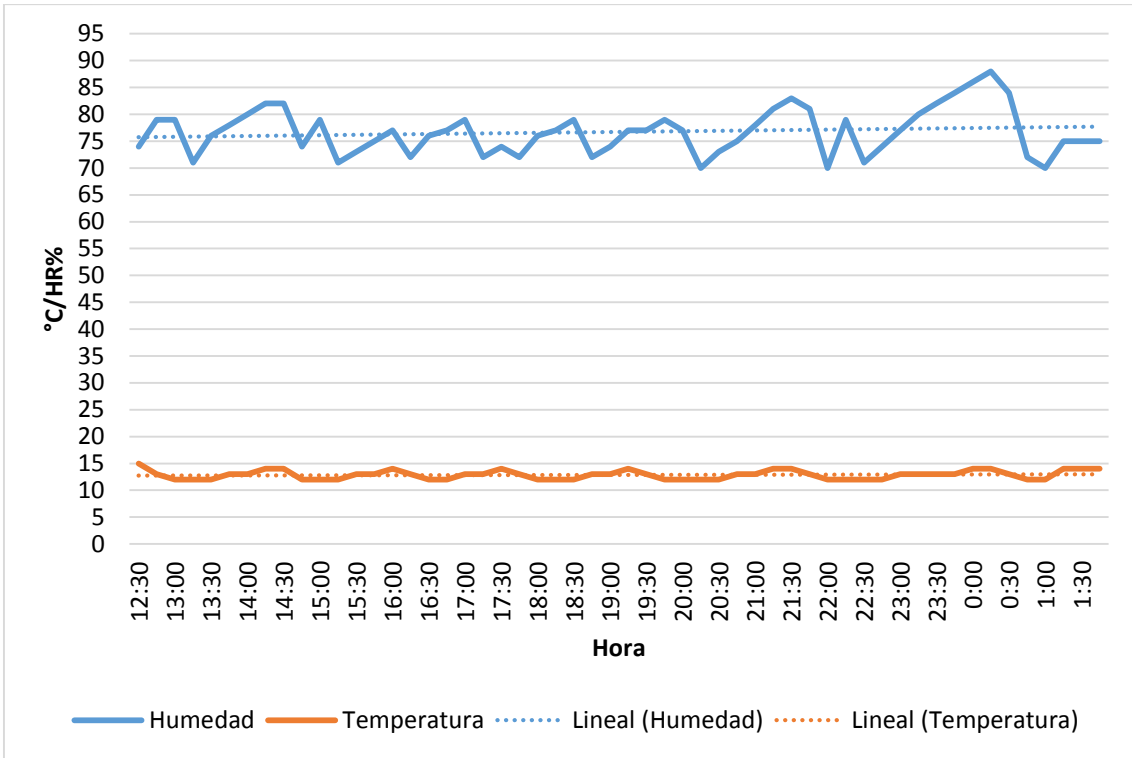
#### 4.2.1.3 Sección Superior

Graficas de temperatura y humedad tomada de 12:30 horas hasta las 1:30 horas en la pared posterior secciones A7, A8, A9 de la cámara de maduración.



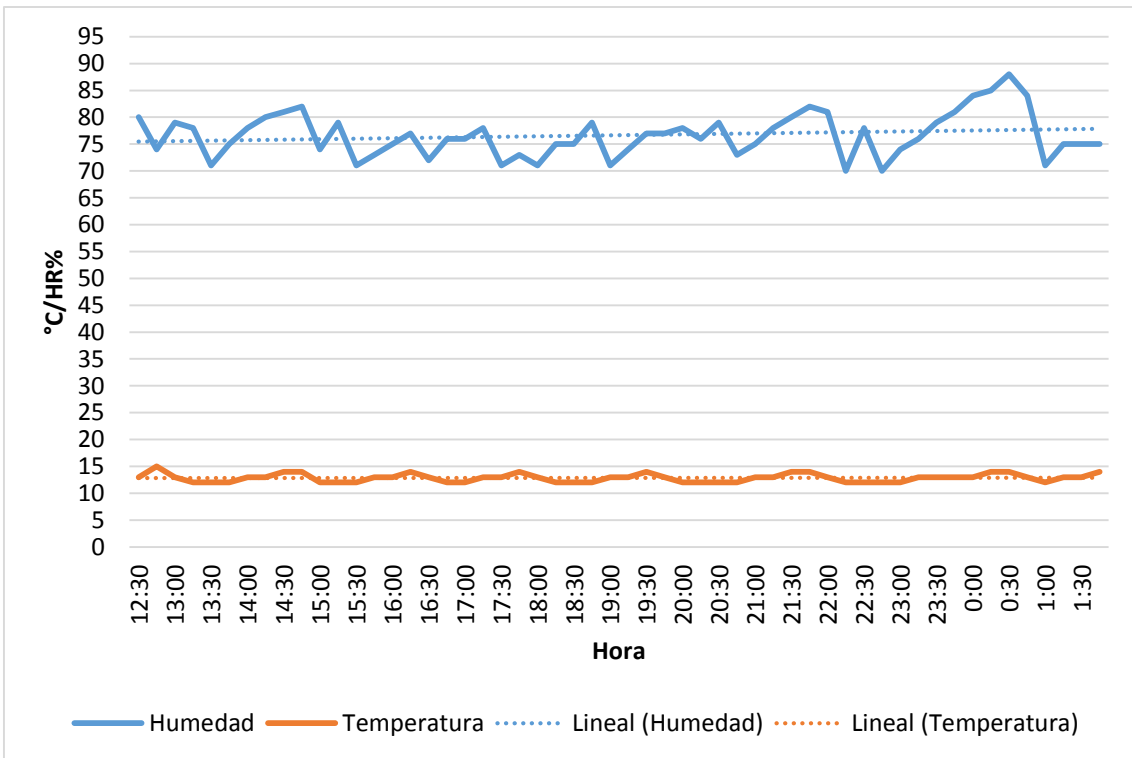
**Ilustración A 7.** Sección Superior sector derecho pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración A 8.** Sección superior sector media pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco



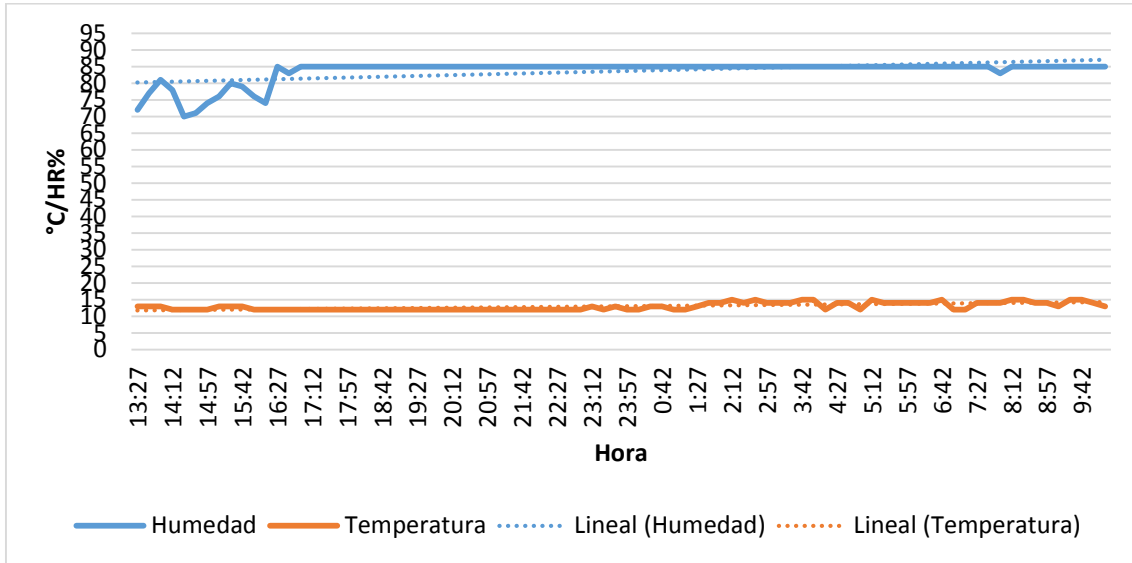
**Ilustración A 9.** Sección superior sector izquierdo pared A

Elaborado: Guillermo Pacheco

## 4.2.2 Pared lateral derecha

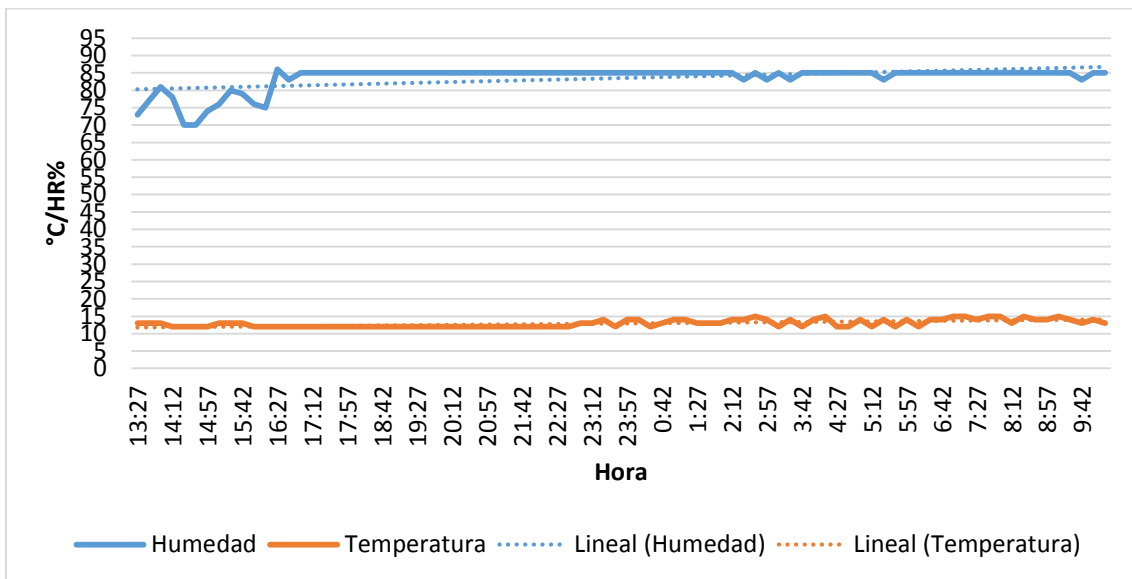
### 4.2.2.1 Sección Inferior

Graficas de temperatura y humedad tomada de 13:30 horas hasta las 9:40 horas en la pared lateral derecha secciones B1, B2, B3 de la cámara de maduración.



**Ilustración B 1.** Sección Inferior sector derecho pared B

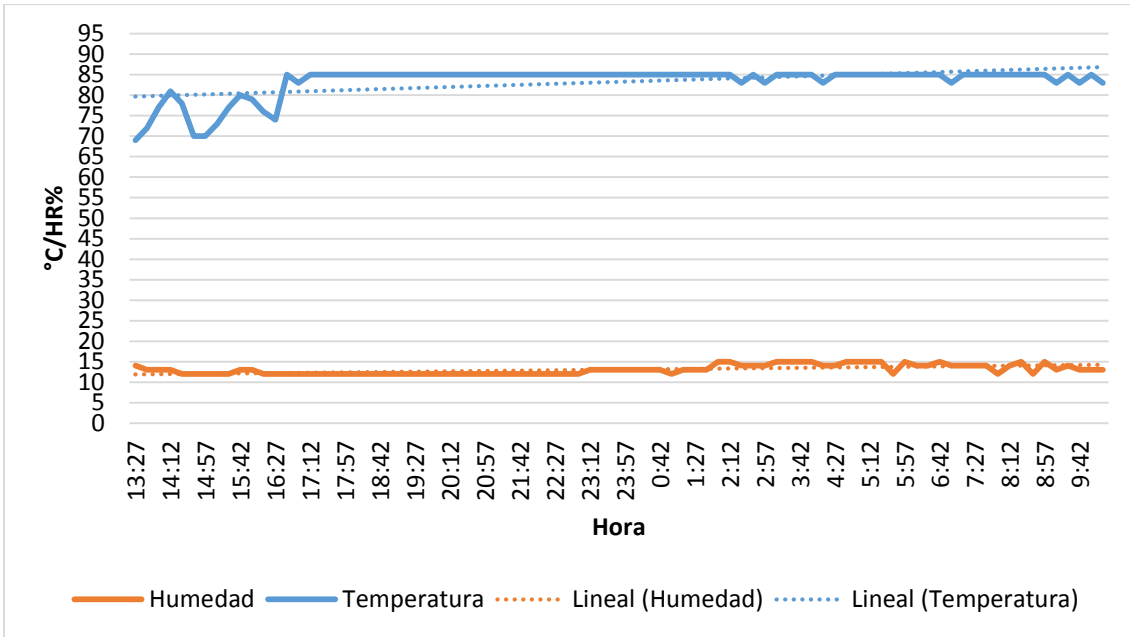
Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración B 2.** Sección inferior sector medio pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco



