



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL INTELIGENTE
BASADO EN REDES NEURONALES PARA EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA PLANTA DE LÁCTEOS
ESPOCH

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR(S): ADRIAN ALEJANDRO ALDAZ VARGAS

DENNIS RAMIRO FLOR JIRÓN

Riobamba-Ecuador

2016



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL INTELIGENTE
BASADO EN REDES NEURONALES PARA EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA PLANTA DE LÁCTEOS
ESPOCH

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR(S): ADRIAN ALEJANDRO ALDAZ VARGAS

DENNIS RAMIRO FLOR JIRÓN

TUTOR: Ing. JANETH ILEANA ARIAS GUADALUPE

Riobamba-Ecuador

2016

©2016, Adrian Alejandro Aldaz Vargas; Dennis Ramiro Flor Jirón

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “TRABAJO TÉCNICO EN LA EIE-CR, de responsabilidad de los señores Aldaz Vargas Adrian Alejandro, Flor Jirón Dennis Ramiro ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Miguel Tasambay Salazar PhD.		
DECANO DE LA FACULTAD		
DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego.		
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE		
INGENIERÍA ELECTRÓNICA		
EN CONTROL Y REDES		
INDUSTRIALES

Ing. Janeth Ileana Arias Guadalupe.		
DIRECTORA DE TRABAJO DE		
TITULACIÓN

Ing. Edwin Fernando Mejía Peñafiel.		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Nosotros, Adrian Alejandro Aldaz Vargas; Dennis Ramiro Flor Jirón somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados expuestos y el patrimonio intelectual de la este Trabajo de Titulación perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Adrian Alejandro Aldaz Vargas.

Dennis Ramiro Flor Jirón.

DEDICATORIA

Primero a Dios quien supo guiarme en un buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

También de manera especial a mis padres Rodolfo Aldaz y Nancy Vargas pues ellos fueron los principales cimientos para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mi las bases de responsabilidad y deseo de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan admirarlos cada día más.

A mis hermanos Carolina, Andrea, Franco y Meirelle que son personas que me han ofrecido el amor y calidez de familia.

Adrian Alejandro Aldaz Vargas.

Bienaventurado el hombre que halla sabiduría y el hombre que adquiere entendimiento; porque su ganancia es mejor que la ganancia de la plata; y sus utilidades mejor que el oro fino. “Proverbios 3:13-14”

A Dios por sobre todas las cosas.

A mi madre Esthercita quien ha sabido guiarme y por ser el apoyo que cualquiera desearía tener.

A mis hermanos Faby, Juanca, Danny y Nicky de quienes aprendo día a día, por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Dennis Ramiro Flor Jirón.

AGRADECIMIENTO (S)

Para quienes han confiado en nosotros incondicionalmente
Y han sido el motivo de nuestro esfuerzo
Nuestras familias, amigos y maestros.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XIV
SUMARY.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	4
JUSTIFICACIÓN APLICATIVA.....	4
OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO.....	6
1.1	Pasteurización.....	6
1.1.2	<i>Usos y aplicaciones de la pasteurización.....</i>	<i>6</i>
1.2	Pasteurización de la leche.....	6
1.2.1	<i>Procesos de pasteurización de la leche.....</i>	<i>7</i>
1,2,1,1	<i>Proceso vat.....</i>	<i>7</i>
1,2,1,2	<i>Proceso htst (high temperature short time).....</i>	<i>7</i>
1,2,1,3	<i>Proceso uht (ultra high temperature).....</i>	<i>7</i>
1.3	Automatización industrial.....	7
1.4	Sistema de control automático.....	8
1.4.1	Características de un sistema de control automático.....	8

1,4,1,1	<i>Estabilidad.....</i>	8
1,4,1,2	<i>Exactitud.....</i>	8
1,4,1,3	<i>Velocidad de respuesta.....</i>	8
1.4.2	<i>Sistema de control automático en lazo cerrado... ..</i>	9
1.4.3	<i>Sistema de control inteligente.....</i>	9
1.4.4	<i>Control inteligente.....</i>	9
1,4,4,1	<i>Características del control inteligente.....</i>	10
1,4,4,2	<i>Técnicas de control inteligente.....</i>	10
1.4.5	<i>Control con redes neuronales artificiales.....</i>	10
1.4.6	<i>Redes neuronales artificiales.....</i>	10
1,4,6,1	<i>Estructura básica de una red neuronal artificial.....</i>	10
1,4,6,2	<i>Tipos de capas de las redes neuronales artificiales.....</i>	11
1,4,6,2,1	<i>Capas de entrada.....</i>	11
1,4,6,2,2	<i>Capas ocultas o intermedias.....</i>	11
1,4,6,2,3	<i>Capas de salida.....</i>	11
1,4,6,3	<i>Ventajas de las redes neuronales artificiales.....</i>	11
1,4,6,3,1	<i>Aprendizaje adaptativo.....</i>	11
1,4,6,3,2	<i>Auto organización.....</i>	11
1,4,6,3,3	<i>Tolerancia a fallos.....</i>	12
1,4,6,3,4	<i>Operación en tiempo real.....</i>	12
1,4,6,4	<i>Clasificación de las redes neuronales artificiales.....</i>	12
1,4,6,4,1	<i>Clasificación de las rna según la topología de la red.....</i>	12
1,4,6,4,1,1	<i>Redes neuronales artificiales de una capa.....</i>	12
1,4,6,4,1,2	<i>Redes neuronales artificiales multicapa.....</i>	12
1,4,6,4,2	<i>Clasificación de las redes neuronales artificiales según su algoritmo de aprendizaje.....</i>	13
1,4,6,4,2,1	<i>Aprendizaje supervisado.....</i>	13
1,4,6,4,2,2	<i>Aprendizaje no supervisado.....</i>	13
1,4,6,5	<i>Funciones de activación de una red neuronal.....</i>	14
1,4,6,5,1	<i>Función de activación sigmoideal.....</i>	14
1,4,6,6	<i>Red backpropagation.....</i>	15
1,4,6,7	<i>Algoritmo levenberg marquardt.....</i>	15
1,4,6,8	<i>Función de rendimiento mse.....</i>	16

1,4,6,8,1	<i>Regularización</i>	17
1,4,6,8,2	<i>Normalización</i>	17
1.5	Matlab	17
1.5.1	<i>Guide de matlab</i>	18
1.6	HMI	19
1.6.1	<i>hmi (gui)</i>	19
1.6.2	<i>Aplicación de las hmi</i>	19
1.7	Descripción de los diferentes componentes a utilizar	20
1.7.1	<i>Sensor</i>	20
1,7,1,1	<i>Sensor de temperatura</i>	20
1.7.2	<i>Cable apantallado para el sensor ds18b20</i>	20
1.7.3	<i>Motor eléctrico</i>	21
1,7,3,1	<i>Moto-reductor agitador dc</i>	21
1.7.4	<i>Modulación por ancho de pulso (pwm)</i>	22
1.7.5	<i>Mosfet irf z44n</i>	22
1.7.6	<i>Compuerta inversora not 7404</i>	23
1.7.7	<i>Fuente de alimentación universal dc</i>	23
1.7.8	<i>Arduino</i>	24
1,7,8,1	<i>Arduino mega 2560</i>	24
1.7.9	<i>Tipo de cable a / b</i>	25
1.7.10	<i>Interfaz de potencia</i>	25
1.7.11	<i>Electroválvulas</i>	25
1,7,11,1	<i>Electroválvulas de dos vías</i>	26
1,7,11,1,1	<i>Electroválvula de vapor de agua smartsolu</i>	26
1,7,11,1,2	<i>Electroválvula de agua fría smartsolu</i>	26
1.7.12	<i>Breaker ls</i>	27
1.7.13	<i>Switch</i>	27
1.7.14	<i>Diodo rectificador</i>	28

1.7.15	Luz piloto	28
1.7.15.1	<i>Luz piloto con zumbador o alarma piloto</i>	29
1.7.16	Diodo emisor de luz	29

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	30
2.1	Diseño e implementación del sistema	30
2.1.1	<i>Identificación de variables a medir</i>	30
2.1.2	<i>Sistema de control implementado</i>	31
2,1,2,1	<i>Sistema de control en lazo cerrado</i>	31
2.1.3.	<i>Descripción del proceso de pasteurización de leche</i>	32
2.1.4	<i>Selección del controlador inteligente</i>	34
2,1,4,1	<i>Selección, entrenamiento y simulación de las rna</i>	34
2.2	Selección de los diferentes componentes eléctricos y electrónicos	35
2.2.1	<i>Selección del sensor de temperatura</i>	35
2.2.2	<i>Selección del motor agitador dc</i>	36
2.2.3	<i>Selección del control pwm</i>	36
2.2.4	<i>Selección de la interfaz hombre máquina (hmi)</i>	37
2,2,4,1	<i>Conexión usb</i>	37
2,2,4,2	<i>Arranque programa</i>	37
2,2,4,3	<i>Selección queso</i>	38
2,2,4,4	<i>Rna entrenamiento</i>	38
2,2,4,5	<i>Velocidad del motor</i>	38
2,2,4,6	<i>Tiempo pasteurización</i>	38
2,2,4,7	<i>Simulación</i>	38
2,2,4,8	<i>Vizualización de datos</i>	39

2.2.5	<i>Selección de la tarjeta de adquisición/salida de datos</i>	39
2,2,5,1	<i>Selección de la tarjeta de adquisición/salida de datos arduino mega 2560</i>	40
2.2.6	<i>Selección de la interfaz de potencia</i>	40
2.2.7	<i>Selección de fuente externa dc para el motor agitador</i>	41
2.2.8	<i>Selección luz piloto con zumbador o alarma piloto</i>	41
2.3	Conexión de los diferentes componentes eléctricos y electrónicos	41
2.3.1	Conexiones de entrada y salidas del arduino 2560	41
2,3,1,1	<i>Entradas al arduino 2560</i>	42
2,3,1,2	<i>Salidas del arduino 2560</i>	42
2.3.2	Conexión sensor de temperatura	43
2,3,2,1	<i>Conexión modo parásito</i>	43
2,3,2,2	<i>Conexión con fuente de alimentación</i>	43
2.3.3	Conexión del moto-reductor agitador dc	43
2.3.4	Conexión de las electroválvulas	44
2.3.5	Conexión luces piloto y alarma piloto	44
2.3.6	Tarjeta de interconexiones	44
2,3,6,1	<i>Diseño, simulación y elaboración de la tarjeta de interconexiones</i>	44
2.4	Instalación de elementos y dispositivos en el tablero de control	46
2.4.1	Encendido y apagado general	48
2.5	Reacondicionamiento del pasteurizador	49
2.6	Programación del sistema	51
2.6.1	Programación de la tarjeta de adquisición/salida de datos	51
2.6.2	Programación de la hmi del sistema en guide matlab	52

CAPITULO III

3.	PRUEBAS Y RESULTADOS	52
3.1	Medición de temperatura	53
3.2	Homogenización	56
3.3	Medición de tiempos de retardo en el proceso de pasteurización	57
3.4	Manipulación directa del operario	58
3.5	Pruebas de la red neuronal en matlab	58
3.5.1	<i>Plotperform</i>	59
3.5.2	<i>Plottrainstate</i>	59
3.5.3	<i>Plotregression</i>	60
3.6	Respuestas de sistematización del problema	60
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	63
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	
	ANEXO A: PROGRAMACIÓN DE LA HMI DEL SISTEMA EN GUIDE	
	MATLAB	
	ANEXO B: MANUAL DE USUARIO	
	ANEXO C: NORMAS INEN	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-II	Variables Dependientes e Independientes.....	30
Tabla 1-II	Variables Dependientes e Independientes (Continuación).....	31
Tabla 2-II	Tiempos y Temperaturas de Pasteurización de leche para cada tipo de queso.....	32
Tabla 3-II	Características de funcionamiento del sensor de temperatura DS18B20..	35
Tabla 4-II	Características del Moto-Reductor.....	36
Tabla 5-II	Características del <i>PWM</i>	36
Tabla 6-II	Características del IRFZ44N.....	37
Tabla 7-II	Descripción de entradas de la tarjeta de adquisición/salida de datos.....	39
Tabla 8-II	Descripción de salidas de la tarjeta de adquisición/salida de datos.....	39
Tabla 9-II	Características del Arduino Mega 2560.....	40
Tabla 10-II	Características del módulo de relés.....	40
Tabla 11-II	Características de la fuente de alimentación.....	41
Tabla 12-II	Características de la alarma piloto.....	41
Tabla 13-II	Descripción de la conexión de la entrada digital hacia la placa Arduino 2560.....	42
Tabla 14-II	Descripción de salidas del Arduino 2560.....	42
Tabla 15-II	Elementos instalados en el tablero de control.....	46
Tabla 1-III	Comparación temperaturas HMI sensor DS18B20 vs termómetro de alcohol.....	53
Tabla 1-III	Comparación temperaturas HMI sensor DS18B20 vs termómetro de alcohol (Continuación).....	54
Tabla 2-III	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk.....	54
Tabla 3-III	Estadísticos de grupo.....	55
Tabla 4-III	Prueba T para muestras independientes.....	55
Tabla 5-III	Velocidad de arranque motor agitador.....	57
Tabla 6-III	Tiempos de retardo de pasteurización del sistema vs tiempos teóricos de pasteurización.....	57
Tabla 7-III	Manipulación del operario antes y después de la automatización.....	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1	Proceso de pasteurización de leche	1
Figura 2	Sistema de Control Neuronal.....	5
Figura 1-I	Planta de Industria de Alimentos.....	8
Figura 2-I	Relación del control inteligente.....	9
Figura 3-I	Neurona Artificial.....	11
Figura 4-I	RNA Mono-Capa.....	12
Figura 5-I	RNA Multicapa.....	13
Figura 6-I	Función Sigmoidal.....	14
Figura 7-I	Red Backpropagation.....	15
Figura 8-I	Logo Matlab.....	17
Figura 9-I	Herramientas de Matlab.....	18
Figura 10-I	Entorno GUIDE Matlab.....	19
Figura 11-I	Sensor DS18B20.....	20
Figura 12-I	Cable Apantallado.....	21
Figura 13-I	Motor King Righth sf7152.....	22
Figura 14-I	Modulación por Ancho de Pulso PWM.....	22
Figura 15-I	IRFZ44N.....	23
Figura 16-I	Compuerta Not 7404.....	23
Figura 17-I	Cargador Universal.....	23
Figura 18-I	Logo Arduino.....	24
Figura 19-I	Arduino Mega 2560	24
Figura 20-I	Cable usb A/B.....	25
Figura 21-I	Módulo Relés.....	25
Figura 22-I	Electroválvula SmartSolu de Vapor.....	26
Figura 23-I	Electroválvula SmartSolu de Agua Fría.....	27
Figura 24-I	Breaker LS.....	27
Figura 25-I	Switch.....	28
Figura 26-I	Diodo Rectificador.....	28
Figura 27-I	Luces Piloto.....	28
Figura 28-I	Luz Piloto con Zumbador.....	29
Figura 29-I	Diodo Emisor de Luz.....	29

Figura 1-II	Control en Lazo Cerrado del Sistema Implementado.....	31
Figura 2-II	Diagrama esquemático del control de temperatura del pasteurizador..... VAT.....	32
Figura 3-II	Descripción del proceso de pasteurización.....	34
Figura 4-II	Interfaz <i>HMI</i>	37
Figura 5-II	Modo de conexiones parásito y a fuente del sensor DS18B20.....	43
Figura 6-II	Diagrama de Conexión de la tarjeta de Interconexiones en Proteus/Isis.	45
Figura 7-II	Pistas de la tarjeta de interconexiones realizadas con Proteus/Ares.....	45
Figura 8-II	Tarjeta de Interconexiones finalizada.....	46
Figura 9-II	Puerta tablero de control.....	47
Figura 10-II	Interior del tablero de control.....	47
Figura 11-II	Tablero de control terminado.....	48
Figura 12-II	Cableado hasta el motor.....	48
Figura 13-II	Marmita Manual.....	49
Figura 14-II	Diseño de la nueva marmita en Solidworks 2013.....	50
Figura 15-II	Marmita o pasteurizador modificado	51
Figura 16-II	Programación para la lectura del sensor DS18B20 en Arduino 2560.....	52
Figura1-III	Zona de Aceptación para la utilización del Sensor DS18B20.....	56
Figura 2-III	Aspas del pasteurizador.....	56
Figura 3-III	Error Cuadrático vs Número de Iteraciones.....	59
Figura 4-III	Estados de Entrenamiento vs Número de Iteraciones.....	59
Figura 5-III	Regresión de Datos de Entrenamiento.....	59

RESUMEN

Se desarrolló un sistema de control inteligente basado en redes neuronales para el proceso de pasteurización de leche en la Planta de Lácteos ESPOCH, que permite obtener leche pasteurizada y elaborar 3 tipos de quesos: fresco, andino o maduro y mozzarella o ácido. Se desarrolló el diseño mecánico-estructural del pasteurizador, la circuitería interna, la implementación del sistema de control inteligente, tablero de control y la disposición de los elementos utilizados, la aplicación permitió verificar el funcionamiento del sistema. El sistema neurocontrolador así como la Interfaz Hombre Máquina (HMI) se lo realizó en el programa de ingeniería Matlab 2014 con la finalidad de automatizar y optimizar el proceso de pasteurización Método lento y abierto (VAT), que se lo venía realizando de forma manual sin las debidas normas de seguridad tanto para operarios como para la materia prima, se utilizaron dos Redes neuronales artificiales (RNA) una para el calentamiento y otra para el enfriamiento de la leche, para evitar incongruencia de datos y así permitir que el sistema converja al 100%. La captación de temperaturas, la activación de los diferentes actuadores utilizados, se los realizó mediante comunicación serial entre la tarjeta Arduino Mega 2560 y la PC que contiene el programa Matlab 2014. Mediante el análisis de datos y pruebas de funcionamiento se determinó que el sistema de control inteligente basado en Redes Neuronales con la red de tipo feedforward backpropagation con algoritmo Levenberg Marquardt y función de regularización (MSE) puede ser utilizado en procesos de tipo industrial en donde se utiliza gran cantidad de datos. El uso del sistema de control basado en RNA ha permitido reducir la manipulación del operario hasta en un 80% dentro del sistema. Se recomienda seguir la secuencia de pasos establecidos en la HMI para que no existan fallas en el ingreso, entrenamiento y simulación de las RNA del sistema.

Palabras clave:

<INGENIERIA DE CONTROL AUTOMATICO> <CONTROL INTELIGENTE>
<REDES NEURONALES> <PROCESO DE PASTEURIZACIÓN AUTOMATICO>
<INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)> < AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS> <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>

ABSTRACT

An intelligent control system based on neural networks for the pasteurization process of milk in the Dairy Plant ESPOCH was developed which allows to obtain pasteurized milk, and produce 3 types of cheese; fresh, ripe or Andean and mozzarella or acid. A mechanical-structural design of the pasteurizer was developed, the internal circuitry, implementation of intelligent control system, control panel and arrangement of the elements used, the application allowed to verify the operation of the system. The neurocontroller system as well as the Human Machine Interface (HMI) was made in the engineering program Matlab 2014 with the aim of automating and optimizing the pasteurization process slow and open method (VAT), it had been doing manually without proper safety standards both for operators and for the raw material, two artificial neural nets (ANN) one for heating and one for cooling the milk to avoid incongruity of data and allow the system to converge 100%. Uptake of temperatures, the activation of different actuators used, is performed using the serial communication between the Arduino Mega 2560 and PC card containing the 2014 Matlab program. By analyzing data and functional tests it was determined that the intelligent control system based on neural networks type feedforward backpropagation whit Levenberg Marquardt and function regularization (MSE) can be used in processes of industrial type where uses large amounts of data. The use of the control system based on ANN has reduced operator handling up to 80% within the system. It is recommended to follow the sequence of steps set in the HMI so that no failures in income, training and simulation system of ANN.

Keywords:

<AUTOMATIC CONTROL ENGINEERING> <INTELLIGENT CONTROL>
<NEURAL NETWORKS> <PASTEURIZATION AUTOMATIC> <HUMAN
MACHINE INTERFACE (HMI)> <PROCESS AUTOMATION> <TECHNOLOGY
AND ENGINEERING SCIENCES>

INTRODUCCIÓN

La evolución en la industria de la leche a nivel mundial va creciendo a pasos agigantados y a la vez incorporando nuevos métodos que mejoren el proceso de pasteurización, en nuestro país cada vez las industrias quieren incorporar tecnología con el fin de poder mejorar su producción.

El trabajo de titulación tiene como objetivo, implantar un proceso de pasteurizado de leche para diferentes tipos de queso en la planta de lácteos en la estación experimental Tunshi de la ESPOCH.

Para realizar este trabajo se utilizó el programa para ingeniería llamado Matlab, el cual tiene como fin ser el control central de este proceso, las acciones están basadas a las condiciones que se debe cumplir para el proceso de pasteurizado.

El control en el pasteurizador será determinado por un sensor y un conjunto de actuadores los cuales funcionan durante todo el proceso y envían señales por la tarjeta de adquisición de datos la cual es interpretada en Matlab 2014, y comandada desde la *HMI* (Interfaz Hombre Máquina) incorporado en esta mediante la herramienta *Guide*.

Para el proceso de pasteurización se utiliza la leche cruda a temperatura ambiente de aproximadamente 18°C según NORMA NTE INEN 9:2012 quinta revisión en **anexo C**, la cual será vertida en la marmita, cuidando que no sea desperdiciada, después se dará comienzo al proceso de pasteurización de leche desde la HMI de Matlab donde el operador marcará todos los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento.

La pasteurización se realizará con el método *VAT* (método de Pasteurización lento y abierto), en este proceso se calentará grandes volúmenes de leche cumpliendo tres etapas que son: etapa de calentamiento, etapa de pasteurización y etapa de enfriamiento, una vez cumplidas estas etapas se finaliza el proceso.



Figura 1. Proceso de pasteurización de leche

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

ANTECEDENTES

En la búsqueda de la eliminación de agentes perjudiciales para la salud, la pasteurización ha logrado eliminar desde sus inicios agentes micro bacterianos que perjudican a la salud humana como a la conservación de los alimentos, con esta técnica se ha logrado una mejora notable en el aprovechamiento de las fuentes vitamínicas de alimentos como la leche, vinos, jugos de frutas, agua entre otros.

La pasteurización ha logrado establecerse en el contexto mundial como la técnica más utilizada para la eliminación de bacterias, hongos, virus y parásitos de la leche tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo, siendo los primeros los que obtienen mayores beneficios económicos y alimentarios por estar en constante investigación.

Países desarrollados como china no son capaces de abastecer su mercado de leche pasteurizada debido a su gigantesca población es así que aparece Nueva Zelanda como el mayor productor mundial de leche pasteurizada y productos lácteos debido a su innovación tecnológica, la UE (Unión Europea) también sobresale en los estudios sobre técnicas de pasteurización y producción lechera a nivel mundial (Perulactea, 2014).

La técnica de pasteurización de leche en el Ecuador se ha venido desarrollando en los últimos años debido a que el Gobierno Nacional ha implementado nuevas políticas orientadas al buen vivir como el cambio de la matriz productiva la cual permite a los pequeños productores incluirse en nuevas técnicas de mejoramiento en la producción. Estas políticas estatales han permitido ampliar el área de investigación con uso de nueva tecnología para que el país se convierta en exportador de productos lácteos pasteurizados (El Telégrafo, 2014).

La producción de leche en la región interandina o sierra es de un 73% en el territorio nacional, siendo Chimborazo uno de los principales productores, esta es una de las principales razones para utilizar nuevas técnicas de control para la pasteurización de leche (El Telégrafo, 2014).

Los métodos actuales de producción demandan un buen comportamiento de los sistemas de control siguiendo una amplia gama de condiciones de trabajo en algunas circunstancias de tipo crítico y es así que nacen los sistemas de control inteligente que son basados en control borroso o fuzzy, control con redes neuronales, y control con algoritmos genéticos, cuya finalidad es comandar a otro utilizando técnicas de inteligencia artificial las cuales permitirán emular características de comportamiento humano como fácil adaptación, aprendizaje, y planeación con una gran cantidad de datos.