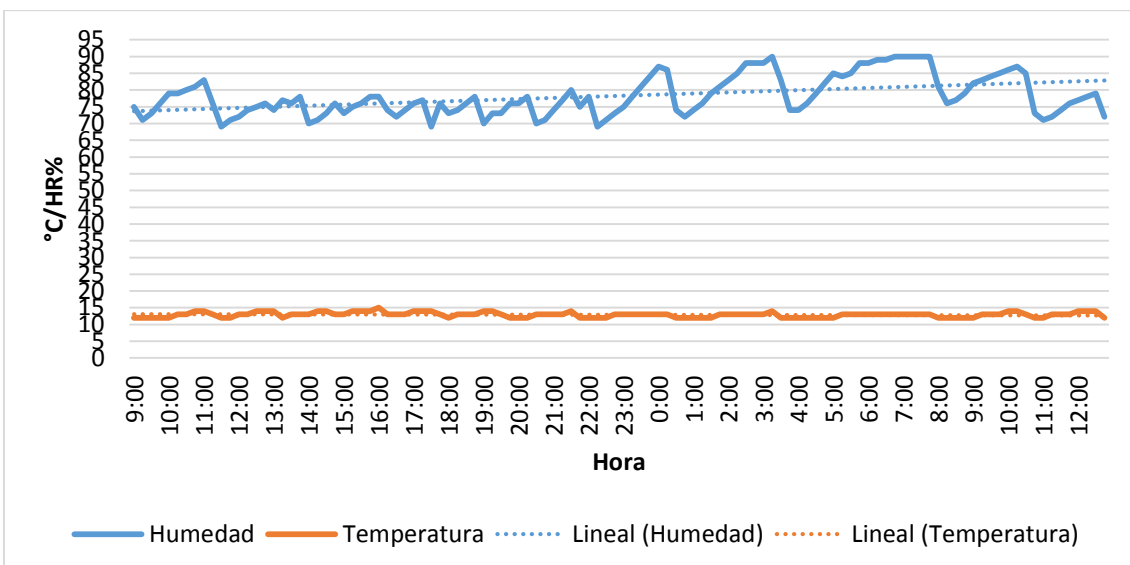


**Ilustración B 3.** Sección inferior sector izquierdo pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco

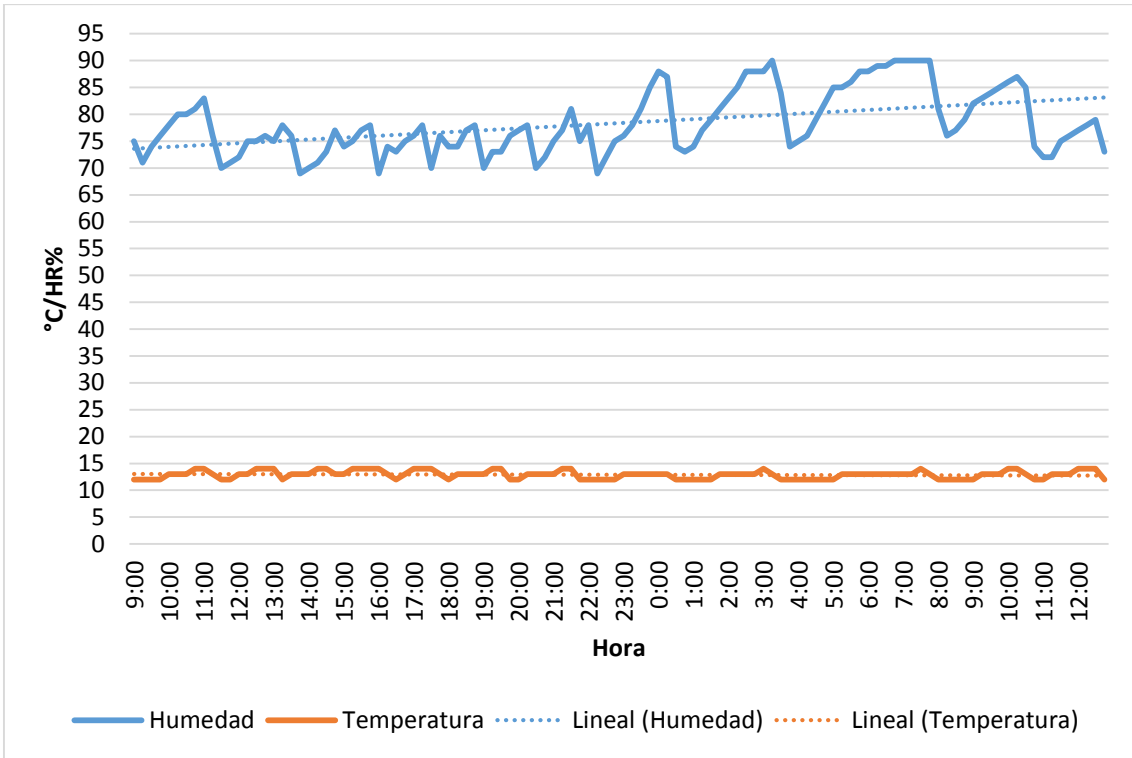
#### 4.2.2.2 Sección Media

Graficas de temperatura y humedad tomada de 9:00 horas hasta las 12:00 horas en la pared lateral derecha secciones B4, B5, B6 de la cámara de maduración.



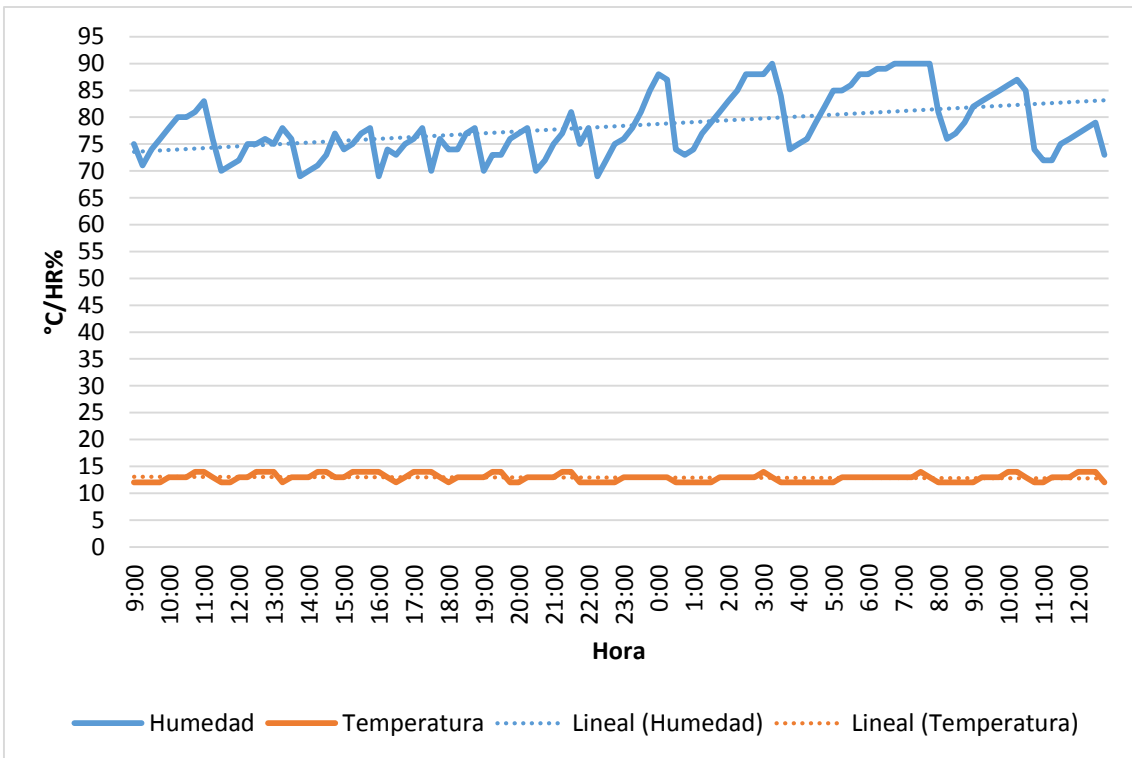
**Ilustración B 4.** Sección media sector derecho pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración B 5.** Sección media sector medio pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco

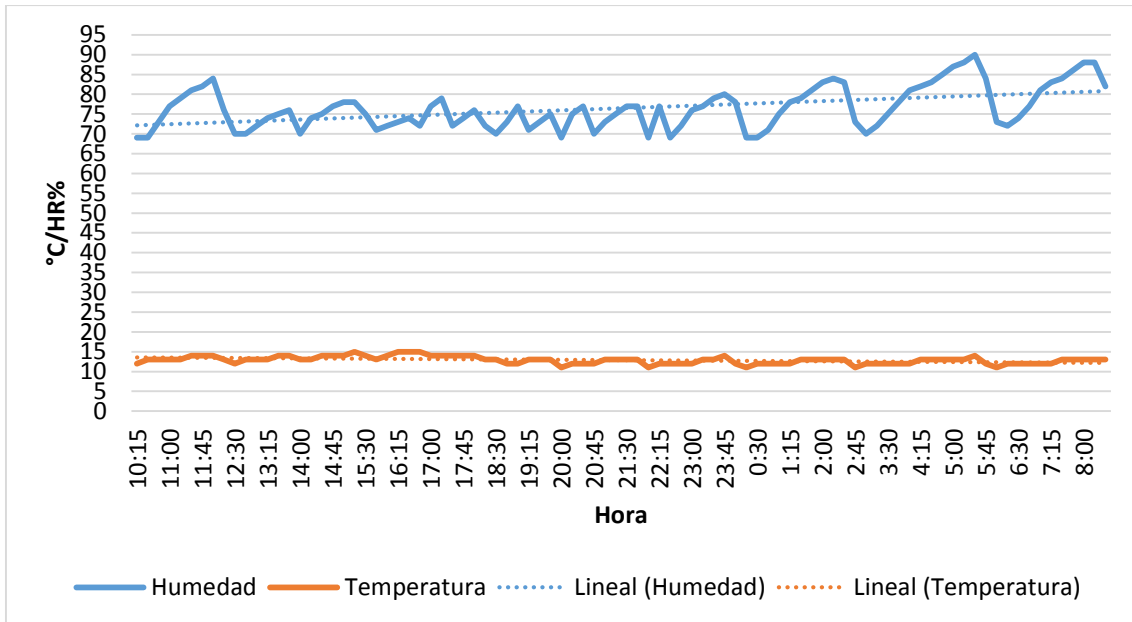


**Ilustración B 6.** Sección media sector izquierdo pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco

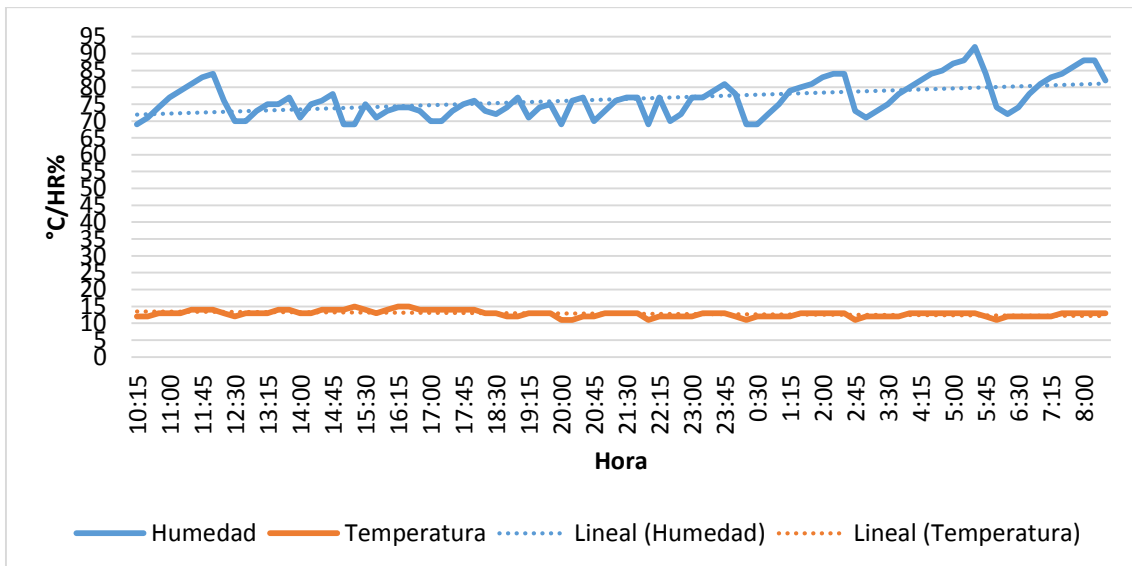
### 4.2.2.3 Sección Superior

Graficas de temperatura y humedad tomada de 10:15 horas hasta las 8:00 horas en la pared lateral derecha secciones B7, B8, B9 de la cámara de maduración.