Dentro de la planta de lácteos ESPOCH el proceso de pasteurización de tipo abierto se ha venido dando de forma manual haciendo que este método sea poco preciso, y con riesgos de contaminación de la materia prima por parte de los operarios. Al tratarse de un control de temperatura de tipo crítico y no lineal se ha optado por el desarrollo de un sistema de control inteligente basado en redes neuronales con la finalidad de mejorar a los sistemas de control convencionales y ayudar a obtener nuevas técnicas de aprendizaje e investigación. Se escogerá esta técnica de control inteligente con la finalidad de trabajar con mayores rangos de datos para un mejor control. Las RNA (redes neuronales artificiales) se basan en el aprendizaje, experimentación y entrenamiento de datos permitiendo mayor adaptabilidad a cambios dentro de un proceso.

Las redes neuronales necesitan una etapa de entrenamiento en donde se ingresa la información disponible del sistema y una etapa de validación donde compara el aprendizaje de la red con otros datos disponibles.

En los sistemas reales las no linealidades hacen que nuestros sistemas industriales tiendan a fallar, por ello las técnicas de control inteligente presentan ventajas al desarrollar control. El control es más robusto y se puede adaptar a un amplio rango de valores (Mendieta, Olarte, y González, 2012).

El control con redes neuronales han sido usados y probados satisfactoriamente en procesos no lineales como intercambiadores de calor, inyectores de plástico, visión artificial, robótica etc.

Existen algunas investigaciones sobre el uso de redes neuronales artificiales en el área de pasteurización en países como Colombia (Mendieta, Olarte, y González, 2012).

En el Ecuador existe muy poca documentación de trabajos realizados sobre el uso de redes neuronales en procesos industriales, sin embargo se ha empezado a investigar sobre el tema en distintas áreas que ayudarán al desarrollo de este proyecto.

Es así que; se trata de aprovechar al máximo esta técnica para resolver problemas que afectan a la buena calidad de la leche y por lo tanto a la salud de los consumidores.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué forma la falta de automatización y técnicas de control de temperatura han afectado al rendimiento del proceso de pasteurización en la planta de lácteos ESPOCH?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera afecta la falta de automatización al proceso de pasteurización de leche en la planta de lácteos ESPOCH?

¿Cómo puede afectar la manipulación del operario a la materia prima?

¿En qué afectara la falta de automatización al operario?

¿Cuáles son las repercusiones de no tener técnicas de control de temperatura para el proceso de pasteurización?

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación abarca el análisis, diseño e implementación del sistema de control inteligente basado en redes neuronales para el proceso de pasteurización de leche con el método *VAT* esto con la finalidad de automatizar dicho proceso que en la actualidad en la planta de lácteos ESPOCH es realizada de forma manual. La leche debe estar higiénicamente preparada es decir cumplir con algunas normas de asepsia adecuadas previo al vaciado en el tanque pasteurizador.

Los sistemas de control inteligente basados en redes neuronales son métodos modernos que nos permiten obtener un mejor comportamiento en sistemas no lineales.

Las Redes Neuronales Artificiales usan un conjunto de datos de entrada significativos con el objetivo de identificar ciertos patrones o regularidades de los datos y así construir una mejor aproximación del problema, una vez entrenada la red se podrá manejar no solo datos de entrenamiento sino también datos distintos de los primeros sin que esto degrade su rendimiento. (Palma, y Marín, 2011).

Con ello se plantea la solución que cubre algunas de las desventajas que presentan la computación y el control tradicional entre las cuales se destacan la falta de adaptabilidad y la existencia de incertidumbre e imprecisión. (Palma, y Marín, 2011).

Lo que se busca con este tipo de control es presentar un mejor comportamiento del sistema, mejorando la estabilidad y disminuyendo el tiempo de respuesta en relación a los sistemas de control tradicionales.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El diseño mecánico del tanque pasteurizador o marmita en conjunto con la tapa y el motor agitador con una capacidad volumétrica de aproximadamente 500 litros lo realizaremos en el software *Solidworks 2013*.

El sistema de control inteligente será implementado con la finalidad de mejorar a los sistemas de control de temperatura convencionales y de esta forma mitigar el margen de error del sistema y lograr de reducir el tiempo de ejecución del proceso, dicho control se lo realizará en Matlab 2014. Véase **Figura 2**

Se utilizará el *Toolbox* o caja de herramientas RNA de Matlab para la entrada, entrenamiento y salida de datos de la red neuronal.

Se usará la red neuronal de tipo *backpropagation* (retropropagación) para la minimización del error en relación a las entradas y salidas deseadas.

El control del tanque pasteurizador tipo *VAT* se realizará con un controlador Arduino, el cual será el intérprete de control entre la planta y el computador, además nos servirá como tarjeta de adquisición y salida de datos.

La visualización de los estados del proceso serán incorporados en una *HMI* dentro del computador el cual se lo realizará con la herramienta *GUIDE* (interfaz gráfica de usuario) de Matlab.

Con este proyecto se desea implementar y automatizar el tanque pasteurizador con el fin de obtener un producto de calidad siguiendo normas y estándares de seguridad alimentaria aptos para el consumo humano así también garantizando la integridad del operario como del producto final. La siguiente imagen hace referencia a un sistema de Control Neuronal.

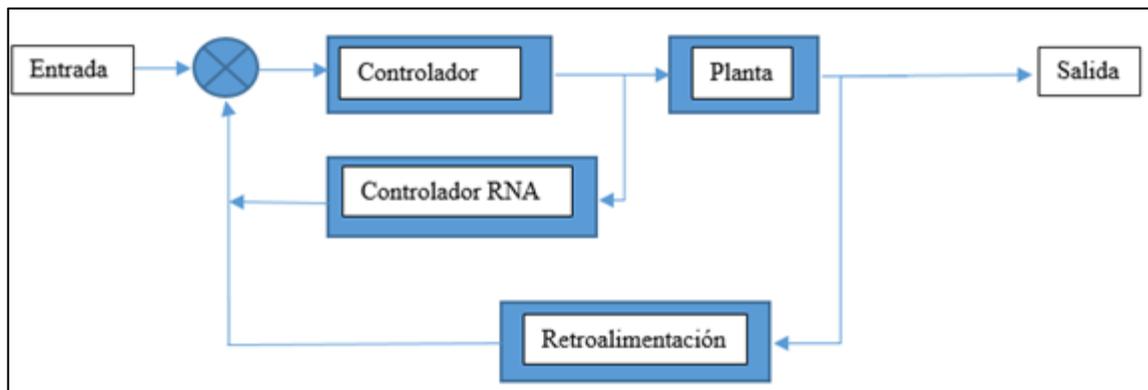


Figura 2. Sistema de Control Neuronal

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de control inteligente basado en redes neuronales para el proceso de Pasteurización de leche en la Planta de lácteos ESPOCH.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los diferentes tipos de Redes Neuronales Artificiales que existen y de acuerdo a sus características seleccionar la mejor.
- Realizar el algoritmo de aprendizaje idóneo para la Red Neuronal Artificial.
- Diseñar e implementar el sistema Neurocontrolador electrónico del proceso.
- Implantar el pasteurizador de leche en la estación experimental de lácteos ESPOCH.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 PASTEURIZACIÓN

El término pasteurización nace en honor al científico Francés Louis Pasteur quien desarrolló una serie de investigaciones para lograr esterilizar y eliminar agentes patógenos y perjudiciales para la salud humana especialmente en alimentos líquidos como el vino, la leche, jugos de frutas entre otros.

“La pasteurización es aquella operación para destruir por efecto del calor los microorganismos patógenos y en su mayoría de los gérmenes restantes, con fines higiénicos o de conservación, conservando al máximo las características físicas, bioquímicas y organolépticas del alimento. Dicha pasteurización permite la conservación en un tiempo determinado, basándose en las leyes de destrucción térmica de los microorganismos, estas leyes toman en consideración básicamente el número de microorganismos presentes, la temperatura en la que tiene lugar el proceso y el tiempo durante el que se mantiene dicha temperatura” (Gösta, 2003, p. 204).

1.1.2 USOS Y APLICACIONES DE LA PASTEURIZACIÓN

Las aplicaciones de la pasteurización se han orientado en distintas Industrias Alimenticias como son:

- Industria lechera y productos lácteos: esterilización de leche y pasteurización de productos lácteos
- Industria de bebidas: Pasteurización de zumos, néctares de frutas, Vinos entre otros
- Industria para el procesamiento de frutas: Pasteurización de purés de frutas, compotas, mermeladas, salsas y concentrados.

1.2 PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE

Desde los orígenes las investigaciones de la pasteurización han sido relacionadas con la leche ya que; en esta existen una serie de microorganismos que tienden a crecer en temperaturas ambiente que rondan los 25 °C a 37 °C, es por esta razón que en la industria lechera se evitan estas después que la leche ha pasado por el proceso de pasteurización para almacenaje. Para no mermar las cualidades de la leche con el paso de los años se han desarrollado algunas técnicas que permiten eliminar la mayoría de agentes patógenos y de aprovechar todos los nutrientes de la leche.

1.2.1 PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE

Para la pasteurización de la leche se han desarrollado varias técnicas que van generalmente por debajo del punto de ebullición del agua y otras que superan esta temperatura pero por periodos de tiempo muy cortos que no afectan a la calidad de la misma.

1.2.1.1 PROCESO VAT

El Proceso *VAT* es uno de los primeros métodos de pasteurización utilizados. Este proceso consiste en calentar grandes volúmenes de leche en un recipiente estanco a 62°C-65°C, por alrededor de 30 minutos para su posterior enfriamiento leve. Ver NORMA INEN NTE 10:2012 quinta revisión en **anexo C**.

1.2.1.2 PROCESO HTST (HIGH TEMPERATURE SHORT TIME)

Este proceso consiste en someter el alimento a una temperatura cercana a los 79°C, con un lapso de tiempo de al menos 15 segundos, este método es muy utilizado en la industria por su rapidez en grandes volúmenes.

1.2.1.3 PROCESO UHT (ULTRA HIGH TEMPERATURE)

Este proceso consiste en someter el alimento a una temperatura cercana a los 138°C, con un lapso de tiempo de al menos 2 segundos permitiendo así una mínima degradación de los alimentos y conservando sus propiedades alimenticias.

1.3 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

“La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana” (Crespo, 2011).

La automatización industrial es posible gracias a la unión de tecnologías como La Instrumentación, Oleo Hidráulica, La Neumática, Electrónica, entre otras.

Lo que se busca con la automatización industrial es generar mayor cantidad de productos en el menor tiempo posible con el fin de reducir costos de producción y garantizar la calidad del producto terminado. La automatización está presente en varias industrias como: Industria Alimenticia, Farmacéutica, Química, Petrolífera, Automotriz, Telecomunicaciones, entre otras. La **Figura 1-I** hace referencia a la Automatización en la industria de alimentos.



Figura 1-I. Planta de Industria de Alimentos

Fuente: <http://www.educa.net>

1.4 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

Un sistema desde el punto de vista del control automático “Es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado” (OGATA ,2010, p.3).

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados.

1.4.1 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

Un sistema de control automático posee varias características de entre las cuales tenemos:

1.4.1.1 ESTABILIDAD

La estabilidad significa que, estando el sistema en un punto de equilibrio y sometido a la acción de una perturbación, o a una variación del valor de referencia, presentará una respuesta que tenderá a un nuevo estado de equilibrio para obtener una respuesta satisfactoria. En cambio, un sistema inestable iniciará una oscilación de amplitud creciente alrededor del valor de equilibrio, o se saturará en alguno de sus valores extremos.

1.4.1.2 EXACTITUD

La exactitud implica mantener las variables a controlar dentro de un cierto entorno tolerable alrededor de sus valores de referencia, en otras palabras, con un error suficientemente pequeño para los fines a los que está destinado el sistema.

1.4.1.3 VELOCIDAD DE RESPUESTA

La velocidad de respuesta indica la rapidez con que el sistema se adapta a nuevas condiciones de equilibrio, ya sea por perturbaciones o por que se varían los valores de referencia. Así, pues, si la exactitud nos indica una condición más bien estática, la

velocidad de respuesta nos ilustra sobre la capacidad de adecuación dinámica del sistema a requisitos cambiantes. Sea cual fuere el origen de las variaciones (perturbaciones o modificación de los valores de referencia), el diseño del sistema en lo que hace a su velocidad de respuesta se efectuará estimando la máxima velocidad de variación de las variables, y en base al máximo retardo tolerable en la respuesta (Molina, 2016).

1.4.2 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LAZO CERRADO

“El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. Este sistema consta de etapas que al final son retroalimentadas con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado” (OGATA , 2010, p.7).

1.4.3 SISTEMA DE CONTROL INTELIGENTE

Un sistema de control inteligente es aquel que reúne características y comportamientos asimilables al de la inteligencia humana o animal, un sistema inteligente completo incluye sentidos que le permiten recibir información de su entorno.

Nace con la intención de aplicar control a las técnicas de Inteligencia Artificial (algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales).

1.4.4 CONTROL INTELIGENTE

El control inteligente es una generalización del concepto de control y se puede ver como un campo dentro de la disciplina del Control Automático. Es una disciplina donde los métodos de control se desarrollan con el fin de emular algunas características importantes del ser humano. Estas características incluyen adaptación, aprendizaje, planeación bajo gran incertidumbre y trabajo con gran cantidad de datos (Cotero, 2012).

Véase la siguiente **Figura 2-I**.

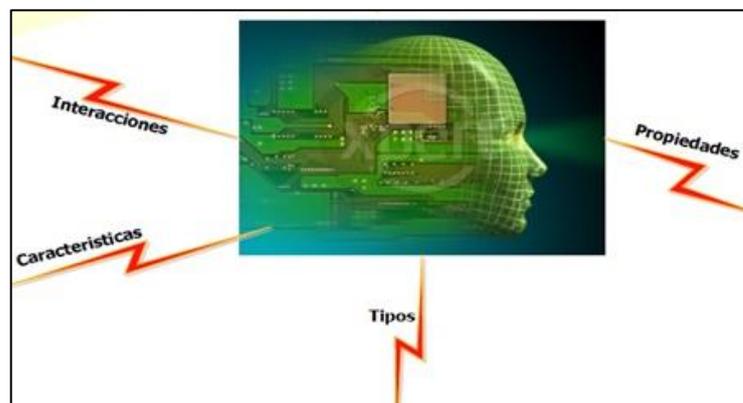


Figura 2-I. Relación del control inteligente

Fuente: www.wordpress.com

1.4.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL INTELIGENTE

El control inteligente posee algunas características de entre las cuales tenemos:

- Razonamiento temporal
- Razonamiento no monótono
- Razonamiento con datos incompletos
- Eficiencia computacional
- Interfaz y conexión con otros componentes como: bases de datos, acceso a E/S de datos, interfaces de usuario etc.

1.4.4.2 TÉCNICAS DE CONTROL INTELIGENTE

Al igual que en los sistemas de control convencionales en los sistemas de control inteligente existen algunas técnicas que permiten realizar el control de procesos como:

- Control borroso o difuso (fuzzy control)
- Control con redes neuronales artificiales
- Algoritmos genéticos

1.4.5 CONTROL CON REDES NEURONALES ARTIFICIALES

El control con redes neuronales son técnicas de control que están inspiradas en las redes biológicas, las cuales poseen aprendizaje implícito por medio de un ajuste de parámetros de entradas y salidas que nos permiten mejorar cualquier tipo de función, de tal forma que se asegure un sistema energético, electrónico, entre otros, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad.

1.4.6 REDES NEURONALES ARTIFICIALES

“Las RNA son sistemas de procesamiento de la información cuya estructura y funcionamiento están inspirados en las redes neuronales biológicas” (Hilera y Martínez., 1995).

1.4.6.1 ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL

Consisten en un gran número de elementos simples de procesamiento llamados nodos o neuronas que están organizados en capas. Cada neurona está conectada con otras neuronas mediante enlaces de comunicación, cada uno de los cuales tiene asociado un peso. Los pesos representan la información que será usada por la red neuronal para resolver un problema determinado.

Una neurona a la cual se la conoce también como nodo o elemento procesador puede tener varias entradas (x_1-x_n) las cuales al ser ponderadas con los pesos sinápticos (w_1-w_n) generan una entrada ponderada total, los pesos sinápticos determinan la fortaleza de conexión entre neuronas.

La función de activación f modifica la diferencia entre la entrada ponderada total y el umbral (W_0) el cual define los límites de la función de activación obteniendo la salida de la neurona. La **Figura 3-I**: Ilustra una neurona artificial.

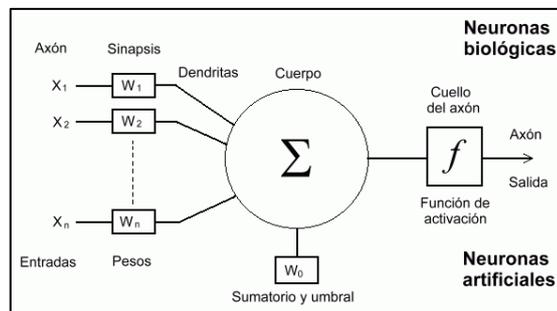


Figura 3-I. Neurona Artificial

Fuente: <http://www.um.es>

1.4.6.2 TIPOS DE CAPAS DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las RNA están constituidas por 3 tipos básicos de capas que son:

1.4.6.2.1 CAPAS DE ENTRADA

Las capas de entrada están constituida normalmente por los datos de entrada del problema.

1.4.6.2.2 CAPAS OCULTAS O INTERMEDIAS

Pueden ser más de una dependiendo el tipo de problema a resolver con la RNA, mediante un tratamiento adecuado de estas capas es posible conseguir las propiedades de generalización y extracción de características propias de cada problema.

1.4.6.2.3 CAPAS DE SALIDA

El número de neuronas de esta capa depende del formato de salida esperado por la RNA, en si en esta capa se presentan las salidas o respuestas que se desean obtener de un problema.

1.4.6.3 VENTAJAS DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Entre las ventajas que ofrecen las RNA se incluyen:

1.4.6.3.1 APRENDIZAJE ADAPTATIVO

Capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.

1.4.6.3.2 AUTO ORGANIZACIÓN

Una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.

1.4.6.3.3 TOLERANCIA A FALLOS

La destrucción parcial de una red conduce a una degradación de su estructura; sin embargo, algunas capacidades de la red se pueden retener, incluso sufriendo un gran daño.

1.4.6.3.4 OPERACIÓN EN TIEMPO REAL

Los cómputos neuronales pueden ser realizados en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad.

1.4.6.4 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las RNA se clasifican según la topología o estructura de la red y según su algoritmo de aprendizaje.

1.4.6.4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS RNA SEGÚN LA TOPOLOGÍA DE LA RED

Las RNA según la topología o estructura de la red se clasifican en:

1.4.6.4.1.1 REDES NEURONALES ARTIFICIALES DE UNA CAPA

La RNA de una capa es la red más simple que existe cada una de sus entradas está conectada a cada neurona artificial mediante su peso, y de esta manera se obtiene la salida deseada.

Las RNA de una capa son utilizadas en problemas básicos denominados de auto asociación como por ejemplo problemas donde se tiene en la capa de entrada información incompleta pero que puede ser interpretada, como en el caso de reconocimiento de patrones básicos y en sistemas lineales. **La Figura 4-I:** muestra una RNA mono-capa.

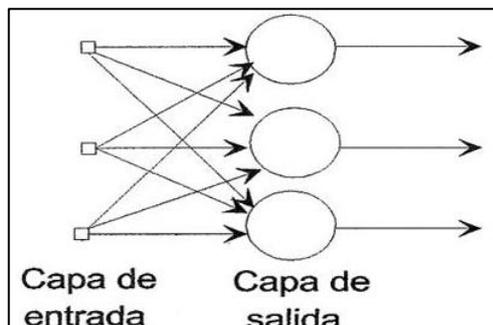


Figura 4-I. RNA Mono-Capa

Fuente: <http://grupo.us.es>

1.4.6.4.1.2 REDES NEURONALES ARTIFICIALES MULTICAPA

Las RNA multicapa son redes que se forman por un grupo de redes mono-capa o también por neuronas simples conectadas en cascada.

“Las redes multicapa están compuestas por al menos una capa oculta entre la capa de entrada y la de salida de la RNA” (Hernández, 2006, p.58).

Las RNA multicapa pueden resolver problemas más complicados que las RNA mono-capa, pero a su vez teniendo un costo computacional mayor por lo cual; se debe

experimentar con el problema a resolver hasta tener el número de capas ocultas adecuadas para obtener una respuesta óptima, también se las utiliza para la resolución de problemas en sistemas no lineales. La **Figura 5-I** ilustra una RNA multicapa.

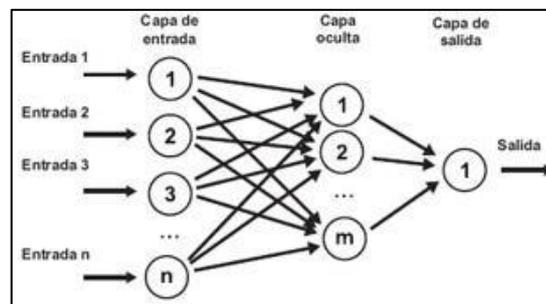


Figura 5-I. RNA Multicapa

Fuente. <http://grupo.us.es>

1.4.6.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES SEGÚN SU ALGORITMO DE APRENDIZAJE

Una de las principales características que debe poseer una RNA es su capacidad de aprendizaje de red, este proceso consiste en la aplicación secuencial de varios datos de entrada para que se ajusten los pesos de las interconexiones según un procedimiento determinado. En esta etapa los pesos tienden a converger de forma gradual que hacen que cada entrada produzca una salida deseada.

Las RNA según su algoritmo de aprendizaje se clasifican en:

1.4.6.4.2.1 APRENDIZAJE SUPERVISADO

“El aprendizaje supervisado es aquel que se caracteriza por la presencia de un agente externo (supervisor o maestro) que controla el proceso de entrenamiento, estableciendo la respuesta que debería generar la red (*output* del sistema) a partir de una entrada determinada” (Flores, y Fernández, 2008, p. 33).

El entrenamiento supervisado requiere de un emparejamiento de sus valores de entrada con sus respectivos valores de salida. Este entrenamiento consiste en ingresar valores de entrada a la RNA, calcular la salida y compararla con la salida deseada, el error entre la salida de la RNA y la salida deseada se lo utiliza para realimentar a la red y cambiar los pesos de acuerdo con un algoritmo que tienda a minimizar el error.

1.4.6.4.2.2 APRENDIZAJE NO SUPERVISADO

El entrenamiento o aprendizaje no supervisado es aquel que se caracteriza por la ausencia de un agente externo (supervisor o maestro), el aprendizaje supervisado se basa en modelos dinámicos que hacen que la red neuronal aprenda sola y ajuste sus pesos de forma automática sin tener que realizar una comparación de datos.

1.4.6.5 FUNCIONES DE ACTIVACIÓN DE UNA RED NEURONAL

Las funciones de activación son funciones de excitación o también denominadas funciones de transferencia de las RNA, estas funciones reciben los primeros pesos entre neuronas y lo comparan con su límite menor hasta que los pesos logren ser los adecuados para la convergencia de la red neuronal.

Se suele distinguir entre funciones lineales, en las que la salida es proporcional a la entrada. Funciones de umbral, en las cuales la salida es un valor discreto (típicamente binario 0/1) que depende de si la estimulación total supera o no un determinado valor de umbral; y funciones no lineales las cuales sus valores de entrada no son proporcionales a su valor de salida.

En la actualidad el uso más común para aplicaciones son con funciones de activación no lineales en RNA multicapa ya que; estas engloban a las funciones lineales y de tipo umbral, teniendo como consecuencia un mejor funcionamiento de las RNA.

Estas funciones no lineales son complejas de describir en términos matemáticos y lógicos según (Rumelhart & McClelland, 1986).

1.4.6.5.1 FUNCIÓN DE ACTIVACIÓN SIGMOIDAL

La función sigmoidea o Sigmoidal propuesta por AZOFF (1994), se caracteriza por presentar una derivada siempre positiva e igual a cero en sus límites asintóticos, que toma su valor máximo cuando el eje de las abscisas es igual a cero así, estas funciones admiten la aplicación de las reglas de aprendizaje típicas de la función escalón, con la ventaja adicional que la derivada se encuentra definida en todo el intervalo lo que permite emplear algoritmos de entrenamiento más avanzados. Esta es una función continua, por tanto el espacio de los estados de activación es un intervalo del eje real. La **Figura 6-I** muestra la función Sigmoidal.