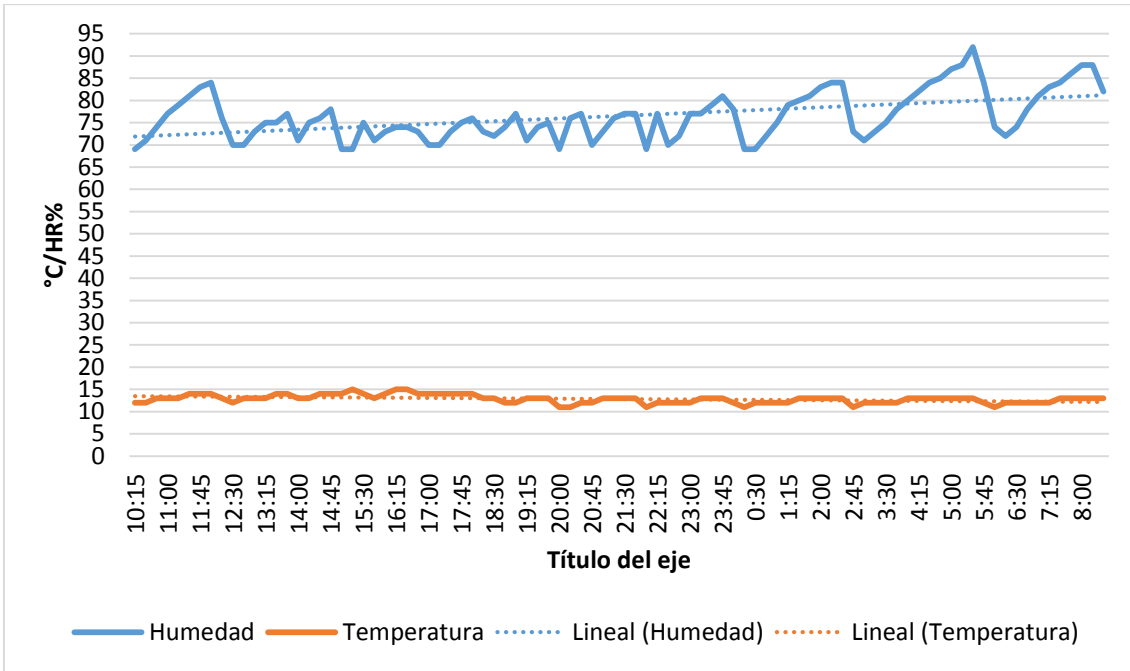
**Ilustración B 7.** Sección superior sector derecho pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración B 8.** Sección superior sector medio pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco



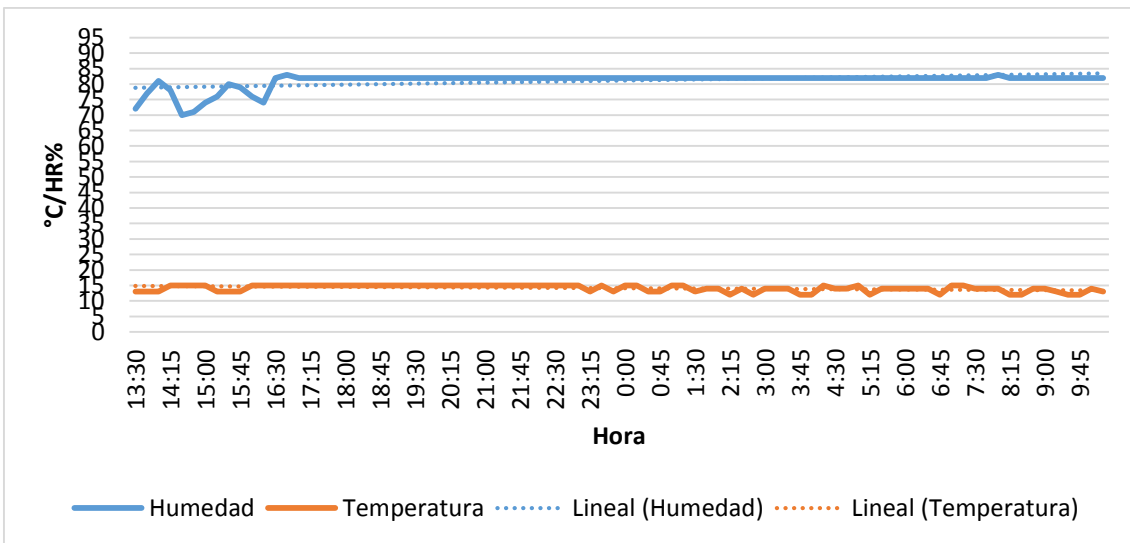
**Ilustración B 9.** Sección superior sector izquierdo pared B

Elaborado: Guillermo Pacheco

### 4.2.3 Pared lateral izquierda

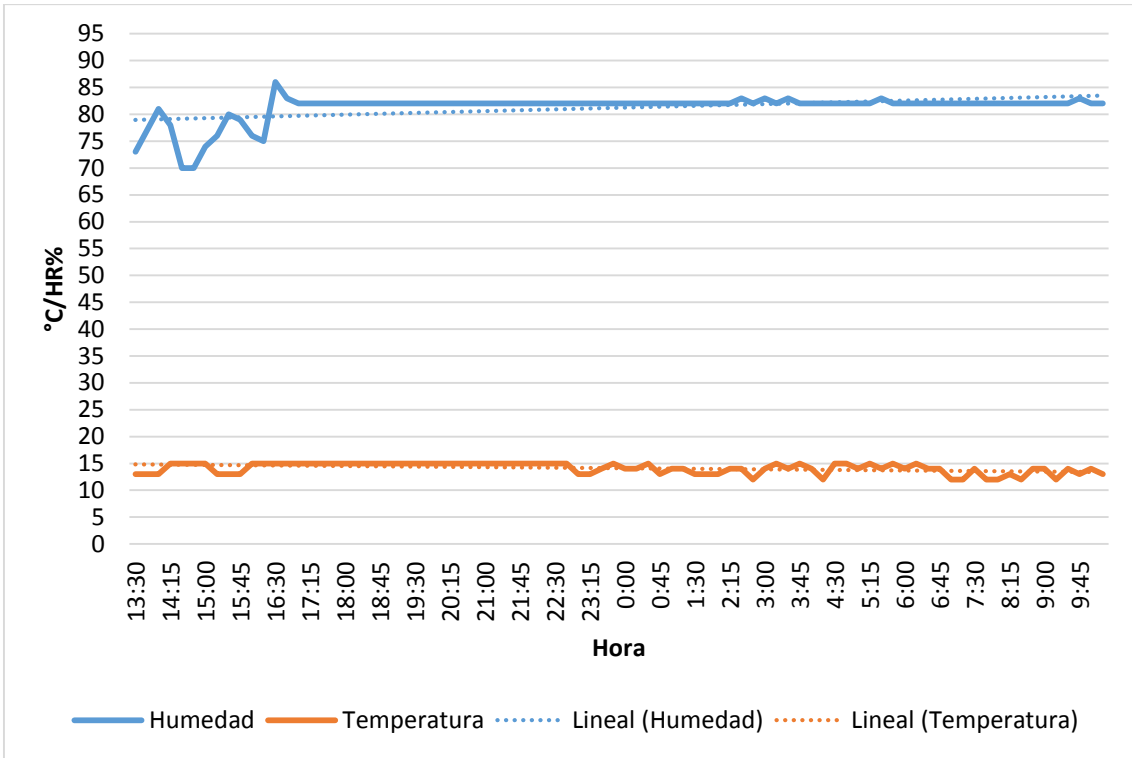
#### 4.2.3.1 Sección Inferior

Graficas de temperatura y humedad tomada de 11:30 horas hasta las 9:45 horas en la pared lateral izquierda secciones C1, C2, C3 de la cámara de maduración.



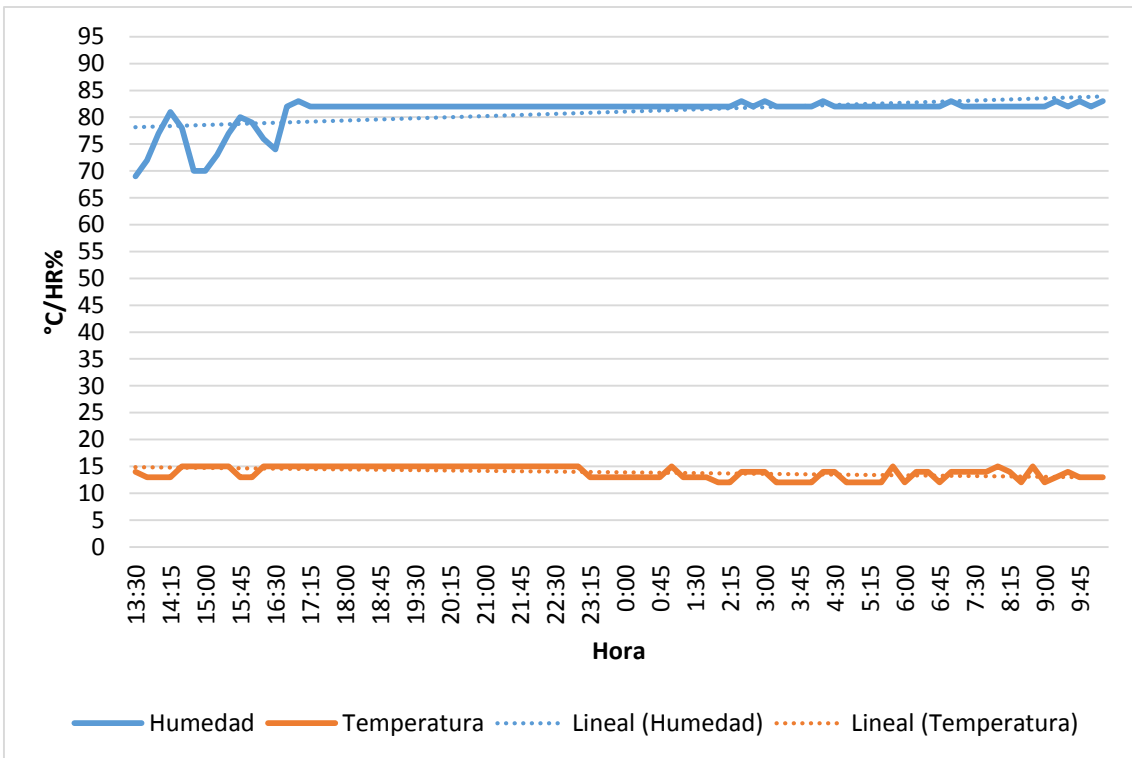
**Ilustración C 1.** Sección inferior sector derecho pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración C 2.** Sección inferior sector medio pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco

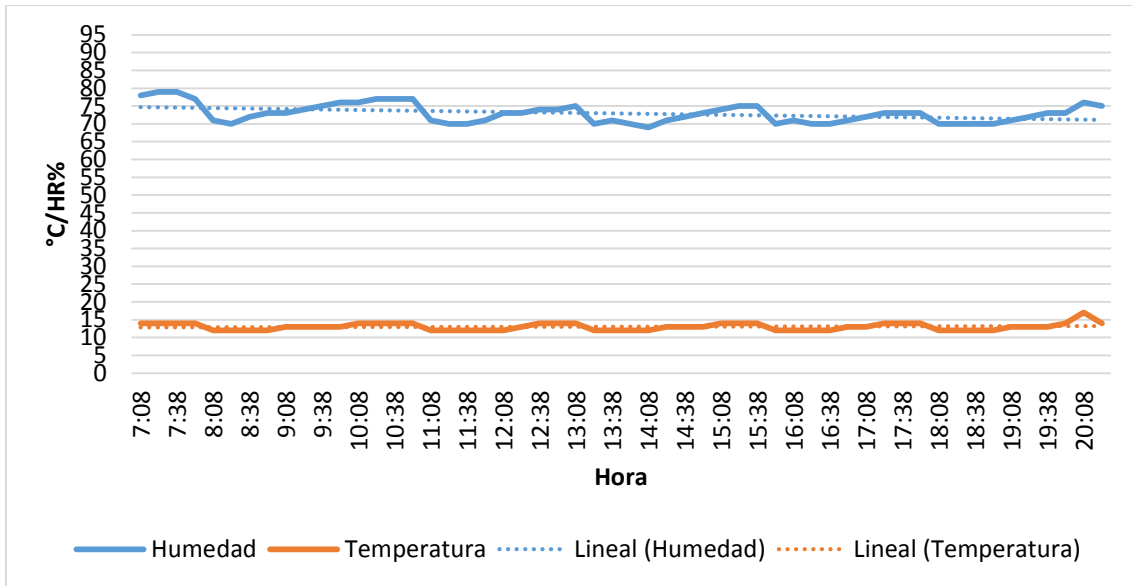


**Ilustración C 3.** Sección inferior sector izquierdo pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco

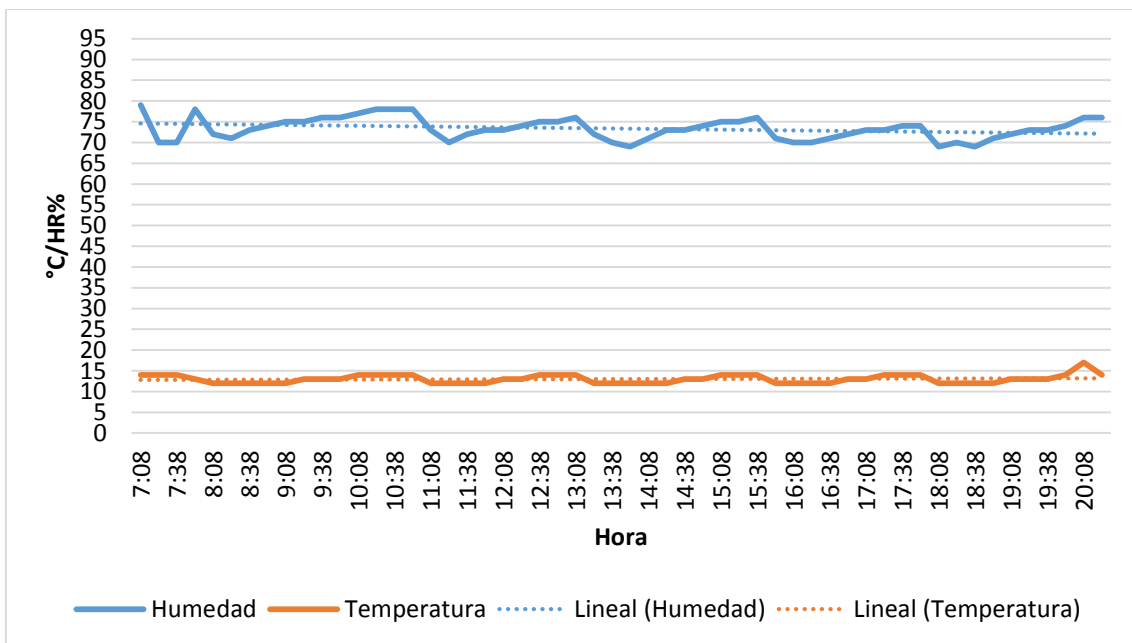
### 4.2.3.2 Sección Media

Graficas de temperatura y humedad tomada de 7:00 horas hasta las 20:00 horas en la pared lateral izquierda secciones C4, C5, C6 de la cámara de maduración.



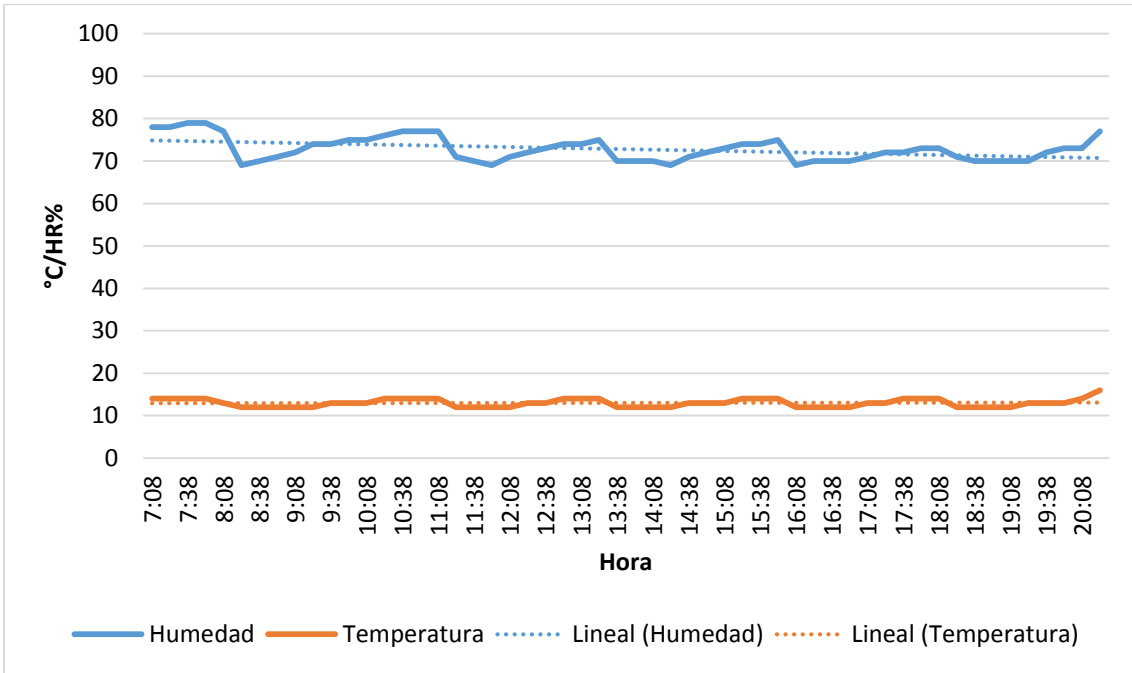
**Ilustración C 4.** Sección media sector derecho pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración C 5.** Sección media sector medio pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco

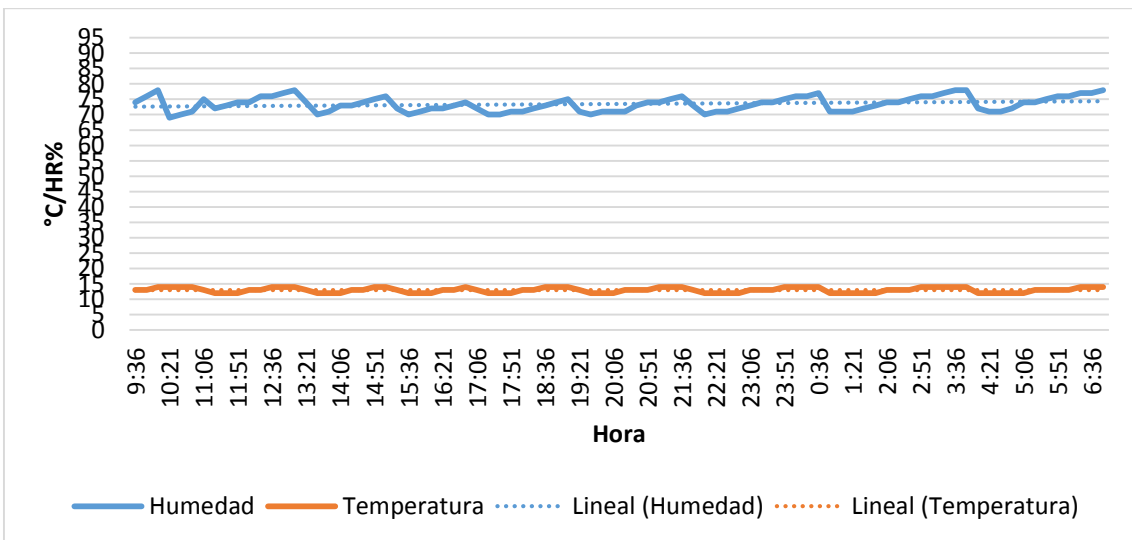


**Ilustración C 6.** Sección media sector izquierdo pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco

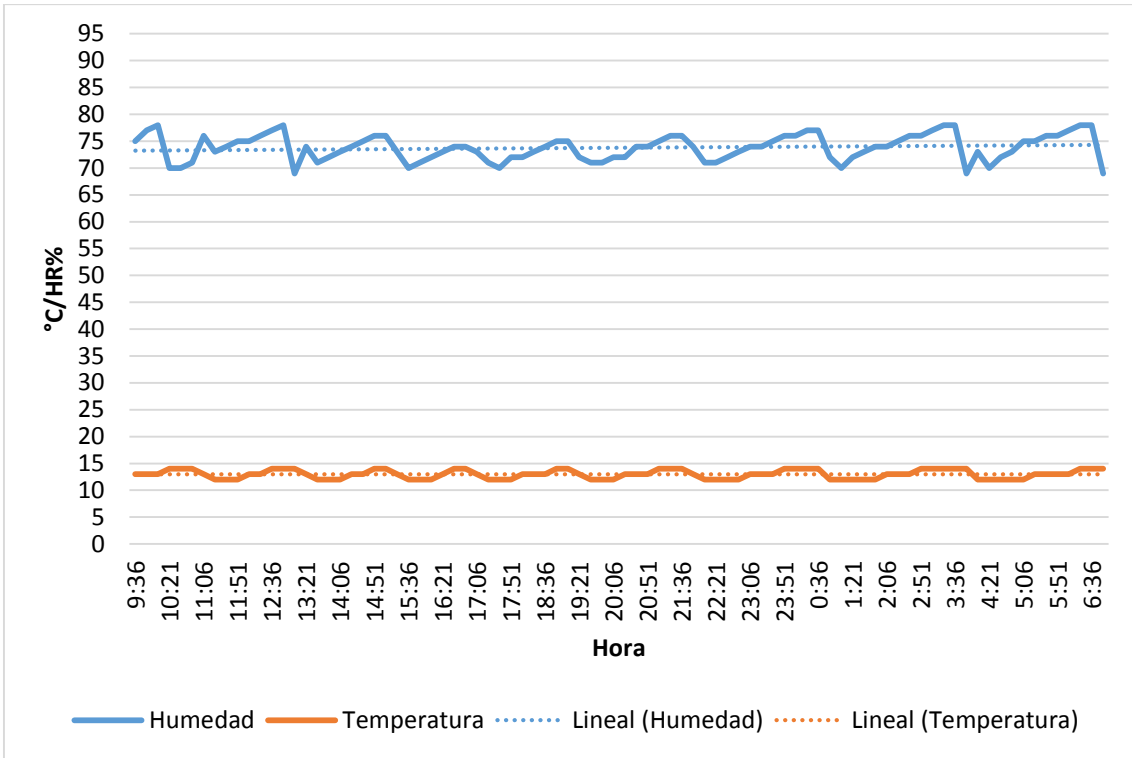
#### 4.2.3.3 Sección Superior

Graficas de temperatura y humedad tomada de 7:00 horas hasta las 20:00 horas en la pared lateral izquierda secciones C7, C8, C9 de la cámara de maduración.