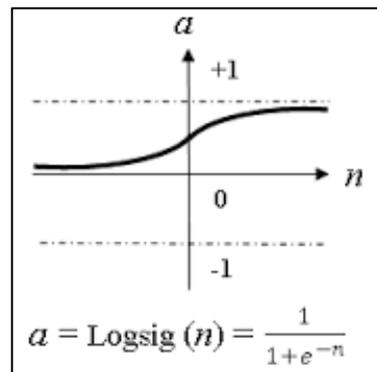


Figura 6-I. Función Sigmoidal

Fuente: <http://www.ipcbee.com/>

1.4.6.6 RED BACKPROPAGATION

La Red *Backpropagation* posee un método de entrenamiento supervisado, esta red es ideal para entrenamiento de redes multicapa donde se usan patrones linealmente no separables. A la RNA se le presenta pareja de patrones para que cada entrada tenga su respectiva salida deseada, por cada presentación de datos los pesos son ajustados de forma que se elimine el error entre la salida real y la salida deseada. La **Figura 7-I** muestra una Red *Backpropagation*.

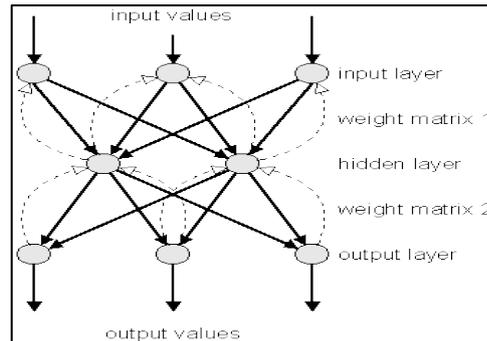


Figura 7-I. Red *Backpropagation*

Fuente: <http://www.jens-langner.de>

La red *backpropagation* posee una fase de propagación hacia adelante y otra hacia atrás, en cada fase se realiza una sesión de entrenamiento por cada patrón presentado.

La propagación hacia adelante calcula los pesos de la red a partir de los valores de entrada hasta obtener los valores de salida de la red, luego estos valores de salida de la red son propagados hacia la capa de entrada hasta alcanzar el valor de salida deseado con una minimización del error óptima.

Después que la red ha aprendido se le puede aplicar un conjunto de patrones de prueba, para ver cómo esta generaliza los patrones no proporcionados.

La red *backpropagation* usa la propagación hacia atrás del error para de esta manera obtener una salida deseada sin margen de error o con un margen de error aceptado.

1.4.6.7 ALGORITMO LEVENBERG MARQUARDT

“El algoritmo *L-M* es un algoritmo propio de las redes neuronales de tipo *feedforward* (sistema de redes con retroalimentación) el cual es una modificación al método de Gauss-Newton en las ecuaciones normales que perturba ligeramente la diagonal. Este cambio conlleva a una mejora en la estabilidad del *L-M* que no presenta el G-N. El *L-M* es un algoritmo de optimización que provee una solución numérica al problema de minimizar una función, generalmente no lineal dentro de un espacio de parámetros de la función.

Dichos problemas de minimización aparecen, especialmente, al ajustar mínimos cuadrados lineales y no lineales” (Santana, 2012).

El algoritmo *L-M* fue diseñado para acercarse a la velocidad de formación de valores de segundo orden sin tener que calcular la matriz de Hesse, cuando se utiliza una función de rendimiento como la MSE que es típica en la formación de redes *feedforward* entonces la función de Hesse se la aproxima como:

$$\mathbf{H} = \mathbf{J}^T \mathbf{J} \quad (1)$$

Y el gradiente puede definirse como:

$$\mathbf{g} = \mathbf{J}^T \mathbf{e} \quad (2)$$

Donde:

\mathbf{J} =Matriz Jacobiana que contiene los valores de las derivadas de los errores de la red con respecto a los pesos y sesgos.

\mathbf{e} = Vector de errores de la red.

El algoritmo *L-M* utiliza técnicas de optimización numérica que actualiza los pesos de la RNA de la siguiente manera:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - [\mathbf{J}^T(\mathbf{x}_k) \cdot \mathbf{J}(\mathbf{x}_k) + \mathbf{u}(\mathbf{x}_k) \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{J}^T \mathbf{e} \quad (3)$$

Donde:

\mathbf{x}_{k+1} = Valores de los pesos de la RNA en una determinada iteración.

\mathbf{J} = Matriz Jacobiana.

\mathbf{u} = Valor de regularización de la RNA.

\mathbf{I} =Matriz Identidad.

Por lo tanto la ecuación (3) puede quedar también definida de la siguiente manera.

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - [\mathbf{H} + \mathbf{u} \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{g} \quad (4)$$

1.4.6.8 FUNCIÓN DE RENDIMIENTO MSE

Es una función de las RNA que permite medir el rendimiento de la red de acuerdo con la media de errores cuadráticos y devuelve el error cuadrático medio.

Por lo general esta función nos permite determinar el promedio de los errores al cuadrado es decir la diferencia entre el estimador y lo que se estima y viene denotada por:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\widehat{Y}_i - Y_i)^2 \quad (5)$$

Donde:

\mathbf{n} = Número de valores de la muestra.

\widehat{Y}_i =Es el valor estimador o es un vector de n predicciones.

Y_i =Es el valor estimado o es un vector de los verdaderos valores.

El algoritmo de rendimiento tiene dos pasos fundamentales para la linealización de un proceso que son:

1.4.6.8.1 REGULARIZACIÓN

Se puede ajustar a cualquier valor entre 0 y 1. Cuanto mayor es el valor de regularización, los pesos al cuadrado y sesgos se incluyen en el cálculo del rendimiento en relación con los errores. El valor predeterminado es 0, que corresponde a ninguna regularización.

1.4.6.8.2 NORMALIZACIÓN

Corresponde a la normalización de los resultados y objetivos entre -1 y 1 por ciento, que normaliza los errores entre -1 y 1. Esta característica es útil para redes con salidas de múltiples elementos. Se asegura que la precisión relativa de los elementos de salida con diferentes rangos de los valores objetivos son tratados como igual importancia, en lugar de dar prioridad a la precisión relativa del elemento de salida con el mayor rango valor objetivo.

1.5. MATLAB

Es una herramienta de software matemático que ofrece un *IDE* (entorno de desarrollo integrado) con un lenguaje de programación propio “lenguaje M (Matlab, 2015).

La **Figura 8-I** ilustra el logo de Matlab.



Figura 8-I: Logo Matlab

Fuente: www.matlab.com

Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de *GUI* (interfaces gráficas de usuario) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. La **Figura 9-I** muestra las prestaciones del programa Matlab.

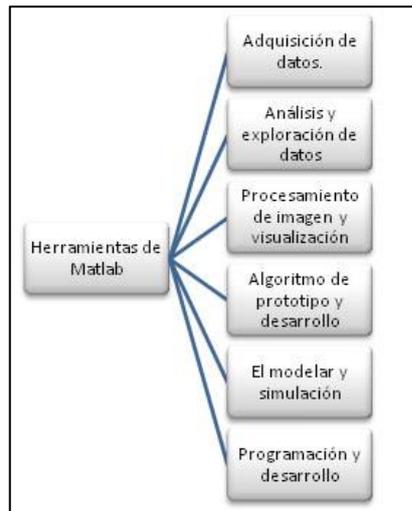


Figura 9-I. Herramientas de Matlab

Fuente: <http://www.hugo-inc.com>

Matlab también provee una lista de cajas de herramientas o *Toolboxes* (cajas de herramientas) para la utilización de sistemas de control, funciones de transferencia, algoritmos, herramientas neuronales y genéticas. Dentro de las cajas de herramientas de tipo neuronal Matlab permite la creación, entrenamiento y validación de datos.

El *Toolbox* RNA de Matlab se puede utilizar algunas herramientas para el diseño, práctica, visualización y simulación de las redes neuronales. Esta caja de herramientas permite realizar control a sistemas de tipo no lineales, usando funciones como:

Funciones de análisis de RNA, Funciones de aprendizaje, Funciones de la búsqueda de la línea, Creación de redes, Funciones de inicialización de la red, Funciones del error, Funciones para graficar ,Funciones de entrenamiento, Funciones de transferencia, simulación redes, Funciones del peso, entre otras.

1.5.1 GUIDE DE MATLAB

La interfaz gráfica de usuario de Matlab se la denomina *GUIDE*, esta normalmente contiene controles tales como menús, barras de herramientas, botones y controles deslizantes. También puede crear sus propias aplicaciones personalizadas, incluyendo sus correspondientes interfaces de usuario, para que otros lo usen. (The MathWorks, Inc., 2016).La **Figura 10-I** ilustra el logo *GUI* Guide de Matlab.



Figura 10-I. Entorno GUIDE Matlab

Fuente: <http://guide.supereva.it>

1.6 HMI

La *HMI* es una interfaz que permite la interacción entre un humano y una máquina, las cuales varían ampliamente, desde paneles de control para plantas nucleares hasta botones de entrada en un celular. Una interfaz hombre máquina es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos.

Dos componentes son necesarios en una interfaz hombre máquina:

Primero está la entrada, un usuario humano necesita de algún medio para decirle a la máquina que hacer, hacerle peticiones o ajustarla.

Segundo la interfaz requiere de una salida, que le permita a la máquina mantener al usuario actualizado acerca del progreso de los procesos, o la ejecución de comandos en un espacio físico. (Arenas, Castilla, y Rojas, 2011).

1.6.1 HMI (GUI)

Interfaz de manipulación directa es el nombre de una clase general de interfaces de usuario, que permiten a los usuarios manipular los objetos que se les presenten, con las acciones que correspondan al menos vagamente con el mundo físico.

La interfaz gráfica de usuario acepta la entrada a través de un dispositivo como el teclado de la computadora y el ratón, y proporcionar una salida gráfica en la pantalla del ordenador. Hay por lo menos dos principios diferentes utilizados en el diseño de interfaz gráfica de usuario: Interfaces de usuario orientada a objetos e Interfaces orientadas a aplicaciones. (Arenas, Castilla, y Rojas, 2011).

1.6.2 APLICACIÓN DE LAS HMI

Las *HMI* son ampliamente utilizadas en la sociedad actual, su uso puede ir desde el control de un video juego hasta el control de una planta de producción. Para controlar una misma aplicación se pueden utilizar diferentes tipos de *HMI* solo que unas proveen un mejor control e interfaz que otras.

1.7 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES COMPONENTES A UTILIZAR

En este apartado se describirán los diferentes conceptos y definiciones de los equipos y elementos que se van a utilizar para el desarrollo del sistema de control inteligente basado en redes neuronales para el proceso de pasteurización de leche en la Planta de lácteos ESPOCH.

1.7.1 SENSOR

El sensor es un dispositivo que está diseñado para captar señales, estímulos o cualquier magnitud del medio externo y transformarla en una magnitud eléctrica, la cual emite información apta para poder trabajar con ella.

La definición dada por Pallás (2006, p.3), Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida que es función de la variable medida.

1.7.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman las variaciones de temperatura en variaciones de tipo eléctrico por lo general por un diferencial producido por la unión de 2 o más metales distintos , ya sean diferenciales de voltaje o diferenciales de corriente, dichos valores son procesados por un equipo eléctrico o electrónico. En la **Figura 11-I** se muestra el sensor de temperatura DS18B20 utilizado en la medición de temperatura del proceso de pasteurización de leche con el método VAT.

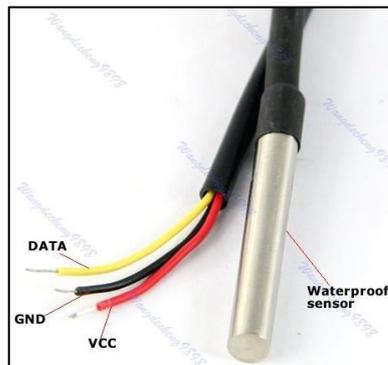


Figura 11-I. Sensor DS18B20

Fuente: <http://saber.patagoniatec.com>

1.7.2 CABLE APANTALLADO PARA EL SENSOR DS18B20

“El cable apantallado es un tipo de cable recubierto por una malla o un tubo metálico, que actúa de jaula de Faraday para evitar el acople de ruidos y otras interferencias, tanto del entorno hacia el cable, como del cable al entorno”(García, 2013, p. 7).

No se debe confundir el cable apantallado con el cable coaxial, ya que este último es una línea de transmisión caracterizada por su impedancia característica, constante de propagación, etc., mientras que el cable apantallado no lo es.

Para que la pantalla sea efectiva debe conectarse a masa sólo en un extremo del cable, para evitar que por ella circule corriente que podría acoplarse a los hilos de señal, produciendo un efecto contraproducente. Esta es otra diferencia con el coaxial, en el cual sí debe conectarse. La **figura 12-I**: muestra un cable apantallado de 3 hilos usado para el alargamiento de cable del sensor DS18B20 véase **Figura: 11-I**

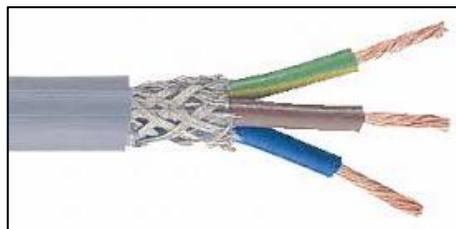


Figura 12-I. Cable Apantallado

Fuente: <http://www.aaronia.es>

1.7.3 MOTOR ELÉCTRICO

“Un motor eléctrico es una máquina que para producir el movimiento deseado resulta capaz de transformar la energía eléctrica propiamente dicha en energía mecánica, todo logrado a través de diferentes interacciones electromagnéticas”(Chapman, 2000, p.1).

A los motores eléctricos se los utiliza en instalaciones industriales, comerciales, y hasta en domicilios particulares entre otros.

1.7.3.1 MOTO-REDUCTOR AGITADOR DC

Como su nombre lo dice este motor trabaja con corriente continua, la misma que genera su movimiento. Esos motores se comparan frecuentemente por sus regulaciones de velocidad, la regulación de velocidad dice, aproximadamente, que tan empinada es la curva par-velocidad. (Chapman, 2000, pp.346-347).

Los moto-reductores DC poseen distintas máquinas que les otorgan distintas velocidades las cuales tienen una transmisión de potencia de alta eficiencia En la **Figura 13-I** se muestra el moto-reductor King-Rigth utilizado en la homogenización de la leche.



Figura 13-I. Motor King Righth sf7152

Fuente: <http://www.splid.com>

1.7.4 MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (*PWM*)

La modulación por ancho de pulso es un tipo de señal de voltaje utilizado para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de señales es muy utilizada en circuitos digitales que necesitan emular una señal analógica. Es muy utilizada en control de iluminación, control de motores, fuentes conmutadas entre otros. La **Figura 14-I** muestra el criterio de *PWM*.

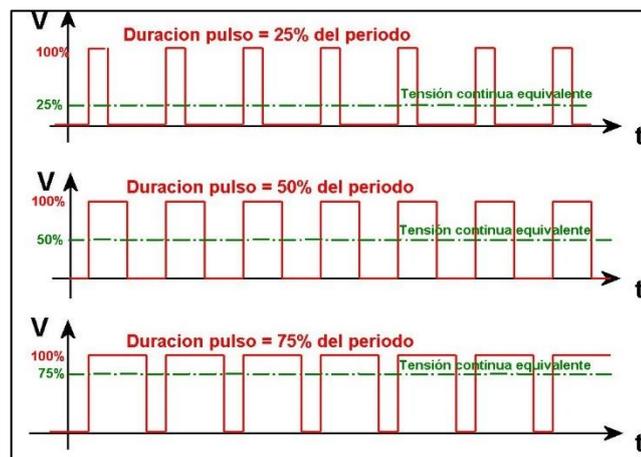


Figura 14-I. Modulación por Ancho de Pulso *PWM*

Fuente: <http://www.arduino.ut fsm.cl/>

1.7.5 *MOSFET IRF Z44N*

El *MOSFET IRF Z44N* (transistor de efecto campo metal-oxido-semiconductor) es un dispositivo de cuatro terminales denominados Surtidor o *Source* (S), Drenador o *Drain* (D), Compuerta o *Gate* (G). Es un transistor que posee destacadas características que lo hacen ideal para aplicaciones de potencia con el uso de *PWM*. En la **Figura 15-I** se muestra el *MOSFET IRF Z44N* utilizado para la variación de potencia por *PWM* del motor agitador. Véase Figura 13-I

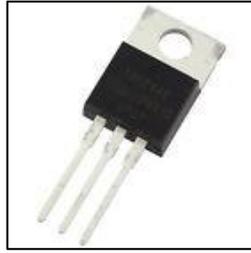


Figura 15-I. IRFZ44N

Fuente: <http://www.typobargains.com/>

1.7.6 COMPUERTA INVERSORA *NOT* 7404

Esta compuerta entrega en su salida el inverso (opuesto) de la entrada. La salida de una compuerta *NOT* tiene el valor inverso al de su entrada. Esto significa que:

Si a la entrada tenemos un “1” lógico a la salida será “0” lógico y si a la entrada tenemos un “0” lógico la salida será un “1” lógico. La **Figura 16-I** muestra 2 CI de compuertas *NOT* 7404.

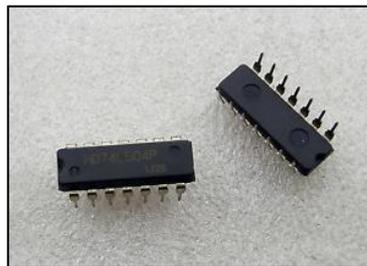


Figura 16-I: Compuerta *Not* 7404

Fuente: <http://www.ebay.com>

1.7.7 FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNIVERSAL DC

El cargador universal multivoltage está diseñado para las Laptops y Notebooks más populares de hoy que requieren entradas de 12V-24V y salidas arriba de 70W. El cargador trabaja con laptops y notebooks que operan en ese rango de requerimientos energéticos. En la **Figura17-I**: se muestra el cargador universal o fuente de alimentación universal *DC* (corriente directa) multivoltage usada para alimentar el motor agitador-*DC*. Véase **Figura 13-I**.



Figura 17-I. Cargador Universal

Fuente: <http://compuclub.com.gt/>

1.7.8 ARDUINO

“Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basado en hardware y software fácil de usar. Está dirigido a cualquier persona que hace proyectos interactivos” (Arduino, 2015). Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino que usa un lenguaje C. Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador. La **Figura 18-I** muestra el logo corporativo Arduino.



Figura 18-I. Logo Arduino

Fuente: <https://www.arduino.cc/>

1.7.8.1 ARDUINO MEGA 2560

El Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas *PWM* (modulación por ancho de pulso), 16 entradas analógicas, 4 *UARTs* (hardware puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión *USB* (bus serial universal), un conector de alimentación, una cabecera *ICSP*, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable *USB* o el poder con un adaptador de *AC* (corriente alterna) o la batería a *DC* para empezar a funcionar. En la **Figura 19-I** se muestra la tarjeta Arduino Mega 2560 utilizada en el proceso de pasteurización como tarjeta de adquisición y salida de datos.

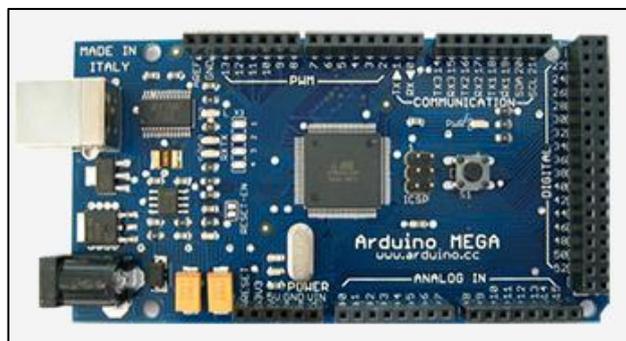


Figura 19-I. Arduino Mega 2560

Fuente: <https://www.arduino.cc/>

1.7.9 TIPO DE CABLE USB A / B

El Cable *USB 2.0* estándar se usa para conectar Arduino Uno, Arduino Mega 2560, o cualquier tablero con la hebra *USB* en un puerto de la computadora. La longitud del cable varía según su uso, el color y la forma del cable puede variar ligeramente. En la **Figura 20-I** se muestra el cable *USB A/B* utilizado para conectar la tarjeta Arduino Mega 2560. Véase **Figura 19-I** con el *HMI* realizado en Matlab.



Figura 20-I. Cable USB A/B

Fuente: <http://salestores.com/>

1.7.10 INTERFAZ DE POTENCIA

“Las interfaces de potencia son dispositivos intermedios entre nuestro microcontrolador y aquellos aparatos que requieran cantidades de corriente mayores a los que pueden manejar el microcontrolador” (Lozano, 2016). en la **Figura 21-I**: se muestra el módulo de relés usado como interfaces de potencia.



Figura 21-I. Módulo Relés

Fuente: <http://www.4tronix.co.uk/store>

1.7.11 ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido. Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas electroválvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o *PVC* (conductor polipropileno). Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula. (Matarollo, 2015).

1.7.11.1 ELECTROVÁLVULAS DE DOS VÍAS

En las electroválvulas de dos vías, normalmente se utilizan las que funcionan con tres modalidades diferentes, dependiendo del uso que están destinadas a operar; pueden ser de acción directa, acción indirecta y acción mixta o combinada, además cada una de estas categorías puede ser N.C. (Normalmente Cerrada) o N.A. (Normalmente Abierta), esto dependiendo de la función que va a realizar ya sea que esté cerrada y cuando reciba la señal a la solenoide abra durante unos segundos, o que esté abierta y cuando reciba la señal la solenoide corte el flujo. (Mattarollo, 2015).

17.11.1.1 ELECTROVÁLVULA DE VAPOR DE AGUA SMARTSOLU

Una electroválvula de vapor de agua como su nombre lo indica permite realizar un control de apertura y cerradura de paso de vapor de agua que por lo general va a una temperatura mayor al punto de ebullición o punto de evaporación del agua que es aproximadamente 100 grados centígrados con un pulso eléctrico. Por lo general son hechas de algún metal que permita el flujo de grandes temperaturas y presiones. En la **Figura 22-I**: se muestra la electroválvula de vapor de agua SmartSolu utilizada para el proceso de calentamiento de leche.



Figura 22-I. Electroválvula SmartSolu de Vapor

Fuente: <http://es.dhgate.com>

17.11.1.2 ELECTROVÁLVULA DE AGUA FRÍA SMARTSOLU

Una electroválvula de agua fría como su nombre lo indica permite realizar un control de apertura y cerradura de paso de agua que por lo general va de una temperatura mayor al punto de fusión o congelamiento del agua que es aproximadamente 0 grados centígrados con un pulso eléctrico. En la **Figura 23-I** se muestra la electroválvula de agua fría SmartSolu utilizada para el proceso de enfriamiento de leche.



Figura 23-I. Electroválvula SmartSolu de Agua Fría

Fuente: <http://www.valveco.com.co>

1.7.12 BREAKER LS

Es un dispositivo de protección eléctrico. Tiene como finalidad proteger la instalación eléctrica de una sobrecarga y/o una falla secundaria. Los breakers están normalizados según su fabricante y se los adquiere dependiendo de la intensidad eléctrica a la que estos van a ser expuestos. Es un elemento de suma importancia para la protección de cualquier circuito eléctrico. En la **Figura 24-I** se puede ilustrar un breaker de la marca LS tipo BKN-b/C4 utilizado para protección general de actuadores ubicado dentro del tablero de control.



Figura 24-I. Breaker LS

Fuente: <http://www.ebay.com>

1.7.13 SWITCH

Un switch es un dispositivo eléctrico y/o electrónico el cual tiene como función interrumpir el flujo de corriente hacia un circuito o aparto eléctrico o electrónico.

En la **Figura 25-I** se muestra el Switch o interruptor utilizado para activar o desactivar el motor agitador Véase Figura 13-I.



Figura 25-I. Switch

Fuente: <http://www.abcelectronica.net>

1.7.14 DIODO RECTIFICADOR

El diodo rectificador es un dispositivo semiconductor que posee dos terminales denominados ánodo y cátodo, por lo general elaborados de silicio o germanio. El diodo rectificador posee una zona de conducción de ánodo hacia a cátodo que también se la denomina polarización directa y una zona de no conducción o ruptura de cátodo a ánodo denominada polarización inversa. se los usa en aplicaciones de bloqueos de corriente o en aplicaciones de conducción de corriente En la **Figura 26-I** se muestra el diodo rectificador usado como protector de corrientes de retorno a la placa Arduino mega 2560 Véase **Figura 19-I**.



Figura 26-I. Diodo Rectificador

Fuente: <http://listado.mercadolibre.com.mx/>

1.7.15 LUZ PILOTO

Esta luz muestra únicamente un suceso normal dentro de un sistema o un dispositivo indicando en algunos casos los elementos activos o simplemente mostrando que el proceso se está llevando a cabo sin ningún problema. En la **Figura 27-I** se muestra el tipo de luces piloto instaladas en el tablero de control.



Figura 27-I. Luces Piloto

Fuente: <http://www.camscointernational.com>

1.7.15.1 LUZ PILOTO CON ZUMBADOR O ALARMA PILOTO

Una luz piloto con zumbador o alarma piloto es un dispositivo que se utiliza para generar una alarma o aviso, tanto visual como auditivo que indica algún evento en específico dentro de sistemas de control, sistemas de automatización, sistemas eléctricos residenciales, sistemas de alarma entre otros.

En la **Figura 28-I** se ilustra la luz piloto con zumbador usada en el tablero de control.



Figura 28-I. Luz Piloto con Zumbador

Fuente: <http://es.aliexpress.com>

1.7.16 DIODO EMISOR DE LUZ

“El diodo emisor de luz o *led (light-emitting-diode)* o diodos led están fabricados con un compuesto semiconductor denominado arseniuro de galio y se caracterizan por emitir radiación en el espectro visible, y sobre todo en el infrarrojo, cuando se los polariza de forma directa” (Carretero, 2009, p. 121.).

Los diodos led son ampliamente utilizados en sistemas de iluminación, sistemas indicadores entre otros. En la **Figura 29-I:** se ilustra un diodo led de alto brillo.



Figura 29-I. Diodo Emisor de Luz

Fuente: <http://www.herandus.com>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El sistema de control inteligente basado en Redes Neuronales para el proceso de pasteurización de leche en la Planta de Lácteos ESPOCH fue desarrollado utilizando el método heurístico, este método se basa en la utilización de procedimientos empíricos y experimentales para resolver problemas. Mediante este método y aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera fue posible diseñar e implementar el tablero de control, disposición de los elementos entre otros. A continuación se describirán todos y cada uno de los pasos utilizados en la identificación de variables, en la selección de dispositivos utilizados y se detallará cada una de las etapas del proceso.

2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES A MEDIR

Las principales variables que se utilizaron fueron la temperatura y la velocidad del motor las cuales se describen en la **Tabla 1-II**.

Las mismas que se utilizarán para las mediciones a realizar dentro del sistema con la finalidad de responder las preguntas directrices planteadas en el presente trabajo de titulación, en el caso de la temperatura para la comparación de dos tratamientos entre el termómetro de alcohol y el sensor de temperatura DS18B20, la velocidad del motor se la utiliza para el arranque del motor a distintas cargas dentro de la marmita.

Tabla 1-II: Variables Dependientes e Independientes

VARIABLES DEPENDIENTES DEL SISTEMA	TEMPERATURA Con esta se puede obtener los rangos de temperatura a la cual estará expuesta la leche a lo largo del proceso. Estos rangos van a variar según el queso que se vaya a elaborar ver Tabla: 2-II , estos valores fueron medidos mediante un sensor de temperatura DS18B20 véase la Figura 11-I diseñado para Arduino Mega 2560. Mediante esta información el operador obtendrá el registro de temperatura, la misma que le servirá para el proceso y posteriormente poder establecer qué tipo de queso será elaborado con esta leche pasteurizada.
	VELOCIDAD Mediante la velocidad del motor se puede obtener una mejor homogenización del producto. Es decir el control de la velocidad servirá para poder estabilizar la homogenización para que no se pueda cortar la proteína de la leche o se forme nata en la leche.

VARIABLES INDEPENDIENTES DEL SISTEMA	TIEMPO DEL SISTEMA
	Tanto la temperatura como la velocidad de homogenización dependen de esta variable ya que; en función de esta se procederá a recoger los datos del sensor y la velocidad de homogenización.

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016. (Continuación)

2.1.2 SISTEMA DE CONTROL IMPLEMENTADO

El sistema de control implementado será descrito en el siguiente punto y se identificará cada una de las etapas del mismo.

2.1.2.1 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO

El control en lazo cerrado implementado consta de 4 etapas básicas. La primera etapa es la elección del controlador utilizado, la segunda etapa describe los actuadores utilizados dentro del proceso de pasteurización de leche, el tercera etapa hace referencia a la planta u objeto físico a controlar que en este caso es el pasteurizador VAT o marmita; la cuarta etapa hace referencia a la retroalimentación del sistema entre la temperatura deseada y la temperatura real del sistema la cual se la consigue con el sensor de temperatura DS18B20. En la **Figura 1-II** se puede visualizar cada una de las etapas del Sistema de Control en Lazo Cerrado mencionadas anteriormente.

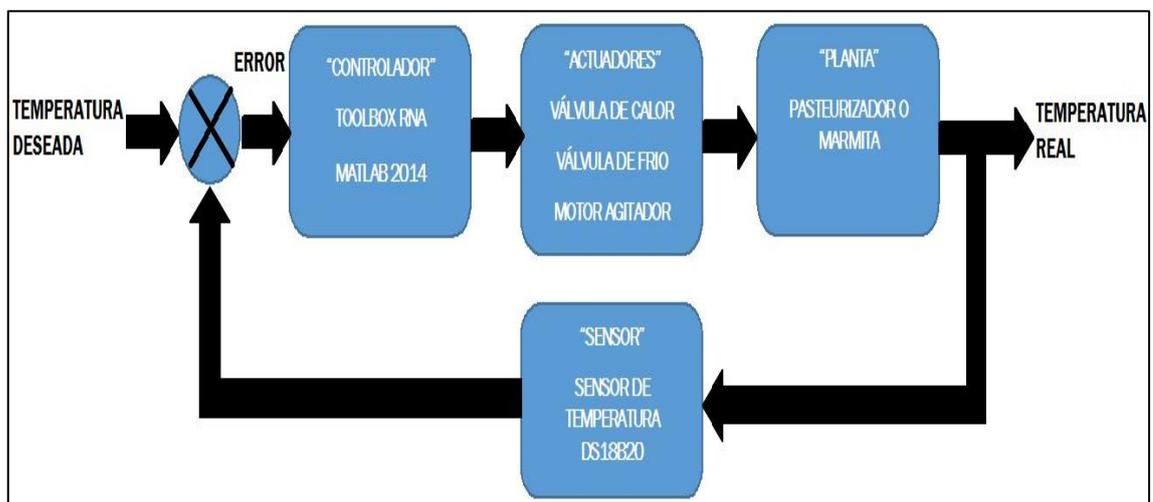


Figura 1-II. Control en Lazo Cerrado del Sistema Implementado

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

La **Figura 2-II** muestra un diagrama esquemático del control de temperatura en lazo cerrado del pasteurizador o marmita. La primera etapa trata de la lectura de temperatura realizada por un sensor DS18B20 véase **Figura 11-I**, la segunda etapa trata de la captación de los datos medidos por el sensor de temperatura por la tarjeta Arduino Mega 2560 véase **Figura 19-I**.

Las siguientes dos etapas se refieren a la interfaz de comunicación (PUERTO SERIE *USB*) entre la tarjeta de adquisición de datos y el controlador, dicho controlador se lo realiza en con el *Toolbox RNA* y *HMI GUIDE* provistos por el programa Matlab 2014. Una vez realizadas en el *HMI* las distintas secuencias de pasos para el proceso de pasteurización se envían nuevamente por puerto serial hacia la tarjeta Arduino Mega 2560 los valores para la salida de datos, estos valores de salidas de datos son valores lógicos 1 y 0 “ENCENDIDO” y “APAGADO” de electroválvulas y un valor *PWM* entre 0 y 255 bits para la activación del motor agitador. Estos valores realizan el control de activación de actuadores los cuales son acoplados al lazo de control cerrado mediante interfaces de potencia; las interfaces de potencia usadas son un acople de activación de relés autoprotectidos por varios elementos electrónicos. Véase **Figura 21-I**.



Figura 2-II. Diagrama esquemático del control de temperatura del pasteurizador VAT

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE

El proceso de pasteurización de leche con el método VAT o método abierto se lo utilizará en la planta de lácteos ESPOCH para la elaboración de quesos de tipo Fresco, Maduro o Andino y Ácidos o Mozzarellas véase **Tabla 2-II**, este método de pasteurización consta de tres etapas generales que son: el calentamiento de la leche, el tiempo de espera de pasteurización y homogenización, y el enfriamiento de la leche ver **anexo C**.

Tabla 2-II: Tiempos y Temperaturas de Pasteurización de leche para cada tipo de queso.

Tipos de Queso	Temperatura máxima de pasteurización (°C)	Tiempo de homogenización (min)	Temperatura mínima de pasteurización (°C)
Fresco	62-65	30	38
Maduro o Andino	45-50	10-20	38
Ácido o Mozzarella	40-45	0-2	38

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Cuando el operario inicie el programa Matlab 2014 que va a contener la *HMI*, el proceso de pasteurización se va a iniciar seleccionando el tipo de queso para la pasteurización de leche, la velocidad del motor agitador para el homogenizado de la leche y se ingresará el tiempo que se requiere (en minutos) para pasteurizar el producto.

Una vez activada la *HMI* se debe accionar el breaker general ubicado en el interior del tablero de control y se puede verificar que este ha sido accionado al visualizar en el tablero de control una luz piloto de color verde, a continuación el sistema abrirá la electroválvula de vapor de agua automáticamente por donde comenzará a circular el vapor por la tubería de color rojo hacia la mamita teniendo en cuenta que las llaves manuales también deberían estar abiertas, este proceso se puede monitorear tanto la *HMI* como el tablero de control el cual está previsto de una luz piloto de color rojo; este proceso de calentamiento se lo realizará hasta alcanzar la temperatura máxima de pasteurización del queso seleccionado. Se debe activar un switch ubicado en el exterior del tablero de control para poder activar el motor agitador el cual tiene instalado sus respectivas aspas para poder homogenizar la leche, un diodo *led* azul mostrará en el tablero de control la variación de velocidad del motor agitador aumentando o disminuyendo su luminosidad.

Una vez alcanzada la temperatura máxima de pasteurización de la leche dependiendo el queso que se haya escogido, la electroválvula de vapor de agua se desconectará y empezará el tiempo de pasteurización y homogenización, pasado este tiempo el sistema compara si la temperatura actual es mayor que el valor de temperatura mínima de pasteurización; si sí, el sistema apertura la electroválvula de agua fría, este paso se puede monitorear tanto en el *HMI* como el tablero de control en el cual se encuentra una luz piloto de color azul.

Esta electroválvula estará activa hasta alcanzar el valor mínimo de pasteurización, luego se activa una alarma piloto de color rojo la cual se puede monitorear tanto en el *HMI* como en el tablero de control, esta alarma significa que el proceso ha concluido satisfactoriamente.

Los valores de temperatura, velocidad de homogenización, y los cambios dentro del proceso se irán mostrando en la interfaz del usuario (*HMI*) durante todo el proceso.

Véase la Figura 3-II.

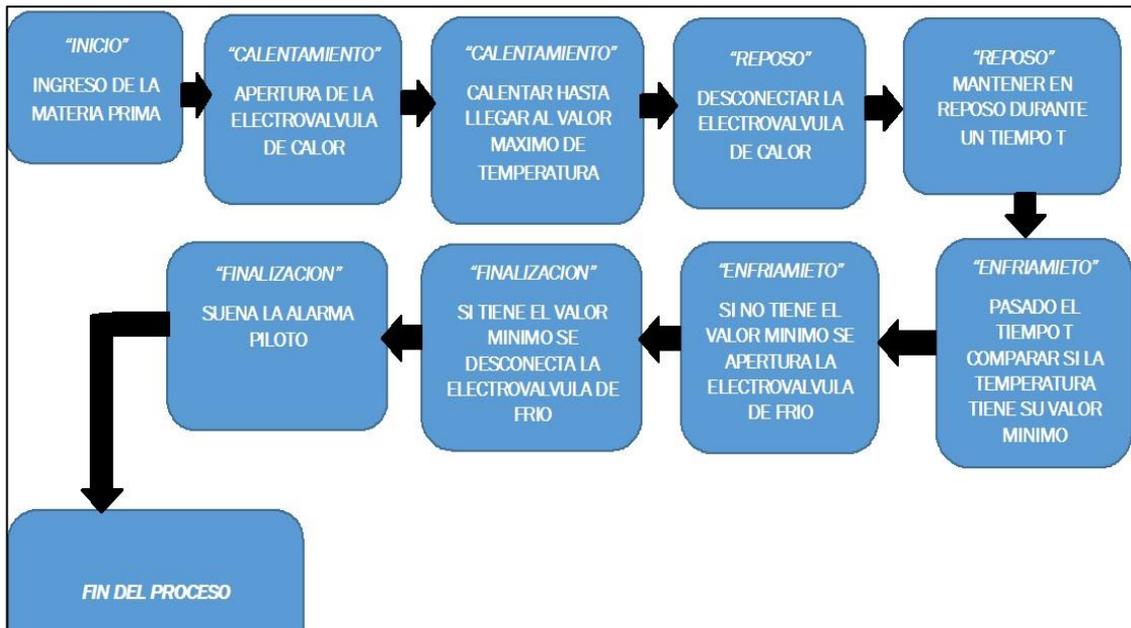


Figura 3-II. Descripción del proceso de pasteurización

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.1.4 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR INTELIGENTE.

El controlador neuronal realizado en Matlab 2014 es el que ejecuta las acciones del sistema e interpreta los datos que se ingresen por medio de la tarjeta de adquisición/salida de datos se encuentra en la **Figura 19-I**.

El controlador inteligente se lo hizo utilizando el *Toolbox* de RNA de Matlab, usando una red *backpropagation feedforward* con algoritmo de entrenamiento *L-M* y función de rendimiento *MSE*.

2.1.4.1. SELECCIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACIÓN DE LAS RNA

Para la elaboración del sistema de control inteligente se ha elegido a la red *feedforward backpropagation* prevista en el *Toolbox* RNA de Matlab. El primer paso para la creación de las RNA es ingresar los valores de entradas y salidas, estos valores son ingresados en el script de Matlab en forma de matrices, se utilizará una RNA de subida y una RNA de bajada ya que; al existir datos repetidos tanto para el calentamiento como para el enfriamiento de la leche, en el sistema se los debe separar para que no exista incongruencia en los datos. La creación de las RNA se las realiza con el comando *newff* en donde se debe especificar los valores mínimos y máximos de entrada, el número de capas de entrada, número de capas ocultas, el número de capas de salida y las funciones de activación para cada capa ver **anexo A sección RNA ENTRENAMIENTO**.

El entrenamiento de las redes neuronales para la pasteurización de leche de los distintos quesos se lo realizó con el algoritmo de entrenamiento *trainlm* el cual se encarga de la formación de la red en base a sus valores de entrada y salida y se lo utiliza en funciones de creación de red como la *newff* entre otras, además este comando es el encargado de actualizar los pesos y el sesgo de la función de activación mediante el algoritmo *L-M* (*Levenberg-Marquardt*). Ver **anexo A sección RNA ENTRENAMIENTO**.

Por lo general el algoritmo *L-M* es el algoritmo más rápido en la caja de herramientas de Matlab, y es muy recomendable para procesos con entrenamiento supervisado, también se puede resaltar que esta red y este entrenamiento han sido probados con éxito en sistemas no lineales y en áreas como la robótica y el control de procesos con la función de rendimiento *MSE*.

Para la simulación de la las RNA se utiliza el comando *sim* el cual es encargado de simular los valores de las RNA y los compara con los valores deseados véase **anexo A sección RNA SIMULACIÓN**.

2.2. SELECCIÓN DE LOS DIFERENTES COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

A continuación se detallará como se seleccionaron e instalaron los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos usados a lo largo del sistema.

2.2.1. SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para la medición de temperatura de la leche se utilizó el sensor DS18B20 de tipo sumergible compatible con Arduino. Se optó por poner el sensor en la parte más baja posible de la marmita por si la cantidad de leche a pasteurizar fuese baja. El DS18B20 es un sensor de tipo digital que facilita la lectura de temperatura véase **Figura 11-I**, sus rangos característicos de funcionamiento se encuentran en la **Tabla 3-II**.

Tabla 3-II: Características de funcionamiento del sensor de temperatura DS18B20

A	Voltaje de entrada DC (V)	Rango de temperatura (°C)	Exactitud (± 0,5 °C)	Corriente de activación (mA)	Trabajo (bits)
Sensor DS18B20	3 - 5,5	-50 - 125	-10 - 85	1 - 1.5	9 - 12

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.2.2. SELECCIÓN DEL MOTOR AGITADOR DC

Para la automatización del proceso de homogenización se utilizó un moto-reductor DC marca King Right que se encuentra ilustrado en la **Figura 13-I**. El mismo que posee las características descritas a continuación en la **Tabla 4-II**.

Tabla 4-II: Características del Moto-Reductor

Características	Frecuencia(Hz)	Voltaje(V)	Potencia(W)	Consumo(I)
Motor	60	24	150	0,8 - 6
Características	Torque (Ncm)	Relación de engranajes	Revoluciones por minuto (rpm)	
Caja reductora	30 - 55	1-3 - 1-180	18 - 15	

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.2.3. SELECCIÓN DEL CONTROL PWM

El control de velocidad *PWM* fue diseñado con el fin de variar la velocidad de homogenización del motor agitador, la **Tabla 5-II** describe los valores *PWM* entregados por Arduino en un rango de 0 a 255 bits *PWM*, y sus respectivos porcentajes de ciclo de trabajo y valores de voltaje.

Tabla 5-II: Características del *PWM*

<i>PWM</i> de Arduino	Amplitud (VDC)	Ciclo de trabajo (%)	Número de bits de trabajo (bits)	Valores óptimos para homogenización
1	0 - 1,25	0 - 25	0 - 64	No
2	1,25 - 2,5	25 - 50	64 - 127	Adecuado
3	2,5 - 3,75	50 - 75	127 - 191	Si
4	3,75 - 5	75 - 100	191 - 255	Si

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Los valores *PWM* descritos anteriormente sirven para el funcionamiento del motor agitador los cuales son acoplados con el IRFZ44N mostrado en la **Figura15-I**. Diseñado para soportar amperajes altos con su respectivo disipador de calor en el tablero de control. Las características del IRFZ44N se describen en la **Tabla 6-II**.

Tabla 6-II: Características del IRFZ44N

Características	Voltaje de ruptura (VDC)	Voltaje Umbral (VDC)	Resistencia de estado ON (m Ω)	Corriente (A)	Temperatura (°C)
IRFZ44N	55	10	17,5	49	175

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.2.4. SELECCIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)

Para este trabajo se utilizó el programa Matlab 2014, la herramienta *Guide* de Matlab permite construir la *HMI*. La *HMI* descrita se encuentra ilustrada en la **Figura 4-II**.

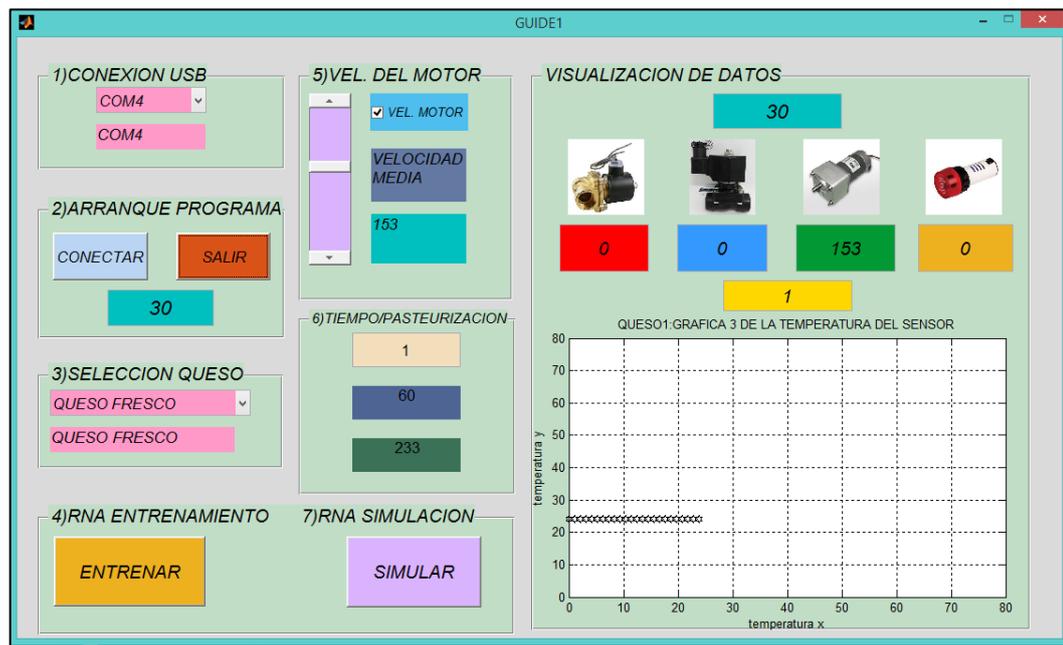


Figura 4-II. Interfaz *HMI*

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016

La pantalla del *HMI* se comunica de manera directa con su tarjeta de adquisición de datos Arduino, además de ofrecer un entorno amigable para su programación.

Como se puede ver en la **Figura 4-II**, la *HMI* se encuentra enumerada de acuerdo a los pasos de ejecución del sistema.

2.2.4.1. CONEXIÓN USB

Aquí se elegirá el puerto de conexión *USB* que permite realizar la comunicación serial entre la tarjeta de adquisición de datos y el controlador Matlab 2014.

2.2.4.2. ARRANQUE PROGRAMA

Dentro de esta sección se encuentran dos botones, el botón *CONECTAR* que realiza la conexión del sistema para el arranque de la *HMI* y el botón *SALIR* que permite salir del programa de la *HMI* una vez acabado el proceso de pasteurización además, se puede

visualizar un objeto de texto-numérico que nos permite visualizar el valor de temperatura inicial.

2.2.4.3. SELECCIÓN QUESO

Esta sección permite seleccionar el tipo de pasteurización de leche para un queso específico, teniendo como opciones queso fresco, andino o maduro y queso ácido o mozzarella. Es importante notar que se debe seleccionar alguno para el siguiente paso que es el entrenamiento.

2.2.4.4. RNA ENTRENAMIENTO

En esta sección se encuentra el botón ENTRENAR, como su nombre lo indica este botón permite realizar el entrenamiento de las RNA de subida y bajada del queso anteriormente seleccionado.

2.2.4.5. VELOCIDAD DEL MOTOR

En este apartado se encuentra un slider que permite variar la velocidad del motor, cabe recalcar que aquí se debe elegir una velocidad al menos mayor a 5 para que el programa no lo tome como un error de activación de salidas *PWM*. En la parte derecha de este apartado se encuentra un *checkbox* el cual se tarjará con un visto al momento de seleccionar la velocidad *PWM* que la tomamos como adecuada después de varias pruebas de arranque con carga véase **Tabla 3-III**. También hay campos donde se visualiza que velocidad tiene el motor y su valor numérico de bits *PWM*.

2.2.4.6. TIEMPO PASTEURIZACIÓN

En esta sección se encuentran tres campos de tipo texto-numérico, el primero de arriba hacia abajo es un *edit-text* que permite colocar el tiempo de pasteurización en minutos en este solo pueden ir números de tipo entero no fraccionario, si se desea colocar por ejemplo 30 segundos se deberá escribirlo como medio minuto es decir 0.5 separado por punto no por coma el valor decimal. El siguiente campo nos muestra el valor que ingresamos anteriormente transformado a segundos y el tercero nos muestra un arreglo de reloj que irá contando hasta alcanzar el tiempo de pasteurización, una vez alcanzado este tiempo el programa sigue con su ejecución.

2.2.4.7. SIMULACIÓN

Aquí se tiene un botón llamado SIMULAR que permite simular las redes neuronales, estos valores de simulación darán los valores usados tanto para entradas y salidas de los actuadores, cabe recalcar que para simular las RNA se debe colocar previamente los valores de velocidad *PWM* y el tiempo de pasteurización sino el sistema lo toma como un error de ejecución por la falta de estos datos.