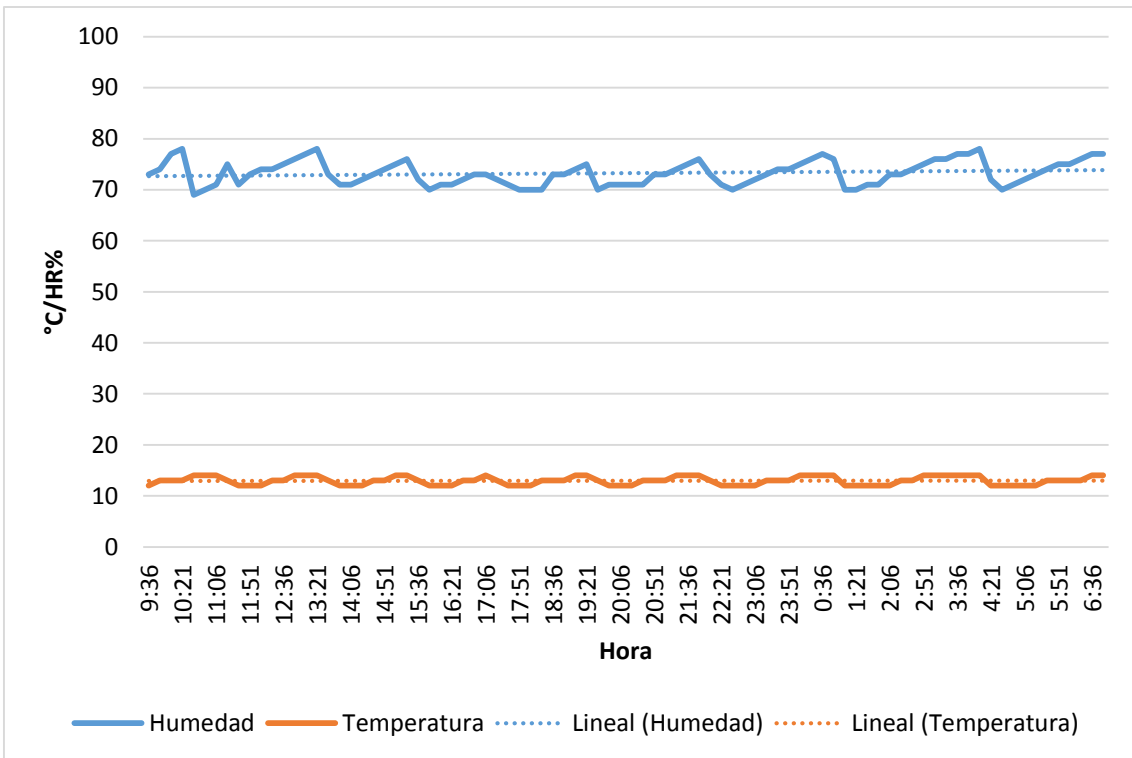
**Ilustración C 7.** Sección superior sector derecho pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración C 8.** Sección superior sector medio pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco



**Ilustración C 9.** Sección superior sector izquierdo pared C

Elaborado: Guillermo Pacheco



## 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.3.1 Promedio de humedad y temperatura por secciones

Con los datos recolectados de las diferentes sectores de la cámara de maduración se obtuvo un promedio de temperatura, humedad y la respectiva desviación estándar de las diferentes los sectores A, B, C correspondiente a las paredes de la cámara.

**Tabla 4.1 – Sector A**

	Sector A					
	Humedad (%)			Temperatura (°C)		
	1	2	3	1	2	3
Promedio	78,17	78,38	78,50	12,75	12,81	12,77
DS	5,65	5,92	5,36	0,70	0,76	0,72
	4	5	6	4	5	6
Promedio	76,02	75,93	75,95	12,67	12,69	12,67
DS	3,80	3,99	3,75	0,75	0,77	0,77
	7	8	9	7	8	9
Promedio	76,56	76,72	76,65	12,81	12,87	12,85
DS	4,14	4,27	4,09	0,78	0,83	0,79

Elaborado: Guillermo Pacheco

**Tabla 4.2 – Sector B**

	Sector B					
	Humedad (%)			Temperatura (°C)		
	1	2	3	1	2	3
Promedio	83,62	83,55	83,27	12,96	12,94	13,06
DS	3,53	3,50	3,89	1,10	1,06	1,13
	4	5	6	4	5	6
Promedio	78,21	78,37	78,20	12,89	12,90	12,96
DS	5,87	5,89	5,94	0,74	0,73	0,76
	7	8	9	7	8	9
Promedio	76,48	76,50	76,58	12,87	12,82	12,80
DS	5,30	5,42	5,18	0,94	0,92	0,94

Elaborado: Guillermo Pacheco

**Tabla 4.3 – Sector C**

	Sector C					
	Humedad (%)			Temperatura		
	1	2	3	1	2	3
Promedio	81,12	81,23	81,02	14,11	14,12	13,88
DS	2,59	2,65	3,00	1,06	1,02	1,16
	4	5	6	4	5	6
Promedio	72,93	73,33	72,80	13,04	13,00	13,00
DS	2,65	2,63	2,86	1,03	1,03	0,95
	7,00	8,00	9,00	7,00	8,00	9,00
Promedio	73,47	73,79	73,26	12,99	12,98	12,95
DS	2,38	2,43	2,37	0,82	0,81	0,81

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### 4.3.2 Promedio de humedad y temperatura por sectores

Se obtuvo un promedio general de temperatura y humedad de las secciones de la pared posterior, pared lateral derecha, pared lateral izquierda correspondiente al sector A, B, C.

**Tabla 4.4 – Promedio sector A**

	Sector A	
	Humedad (%)	Temperatura(°C)
<b>Superior</b>		
Promedio	76,64	12,85
DS	4,17	0,80
<b>Medio</b>		
Promedio	75,96	12,68
DS	3,85	0,76
<b>Inferior</b>		
Promedio	78,35	12,78
DS	5,64	0,73

Elaborado: Guillermo Pacheco

**Tabla 4.5 – Promedio sector B**

		Sector B	
		Humedad (%)	Temperatura(°C)
		Superior	
Promedio		76,52	12,83
DS		5,30	0,93
		Medio	
Promedio		78,26	12,92
DS		5,90	0,74
		Inferior	
Promedio		83,48	12,99
DS		3,64	1,10

Elaborado: Guillermo Pacheco

**Tabla 4.6 – Promedio sector C**

		Sector C	
		Humedad (%)	Temperatura(°C)
		Superior	
Promedio		73,50	12,97
DS		2,39	0,81
		Medio	
Promedio		73,02	13,01
DS		2,71	1,00
		Inferior	
Promedio		81,12	14,04
DS		2,74	1,08

Elaborado: Guillermo Pacheco

### 4.3.3 Promedio de humedad y temperatura por niveles

Con el promedio de temperatura y humedad de las paredes de la cámara se obtuvo la temperatura superior, media e inferior para identificar si cada una de las secciones cumplen con el requerimiento de humedad y temperatura para la maduración.

**Tabla 4.7** – Temperatura y humedad por niveles

Cámara de Maduración		
	Humedad (%)	Temperatura(°C)
	Superior	
Promedio	75,55	12,88
DS	3,95	0,85
	Medio	
Promedio	75,75	12,87
DS	4,15	0,84
	Inferior	
Promedio	80,98	13,27
DS	4,01	0,97

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### 4.3.4 Promedio de humedad y temperatura de cámara

La cámara tiene un promedio de temperatura de 13.01°C con una variación de  $\pm 0.88^\circ\text{C}$ , la humedad promedio es de 77,43% con una variación de  $\pm 4,04\%$  lo cual garantiza los parámetros de maduración del queso que son de 12°C a 15°C de temperatura y 70% a 90% de humedad relativa.

**Tabla 4.8** – Promedio de temperatura y humedad

CAMARA DE MADURACION		
	Promedio	DS
Temperatura(°C)	13,01	0,88
Humedad (%)	77,43	4,04

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### 4.3.5 Posicionamiento de sensor de temperatura y humedad

Una vez realizadas las pruebas de temperatura y humedad en las diferentes posiciones dentro de la cámara se obtuvo que la parte más desfavorable tanto para humedad y temperatura es el sector C correspondiente a la pared lateral izquierda donde la temperatura promedio es de 13,27°C y donde se registra la humedad relativa más baja de 73,5 por lo que los sensores fueron colocados en este sector con el fin de garantizar que la temperatura y humedad no sea inferior al interior de la cámara.

#### 4.4 ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO

Se analizó el costo de fabricación antes de la implementación de la cámara y luego de la implementación de la misma.

##### 4.4.1 Costos directos de fabricación de la cámara

Costos que intervinieron directamente en la fabricación de la cámara

**Tabla 4.9** – Costos directos de fabricación

Detalle	Costos
Aislamiento térmico	\$ 1.125
Sistema de Refrigeración	\$ 526
Sistema de Humidificación	\$ 148
Sistema de Control	\$ 253
Cable eléctrico	\$ 50
Total	\$ 2.102

Elaborado: Guillermo Pacheco

##### 4.4.2 Costos indirectos de fabricación

Costos que no intervienen directamente en la fabricación de la cámara

**Tabla 4.10** – Costos indirectos de fabricación

Detalle	Costos
Material de oficina	\$ 50
Internet	\$ 20
Transporte	\$ 200
Total	\$ 270

Elaborado: Guillermo Pacheco

### 4.4.3 Costo total

Suma de costos directos y costos indirectos de fabricación.

**Tabla 4.11** – Costo Total del proyecto

Detalle	Costos
Costos directos	\$ 2.102
costos indirectos	\$ 270
Total	\$ 2.372

Elaborado: Guillermo Pacheco

### 4.4.4 Análisis costo-beneficio

Se comparó el costo de producción con la cámara maduradora y antes de tenerla para determinar la conveniencia del proyecto.

#### 4.4.4.1 Sin cámara de maduración

La microempresa sin la cámara tenía una producción de 200 quesos maduros en un tiempo de 4 a 5 semanas con una pérdida de producto debido a la variación excesiva de parámetros de temperatura del 10%.

**Tabla 4.12** – Costo de fabricación de queso sin cámara

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Total
Leche	700 litros	\$ 0,43	\$ 301
Cuajo	70 mililitros	\$0,015	\$ 1,06
Sal	10 Kg	\$ 1,50	\$ 15
Nitrato de Calcio	300 g	\$0.003	\$ 1
Mano de Obra	1 Persona	\$ 380	\$ 380
Total			\$ 698

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### 4.4.4.2 Con cámara de maduración

La microempresa con la implementación de la cámara tiene una producción del 100% de su producto en 3 semanas, además se eliminó la persona que se debe dedicar al control de la temperatura y humedad.

**Tabla 4.13** – Costo de fabricación con cámara

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Total
Leche	700 litros	\$ 0,43	\$ 301
Cuajo	70 mililitros	\$0,015	\$ 1,06
Sal	10 Kg	\$ 1,50	\$ 15
Nitrato de Calcio	300 g	\$0.003	\$ 1
Consumo eléctrico			\$ 25
Total			\$ 343

Elaborado: Guillermo Pacheco

#### 4.4.4.3 Comparación de beneficio en base al costo

La microempresa reduce su tiempo, costo de producción, y sus pérdidas de producto.

**Tabla 4.14** – Comparación costos

	Costo unitario	Precio de venta al público	Cantidad	Total producción	Total venta al público	Ganancia	Semanas
Sin la cámara	\$ 3,49	\$ 5,20	180	\$ 698	\$ 936	\$ 238	4 a 5
Con cámara de maduración	\$ 2,09	\$ 5,20	200	\$ 418	\$ 1.040	\$ 622	3

Elaborado: Guillermo Pacheco

La microempresa tendrá una ganancia de \$622 dólares en cada producción equivalente a tres semanas de maduración y una semana de elaboración de queso limpieza y preparación del producto por lo que la inversión se la puede recuperar en 5 meses.