2.2.4.8. VIZUALIZACIÓN DE DATOS

Aquí se realiza el correcto monitoreo del sistema, el primer cuadro de arriba hacia abajo nos muestra el valor de temperatura que se genera después de la simulación de las RNA, más abajo se pueden notar las imágenes de los respectivos actuadores con sus valores de actuación siendo “0” apagado y “1” encendido también bajo la gráfica del motor agitador podemos visualizar su valor *PWM*.

Se tiene una gráfica en tiempo real de temperatura del sensor, este es muy importante ya que en caso de no existir la gráfica tanto antes como después del entrenamiento quiere decir que hay algún error de medición por desconexión de cables del sensor.

2.2.5. SELECCIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN/SALIDA DE DATOS

Para la selección de la tarjeta de adquisición y salida de datos se realizó un análisis de la cantidad de entradas y salidas a utilizar. A continuación se detalla la cantidad de entradas necesarias en la **Tabla 7-II**. Mediante esta se pudo establecer que la tarjeta de adquisición de datos debe proveer al menos una entrada de tipo digital para el sensor DS18B20.

Tabla 7-II: Descripción de entradas de la tarjeta de adquisición/salida de datos.

No.	Descripción	Tipo	Cantidad
1	Sensor de temperatura DS18B20	Digital	1

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

En la **Tabla 8-II** se describe la cantidad de salidas necesarias para la selección de la tarjeta de adquisición y salida de datos en donde se establece que son necesarias al menos cuatro salidas digitales y una salida analógica/*PWM*.

Tabla 8-II: Descripción de salidas de la tarjeta de adquisición/salida de datos

No.	Descripción	Tipo	Cantidad
1	Electroválvula de vapor de agua	Digital	1
2	Electroválvula de agua fría	Digital	1
3	Moto-reductor agitador	Analógica/PWM	1
4	Alarma piloto	Digital	1
5	Salida a relé	Digital	1

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.2.5.1. SELECCIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISIÓN/SALIDA DE DATOS ARDUINO MEGA 2560

Después de identificar el número de entradas y salidas a utilizar se escogió la tarjeta Arduino Mega 2560 como tarjeta de adquisición y salida de datos ya que; entrega la cantidad y tipo de datos a utilizar tanto para las entradas y salidas en el proceso de pasteurización de leche, además brinda la facilidad de realizar el cableado correspondiente de forma organizada y se puede utilizar una alta velocidad de transmisión de datos. La placa Arduino 2560 seleccionada, posee las siguientes características apreciables en la **Tabla 9-II**

Tabla 9-II: Características del Arduino Mega 2560

No.	Descripción	Tipo	Cantidad
1	Entradas /salidas	Digitales 5VDC	54
2	Entradas Analógicas	Analógicas	15
3	Voltaje operativo	5VDC	1
4	Voltaje entrada	7-12 VDC	1
5	Corriente DC por pin entrada/salida	40 mA	54
6	Alimentación	5VDC	2
7	Memoria flash	256 Kb	1
8	Sram	8K	1
9	Eeprom	4K	1

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.2.6. SELECCIÓN DE LA INTERFAZ DE POTENCIA

Para la activación de los actuadores que tienen salidas de tipo digital se utilizó un arreglo de relés auto protegidos para poder accionar las distintas cargas que son alimentadas con 110VCA y controladas con 5VCD. En la **Tabla 10-II** se describen las características del módulo de relés utilizado como interfaz de potencia.

Tabla 10-II: Características del módulo de relés

No Relés	Voltaje de trabajo (VDC)	Corriente de trabajo (A)	Dimensión (cm)	Corriente máxima de salida (A)	Voltajes de salida
4	5	0.2 - 0.8	7.7x5.5x2	10	250VCA 30VCD

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016

2.2.7. SELECCIÓN DE FUENTE EXTERNA DC PARA EL MOTOR AGITADOR

Para la alimentación del motor se seleccionó una fuente de alimentación universal de *notebooks* monofásica con carcasa de plástico. Esta fuente se encuentra ilustrada en la **Figura 17-I**. Esta fuente proporciona el voltaje y el amperaje requerido para la alimentación del moto-reductor DC ya que; no es necesario alimentarla para cubrir toda su potencia de consumo ya que tiene una caja reductora que brinda el torque necesario para mover las aspas, las características de la fuente se encuentran en la **Tabla 11-II**.

Tabla 11-II: Características de la fuente de alimentación

Características	Frecuencia (HZ)	Voltaje in(VAC)	Voltaje Out(VDC)	Corriente (A)	Potencia (W)
Fuente	60	110	24	3	70

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.2.8. SELECCIÓN LUZ PILOTO CON ZUMBADOR O ALARMA PILOTO

Se seleccionó una alarma piloto de color rojo la cual se activa cuando el proceso de pasteurización haya terminado, esta alarma indica que se debe retirar el producto del pasteurizador. La **tabla 12-II** describe las características de la alarma piloto.

Tabla 12-II. Características de la alarma piloto

Característica	Brillo cd/m2	Fluctuación de voltaje (%)	Índice	Trabajo mínimo (mA)	Tensión máxima de Soporte (Kv)
Luz piloto con zumbador	≥ 100	± 20	≥ 100	≤ 20	1

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.3. CONEXIÓN DE LOS DIFERENTES COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

A continuación se detallarán como se encuentran conectados los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos usados a lo largo del sistema.

2.3.1. CONEXIONES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL ARDUINO 2560

Aquí se detallan los elementos utilizados para las conexiones al Arduino Mega 2560, para sus entradas digitales, así como los actuadores utilizados y conectados a cada salida del mismo. Además se describe las características para su conexión.

2.3.1.1. ENTRADAS AL ARDUINO 2560

El dispositivo Arduino cuenta con un total de 54 entradas/salidas digitales de las cuales una es usada como entrada para la conexión del sensor véase **Figura 12-I**.

Para el entendimiento: una señal digital puede tener un número definido de valores en instantes de tiempo determinados.

La entrada digital conectada directamente hacia el Arduino no necesita de adecuación alguna de linealización del sensor ya que este de tipo digital. A continuación se detalla la entrada utilizada en la **Tabla 13-II**.

Tabla 13-II: Descripción de la conexión de la entrada digital hacia la placa Arduino 2560

Entradas	Descripción
Ent1	Se encuentra conectada al sensor DS18B20, el cual sirve para la adquisición de la señal de la temperatura enviada desde la marmita en tiempo real a través del Pin 2 .

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.3.1.2. SALIDAS DEL ARDUINO 2560

Existe un total de 4 salidas digitales y 1 salida analógica/*PWM*. A continuación en la **Tabla 14-II** se detalla cada una de estas salidas.

Tabla 14-II: Descripción de salidas del Arduino 2560

Salidas	Descripción
Salida 1	Se encuentra conectada para la activación de la electroválvula de vapor de agua la cual; será conmutada por un relé permitiendo que se encienda o se apague. Esta salida se encuentra conectada por el Pin 6 de Arduino.
Salida 2	Se encuentra conectada para la activación de la electroválvula de agua fría la cual; será conmutada por un relé permitiendo que se encienda o se apague. Esta salida se encuentra conectada por el Pin 7 de Arduino.
Salida 3	La salida 3 es una salida de tipo analógica/ <i>PWM</i> que permitirá realizar el control de velocidad del motor agitador de 24VDC mediante el IRFZ44N, esta salida se encuentra conectada por el Pin 8 de Arduino.
Salida 4	La salida 4 está destinada a la activación de la alarma piloto la cual, es conmutada por un relé. Esta es de tipo digital y se encuentra conectada por el Pin 9 de Arduino,
Salida 5	La salida 5 es una salida de tipo digital que permitirá realizar la activación del módulo de relés, esta salida se encuentra conectada por el Pin 10 de Arduino.

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor 2016.

2.3.2. CONEXIÓN SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura puede ser conectado de dos diferentes formas, según la **Figura 5-II**. Este sensor se encuentra instalado en el interior de la marmita por lo cual se utilizó cable apantallado **Figura 12-I** para llevar la señal del sensor al tablero de control el cual es conectado al **Pin 2** de la tarjeta Arduino a través de la tarjeta de interconexiones de la **Figura 8-II**.

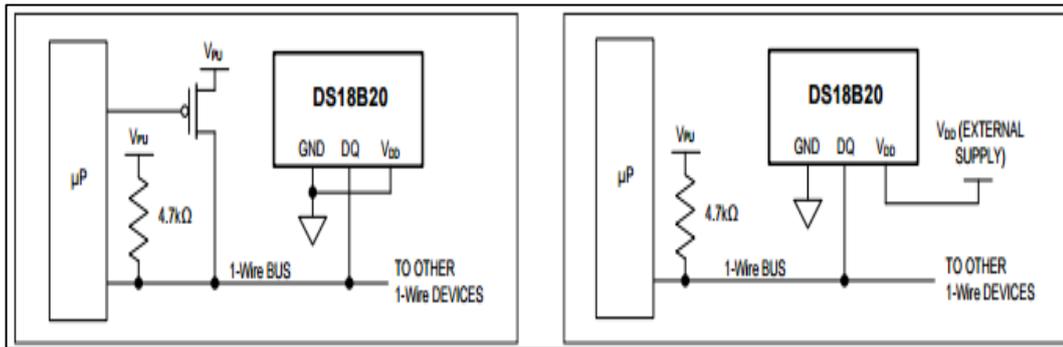


Figura 5-II: Modo de conexiones parásito y a fuente del sensor DS18B20

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

2.3.2.1 CONEXIÓN MODO PARÁSITO

La conexión en modo parásito permite conectar el sensor DS18B20 sin la necesidad de utilizar una fuente de alimentación externa ya que; el pin de alimentación será conectado a tierra como se muestra al lado izquierdo de la **Figura 5-II**, esta conexión puede o no utilizar una resistencia de pull-up (jaladera) mínima de $4,7Kohm$, y es por lo general utilizada para conexión a distancias largas.

2.3.2.2. CONEXIÓN CON FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La conexión con fuente de alimentación permite conectar el sensor DS18B20 a una fuente de alimentación externa de entre 3 y 5,5 VDC (voltaje de corriente directa), usando para esta una resistencia de pull-up o pasador de mínimo $4,7Kohm$, esta conexión se utiliza cuando el sensor no es conectado a largas distancias, o cuando el sensor es alargado con cable apantallado como se puede observar al lado derecho de la **Figura 5-II**.

2.3.3. CONEXIÓN DEL MOTO-REDUCTOR AGITADOR DC

La señal enviada desde Matlab para la activación del motor agitador pasa por la tarjeta Arduino por el **Pin 8**, este es conectado a la tarjeta de interconexiones ver **Figura 8-II** y llevado hacia la marmita con cable $2*14$ AWG (calibre de conductor americano) de audio. Para la alimentación del motor se utilizó la fuente universal utilizando su voltaje a 24 voltios ilustrado en la **Figura17-I**

2.3.4. CONEXIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS

La conexión de las electroválvulas hasta las borneras del tablero de control se la realiza con cable 3*14 AWG ya que son cargas a 110 VAC (voltaje de corriente alterna), las electroválvulas son activadas por el módulo de relés el cual se encuentra conectado a la placa de interconexiones y esta a su vez a las respectivas salidas de Arduino.

2.3.5. CONEXIÓN LUCES PILOTO Y ALARMA PILOTO.

Se encuentra conectada una luz piloto de color verde en paralelo al breaker de alimentación general de 110VAC usando cable 14 AWG de audio, las luces piloto están conectadas en paralelo a la carga de la cada electroválvula, se tiene conectada una luz piloto color roja para la electroválvula de vapor de agua y una luz piloto color azul para la electroválvula de agua fría y son conectadas con cable 14AWG de audio.

La alarma piloto se encuentra conectada con cable 14AWG de audio, desde el exterior del tablero de control hacia las borneras de carga en el interior del tablero.

Estas luces y alarma piloto funcionan a 110 VAC por lo que; cada contacto común de los relés que activan estas cargas están conectados a fase y cerradas a neutro con su respectiva carga.

2.3.6. TARJETA DE INTERCONEXIONES

Para facilitar la conexión de las respectivas entradas, salidas, cargas y sus circuitos de potencia, se diseñó e implementó una tarjeta de interconexiones la cual; permite acoplar las de forma rápida y sin el uso de muchos cables a todo el sistema.

2.3.6.1. DISEÑO, SIMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA TARJETA DE INTERCONEXIONES

El diseño y simulación de la tarjeta de interconexiones se lo realizó utilizando el software de ingeniería Proteus/Isis 8 Profesional, esta tarjeta permite conectar el sensor DS18B20, las entradas y salidas de la placa Arduino Mega 2560, el motor agitador con su respectiva interfaz de potencia, visualizadores y las fuentes de alimentación necesarias para el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados en este proyecto de titulación. La **Figura 6-II** muestra el diagrama de interconexiones realizado en Proteus/Isis.

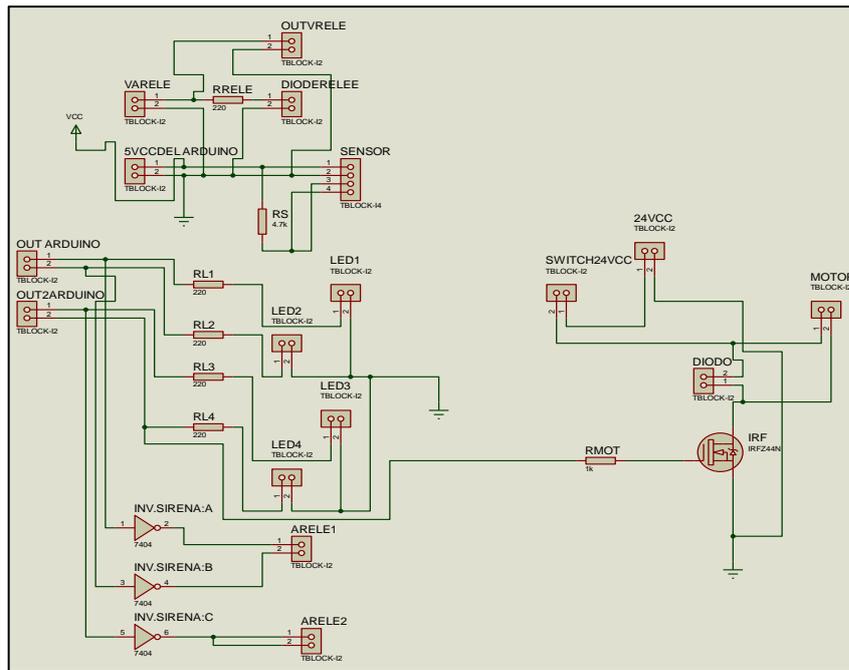


Figura 6-II. Diagrama de Conexión de la tarjeta de Interconexiones en Proteus/Isis.

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Una vez que se comprobó que el diagrama de conexión de la tarjeta de interconexiones no poseía errores se diseñó las pistas para el circuito impreso. Estas pistas fueron diseñadas con el software Proteus/Ares 8 Profesional siguiendo las normas y parámetros para la realización de diseños de circuitos impresos, el diseño de las pistas fueron a un solo lado como lo muestra la **Figura 7-II:**

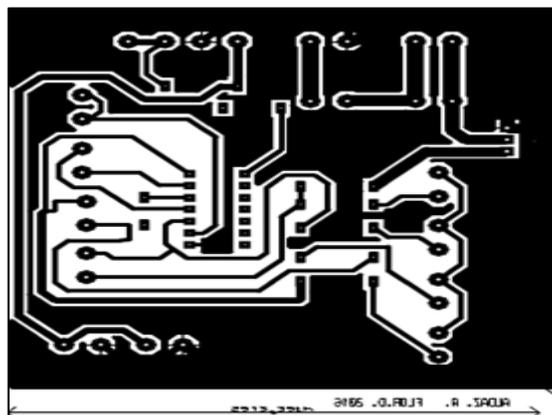


Figura 7-II. Pistas de la tarjeta de interconexiones realizadas con Proteus/Ares

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

La **Figura 8-II**, hace referencia al circuito de interconexiones eléctricas y electrónicas terminado, el cual sirve para conectar la mayoría de componentes del sistema sin la utilización de muchos cables.

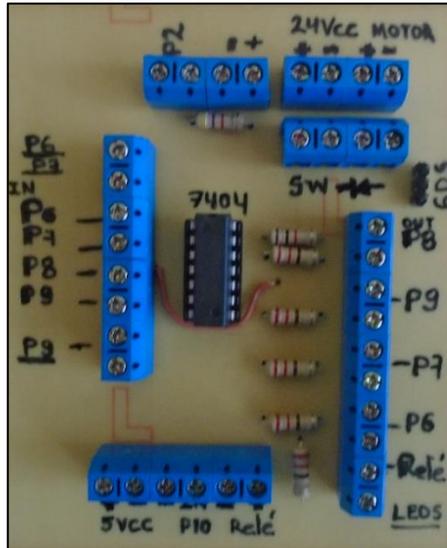


Figura 8-II: Tarjeta de Interconexiones finalizada.

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.4. INSTALACIÓN DE ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS EN EL TABLERO DE CONTROL

El tablero de control utilizado es de la marca BEUCOP, cuyas medidas son 30 cm de alto, 40 cm de ancho y 20 cm de profundidad, dentro de este se encuentran empotrados todos los elementos de control. En la **Tabla 15-II** se detalla la ubicación de los elementos.

Tabla 15-II: Elementos instalados en el tablero de control

Cantidad	Descripción del elemento	Punto instalado
1	Placa Arduino 2560	Interior del tablero
2	Módulo de relés	Interior del tablero
1	Tarjeta de Interconexiones	Interior del tablero
1	Breaker	Interior del tablero
1	Fuente universal VDC	Interior del tablero
1	Borneras de conexión y carga	Interior del tablero
1	Luz piloto verde	Puerta del tablero
1	Luz piloto azul	Puerta del tablero
1	Luz piloto roja	Puerta de tablero
1	Alarma piloto	Puerta del tablero
1	Indicador de relés led color rojo	Puerta del tablero
1	Indicador led PWM azul	Puerta del tablero
1	Switch on/off motor agitador	Puerta del tablero

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Para el montaje de los elementos sobre la puerta del tablero de control se realizaron varios orificios con brocas metálicas y sacabocados para la instalación de los elementos de visualización, alarma y switches de control. La **Figura 9-II** muestra la parte exterior del tablero de control con todos sus elementos anclados a él.



Figura 9-II. Puerta tablero de control

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Para el montaje de los dispositivos y elementos en el interior del tablero de control se repartió sus elementos de manera adecuada, tomando en cuenta las normas de cableado para que no existan cortos circuitos ni desconexiones la **Figura 10-II** muestra la ubicación de los elementos dentro del tablero de control.

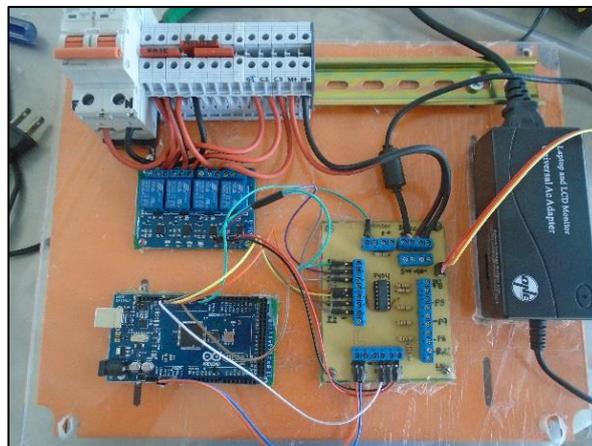


Figura 10-II: Interior del tablero de control

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz Dennis Flor, 2016.

Para el cableado interno del tablero de control se utilizó cables calibre 14 AWG, calibre 18 AWG y cables de Arduino de acuerdo a la necesidad de cada conexión dentro de dicho tablero de control. Una vez culminado el trabajo de montaje y cableado en su totalidad en el tablero de control como se puede observar en la **Figura 11-II** el cableado y la instalación de todos los elementos en el tablero de control.

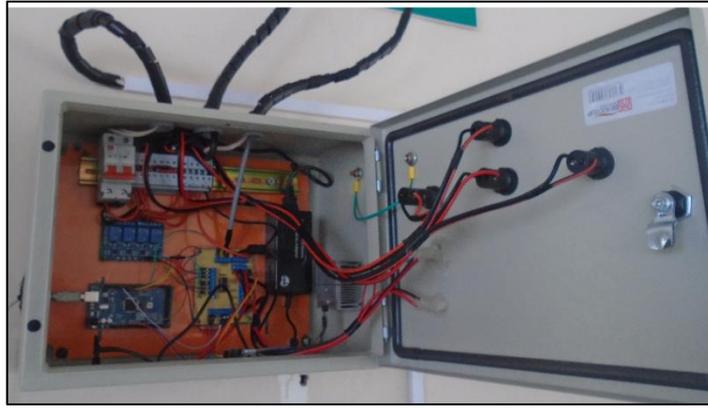


Figura 11-II. Tablero de control terminado

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor 2016

Se utilizó distintas numeraciones de cables desde la marmita hacia el tablero de control, estos calibres fueron elegidos siguiendo las normas de diseño y dimensionamiento de cables y aumentando un 25% del consumo del motor que se debe tener en cuenta al dimensionar cables para motores, también se compacto los distintos cables usando espiral plástico de envoltura de conductores como se muestra en la **Figura 12-II.**



Figura 12-II. Cableado hasta el motor

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz Dennis Flor, 2016

2.4.1. ENCENDIDO Y APAGADO GENERAL

Para el encendido del sistema se debe dar inicio a la *HMI* el cual ejecutará al programa *GUIDE* de Matlab posteriormente se escogerá el puerto COM (medio de salida de comunicación) de una serie de puertos que se visualizan. El sistema va a comenzar siempre y cuando se encuentre conectado la PC con Arduino a través del puerto COM seleccionado. Para energizar el tablero de control deberá activarse el breaker ubicado en el interior del tablero del mismo, y al momento de conectar el Arduino al computador también se energizarán las placas internas para comenzar a funcionar, la luz piloto color verde instalada indicará cuando este energizado el tablero de control.

Al activar el breaker se energizará la fuente del motor para que ya este esté listo para funcionar pero no comenzará si no está activado el switch on/off ubicado en la puerta del tablero.

2.5. REACONDICIONAMIENTO DEL PASTEURIZADOR

La pasteurización de leche con método *VAT* se lo venía desarrollando de forma manual en una marmita que no brindaba las condiciones higiénicas ni de seguridad tanto para el operario como para la materia prima, la marmita anterior servía para el proceso de pasteurización de leche pero era de tipo manual, todo el proceso era controlado por el operador con instrumentos manuales.

Para tomar las mediciones de temperaturas se utilizaba un termómetro de alcohol el cual era sumergido varias veces por el operario, la homogenización se lo realizaba con un batidor manual de madera, el operario también era el encargado de abrir el flujo de vapor y de agua fría para la pasteurización, esto hacía que el operario permaneciera todo el tiempo verificando el proceso hasta el momento de la finalización, además su estructura era muy ambigua ya que también tenía una deformidad por el uso que se le ha dado durante muchos años cumpliendo ya su tiempo de vida útil.

En estas condiciones no era posible obtener el óptimo proceso de pasteurización de leche para la elaboración de quesos por lo que; conociendo la situación inicial de dicha marmita se realizó el diseño y elaboración de una nueva marmita que nos permita realizar el proceso de pasteurización para la elaboración de quesos pero de forma automática.

En la siguiente **Figura 13-II** se puede observar cómo era el estado anterior de la marmita.



Figura 13-II. Marmita Manual

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Denis Flor 2016.

En el desarrollo del trabajo de titulación se implementó una nueva marmita que contiene lo siguiente:

- Una tapa con un diseño mejorado para la automatización.
- 1 moto-reductor agitador para la homogenización.
- 1 electroválvula de cobre de alta presión para la circulación de vapor de agua.
- 1 electroválvula de plástico para la circulación de agua fría.
- 1 sensor dentro de la marmita para recibir los datos de medición de temperatura.

También se realizó el cambio de tuberías y llaves de paso manuales ya que las anteriores se encontraban en muy mal estado, se separaron las tuberías de vapor y de agua fría para una óptima automatización.

El diseño de la nueva marmita como se ve en la **Figura 14-II** fue realizado utilizando el software de ingeniería Solidworks 2013.

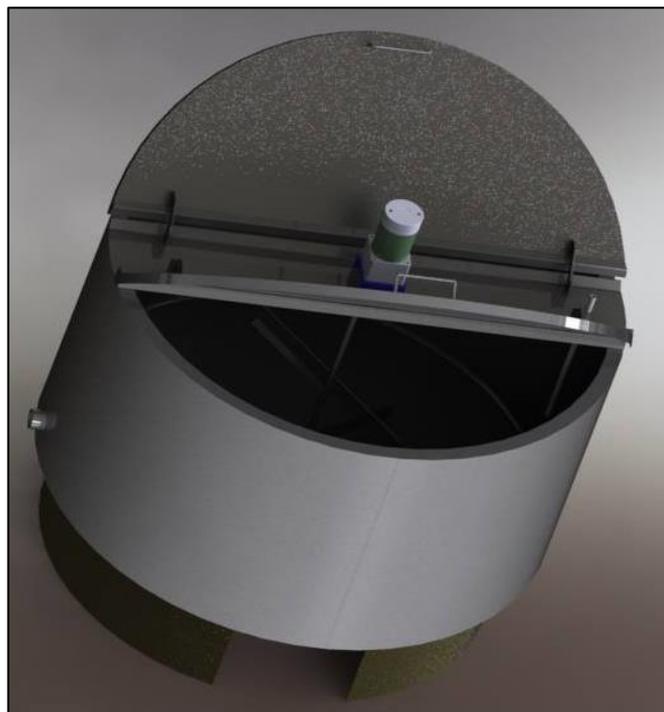


Figura 14-II. Diseño de la nueva marmita en Solidworks 2013

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor 2016.

En la **Figura 15-II** se ilustra la nueva marmita realizada para el proceso de pasteurización de leche de forma automática.



Figura 15-II. Marmita o pasteurizador modificado

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

2.6. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se detallarán cada una de las partes de programación de las cuales está formada el sistema de pasteurización, y sus respectivas líneas de código.

2.6.1. PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN/SALIDA DE DATOS

Se realizó una ligera modificación al código de entradas digitales prevista en:

Analog and Digital Input and Output Server for MATLAB (Giampiero Campa, Copyright 2012), con la finalidad de adaptar nuestro sensor dentro de la tarjeta de adquisición de datos Arduino.

Arduino nos brinda un entorno de programación donde se conjugan y encierran las funciones básicas del programa que son:

- **Void setup ():** La función *setup*(), debe contener por lo general la declaración de todas las variables, métodos de comunicación a utilizar por el programa entre otros, estas se declaran y usan una sola vez en el programa.
- **Void loop ():** La función *loop* (), se ejecuta después de la función *setup* (), esta función es la encargada de mantenerse leyendo y escribiendo los datos que son usados por las entradas y salidas del programa, esta parte es la que genera la mayor parte de trabajo en el programa. **La Figura 16-II** muestra la programación para la captación de datos del sensor DS18B20.

```

if(val==99)
pin=val-97;
#define Pin pin //Se declara el pin donde se conectará la DATA
OneWire ourWire(Pin); //Se establece el pin declarado como bus para la comunicación OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se instancia la librería DallasTemperature
sensors.begin(); //Se inician los sensores
sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura

int temp;
temp=sensors.getTempCByIndex(0);
Serial.println(temp); //Se lee e imprime la temperatura en grados Celsius
delay (500);}

```

Figura 16-II. Programación para la lectura del sensor DS18B20 en Arduino 2560

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor 2016.

Para la captación de datos del sensor DS18B20 se declara el Pin 2 de entrada del sensor para la comunicación OneWire prevista por Arduino.

Se instalan las librerías One Wire y DallasTemperature que entregarán el valor captado por el sensor y se inicia el sensor.

Se prepara el sensor para su correcta lectura y se almacena el valor leído en una variable llamada temp esta variable mostrará el valor en grados centígrados por el puerto serial con un *delay* o pause de 500 milisegundos para que lea en tiempo real.

Este valor es el que se leerá en el HMI de Matlab. Cabe recalcar que se puede utilizar una velocidad de transmisión de datos entre Arduino y Matlab de hasta 115200 baudios.

2.6.2. PROGRAMACIÓN DE LA HMI DEL SISTEMA EN GUIDE MATLAB

La HMI utilizada en el sistema de pasteurización de la Figura 4-II consta de 8 etapas cuyas líneas de programación se observan en el **anexo A**.

CAPÍTULO 3

3. PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo es de especial atención para medir los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas en el sistema, además se detallan las adecuaciones necesarias para garantizar que el proceso que se va a realizar culmine exitosamente esto con la ayuda de los métodos inductivo-deductivo, científico-heurístico, experimental y comparativo.

A continuación se especificarán las pruebas realizadas para el mejor rendimiento del proceso de pasteurización, las pruebas de temperaturas y tiempos de pasteurización se detallan bajo NORMAS NTE INEN previstas en el **anexo C** y según datos utilizados en la planta de lácteos por el Ing. Marco Manzano-Jefe Planta de Lácteos ESPOCH.

3.1. MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Para la medición de temperaturas se utilizó un sensor DS18B20 el cual permite realizar mediciones óptimas de temperatura de 0 a 85°C, este rango es más que suficiente para la utilización del sistema ya que la temperatura máxima a utilizar en el mismo será de 65°C, este sensor se encuentra ubicado en un túbulo de acero inoxidable dentro de la marmita a una altura baja para poder realizar mediciones con poca o mucha leche dentro del pasteurizador. Generalmente la planta de lácteos ESPOCH produce quesos 2 veces por semana en días laborables tanto para entrega como para prácticas de estudiantes, en un día de producción se tomaron 20 lecturas de temperatura al azar durante el tiempo de pasteurización para la elaboración de queso de tipo fresco véase la **Tabla 1-III**.

Tabla 1-III: Comparación temperaturas *HMI* sensor DS18B20 vs Termómetro de Alcohol

LECTURA	TEMPERATURA (°C) TOMADO DESDE EL HMI SENSOR DS18B20	TEMPERATURA (°C) TOMADO DESDE EL TERMÓMETRO DE ALCOHOL
1	10	11
2	12	12
3	13	12
4	13	13
5	20	21
6	22	22
7	24	25
8	25	27
9	30	32
10	33	33
11	60	61
12	70	69
13	64	63
14	52	54

15	47	45
16	43	44
17	40	40
18	35	36
19	31	31
20	20	20
Valor promedio o media aritmética de la Temperatura	33,2	33,55

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016. (Continuación)

Con estos datos se realizó un análisis estadístico para la comparación de dos tratamientos con la prueba de T-Student ya que; esta prueba nos permite utilizar una muestra de hasta 30 datos cuando se sigue una Distribución Normal.

Para determinar si los valores de temperatura dados por el Sensor DS18B20 y por el Termómetro de Alcohol siguen una distribución normal se utilizó una prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para posteriormente realizar una prueba de Distribución de T Student, teniendo las hipótesis siguientes:

H₀: Los datos siguen una distribución normal (hipótesis nula).

H_a: Los datos no siguen una distribución normal (hipótesis alterna).

La prueba de normalización de datos se especifica en la **Tabla 2-III**.

Tabla 2-III: Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk

DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Signi.
VALORES DE TEMPERATURA	SENSOR DS18B20	0,126	20	0,200*	0,935	20	0,192
	TERMÓMETRO DE ALCOHOL	0,112	20	0,200*	0,933	20	0,179

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Al realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk notamos que se obtiene un valor de significancia (Signi.) igual a 0,192 para el sensor DS18B20 y (Signi.) de 0,179 para el termómetro de Alcohol, los cuales son mayores al nivel de significancia de 0,05 por lo que; se puede concluir que: los datos siguen una distribución normal.

Se realizaron los estadísticos de grupo para el sensor DS18B20 y para el termómetro de Alcohol para así realizar la prueba de Distribución de T Student con un tamaño de la muestra de 20 lecturas con un nivel de confianza del 95% (valor de significancia de 0,05), teniendo como Hipótesis:

H₀: La media de los datos captados por el sensor es igual a la media de datos de temperatura captados por el termómetro de alcohol (hipótesis nula)

H_a: La media de los datos captados por el sensor **no** es igual a la media de los datos de temperatura captados por el termómetro de alcohol (hipótesis alterna)

En la **Tabla 3-III** se observa los estadísticos de grupo

Tabla 3-III: Estadísticos de grupo

DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
VALORES DE TEMPERAURA	SENSOR_DS18B20	20	33,20	17,999	4,025
	TERMÓMETRO DE ALCOHOL	20	33,55	17,834	3,988

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

En la **Tabla 4-III** se refiere a la prueba de T Student en el programa estadístico SPSS.

Tabla 4-III: Prueba T para muestras independientes

PRUEBA DE LEVENE PARA LA IGUALDAD DE VARIANZAS		PRUEBA T PARA LA IGUALDAD DE MEDIAS								
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Error típ. de la Dif.	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inf.	Sup.
VALORES DE TEMP.	Se han asumido varianzas iguales	,003	,955	-,062	38	,951	-,350	5,666	-11,820	11,120
	No se han asumido varianzas iguales			-,062	37,997	,951	-,350	5,666	-11,820	11,120

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Realizada la prueba de Levene se determina una igualdad de varianzas al tener una significancia (Sig.) de 0,955 la cual es mayor al valor de significancia del 0,05 utilizado en los cálculos. Se obtuvo un estadístico con la prueba de T Student (T) = -0,062 y un valor crítico a dos colas (Sig. bilateral) de $\pm 0,951$ dando como resultado la aceptación

de la hipótesis nula de este tratamiento por lo que; se puede utilizar el sensor DS18B20 para la captación de temperaturas.

La **figura 1-III** representa a la zona de la aceptación de la hipótesis nula para la utilización del sensor DS18B20 realizada en el programa estadístico GeoGebra.

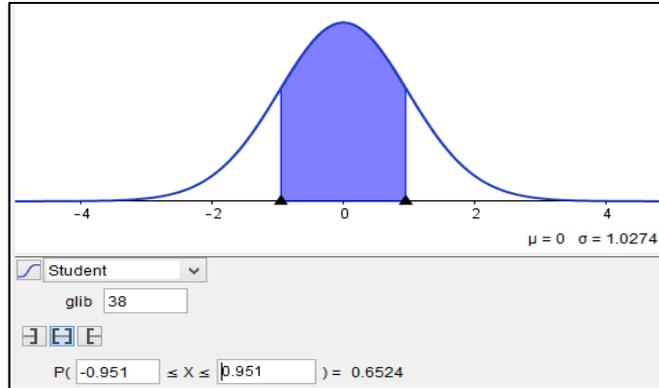


Figura 1-III. Zona de Aceptación para la utilización del Sensor DS18B20.

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor ,2016.

3.2. HOMOGENIZACIÓN

Para el proceso de homogenización se usó un conjunto moto-reductor marca Motor King Righth sf7152, y unas aspas que van acopladas al eje del motor. **Véase Figura 2-III.**

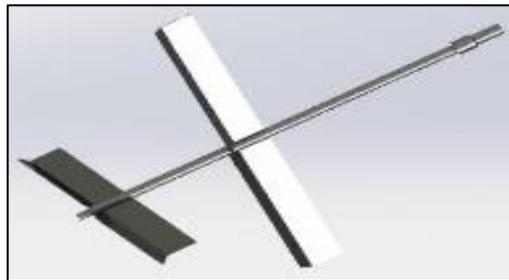


Figura 2-III. Aspas del pasteurizador

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016

Primero se usó un eje directo entre las aspas y la marmita los cuales generaban perdida de torque del motor reductor haciendo que el motor no arranque, se pudo superar el factor de rozamiento entre las aspas y la marmita realizando un redondeo en el eje final de las aspas y así se provee un arranque muy similar a distintas cargas de leche.

Se realizaron 11 pruebas de arranque con distintas cargas normalmente utilizadas en la planta de lácteos ESPOCH sin utilizar un modelo probabilístico y se obtuvieron las siguientes medias de valores Véase **Tabla 5-III** con lo que se determina que se necesita al menos 87 bits *PWM* para que el motor en conjunto con las aspas empiecen a girar al estar con carga dentro de la marmita; se puede decir que el motor está trabajando a un ciclo de **34,5%** de su valor máximo *PWM*. Ver **Tabla 5-II**.

Tabla 5-III: Velocidad de arranque motor agitador

MUESTRA	NÚMERO DE LITROS EN LA MARMITA	VALOR PWM PARA ACTIVACIÓN DEL MOTOR AGITADOR
1	0	86
2	50	87
3	100	87
4	150	87
5	200	88
6	250	90
7	300	90
8	350	90
9	400	100
10	450	100
11	500	100

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Como se puede observar en la **Tabla 5-III** se utilizaron 11 muestras utilizando el método heurístico de prueba y error para el arranque del motor agitador, en un rango de 0 a 500 litros usando un intervalo de 50 litros por cada muestra ya que; estos valores son los normalmente usados en la producción de la Planta.

3.3. MEDICIÓN DE TIEMPOS DE RETARDO EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Para determinar el tiempo real que se demora el sistema en relación a los tiempos teóricos de pasteurización se utilizó una muestra de 5 días de producción en la planta de lácteos ESPOCH, en el que cada día se realizaron 4 lecturas con 4 tiempos de pasteurización distintos, esto con el fin de realizar una comparación entre la media de los valores reales y el valor teórico dado como norma para la pasteurización de quesos véase anexo C.

Se utilizó el método de prueba y error para corroborar los datos como se detalla en la **Tabla 6-III**.

Tabla 6-III: Tiempos de retardo de pasteurización del sistema vs tiempos teóricos de pasteurización

Nro. Días	TIEMPOS DE PASTEURIZACIÓN			
	2 MINUTOS	10 MINUTOS	20 MINUTOS	30 MINUTOS
1	1:39	10:12	20:08	30:14
2	1:38	10:06	20:14	30:03
3	1:42	10:09	20:12	30:20
4	1:50	10:12	20:08	30:12
5	1:43	10:06	20:12	30:30
TIEMPO PROMEDIO DE PATEURIZACIÓN	1:424	10:09	20:108	30:158

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

Al momento de comparar los tiempos óptimos teóricos de pasteurización para cada tipo de queso véase anexo C y los tiempos dados por el sistema se tiene un valor de aceptabilidad muy alto por lo que los tiempos cumplen con su propósito, se puede observar que el tiempo con mayor retardo es el de 2 minutos ya que al comparar con la media de los valores reales se comprueba que este es el menos aproximado entre su valor real y su valor teórico, pero no hay problema ya que este es un tiempo que puede ir de 0 a 2 minutos para la elaboración de queso mozzarella véase Anexo C y datos del Jefe de la Planta de Lácteos ESPOCH. (Ing. Marco Manzano, 2016).

3.4. MANIPULACIÓN DIRECTA DEL OPERARIO

Se utilizó el método de inducción para determinar en qué eventos se encuentra presente el operario y ver así en que puede afectar al proceso de pasteurización, teniendo los siguientes resultados en la **Tabla 7-III** en base a la observación.

Tabla 7-III: Manipulación del operario antes y después de la automatización

Secuencia de Pasteurización	Manipulación Antes	Manipulación Después
Ingreso de Materia Prima(leche)	Si	Si
Lectura de temperaturas	Si	No
Homogenización	Si	No
Medición de tiempo	Si	No
Apertura de Válvulas/llaves de paso	Si	No
TOTAL DE PASOS	5	1

Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

En esta tabla se resume de forma rápida los pasos o eventos en los que el operario está en contacto con la materia prima antes y después de la automatización, notando así que antes el operario debía estar presente en 5 de 5 pasos, ahora el operario participa en tan solo 1 paso de los 5; notando así que el sistema implementado e implantado mejora su rendimiento en un 80% en cuanto a la manipulación del operario.

3.5. PRUEBAS DE LA RED NEURONAL EN MATLAB

3.5.1. PLOTPERFORM

Representa las actuaciones de entrenamiento, validación y pruebas dado el registro de entrenamiento usando la función de optimización *MSE*, se puede observar la reducción del índice del error en relación al número de épocas o iteraciones del sistema. Determinando que los valores óptimos de respuesta para la RNA han surgido después de 8 iteraciones usando el paquete RNA de Matlab 2014 como se observa en la **Figura 3-III**

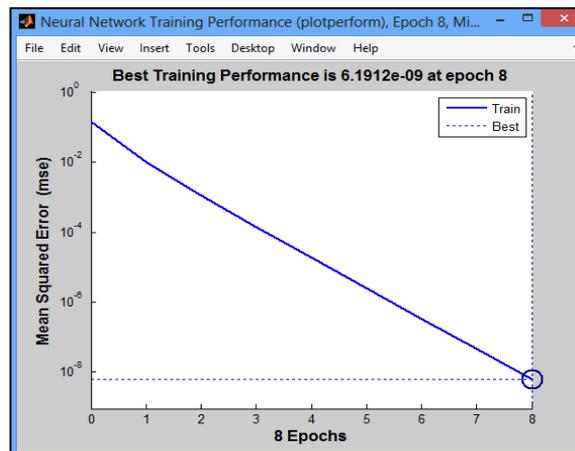


Figura 3-III. Error Cuadrático vs Número de Iteraciones

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

3.5.2. PLOTTRAINSTATE

Representa el estado de la formación de un registro devuelto por el tren de datos, estos indican los valores de disminución del gradiente hasta la convergencia de la RNA, los valores perdidos en la validación y que no existen valores o datos fallidos en 8 iteraciones con lo cual se determina que la RNA está entregando a la salida todos los valores deseados de datos como se puede observar en la **Figura 4-III**.

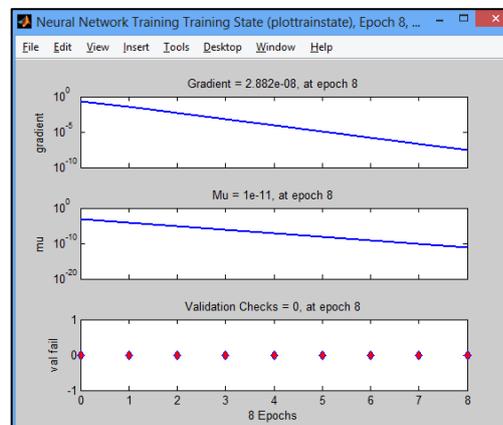


Figura 4-III. Estados de Entrenamiento vs Número de Iteraciones.

Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

3.5.3. PLOTREGRESSION

Es la regresión lineal de los valores de entrada en relación a los objetivos a la salida, esto quiere decir que mediante el entrenamiento y los algoritmos se puede observar como el sistema ha sido linealizado, también se puede determinar que no existen perdidas de datos durante el entrenamiento y que todos los valores son entrenados perfectamente como se muestra en la **Figura 5-III**.

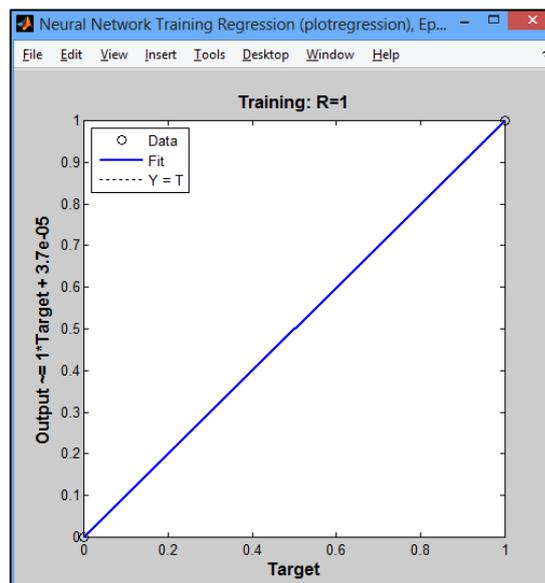


Figura 5-III. Regresión de Datos de Entrenamiento
Fuente: Realizado por: Adrian Aldaz, Dennis Flor, 2016.

3.6. RESPUESTAS DE SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

Los resultados obtenidos en el trabajo de titulación tienen como finalidad dar respuesta a las preguntas planteadas en la sistematización del anteproyecto y presentadas en la introducción de este escrito. Dichos resultados se encuentran descritos en los apartados anteriores. A continuación se dará respuesta a dichas preguntas planteadas.

1. ¿De qué manera afecta la falta de automatización al proceso de pasteurización de leche en la planta de lácteos ESPOCH?

La falta de automatización en la planta de lácteos ESPOCH afecta al proceso de pasteurización de leche obteniendo un bajo rendimiento en cuanto a la calidad, producción, y optimización de recursos que se han encontrado inutilizados o usados de forma poco higiénica dentro de la planta, antes por la falta de automatización no se podían realizar prácticas precisas sobre pasteurización, hoy por hoy se podrán realizar prácticas de pasteurización cumpliendo las NORMAS INEN NTE requeridas que servirán de forma didáctica para que tanto docentes como alumnos aprendan de una manera didáctica y segura. Véase **Tabla 6-III**.

2. ¿Cómo puede afectar la manipulación del operario a la materia prima?

La excesiva manipulación por parte del operario afecta directamente en la materia prima, ya que el operario al estar expuesto a muchos agentes externos puede generar pérdidas o contaminación de la materia prima y esto se produce debido a varias cualidades que presenta el proceso de pasteurización en método abierto, el método abierto requiere de una elevación de temperatura, una correcta homogenización y una lectura de temperaturas precisa en lo que el operario debía estar vigilando todo el proceso exponiendo así la materia prima a contaminación por sudor, por caída de cabello, contaminación por contacto y además por absorción de olores.

Con la reducción de la manipulación del operario con la implantación del nuevo sistema se mitiga las pérdidas y contaminación de materia prima Véase **Tabla 7-III**.

3. ¿En qué afectará la falta de automatización al operario?

La falta de automatización afecta al operario ya que este debe estar expuesto a altas y bajas temperaturas corre el riesgo de posibles accidentes y enfermedades por cambios de temperatura, como por ejemplo quemaduras por contacto directo con la marmita al estar en la etapa de calentamiento o quemaduras por el vapor generado por la leche y el caldero, afecciones respiratoria por calor, stress corporal al estar todo el tiempo realizando los pasos de pasteurización y homogenización Véase **Tabla 5-III** y **Tabla 7-III**

4. ¿Cuáles son las repercusiones de no tener técnicas de control de temperatura para el proceso de pasteurización?

Las repercusiones por no tener técnicas de control de temperatura para el proceso de pasteurización hace que la materia prima pierda sus principales nutrientes por la exposición de temperaturas superiores a las óptimas, también hace que la materia prima no elimine los agentes bacterianos perjudiciales para la salud por ingesta de leche mal pasteurizada esto según datos teóricos de pasteurización , con el sistema implementado se mitigan estas fallas de lecturas de temperatura ya que, el sensor lee continuamente las temperaturas para un correcto monitoreo, así también los tiempos de pasteurización son más exactos . Véase **Tabla 1-III** y **Tabla 6-III**.

CONCLUSIONES

1. El sistema de control inteligente basado en redes neuronales permitió desarrollar el proceso de pasteurización de leche para 3 tipos de quesos mejorando notablemente el rendimiento en el control de la temperatura.
2. El uso y creación de las RNA de tipo *feedforward* con algoritmo *backpropagation L-M* con mitigación del error *MSE*, permitieron la convergencia de los datos de entrada y salida al 100% mediante la utilización de dos RNA, una de subida y otra de bajada tanto para el calentamiento y el enfriamiento de la leche.
3. Con la unión de las plataformas ARDUINO MEGA 2560 y MATLAB 2014 se obtuvo un sistema neurocontrolador de temperatura óptimo con buena respuesta del sistema, mayor flexibilidad y tolerancia a fallos.
4. La correcta distribución de las distintas placas electrónicas dentro del tablero de control suprimió las fallas de tipo eléctrico por desconexión de cables y alambres ya que; se hace muy notoria a la vista y permitirá dar una breve respuesta a estos en caso de existir posteriormente.
5. Gracias al uso de la tarjeta Arduino Mega 2560 se logró enviar y recibir grandes cantidades de datos con velocidades dentro del sistema de hasta 115200 baudios.
6. La implantación del pasteurizador de leche con control basado en RNA redujo la manipulación y riesgos para el operario hasta en un 80%.