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Mediante la implementación de esta cámara, se optimiza el proceso de maduración de quesos, reduciendo tiempo de cuatro a dos semanas.
- El análisis de los defectos en el proceso de maduración del queso ayudó a corregir todos los parámetros de temperatura y humedad que afectan, para obtener un producto de calidad.
- Gracias al software interno del controlador la calibración de parámetros se la realizó con mayor precisión, menor tiempo y su versatilidad de aplicación ayudó a reducir costos de fabricación de la cámara.
- La inversión del proyecto es fácilmente recuperable debido a la disminución de tiempo y al aumento de producción de queso por lo que se analizó que el proyecto se pagará en aproximadamente 5 meses.
- Cuando se tiene un evaporador estático se toma en cuenta la posición del mismo de acuerdo a la radiación de calor para que exista una temperatura uniforme dentro de la cámara.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe usar equipo de protección personal como botas de caucho, overol de trabajo y guantes debidamente desinfectados durante el proceso de fabricación y maduración del queso para evitar la contaminación del producto y las posibles pérdidas por contaminación.
- El personal bajo ninguna circunstancia deberá abrir la caja de control cuando el equipo esté en funcionamiento.
- Cuando la alarma de la cámara se active quiere decir que existe una variación excesiva de temperatura o humedad por lo que se debe informar inmediatamente al personal técnico.
- Se debe hacer una desinfección luego de cada cosecha de queso con desinfectante Ecoxi 100 de grado alimenticio para que no exista la posible formación de focos de hongos dentro de la cámara que puedan afectar el proceso de maduración del queso.
- Se recomienda realizar un mantenimiento técnico de la cámara cada 6 meses para garantizar su correcto funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aalorborg. (2014). *Electroválvula dosificadora de agua*. Recuperado el 20 de julio de 2015, de <http://www.directindustry.es/prod/aalorborg-instruments/product-9050-431350.html>
- Asamblea Nacional. (4 de noviembre de 2002). Reglamento de buenas prácticas para alimentos procesados. *Decreto Ejecutivo 3253*. (R. O. 696, Ed.) Ecuador.
- Bertuccelli, D., & Garbellini, O. (07 de 04 de 2008). Tiempo de respuesta de un termómetro de mercurio.
- Copeland Corporation. (2008). *Manual de Refrigeración*. Sidney, Gran Bretaña: Pittsburgh.
- Danfoss. (2014). *Termostatos*. Recuperado el 16 de julio de 2015, de <http://www.danfoss.com/Spain/Products/Categories/Group/RA/Thermostatic-Expansion-Valves/Thermostatic-Expansion-Valves-Exchangeable-Orifice/7e55a30d-3b82-4450-8ee0-073b94f88cd7.html>
- Dufrio. (2014). *Sistemas inteligentes de refrigeración*. Recuperado el 05 de agosto de 2015, de [www.dufrio.com.br](http://www.dufrio.com.br)
- Dupont. (2014). *La nueva generación de refrigerantes para refrigeración fija*. Recuperado el 20 de julio de 2015, de [http://www2.dupont.com/Opteon\\_Stationary/es\\_ES/index.html](http://www2.dupont.com/Opteon_Stationary/es_ES/index.html)
- Full Gauge. (2010). *Full Gauge Controls*. Recuperado el 05 de octubre de 2015, de <http://www.fullgauge.com/>
- Giraldo, D., & Tabares, I. (1997). *Teoría de control*. México D. F.: Prentice Hispanoamericana.
- Insfri. (2014). *Soluciones para refrigeración industrial*. Recuperado el 01 de agosto de 2015, de [www.insfri.com](http://www.insfri.com)
- Iselec. (febrero de 2015). *Accesorios para calidad de instalaciones*. Recuperado el 16 de agosto de 2015, de [http://www.inselec.com.ec/upload/images/galeria\\_1355763729\\_1.jpg](http://www.inselec.com.ec/upload/images/galeria_1355763729_1.jpg)
- Kern, D. Q. (1999). *Procesos de Transferencia de Calor*. Mexico: Prince Continental.
- Martín, P. (12 de diciembre de 2012). *Defecto en los quesos*. Recuperado el 05 de agosto de 2015, de <http://quesodeoveja.org/otros-defectos-en-los-quesos/>
- McCabe, W. L. (1998). *Operaciones Unitarias en Energía Química*. Recuperado el 01 de julio de 2015, de [http://www.academia.edu/8348642/Operaciones\\_Unitarias\\_en\\_Ingenier%C3%ADa\\_Qu%C3%ADmica](http://www.academia.edu/8348642/Operaciones_Unitarias_en_Ingenier%C3%ADa_Qu%C3%ADmica)
- Meyer, M. (2010). *Elaboración de Productos Lácteos*. Argentina : Editorial trillas.
- Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. Mexico : PRENTICE-HALL.
- RIMA Internacional. (2002). *Ailante, reflectante, barreras radiantes y capas de control de radiación*. Olathe, EEUU: RIMA-I.

- Solant Aislantes. (enero de 2015). *Aislación térmica*. Recuperado el 12 de agosto de 2015, de [isolant.com.ar/lexico.html](http://isolant.com.ar/lexico.html)
- Suárez, J. A., & Colomo, B. (2011). *Control de Esporulados Butíricos - Defectos de hinchazón*. (E. T. Madrid, Editor) Recuperado el 10 de agosto de 2015, de <http://www.portalechero.com/innovaportal/v/3371/1/innova.front/control-de-esporulados-butiricos.html>
- Tecumseh. (24 de enero de 2013). *Unidades condensadoras*. Recuperado el 10 de agosto de 2015, de <http://www.tecumseh.com/es/South-America/Products/Condensing-Units>
- Villegas G., A. (2004). *Tecnología Quesera*. Buenos Aires, Argentina: Trillas ediciones S. A.
- William C., W., & William M., J. (2000). *Tecnología de Refrigeración y aire acondicionado*. México D. F.: Paraninfo.
- Kuroki, T. ;Sato, T. ; Nabeshima, T. ; Nishijima, K. (2010). *Comparative study of digital PI control algorithm for Dc-to-dc converters*. Obtenido de IEEE Xplore: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6147303>
- Abreu, Hugo Domínguez; Padilla, Pedro Arafet; Mumañ, Francisco Chang; Hing, Mónica Mulet. (2012). *CONTROL COMBINADO BORROSO DE TEMPERATURA DE UN HORNO DE PRECALENTAMIENTO DE PETRÓLEO*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=4d3cea9b-22d8-44ba-8d9f-a59fc15e5e90%40sessionmgr115&vid=1&hid=120>
- Acedo Sánchez, J. (2006). *Instrumentación y control básico de procesos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Anny Verly, Rodrigo Augusto Ricco, Fábio Gomes dos Santos, Humberto Mendes Mazzini. (9 de 2010). *Controle aplicado em tempo real a uma planta de temperatura*. Obtenido de IEEE Xplore: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5739878>
- Barbado Santana, José Antonio; Sierra, Jesús Martín; Bravo, Jesús Aparicio. (2013). *Automatismos industriales*.
- Bravo-Montenegro, D.; López-Ortega, M. (2009). *Diseño e Implementación de un Sistema de Refrigeración para Equipos de Laboratorio*. Obtenido de EBSCO: Bravo-Montenegro, D.; López-Ortega, M.
- Cid Monjaraz, Jaime; Vargas Soto, Emilio; Reyes Cortés, Fernando. (2013). *Mecatrónica : control y automatización*. Alfaomega.

- CIFUENTES, GERARDO CABRERA; MUÑOZ MUÑOZ, DEYANIRA. (2008). *ASPECTOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN PARA LA AGROINDUSTRIA*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=80161b41-29c4-4e01-8926-451879e294bd%40sessionmgr113&vid=1&hid=120>
- GEL VÉZARROCHA, OMAR ARMANDO; QUIROGA MÉNDEZ, JABID E.; BARAJAS MERCHÁN, DANIEL EDUARDO; GÓMEZ SARMIENTO, MARTHA LILIANA. (2012). *Estudio Experimental de las Estrategias de Control On-Off y Control Continuo en un Sistema de Refrigeración*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=75c90b1d-2ce9-4d3f-ab23-13f9d687c019%40sessionmgr110&vid=1&hid=120>
- Gómez-Daza, Juan C.; Ochoa-Martínez, Claudia I. (2011). *Dinámica de fluidos computacional en operaciones de secado y refrigeración aplicados a la industria de alimentos*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=51f3b541-1687-4e6a-bb10-c21186f9c86e%40sessionmgr198&vid=1&hid=120>
- Juan D. Rodríguez; Néstor F. Sanabria; Alfredo Chacón G. (2012). *CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES SHIITAKE*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=0ae16962-c8c4-4bad-8c47-831ddc7034fe%40sessionmgr198&vid=1&hid=120>
- MUÑOZ DEYANIRA MUÑOZ, ROSERO MUÑOZ JORGE LUIS, CIFUENTES, GERARDO CABRERA. (2010). *RANGOS DE CONTROL DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=549100d3-a3a8-4d0c-b3ae-0bb98199a8c8%40sessionmgr110&vid=2&hid=120>
- Pallás Areny, R. (2001). *Sensores y acondicionadores de señal*.
- Pérez, Jesús B.; Cabanillas, Rafael E.; Hinojosa, Jesús F.; Borbón, Ana C. (2011). *Estudio Numérico de la Resistencia Térmica en Muros de Bloques de Concreto Hueco con Aislamiento Térmico*. Obtenido de EBSCO: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=6548c489-21f3-4350-bddb-3fade336cb47%40sessionmgr198&vid=1&hid=120>
- Scott, E. P., & Potter, M. C. (2006). *Termodinámica*. Thomson.
- Tovar, E.; Quiñones, C. (2008). *Un Instrumento Virtual Sencillo de Adquisición de Datos y Control de Temperatura para la Determinación*

*Experimental de Calores de Vaporización.* Obtenido de EBSCO:  
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=63dcc7b6-f176-4423-bc09-b2c2295789a9%40sessionmgr198&vid=1&hid=120>

Verly, A. ;Ricco, RA ; Gomes dos Santos, F. ; Mazzini, HM. (2010). *Controle Aplicado em tempo real de una uma planta de Temperatura: Resultados Experimentais.* Obtenido de IEEE Xplore:  
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5739878>

Whitman, Bill; Johnson, Bill; Tomczyk, John. (2010). *Tecnología de refrigeración y aire acondicionado.* Cengage Learning.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Enzimas:** proteína que cataliza específicamente cada una de las reacciones bioquímicas del metabolismo.

**Intracelulares:** Que está situado u ocurre dentro de la célula.

**Proteasa:** Enzima que fragmenta las proteínas.

**Lipasa:** Enzima que fragmenta los lípidos en sus componentes.

**Endopeptida:** Familia de enzimas proteolíticas o peptidasas que desdoblan los enlaces péptidicos situados en el centro de una molécula proteica.

**Renina:** una enzima digestiva.

**Lactosa:** Azúcar que contiene la leche, formado por glucosa y galactosa.

**Acetoina:** La Acetoina es un compuesto orgánico producido de forma natural por las levaduras del género *saccharomyces* durante la fermentación alcohólica.

**Diacetilo:** El diacetilo se trata de un producto químico natural procedente de la fermentación.

**Aminoácido:** Sustancia química orgánica en cuya composición molecular entran un grupo amino y otro carboxilo.

**Enzimas proteolíticas:** Enzimas que dividen a las proteínas.

**Enzima lipolíticas:** son biocatalizadores que llevan a cabo reacciones de síntesis, hidrolisis o intercambios de grupos en sustancias oleosas.

**Flora:** Conjunto de microorganismos adaptados a un medio determinado.

**Aerobia:** Dicho de un ser vivo que necesita oxígeno para subsistir

**Pasteurización:** Elevar la temperatura de un alimento líquido hasta un nivel inferior al de su punto de ebullición durante un corto tiempo, y enfriarlo después rápidamente, para destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido.

# **ANEXOS**

## **Anexo 1 Manual de mantenimiento**

### **Introducción**

La cámara de maduración es de tipo conservación, tiene un sistema de refrigeración sin aire forzado por lo que la temperatura se la mantiene por medio de radiación, tiene un ambiente controlado tanto de temperatura como de humedad, la cámara cumple con los requerimientos de temperatura, humedad, higiene, forma y materiales para asegurar la calidad del producto.

### **Mantenimiento preventivo**

- Se debe verificar que el sistema de medición y control de temperatura y humedad estén funcionando
- Verifica que el sistema de alarma visual y sonora de temperatura y humedad esté funcionando en sus límites superiores e inferiores de 5°C, 23°C y 60%HR, 100%HR respectivamente.
- Comprobar la carga de refrigerante cuya presión de trabajo en debe ser 12PSI en baja y 110PSI en alta.
- Comprobar amperaje de funcionamiento de la unidad condensadora así como de los demás componentes eléctricos de la cámara.
- Se debe realizar la limpieza de polvo del evaporador para evitar obstrucciones de la circulación de aire.
- Revisar periódicamente la cerradura de la puerta su hermeticidad y el estado de bisagras.
- Se debe realizar una revisión semestral de las juntas de los paneles aislados tanto en el piso, techo y paredes.



# Anexo 2 Manual MT-530



## 1. DESCRIPCIÓN

El MT-530 Super tiene tres salidas: una para control de la temperatura, una para control de la humedad y una tercera salida auxiliar que actúa como una segunda etapa de control de la temperatura o la humedad. Este controlador es adecuado para la humedad relativa baja y media (10 a 85% sin condensación), también cuenta con una alarma audible (buzzer), actuando como una alarma o temporizador (timer cíclico). Sus sensores de la temperatura y de la humedad se ensamblan en un único tubo, que disminuye el espacio en el cableado de la instalación.