RECOMENDACIONES

1. Revisar las hojas de datos de los distintos componentes y actuadores para de esta manera mitigar errores de funcionamiento en el envío y recepción de datos y en la conexión de los mismos.
2. Separar los circuitos de mando y los circuitos de potencia para evitar daños por cortocircuitos, sobretensiones, o ingreso de señales de ruido dentro del tablero de control y en el sistema neurocontrolador.
3. Se puede determinar que el sistema de controlador inteligente también podría ser ejecutado con control fuzzy o borroso como una nueva propuesta de control.
4. Seguir la secuencia de pasos establecidos en la HMI para que no existan fallas en el ingreso, entrenamiento y simulación de las RNA del sistema.
5. Tener en cuenta que deben estar activados los switches, dispositivos de protección y alimentación eléctrica y utilizarlos según el manual de usuario.
6. Verificar la correcta posición del sensor de temperatura DS18B20 dentro de la marmita antes de la homogenización para evitar posibles trabas con las aspas.
7. Verificar que las velocidades de transmisión de datos sean las mismas entre la tarjeta Arduino Mega 2560 y el HMI de Matlab para que no existan pérdidas de datos.

GLOSARIO

One-Wire: Protocolo De Transmisión a un Cable

A: Amperaje o Corriente en Amperios

AC o CA: Corriente Alterna

AWG: American Wire Gauge o Calibre de Conductor Americano

Baudios: Número de unidades de señal por segundo

Backpropagation: Retro propagación

CAD: Diseño Asistido por Computadora

Cd: Candela

Ci: Circuito integrado

cm: Centímetros

CTI: Índice Comparativo

DC: Corriente Directa

Feedforward: Anticipativa/o

G-N: Gauss-Newton

GUI: Interfaces Gráficas de Usuario

HMI: Human Machine Interface (Interface Hombre Máquina)

HTST: High Temperature Short Time (Alta Temperatura- Tiempo Corto)

In: Entrada

ID: Identificador de Dominio

IDE: Entorno de Desarrollo Integrado

Kb: Kilo bytes

Kv: Kilo voltios

L-M: Algoritmo Levenberg-Marquardt

mA: Mili-Amperios

Mbps: Mega bits por segundo

MHz: Mega Hertz o Mega Hercios

Mm: Mili-metros

MOSFET: Transistor de Efecto Campo Metal-Oxido-Semiconductor

MSE: Media de Error Cuadrático

NC: Normalmente Cerrado

NO: Normalmente Abierto

NPN: Unión Negativa-Positiva-Negativa

Out: Salida

PE: Elemento Procesador o nodo

PNP: Unión Positiva-Negativa- Positiva

PSI: Libra por Pulgada Cuadrada

PWM: Pulse Width Modulation (Modulación por Ancho de Pulso)

RNA: Red Neuronal Artificial

Toolbox: Caja de Herramientas

UHT: Ultra High Temperature (Ultra Alta Temperatura)

V: Voltaje

VAT: Método de Pasteurización Lento y Abierto

VCA: Voltaje de Corriente Alterna

VCC o VCD: Voltaje de Corriente Directa o Continua

W: Potencia Eléctrica en Watts

BIBLIOGRAFÍA

1. **Carretero, A.** *Electrónica*. Madrid-España: Editex, 2009. ISBN: 8497715373, 88497715379. P 121
2. **Chapman, J.** *Máquinas eléctricas*. 3ªed. Bogotá-Colombia: McGraw-Hill INTERAMERICANA, S.A. 2000. ISBN: 9584100564, 9789584100566, pp.346-347
3. **Cirovic, M.** *Electrónica fundamental: dispositivos, circuitos y sistemas*. Barcelona-España: Reverte, 1995
4. **Cotero, José.** *Control clásico y control inteligente*. [En línea] 2012. [Consulta: 07 de enero del 2015] de noticias ESPE
5. **Crespo, William.** *Automatización Industrial*. [En línea]. Colombia: William Crespo Avax Ltda, 2011 [Consulta: 19 de Abril de 2016]. Disponible en:
<https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
6. **Escolano, F. et al.** *Sapiens, Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación.*, Madrid-España: Paraninfo., 2003., pp. 91-100.
7. **Flores López, Raquel; & Fernández Fernández, José.** *Las redes neuronales artificiales fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*. La Coruña-España: Gesbiblo S.L.2008 p.33
8. **García, Felipe; Toro, Carlos.** *Diseño e implementación de la red de voz y datos del proyecto call center torre central piso 8.* (Tesis). [En línea] Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología. (Pereira-Colombia). 2013. pp. 50-70 [Consulta: 15 de Noviembre de 2015]. Disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3867/1/6213821G216.pdf>
9. **GÖSTA, Bylund.** *Manual de industrias lácteas TetraPak Processing*. 3ra ed. Madrid-España: Madrid Vicente, 2003. pp204.

10. **Gutiérrez Pulido, Humberto; & De la Vara Salazar, Román.** *Análisis y diseño de experimentos*. 3ªed.México DF-México: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., 2008, ISBN-10: 970-10-6526-3
11. **Hermosa, A.** *Técnicas electrónicas digitales: tecnología y circuitería en TTL y CMOS*. Barcelona-España: Marcombo, 1997. ISBN: 8426711006, 9788426711007
12. **Hernández, L.** *Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diésel*. Barcelona-España: Reverté S.A, 2006, ISBN: 978-84-291-4708-7, pp.58
13. **Hilera Gonzales, José; & Martínez Collantes, Jorge.** *Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, Modelos y Aplicaciones*. Madrid-España: RA-MA / Addison Wesley Iberoamericana, 1995. ISBN: 84-7897-155-6.
14. **El Telégrafo.** *La Producción lechera en ecuador genera \$1600 millones de ventas anuales*. [En línea]. Ecuador: Redacción Economía, 2014 [Consulta: 06 de Noviembre de 2015]. Disponible en:
<http://www.eltelegrafo.com.ec/economia>
15. **Lahoz-Beltrá, R.** *Bioinformática: simulación, vida artificial e inteligencia artificial*. Madrid-España: Díaz de Santos, S.A, 2004, 84-7978-645-0, pp.417
16. **Lozano, J.** *Interfaces Físicas*. [En línea]. Italia: Arduino 2016 [Consulta: 09 de Febrero de 2016]. Disponible en:
<http://www.dtic.upf.edu/~jlozano/interfaces/interfaces8.html>
17. **Barragán, D.** *Manual de interfaz gráfica de usuario en Matlab parte 1* [En línea].Ecuador: B. Diego, 2008, [Consulta: 12 de Agosto de 2015].Disponible en:
https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10740/11/MATLAB_GUIDE.pdf

18. **Mendieta, Olarte, M. & González.** *Diseño de un sistema de control inteligente para un pasteurizador tipo túnel.* [En línea] 2012 [Consulta: 24 de Junio de 2015]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4244296>
19. **Molina, José.** *Teoría del control automático.* [En línea] **2016** [Consulta: 24 de Marzo de 2016]. Disponible en:
<http://www.profesormolina.com.ar>
20. **Muhammad H, R.** *Electrónica de potencia circuitos dispositivos y aplicaciones.* 3ªed. México: PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2003.
21. *Nueva Zelanda el Mayor Productor y Exportador ¿Gracias a China?* [En línea]. Perú: Perulactea, 2014. [Consulta: 06 de Noviembre de 2015]. Disponible en:
<http://www.perulactea.com/2014/06/11/nueva-zelanda-el-mayor-productor-y-exportador-de-leche-del-mundo-gracias-a-china/>
22. **Ogata, K.** *Ingeniería de control moderna.* 5ªed. Madrid-España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010. ISBN: 978-84-8322-660-5, pp 3-6.
23. **Pallás, R.** *Instrumentos electrónicos básicos.* Barcelona-España: Marcombo. 2006. ISBN: 8426713904, 9788426713902
24. **Palma Méndez, José; & Marín Morales, Roque.** “*Inteligencia Artificial: Métodos, técnicas y aplicaciones*”. Barcelona-España: Editorial McGraw-Hill, 2011, 8448156188, 9788448156183, pp. 590-598
25. **Pino Díez, Raúl; & Gómez Gómez, Alberto; & De Abajo Martínez, Nicolás.** *Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva.* Oviedo-España: Publicaciones Oviedo, 2001,84-8317-249-6, pp.32-33

26. **Rojas, Danilo.** *Interfaz Hombre-Máquina- HMI.* [En línea] 2012[consulta: 15 de Noviembre de 2015]. Disponible en:
<https://es.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Maquina-HMI>
27. **Rumelhart, David; & McClelland, James.** *Psychological and Biological Models, Volumen 2.* Cambridge-Massachusetts, London-England: MIT Press, 1986. ISBN: 0262631105, 9780262631105
28. **Santana, H.** *Algoritmo de Levenberg-Marquardt.* [En línea]. Barcelona-España Prezi, 2012 [Consulta: 06 de Noviembre de 2015].Disponible en:
<https://prezi.com/q-ftmaaolss-/algoritmo-de-levenberg-marquardt/>
29. **Yamel Matarollo,** *Cómo funcionan las electroválvulas o válvulas solenoides de uso general.* [En línea]. Monterrey-México: 11de noviembre del 2015 [Consulta: 09 de Febrero de 2016]. Disponible en:
<http://www.altecdust.com/blog/item/32-como-funcionan-las-electrovalvulas-o-valvulas-solenoides-de-uso-general>

ANEXOS

ANEXO A: PROGRAMACIÓN DE LA HMI DEL SISTEMA EN GUIDE MATLAB

CONEXIÓN *USB*

En esta etapa se describirá la elección del Puerto COM del pop menú a utilizar el cual permite enviar y recibir datos cuyas líneas de código se describen

```
global COMn %declaracion de variables eleccion de puertoCOM
puerto=get(hObject,'String');%todo los valores del popupmenu
COM= get(hObject,'Value');%valor de puertoCOM
COMn=puerto{COM};%Commn ej 1,2,3,4
set(handles.text1,'String',COMn);%muestro el valor del Commn elejido en
el estatic text
```

ARRANQUE PROGRAMA

- **CONECTAR**

El código de programación del botón CONECTAR describe la conexión del puerto COM seleccionado en el pop menú COM, también describe las gráficas de los distintos actuadores que se verán de manera inicial en la pantalla en la parte de visualización de datos, se puede notar la programación del valor del lectura del sensor inicial y la gráfica de temperatura inicial.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BOTON CONECTAR PUERTO SERIAL %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
global a COMn sensor sensor1 ;
opc=questdlg('¿DESEA CONECTAR EL PROGRAMA?', 'CONECTAR', 'Si', 'No', 'No');
if strcmp(opc, 'Si')
delete(instrfind({'Port'}, {COMn}));
a = arduino(COMn); % definimos a, como la conexion con arduino en el
puerto COM seleccionado en el pop menu
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%GRAFICAS ACTUADORES
axes(handles.axes2)
background = imread('VALCAL.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes3)
background = imread('VALFRIO.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes4)
background = imread('MOTOR.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes5)
background = imread('ALARMA.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes1);
```

```

%%%valor de lectura del sensor sin RNA
while 1
sensor=a.digitalRead(2);
sensor1=a.digitalRead(2);
set(handles.edit1,'String',sensor1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
cla reset;
whitebg('cyan');
%axes(handles.axes1);
%set(gca,'Color','b');
%b=50;
i=linspace(0,sensor1,sensor1);
for h=1:length(i);
plot(i(1:h),h,'k. ');
axis([0 80 0 80]);
title('GRAFICA DE LA TEMPERATURA DEL SENSOR');
xlabel('temperatura x');
ylabel('temperatura y');
grid on
pause(0.0000000000000001);
axis off
end
end
end
end

```

- **SALIR**

El código de programación del botón salir se lo puede visualizar a continuación.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
global COMn ;
opc=questdlg('¿DESEA SALIR DEL PROGRAMA?','SALIR','Si','No','No');
if strcmp(opc,'Si')
clear all
clc
close all
else
return
end
end

```

SELECCIÓN QUESO

Previo al entrenamiento de las RNA se debe realizar la elección de un tipo de queso a realizar para que así se puedan ingresar los datos a utilizar dentro de las RNA, las líneas de programación de la selección del tipo de queso se detallan a continuación.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
global COMnQ COMQ %declaracion de variables eleccion de puertoCOM
puertoQ=get(hObject,'String');%todo los valores del popmenu
COMQ= get(hObject,'Value');%valor de puertoCOMQ(1,2,3,4)
COMnQ=puertoQ{COMQ};%Comn ej Com1
set(handles.text2,'String',COMnQ);%muestro el valor del Comn elejido
en el estatic text2

```

RNA ENTRENAMIENTO

En esta sección se realiza el ingreso de datos de entrada y salida a las RNA, el entrenamiento, y creación de las RNA para cada tipo de queso.

- QUESO FRESCO

```

%%%%%%%%INGRESO DE DATOS,CREACION Y ENTRENAMIENTO DE LAS RNA
%%%%%%%%%%%%%%%%%%
global net1 net2 net3 net4 net5 net6 COMQ;
switch COMQ
%%%%%%%%%% ASIGNACION DE VALORES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LAS RNA QUESO
FRESCO %%%%%%%%%%%
    case 1
A=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70];
B=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1;
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1];

E=[70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49
48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26
25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2
1 0 -1 -2 -3 -4];
F=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0;
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1;
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1];

%%%%%%%%%% CREACION DE LAS RNA FEEDFORWARD Y ENTRENAMIENTO DE LAS RNA
QUESO FRESCO %%%%%%%%%%%
net1 = newff([0 70],[39 10 3],{'logsig','logsig','logsig'});
net1 = train(net1,A,B);%esto me sirve para entrenar la red y el numero
de iteraciones
net2 = newff([70 -4],[39 9 3],{'logsig','logsig','logsig'});
net2 = train(net2,E,F);%esto me sirve para entrenar la red y el numero
de iteraciones

```

- QUESO ANDINO O MADURO

```
%%%%%%%%%% ASIGNACION DE VALORES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LAS RNA QUESO
ANDINO O MADURO %%%%%%%%%%%
```

```
case 2
G=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71
72 73 74 75 ];
H=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1;
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0;
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1];
```

```
I=[75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54
53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31
30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7
6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3 -4];
J=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1;
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1];
```

```
%%%%%%%%%% CREACION DE LAS RNA FEEDFORWARD Y ENTRENAMIENTO DE LAS RNA
QUESO ANDINO O MADURO %%%%%%%%%%%
net3 = newff([0 75],[38 10 3],{'logsig','logsig','logsig'});
net3 = train(net3,G,H);%esto me sirve para entrenar la red y el numero
de iteraciones
net4 = newff([75 -4],[38 9 3],{'logsig','logsig','logsig'});
net4 = train(net4,I,J);%esto me sirve para entrenar la red y el numero
de iteraciones
```

- **QUESO MOZZARELLA O ÁCIDO**

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ASIGNACION DE VALORES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LAS RNA QUESO
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% MOZZARELLA O ACIDO %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    case 3
K=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71
72 73 74 75 ];
L=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1;
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0;
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1];

M=[75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54
53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31
30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7
6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3 -4];
N=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1;
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% CREACION DE LAS RNA FEEDFORWARD Y ENTRENAMIENTO DE LAS RNA
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% QUESO MOZZARELLA O ACIDO %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
net5 = newff([0 75],[37 10 3],{'logsig','logsig','logsig'});
net5 = train(net5,K,L);%esto me sirve para entrenar la red y el numero
de iteraciones
net6 = newff([75 -4],[37 9 3],{'logsig','logsig','logsig'});
net6 = train(net6,M,N);%esto me sirve para entrenar la red y el numero
de iteraciones
end

```

VELOCIDAD DEL MOTOR

En esta etapa se procede a establecer la velocidad del motor para su respectivo homogenizado, aquí hay tres niveles de velocidad baja, media y alta, el ingreso de la velocidad es un parámetro necesario previo a la simulación del sistema.

De igual manera se tiene instalado un switch en la puerta del tablero de control que al hacer contacto cierra el circuito de motor para que inicie el giro de este en la HMI se

puede observar un indicador de la velocidad que está girando para que el operador pueda observarlo.

Las líneas de programación del slider nos permiten variar las velocidades del motor, también se tarjara un *check box* a la velocidad necesaria para el arranque del motor y su valor será escrito en un *static text* a continuación las líneas de programación.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%VALOR DE LA VELOCIDAD SLIDER
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
global VEL1
handles.slider1=get(hObject,'Value'); %Carga en handles.slider1 el
valor delSlider
VEL=handles.slider1;
VEL1=round(VEL);
set(handles.text3,'String',VEL1); %Escribe el valor de Slider en
statictext

if (VEL1 >=0 && VEL1<=87)
set(handles.text4,'String','VELOCIDAD BAJA');
set(handles.checkbox1,'Value',0) ;

elseif (VEL1 >87 && VEL1<=164)
    set(handles.text4,'String','VELOCIDAD MEDIA');
set(handles.checkbox1,'Value',1) ;

else (VEL1 >164 && VEL1<=255)
set(handles.text4,'String','VELOCIDAD ALTA');
set(handles.checkbox1,'Value',1);
end
```

TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN

Antes de comenzar con la simulación de las RNA se deben marcar los parámetros de tiempo que según el tipo de pasteurizado de queso, este tiempo de pasteurización es un arreglo del valor ingresado de tiempo. Las líneas de programación del tiempo de pasteurización se detallarán en las líneas de programación del botón simular.

RNA SIMULACIÓN

En este apartado se encuentra un botón llamado SIMULAR el cual; como su nombre lo indica nos permite realizar la simulación de las RNA, para que este funcione se deben ingresar los datos de velocidad y tiempo de pasteurización para que no exista fallos, caso contrario el sistema regresa a su punto anterior, las líneas de programación son las siguientes.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SIMULACION Y SALIDA DE VALORES DE SIMULACION RNA QUESO FRESCO
DE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SUBIDA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Ma=sim(net1, sensor1);
Ma1=round(Ma (1, 1));
Ma2=round(Ma (2, 1));
Ma3=round(Ma (3, 1));
Va=Ma3*VEL1;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SIMULACION Y SALIDA DE VALORES DE SIMULACION RNA QUESO FRESCO
DE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BAJADA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Mb=sim(net2, sensor1);
Mb1=round(Mb (1, 1));
Mb2=round(Mb (2, 1));
Mb3=round(Mb (3, 1));
Vb=Mb3*VEL1;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SIMULACION Y SALIDA DE VALORES DE SIMULACION RNA QUESO ANDINO
DE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BAJADA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Mc=sim(net3, sensor1);
Mc1=round(Mc (1, 1));
Mc2=round(Mc (2, 1));
Mc3=round(Mc (3, 1));
Vc=Mc3*VEL1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SIMULACION Y SALIDA DE VALORES DE SIMULACION RNA QUESO ANDINO
DE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BAJADA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Md=sim(net4, sensor1);
Md1=round(Md (1, 1));
Md2=round(Md (2, 1));
Md3=round(Md (3, 1));
Vd=Md3*VEL1;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SIMULACION Y SALIDA DE VALORES DE SIMULACION RNA QUESO
MOZZARELLA DE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SUBIDA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Me=sim(net5, sensor1);
Me1=round(Me (1, 1));
Me2=round(Me (2, 1));
Me3=round(Me (3, 1));
Ve=Me3*VEL1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%SIMULACION Y SALIDA DE VALORES DE SIMULACION RNA QUESO
MOZZARELLA DE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BAJADA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Mf=sim(net6, sensor1);
Mf1=round(Mf (1, 1));
Mf2=round(Mf (2, 1));
Mf3=round(Mf (3, 1));
Vf=Mf3*VEL1;

```

Dentro del botón **SIMULAR** también se encuentra el código de programación de la lectura del sensor, la visualización de actuadores, las gráficas de la temperatura y el arreglo de tiempo de pasteurización, para las RNA de cada queso se usan similares líneas de código para lo anteriormente detallado todas estas cosas se muestran en la VISUALIZACIÓN DE DATOS.

- **LECTURA DEL SENSOR DS18B20**

Para realizar este proceso se tomó la lectura del sensor por el canal de transmisión del Pin Digital 2 de Arduino.

```
while 1
sensor= a.digitalRead(2);
sensor1 = a.digitalRead(2);
set(handles.edit1, 'String', sensor1);
set(handles.edit2, 'String', sensor1);
```

- **VISUALIZACIÓN DE ACTUADORES EN LA SIMULACIÓN**

```
#####SIMULACION DE LA RNA#####
global sensor sensor1 COMQ s t tiempo2 tiempo1 net6 net1 net2 net3
net4 net5 a VEL1;
axes(handles.axes2)
background = imread('VALCAL.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes3)
background = imread('VALFRIO.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes4)
background = imread('MOTOR.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
axes(handles.axes5)
background = imread('ALARMA.jpg');
axis off;
imshow(background);
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
```

- **ACTIVACIÓN DE ACTUADORES EN LA SIMULACIÓN**

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BUCLE DE CONTROL QUESO FRESCO
if(sensor1<60)
sensor= a.digitalRead(2);
sensor1 = a.digitalRead(2);
set(handles.edit1, 'String', sensor1);
set(handles.edit2, 'String', sensor1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%VALVULA DE CALOR RNA DE SUBIDA
a.pinMode(6, 'output');
a.digitalWrite(6, Ma1);
set(handles.edit3, 'String', Ma1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%VALVULA DE FRIO RNA DE SUBIDA
a.pinMode(7, 'output');%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
a.digitalWrite(7, Ma2);
set(handles.edit4, 'String', Ma2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%MOTOR AGITADOR RNA DE SUBIDA
a.pinMode(8, 'output');
a.analogWrite(8, Va);
set(handles.edit5, 'String', Va);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%ALARMA PILOTO RNA DE SUBIDA
a.pinMode(9, 'output');
a.digitalWrite(9, 0);
set(handles.edit7, 'String', 0);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%ACTIVACION INTERFACES DE POTENCIA
a.pinMode(10, 'output');
a.digitalWrite(10, 1);
set(handles.edit6, 'String', 1);

```

- **GRÁFICAS DE TEMPERATURA EN LA SIMULACIÓN**

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%GRAFICO TEMPERATURA 2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
whitebg('white')
%axes(handles.axes1);
%set(gca, 'Color', 'b');
%b=50;
i=linspace(0, sensor1, sensor1);
for h=1:length(i)
plot(i(1:h), h/(1), 'ro. ');
axis([0 80 0 80])
title('QUESO1:GRAFICA 1 DE LA TEMPERATURA DEL SENSOR')
xlabel('TEMPERATURA "x1"')
ylabel('TEMPERATURA "y1"')
grid on
pause(0.000000000000000001);
axis off
cla reset

```

- **ARREGLO DEL TEMPORIZADOR EN LA SIMULACIÓN**

```
%%%%%%%%%%%%TEMPORIZADOR%%%%%%%%%
t= str2double(get(handles.edit9, 'String'));
tiempo1=(t*60);
%tiempo2=(tiempo1*20);
set(handles.text5, 'String', tiempo1);
s=0;
while 1
sensor= a.digitalRead(2);
sensor1 = a.digitalRead(2);
set(handles.edit1, 'String', sensor1);
set(handles.edit2, 'String', sensor1);
s=s+1;
set(handles.text6, 'String', s);
pause(1);
```