El instrumento tiene una comunicación serial para la conexión con el SITRAD® vía Internet. Producto de conformidad con UL Inc. (Estados Unidos y Canadá).

## 2. APLICACIÓN

- Deshumidificadores
  - Bodegas
  - Secado de granos
  - Humidificadores
  - Climatizados
  - Climatizados e ambientes de TI (Data Centers)
- \*Para un alto porcentaje de humedad en la presencia de la condensación de agua, usar el modelo de RI AHC-80

## 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Alimentación directa: MT-530 Super - 115 ó 230 VCA ± 10% / 50/60 Hz
- MT-530L Super - 126/24 Vac/dc
- Temperatura de control: -10 hasta 70.0°C ± 1.5°C (con resolución de 0.1°C)
- 14 hasta 158 °F ± 3°F (con resolución de 1°F)
- Humedad de control: 10 hasta 85%HR ± 5%HR (con resolución de 0.1%HR)
- Comente máxima por salida: 8(3)A/250Vac 14HP
- Temperatura de operación: 0 hasta 50°C
- 32 hasta 122°F
- Humedad de operación: 10 hasta 85%HR (no condensante)
- Dimensiones: 71 x 28 x 71 mm

## 4.3 - Tabla de parámetros

Fun	Descripción	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Min	Máx	Unid	Estándar	Min	Máx	Unid	Estándar
F01	Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)	-99	999	-	-	-99	999	-	-
F02	Modo de operación de termostato (salida THERM)	0 - refrig.	1 - calefac.	-	-	0 - refrig.	1 - calefac.	-	-
F03	Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato)	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F04	Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato)	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F05	Diferencial de control (histéresis) del termostato	0.1	20.0	°C	1.5	1	36	°F	3
F06	Retardo mínimo para activar la salida THERM	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F07	Modo de operación de la salida HUMID (humidistato)	0 - deshum.	1 - humid.	-	-	0 - deshum.	1 - humid.	-	-
F08	Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidistato)	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F09	Máximo setpoint permitido al usuario final (humidistato)	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F10	Diferencial de control (histéresis) del humidistato	0.1	20.0	%HR	5	0.1	20.0	%HR	5
F11	Retardo mínimo para activar la salida HUMID	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F12	Tiempo de humidificación activada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F13	Tiempo de humidificación desactivada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F14	Modo de operación de la salida AUX (auxiliar)	0	10	-	5	0	10	-	5
F15	Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	0	0	100	-	0
F16	Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	100	0	100	-	100
F17	Diferencial de control (histéresis) de la salida AUX	0.1	20.0	-	5	0.1	20.0	-	5
F18	Retardo mínimo para activar la salida AUX	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F19	Base de tiempo del timer de la salida AUX	0	999	-	0	0	999	-	0
F20	Tiempo de salida AUX activada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F21	Tiempo de salida AUX desactivada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F22	Alarma de temperatura ambiente baja	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F23	Alarma de temperatura ambiente alta	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F24	Alarma de humedad ambiente baja	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F25	Alarma de humedad ambiente alta	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F26	Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma)	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F27	Modo de operación del Buzzer	0	1	-	1	0	1	-	1
F28	Punto de actuación del Buzzer por baja temperatura	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F29	Punto de actuación del Buzzer por alta temperatura	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F30	Punto de actuación del Buzzer por baja humedad	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F31	Punto de actuación del Buzzer por alta humedad	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F32	Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F33	Tiempo máximo de la salida HUMID accionada para disparar la alarma	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F34	Tiempo máximo de la salida AUX accionada para disparar o alarme	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F35	Tiempo de Buzzer ligado	0	999	seg.	1	0	999	seg.	1
F36	Tiempo de Buzzer desligado	0	999	seg.	1	0	999	seg.	1
F37	Tiempo de inhibición de Buzzer ao ligar o controlador	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F38	Condición de las salidas en caso de alarma	0	1	-	0	0	1	-	0
F39	Modo de visualización	0	2	-	0	0	2	-	0
F40	Comentario de indicación de la temperatura (offset)	-5.0	5.0	°C	0	-9	9	°F	0
F41	Comentario de indicación de la humedad (offset)	-20.0	20.0	%HR	0	-20.0	20.0	%HR	0
F42	Dirección del instrumento en la red RS-485	1	247	-	1	1	247	-	1

## 4. CONFIGURACIONES

### 4.1 - Ajuste de la temperatura y humedad de control (SET POINT)

- Presione **ENT** por 2 segundos hasta que aparezca **SEt**, soltando enseguida. Aparecerá **123** y la temperatura ajustada.
- Utilice las teclas **↑** y **↓** para cambiar el valor y, cuando esté listo, presione **ENT**.
- Aparecerá ahora **15.0** y la humedad ajustada.
- Utilice las teclas **↑** y **↓** para alterar el valor y, cuando esté listo, presione **ENT**.
- Entonces, si la salida AUX está configurada para control (F14 = 0, 1, 2 o 3) puede aparecer **123** o **h2**.
- Caso aparezca algunas de estas indicaciones, configure el valor de la salida AUX con las teclas **↑** y **↓** y presione **ENT** para confirmar.

### 4.2 - Alteración de los parámetros

- Accede a la función F01 presionando simultáneamente las teclas **↑** y **↓** por 2 segundos hasta que aparezca **F01**, soltando enseguida. Luego aparecerá **F01** y entonces presione **ENT** (toque corto).
- Utilice las teclas **↑** y **↓** para ingresar el código de acceso (123) y, cuando esté listo, presione **ENT** para entrar.
- Utilice las teclas **↑** y **↓** para acceder la función deseada.
- Después de seleccionar la función, presione **ENT** (toque corto) para visualizar el valor configurado para aquella función.
- Utilice las teclas **↑** y **↓** para alterar el valor y, cuando esté listo, presione **ENT** para grabar el valor configurado y volver al menú de funciones.
- Para salir del menú de funciones y volver a la operación normal, presione **ENT** hasta que aparezca **---**.

Ejemplo: Humidificación  
 Control = 80% HR. Tiempo de humedad prendida = 20 seg  
 Histerésis = 5% HR. Tiempo de humedad apagada = 10 seg  
 Cuando la humedad cae a 75% HR (80 - 5), la salida del humidistato pasa a ciclar: 20 seg prendida - 10 seg apagada

#### 4.4 - Descripción de los parámetros

**F01 - Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)**  
 Es necesario cuando se desea alterar los parámetros de configuración. Para solamente visualizar los parámetros ajustados no es necesario ingresar este código.

**F02 - Modo de operación del termostato (salida THERM)**  
 Refrigeración  
 Calefacción

**F03 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato)**

**F04 - Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato)**  
 Bloqueo electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en temperaturas extremadamente altas o bajas de setpoint.

**F05 - Diferencial de control (histerésis) del termostato**  
 Es la diferencia de temperatura (histerésis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida THERM.

**F06 - Retardo mínimo para activar la salida THERM**  
 Es el tiempo mínimo en que la salida THERM permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.

**F07 - Modo de operación de la salida HUMID (humidistato)**  
 Deshumidificación  
 Humidificación

**F08 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidistato)**

**F09 - Máximo setpoint permitido al usuario final (humidistato)**  
 Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en humedades extremadamente altas o bajas de setpoint.

**F10 - Diferencial de control (histerésis) del humidistato**  
 Es la diferencia de humedad (histerésis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida HUMID.

**F11 - Retardo mínimo para activar la salida HUMID**  
 Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.

**F12 - Tiempo de humidificación activada**  
 Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá activada.

**F13 - Tiempo de humidificación desactivada**  
 Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá desactivada.  
 OBS.: Las funciones F12 y F13 controlan una temporización cíclica (en segundos) para la salida del humidistato. Esa temporización permite que el agua vaporizada tenga tiempo de convertirse en humedad relativa del aire. Para deshabilitar esa temporización, ajuste en "00.0" el valor de las mismas.

**F14 - Modo de operación de la salida AUX (auxiliar)**  
 Refrigeración  
 Calefacción  
 Deshumidificación  
 Humidificación  
 Alarma intra-rango  
 Alarma extra-rango  
 Timer cíclico independiente;  
 Timer cíclico actuando solamente cuando la temperatura alcanza el setpoint (salida THERM desacionada);  
 Timer cíclico actuando solamente cuando la humedad alcanza el setpoint (salida HUMID desacionada)  
 Timer cíclico actuando cuando la temperatura o la humedad alcanza su setpoint;  
 Timer cíclico actuando solamente cuando la temperatura y la humedad atinguen sus setpoints.

**F15 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)**

**F16 - Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)**  
 Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule valores extremadamente altos o bajos del setpoint. Los límites dependen del modo de la operación de la salida AUX ajustada en F14.

**F17 - Diferencial de control (histerésis) de la salida AUX**  
 Es la diferencia de humedad (histerésis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida auxiliar. Esta función depende del modo de la operación de la salida AUX ajustado en F14.

**F18 - Retardo mínimo para activar la salida AUX**  
 Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.  
 Esta vez es válida solamente cuando la salida AUX se configura en el modo del control (F14 configurado en 0, 1, 2 ó 3).

**F19 - Base de tiempo del timer de la salida AUX**  
 Permite configurar la escala del tiempo prendido o apagado del timer cíclico de la salida AUX.

Valor	Tiempo prendido (F20)	Tiempo apagado (F21)
0	Segundos	Segundos
1	Minutos	Minutos
2	Segundos	Minutos
3	Minutos	Segundos

**F20 - Tiempo de la salida AUX activada**  
 Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida AUX permanecerá activada cuando configurada como alarma o timer cíclico. Consulte la función F14.

**F21 - Tiempo de salida AUX desactivada**  
 Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida AUX permanecerá desactivada cuando configurada como alarma o timer cíclico. Consulte la función F14.

**F22 - Alarma de temperatura ambiente baja**  
 Temperatura para la activación del alarmar de la temperatura baja.

**F23 - Alarma de temperatura ambiente alta**  
 Temperatura para la activación del alarmar de la temperatura alta.

**F24 - Alarma de humedad ambiente baja**  
 Humedad para la activación del alarmar de la humedad baja.

**F25 - Alarma de humedad ambiente alta**  
 Humedad para la activación del alarmar de la humedad alta.

**F26 - Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma)**  
 Es el tiempo mínimo en que la salida AUX permanecerá desconectada después del inicio del controlador. Esta vez es válida solamente cuando la salida AUX se configura en el modo del alarma (F14 configurado en 4 ó 5).

**F27 - Modo de operación del Buzzer**  
 Alarma intra-rango  
 Alarma extra-rango

**F28 - Punto de actuación del Buzzer por baja temperatura**  
 Es el valor inferior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

**F29 - Punto de actuación del Buzzer por alta temperatura**  
 Es el valor superior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

**F30 - Punto de actuación del Buzzer por baja humedad**  
 Es el valor inferior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

**F31 - Punto de actuación del Buzzer por alta humedad**  
 Es el valor superior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

**F32 - Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma**  
 Permite configurar el tiempo máximo que la salida THERM podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje **FFF** sea exhibido en el display.

**F33 - Tiempo máximo de la salida HUMID accionada para disparar la alarma**  
 Permite configurar el tiempo máximo que la salida HUMID podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje **FFF** sea exhibido en el display.

**F34 - Tiempo máximo de la salida AUX accionada para disparar la alarma**  
 Permite configurar el tiempo máximo que la salida AUX podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje **FFF** sea exhibido en el display.

**F35 - Tiempo del Buzzer activado**  
 Es el tiempo que el Buzzer permanecerá conectado (ciclo activo). Para inhabilitar la alarma sonora (Buzzer) ajuste el valor "0" para esta función.

**36 - Tiempo del Buzzer desactivado**  
 Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desconectado (ciclo inactivo). Para que la alarma sonora (Buzzer) sea continua ajuste el valor "0" para esta función.

**F37 - Tiempo de inhibición del Buzzer en la energización**  
 Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desactivado mismo que en condiciones de alarma. Este tiempo sirve para inhibir el Buzzer durante el tiempo que el sistema aún no.

**F38 - Condición de las salidas en caso de alarma**  
 No altera la condición de las salidas en caso de alarma;  
 Desactiva las salidas THERM, HUMID y AUX.  
 Obs.: La salida AUX no será desactivada si la misma estuvo configurada para salida de alarma intra-rango o para salida de alarma extra-rango. En caso de error en los sensores las salidas serán desactivadas independientemente del valor configurado en esta función.

**F39 - Modo de visualización**  
 Indicación alternada de temperatura y humedad  
 Indicación solamente de temperatura  
 Indicación solamente de humedad

**F40 - Compensación de indicación de la temperatura (offset)**  
 Permite compensar eventuales errores en la lectura de la temperatura, provenientes del cambio del sensor o de alteración en el largo del cable.

**F41 - Compensación de indicación de la humedad (offset)**  
 Permite compensar eventuales errores en la lectura de la humedad, provenientes del cambio del sensor o de alteración en el largo del cable.

**F42 - Dirección del instrumento en la red RS-485**  
 Dirección del instrumento en la red para comunicación con el software SITRAD®.  
 Obs.: En una misma red no puede haber más de un instrumento con la misma dirección.

## 5. FUNCIONES CON ACCESO FACILITADO

**5.1 - Registros de mínima y máxima temperaturas y humedades**  
 Presione **▲**. Aparecerá **0.0** seguido de las mínima y máxima temperaturas registradas. Después aparecerá **0.0** seguido de las mínimas y máximas humedades registradas.  
 Nota: Para reiniciar los registros, mantener presionada la tecla **▲** durante la visualización de las temperaturas mínima y máxima hasta que aparezca **ESB**.

**5.2 - Visualizar humedad o temperatura**  
 Caso la función F39 no esté en el modo de visualización alternado (0) es posible visualizar el valor de humedad o temperatura presionando la tecla **▼**.

**5.3. Inhibición del buzzer**  
 Caso esté accionado, presione **▼** y **▲** simultáneamente para inhibir el buzzer.

## 6. SEÑALIZACIONES

Led THERM encendido - Salida del termostato prendida

Led HUMID encendido - Salida del humidistato prendida

Led AUX encendido - Salida auxiliar prendida

Led BUZZ encendido - Buzzer activado

**E** - Sensor de la temperatura irregular

**H** - Sensor de la humedad irregular

**P** - Parámetros de configuración inválidos;

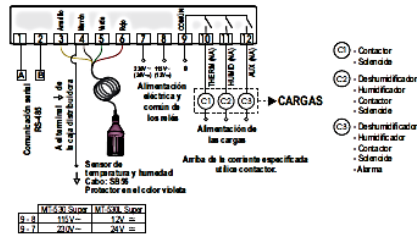
- En esa situación las salidas son apagadas automáticamente;

- Verifique cual de los parámetros posee datos inválidos y confíjalo para retomar a la operación normal.

## 7. SELECCION DE LA UNIDAD (C° / F°)

Para definir la unidad con que el instrumento operará, acceda a función "F01" con el código de acceso "231" y confirme en la tecla **OK**. Presione la tecla **▲** y aparecerá la indicación **(U)**. Presione **OK** para elegir entre **(C)** y **(F)** confirme. Después de seleccionar la unidad aparecerá **(F)** y el instrumento volverá a la función "F01". Cada vez que la unidad sea alterada, los parámetros deben ser reconfigurados, ya que ellos asumen los valores "estándar".

## 8. ESQUEMA DE CONEXIÓN



## IMPORTANTE

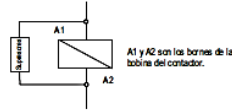
Según capítulos de la norma IEC60364:

1: Instale **aplicadores contra sobretensiones** en la alimentación.

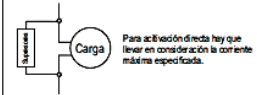
2: Cables de sensores y de señales de computadora pueden estar juntos, sin embargo no en lo mismo conductor por donde pasan alimentación eléctrica y activación de cargas.

3: Instale supresores de transientes (filtro RC) en paralelo a las cargas, de manera a ampliar la vida útil de los relés.

Esquema de conexión de supresores en contactores



Esquema de conexión de supresores en cargas activación directa



Full Gauge Controls posee supresores para venta

Nota: El largo del cable del sensor puede ser ampliado por el propio usuario en hasta 200 metros utilizando el cable 5x22AWG (-40+105°C).



## INFORMACIONES AMBIENTALES

Embalaje:

Los materiales utilizados en los embalajes de los productos Full Gauge son 100% reciclables. Busque siempre agentes de reciclaje especializados para hacer el descarte.

Producto:

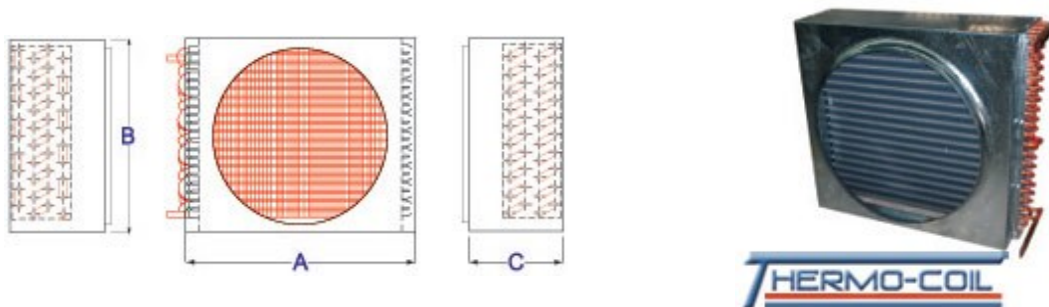
Los componentes utilizados en los instrumentos Full Gauge pueden ser reciclados y aprovechados nuevamente si fueren desmontados por empresas especializadas.

Descarte:

No quemar ni tirar en residuo doméstico los controladores que lleguen al fin de su vida útil. Observe la legislación, existente en su país, que trate de los destinos para los descartes. En caso de dudas comuníquese con Full Gauge.

## Anexo 3 Catalogo THERMOCOIL evaporadores estáticos

### 5.2.1 Condensadores



#### Características Generales

Ítem	Modelo	Referencia Comercial	Medidas (mm)			Caudal (CFM)	Ventilador N°XDIA (Pulg)	Rendimiento BTUH
			Largo	Alto	Ancho			
1	CT-00027	1/5 HP 2x9	266.6	239	85	300	1x8	2770
2	CT-00032	1/4 HP 2x10,5	298.6	276	107	300	1x8	3220
3	CT-00035	1/4 HP 2x12	336.6	276	107	300	1x8	3470
4	CT-00048	1/3 HP 3x10,5	298.6	276	107	450	1x10	4780
5	CT-00051	1/3 HP 3x12	336.6	276	107	450	1x10	5140
6	CT-00061	1/2 HP 4x10,5	304.6	283	131	450	1x10	6100
7	CT-00064	1/2 HP 4x10	342.6	283	131	450	1x10	6440
8	CT-00092	3/4 HP	343	319	140	700	1x12	9220
9	CT-00139	1 HP	438	365	140	700	1x12	13900
10	CT-00141	1 HP D	600	276	140	900	2x10	14100
11	CT-00190	1,5 HP	580	519	140	1400	1x16	19000
12	CT-00201	1,5 HP D	800	319	140	1400	2x12	20100
13	CT-00273	2 HP	580	519	180	1500	1x16	27300
14	CT-00241	2 HP D	800	430	140	1400	2x12	26500
15	CT-00360	3 HP	800	570	140	2500	1x18	35960
16	CT-00440	3,5 HP	695	722	180	4050	1x22	44000
17	CT--00540	4 HP D	954	430	180	3800	2x16	54200
18	CT-00580	5 HP	780	772	180	4500	1x22	58000
19	CT-00630	5 HP D	1170	570	180	4400	2x18	65400

20	CT-00710	6 HP D	1170	570	180	4000	2x18	72450
21	CT-00800	6 HP	850	820	223	4800	1x24	80000
22	CT-01100	7,5 HP	1580	720	180	8000	2x22	95300
23	CT-01320	10 HP	1580	720	180	8000	2x22	132000
24	CT-01430	12 HP	1580	822	180	8000	2x22	142000
25	CT-01800	15 HP	1820	923	223	10200	2x24	170000
26	CT-01960	20 HP	2080	923	223	10600	2x24	196200
27	CT-02240	25 HP	2080	923	223	9500	2x24	224270
28	CT-02960	30 HP	2110	1190	223	13000	2x26	296000



• El rendimiento indicado se calculo como referencia temperatura ambiente 95°F, diferencial de temperatura (DT) de 25°F y altura sobre el nivel del mar menor a 2000 pies. Para otras condiciones de funcionamiento debe aplicar los factores indicados en la guía para selección de condensadores.

## 5.2.2 Evaporadores Para Baja Temperatura

- Para aplicaciones donde la descongelación se hace por resistencia Eléctrica.
- El espacio entre aleta es de 6 milímetros.
- Recomendado para aplicaciones donde se requiere temperatura menor a 32° F.

### Modelo Para Baja Temperatura Descongelación Eléctrica

Ítem	Modelo	Medidas (mm)			Ventilador No. x Dia (pulg).	Caudal (CFM)	Rendimiento DT=10°F	
		Largo	Alto	Ancho			Te=20 °F	Te=-20 °F
1	EB-SRD-1B	343	102	132	1x8	250	1500	1300
2	EB-SRD-2B	540	102	132	2x8	500	2700	2450
3	EB-SRD-3B	870	102	132	3x8	750	4230	3650
4	EBS-040-E	508	330	88	1x12	800	4860	4016

5	EBS-050-E	813	330	88	2x12	1600	6050	5000
6	EBS-071-E	813	330	88	2x12	1800	8570	7082
7	EBS-100-E	1143	330	88	3x12	2400	12000	9920
8	EBS-120-E	1524	330	88	3x12	2800	14560	12040
9	EBS-150-E	1778	330	88	4x12	3600	17990	14870
10	EBS-180-E	2032	330	88	5x12	4200	21000	17400
11	EBS-220-E	2540	330	88	6x12	5400	26000	21500
12	EAS-140-E	864	660	88	1x20	3600	16600	13720
13	EAS-180-E	1020	660	88	1x22	5200	27790	18830
14	EAS-240-E	1270	660	88	2x20	7200	29532	24410
15	EAS-270-E	1524	660	88	2x20	7230	33200	27430
16	EAS-300-E	1778	660	88	2x20	7300	36500	30160
17	EAS-360-E	2032	660	88	2x22	10400	45580	37670
18	EAS-400-E	2286	660	88	2x22	10450	49200	40660
19	EAS-450-E	2540	660	88	3x20	10900	53710	44390
20	EAS-560-E	3048	660	88	3x22	15600	68450	56570

### 5.2.3 Evaporadores Para Media Temperatura



- Para aplicaciones donde la descongelación se hace por aire.
- El espacio entre aleta es de 4 milímetros.
- Recomendado para aplicaciones donde se requiere temperatura mayor a 32° F.

Modelo Para Media Temperatura Descongelamiento Por Aire								
Ítem	Modelo	Medidas (mm)			Ventilador No. x Dia (pulg).	Caudal (CFM)	Rendimiento DT=10°F	
		Largo	Alto	Ancho			Te=20 °F	Te=-20 °F
1	EM-SRD-1	343	102	132	1x8"	235	1850	1600
2	EM-SRD-2	540	102	132	2x8"	470	3200	2900
3	EM-SRD-3	870	102	132	3x8"	705	5500	4200
4	EBS-050-A	508	330	88	1x12"	800	5930	4900
5	EBS-060-A	813	330	88	2x12"	1600	7380	6100
6	EBS-086-A	813	330	88	2x12"	1700	10460	8640
7	EBS-120-A	1143	330	88	3x12"	2500	14640	12530
8	EBS-150-A	1524	330	88	3x12"	2600	17760	14680
9	EBS-180-A	1778	330	88	4x12"	3400	21950	18140
10	EBS-210-A	2032	330	88	5x12"	4120	25670	21210
11	EBS-260-A	2540	330	88	6x12"	5000	31700	26200
12	EAS-160-A	864	660	88	1x20"	3600	20400	16870
13	EAS-230-A	1020	660	88	1x22"	5200	28030	23160
14	EAS-300-A	1270	660	88	2x20"	7150	36320	30000
15	EAS-340-A	1524	660	88	2x20"	7200	40830	33740
16	EBS-370-A	1778	660	88	2x20"	7220	44890	37100
17	EAS-460-A	2032	660	88	2x22"	10380	56060	46330
18	EAS-500-A	2286	660	88	2x22"	10400	60510	50000
19	EBS-550-A	2540	660	88	3x20"	10800	66070	54600
20	EBS-550-A	3048	660	88	3x22"	15300	84192	69580

**Anexo 3 Tabla de Aplicaciones de Compresores y unidades  
condensadoras Tecumeh**









**Anexo 5 Catalogo Refrigerante R134a**