ANEXO B: MANUAL DE USUARIO

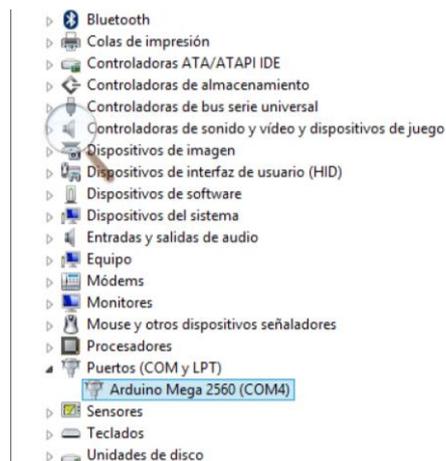
USO Y CONEXIÓN HMI

1.-CONECTE EL CABLE USB AL ARDUINO Y ORDENADOR EN CASO DE NO ESTAR CONECTADO

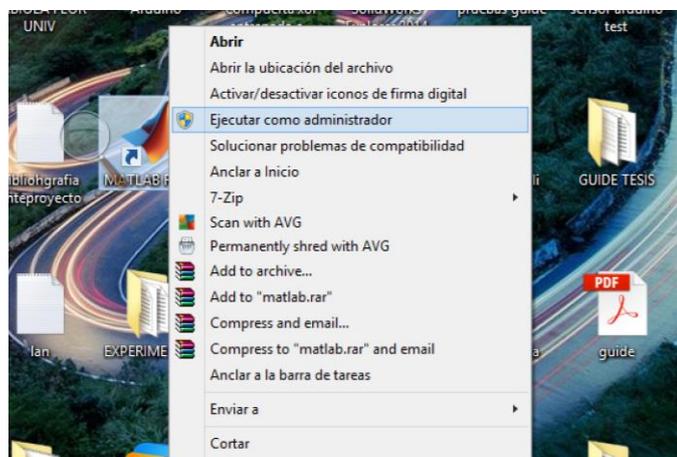
2.-INGRESE A ADMINISTRADOR DE DISPOSITIVOS EN LA PC



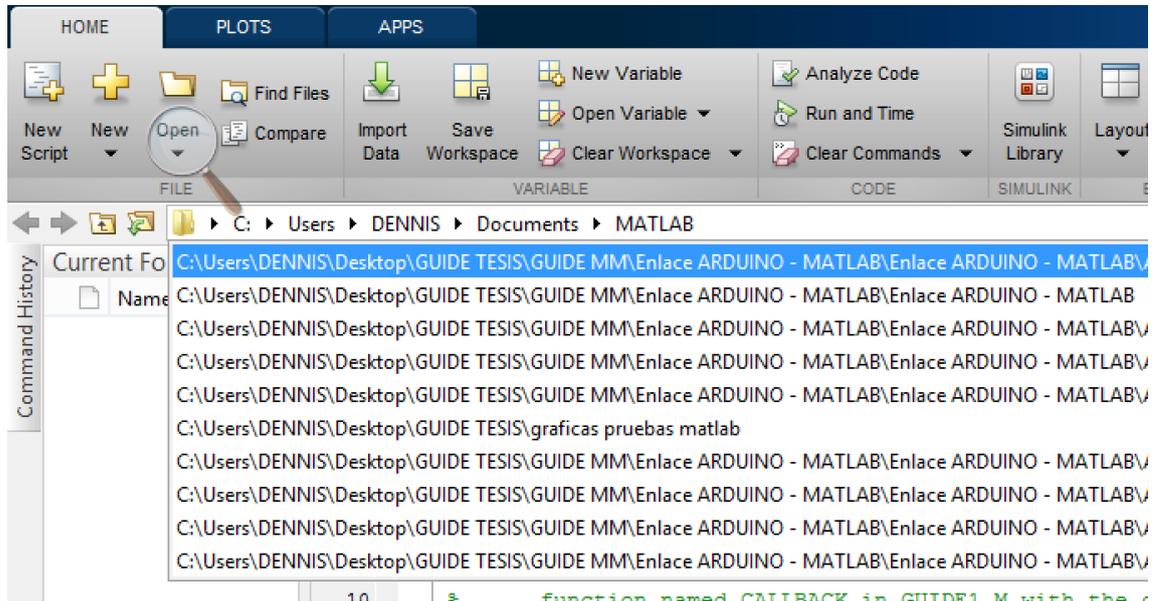
3.-DENTRO DEL ADMINISTRADOR DE DISPOSITIVOS SELECCIONE Puertos (COM Y LPT) Y VERIFIQUE A QUE PUERTO COM ESTA CONECTADA LA PLACA ARDUINO, EN ESTE EJEMPLO ES COM4



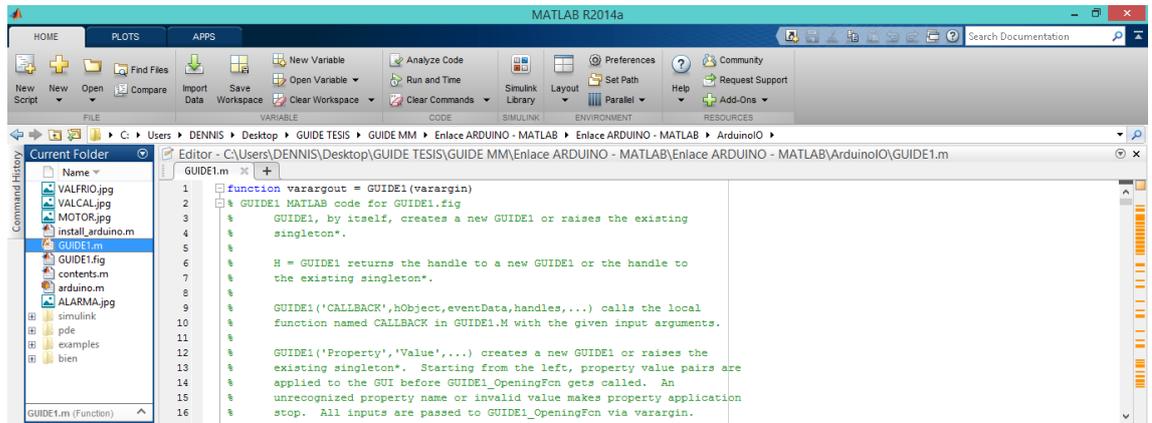
4.- ABRIR EL PROGRAMA MATLAB COMO ADMINISTRADOR



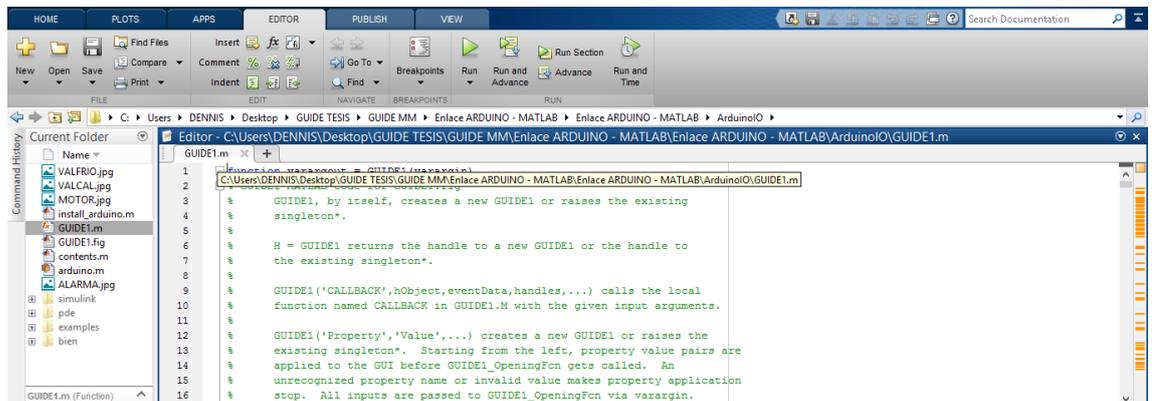
5.- SELECCIONAR LA CARPETA DONDE SE ENCUENTRA TODO EL PAQUETE DEL HMI



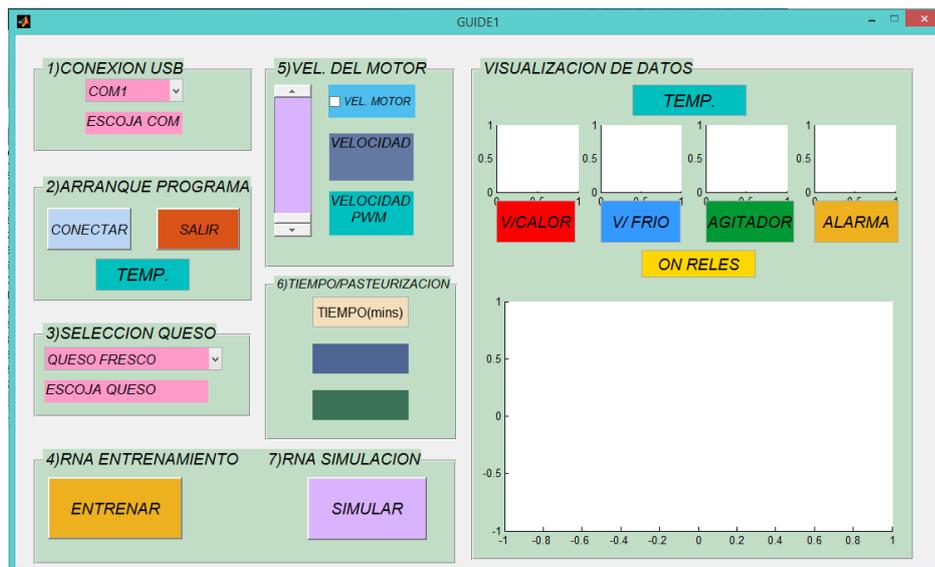
6.-SELECCIONAR EL GUIDE1.m Y DAR DOBLE CLICK HASTA QUE APAREZCA EN LA PANTALLA DEL EDITOR DE MATLAB



7.- A LO QUE APAREZCA EL BOTON DE CORRER O RUN, Y DAR CLICK EN RUN

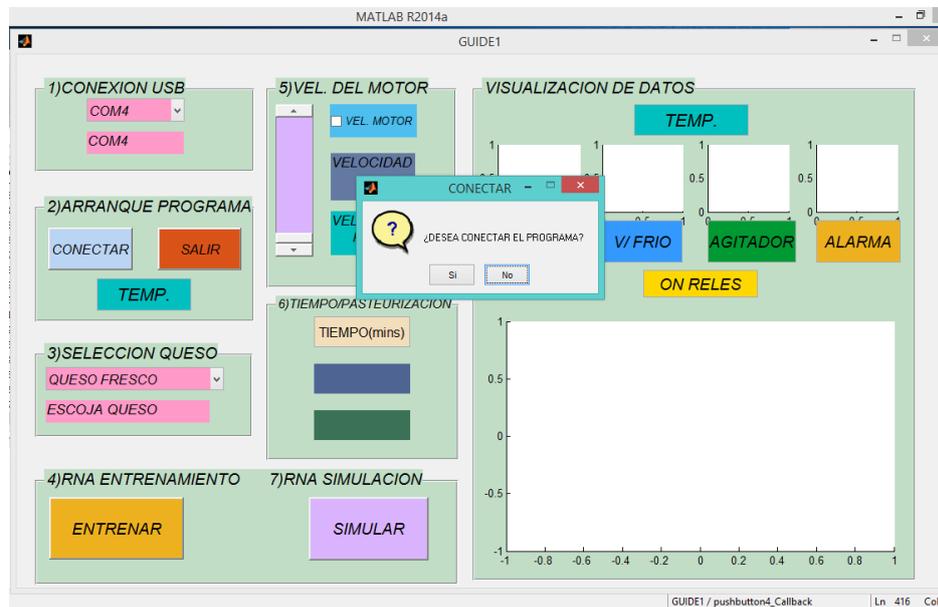


8.- UNA VEZ DADO CLICK APARECERA UNA PANTALLA SIMILAR A ESTA

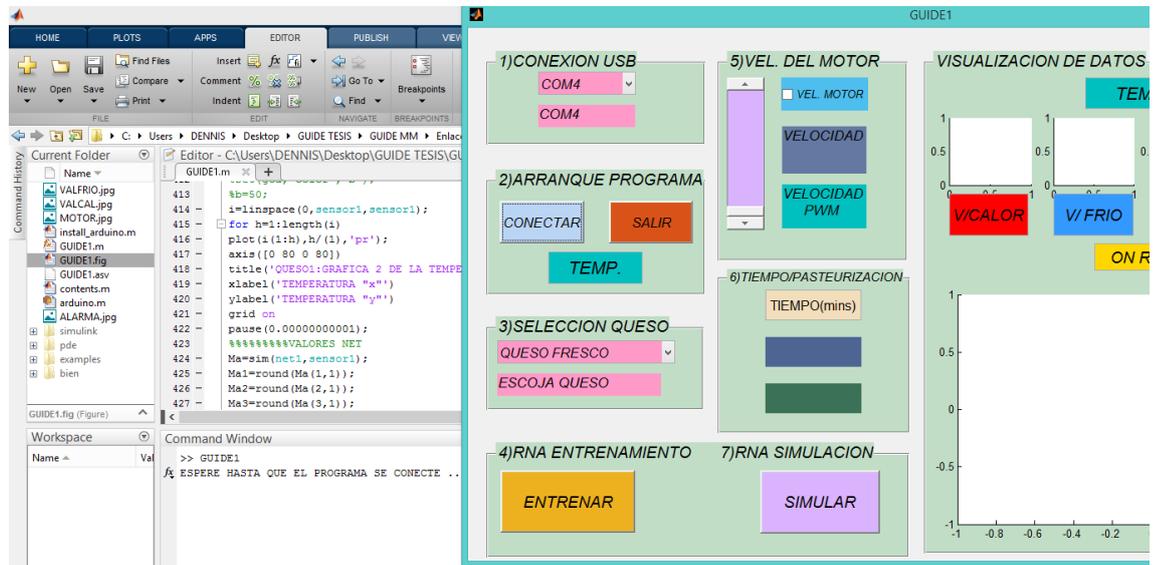


9.-SEGUIR LA SECUENCIA ENUMERADA EN PANTALLA

1) SELECCIONE EL PUERTO COM AL QUE ESTA CONECTADO LA PLACA ARDUINO EN ESTE EJEMPLO COM4



2) CONECTAR-----AQUÍ DEBERA ESCOGER LA OPCIÓN SI Y DEBERÁ ESPERAR HASTA QUE ASOME EL TEXTO QUE DICE “ESPERE HASTA QUE EL PROGRAMA SE CONECTE “



3) SELECCIONE EL TIPO DE QUESO A REALIZAR

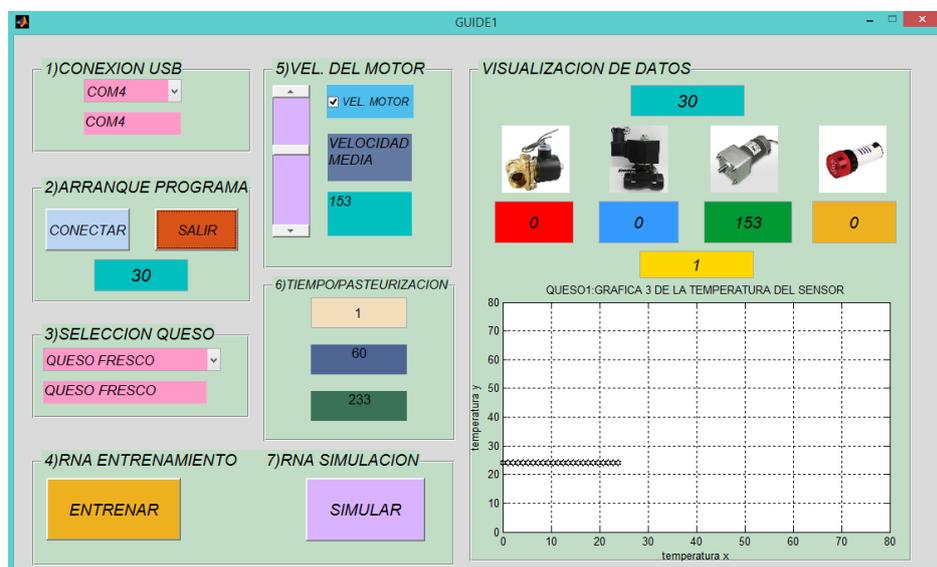
4) CLICK EN EL BOTON ENTRENAR Y ESPERAR UNOS SEGUNDOS

5) MUEVA EL SLIDER HASTA LA VELOCIDAD ADECUADA SEGÚN LA CANTIDAD DE LITROS DE LECHE EN LA MARMITA

6) INGRESE EL TIEMPO DE PASTEURIZACION EN MINUTOS EN LA PRIMERA CASILLA DEL PASO 6 DEL HMI (Nota: LOS VALORES DEBERAN SER ENTEROS NO FRACCIONARIOS EN CASO DE QUERER VALORES DECIMALES SEPARAR POR UN PUNTO EJ. 0.5)

7) CLICK EL BOTON SIMULAR Y ESPERAR UNOS SEGUNDOS

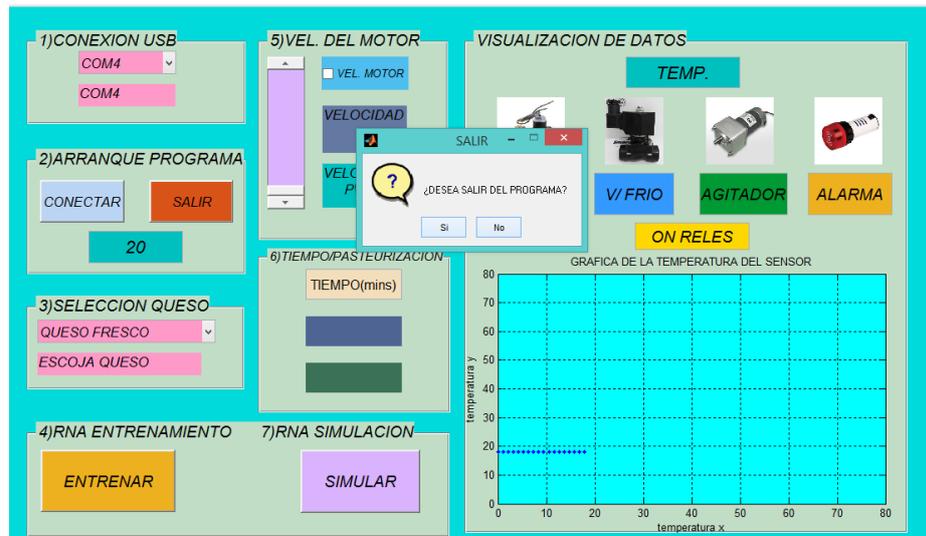
UNA VEZ REALIZADOS ESTOS PASOS EL SISTEMA SE INICIARA Y MOSTRARA LOS VALORES DE EJECUCION EN EL HMI



8) SE DEBEN ABRIR LAS LLAVES DE PASO MANUALES DE VAPOR Y AGUA FRÍA, TAMBIÉN ACCIONAR EL BREAKER GENERAL UBICADO EN EL INTERIOR DEL TABLERO JUNTO AL SWITCH DE 24VCC EN LA PUERTA DEL TABLERO

9) UNA VEZ QUE EL PROCESO ESTE LISTO SONARÁ UNA ALARMA EN EL TABLERO DE CONTROL, EN ESTE CASO SE DEBERÁ CERRAR EL HMI CON EL BOTON SALIR

DAR CLICK EN EL BOTON SALIR ESPERAR UNOS SEGUNDOS Y DAR CLICK EN SI



ESTO CERRARA EL HMI, LUEGO DEBERAR CERRAR MATLAB

NOTA IMPORTANTE: SI UNA VEZ CERRADO EL HMI NO SE HA APAGADO LA SIRENA PULSAR EL BOTON DE RESET DE ARDUINO QUE SE ENCUENTRA UBICADO EN EL TABLERO DE CONTROL



10) DESACTIVAR EL BREAKER GENERAL Y EL SWITCH DEL MOTOR AGITADOR Y TAMBIEN CERRAR LAS LLAVES DE PASO.

ANEXOS C: NORMAS NTE INEN

- **NORMAS NTE INEN LECHE CRUDA**

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 9:2012

Quinta revisión

LECHE CRUDA. REQUISITOS.

Primera Edición

RAW MILK. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, leche cruda, requisitos

AL 03.01-40

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	LECHE CRUDA REQUISITOS	NTE INEN 9:2012 Quinta revisión 2012-01
--	-----------------------------------	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la leche cruda de vaca, destinada al procesamiento.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica únicamente a la leche cruda de vaca. La denominación de leche cruda se aplica para la leche que no ha sufrido tratamiento térmico, salvo el de enfriamiento para su conservación, ni ha tenido modificación alguna en su composición.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Leche*. Producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños diarios, higiénicos, completos e ininterrumpidos, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada a un tratamiento posterior previo a su consumo.

3.1.2 *Leche cruda*. Leche que no ha sido sometida a ningún tipo de calentamiento, es decir su temperatura no ha superado la de la leche inmediatamente después de ser extraída de la ubre (no más de 40°C).

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 La leche cruda se considera no apta para consumo humano cuando:

4.1.1 No cumple con los requisitos establecidos en el Capítulo 5 de la presente norma.

4.1.2 Es obtenida de animales cansados, deficientemente alimentados, desnutridos, enfermos o manipulados por personas afectadas de enfermedades infectocontagiosas.

4.1.3 Contiene sustancias extrañas ajenas a la naturaleza del producto como: conservantes (formaldehído, peróxido de hidrógeno, hipocloritos, cloraminas, dicromato de potasio, lactoperoxidasa adicionada), adulterantes (harinas, almidones, sacarosa, cloruros, suero de leche, grasa vegetal), neutralizantes, colorantes y residuos de medicamentos veterinarios, en cantidades que superen los límites indicados en la tabla 1.

4.1.4 Contiene calostro, sangre, o ha sido obtenida en el período comprendido entre los 12 días anteriores y los 7 días posteriores al parto.

4.1.5 Contiene gérmenes patógenos o un contaje microbiano superior al máximo permitido por la presente norma, toxinas microbianas o residuos de pesticidas, y metales pesados en cantidades superiores al máximo permitido.

4.2 La leche cruda después del ordeño debe ser enfriada, almacenada y transportada hasta los centros de acopio y/o plantas procesadoras en recipientes apropiados autorizados por la autoridad sanitaria competente.

4.3 En los centros de acopio la leche cruda debe ser filtrada y enfriada, a una temperatura inferior a 10°C con agitación constante

4.4 Límites máximos de pesticidas serán los que determine el Codex Aliment

(Continúa)

o
s
í
m
i
t
e
s
m
á
x
i
m
o
s
d
e
p
e
s
t
i
c
i
d
a
s
s
e
r
á
n
l
o
s
q
u
e
d
e
t
e
r
m
i
n
e
l
C
o
d
e
x
A
l
i
m
e
n
t

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, leche cruda, requisitos.

2012-418

4.5 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios para la leche serán los que determine el Codex Alimentario CAC/MRL 2.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Requisitos organolépticos (ver nota 1)

5.1.1.1 Color. Debe ser blanco opalescente o ligeramente amarillento.

5.1.1.2 Olor. Debe ser suave, lácteo característico, libre de olores extraños.

5.1.1.3 Aspecto. Debe ser homogéneo, libre de materias extrañas.

5.1.2 Requisitos físicos y químicos

5.1.2.1 La leche cruda, debe cumplir con los requisitos físico-químicos que se indican en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda.

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX.	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa: a 15 °C A 20 °C	-	1,029 1,028	1,033 1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa) ⁴	3,0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,2	-	*
Cenizas	% (fracción de masa)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico) **	°C °H	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)***	h	3	-	NTE INEN 018
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	Para leche destinada a pasterización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen; y para la leche destinada a ultrapasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 71 % en peso o 78 % en volumen			NTE INEN 1500
Presencia de conservantes ¹⁾	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes ²⁾	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes ³⁾	-	Negativo		NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	-	Negativo		NTE INEN 2401
Prueba de Brucelosis	-	Negativo		Prueba de anillo PAL (Ring Test)
RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS ⁵⁾	ug/l	----	MRL, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MRL 2	Los establecidos en el compendio de métodos de análisis identificados como idóneos para respaldar los LMR del codex ⁶

* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa.

** °C= °H · f, donde f= 0,9656

*** Aplicable a la leche cruda antes de ser sometida a enfriamiento

1) Conservantes: formaldehído, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, lactoperoxidasa adicionada y dióxido de cloro.

2) Neutralizantes: orina, carbonatos, hidróxido de sodio, jabones.

3) Adulterantes: Harina y almidones, soluciones azucaradas o soluciones salinas, colorantes, leche en polvo, suero de leche, grasas vegetales.

4) "Fracción de masa de B. WB: Esta cantidad se expresa frecuentemente en por ciento, %. La notación "(m/m)" no deberá usarse".

5) Se refiere a aquellos medicamentos veterinarios aprobados para uso en ganado de producción lechera.

6) Establecidos por el comité del Codex sobre residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos

NOTA 1. Se podrán presentar variaciones en estas características, en función de la raza, estación climática o alimentación, pero estas no deben afectar significativamente las características sensoriales indicadas.

2012-418

5.1.3 Contaminantes. El límite máximo para contaminantes es el que se indica en la tabla 2.

TABLA 2. Límites máximo para contaminantes

Requisito	Límite máximo (LM)	Método de ensayo
Plomo, mg/kg	0,02	ISO/TS 6733
Aflatoxina M1, µg/kg	0,5	ISO 14674

5.1.4 Requisitos microbiológicos. La leche cruda debe cumplir con los requisitos especificados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos de la leche cruda tomada en hato

Requisito	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos REP, UFC/cm ³	1,5 x 10 ⁶	NTE INEN 1529:-5
Recuento de células somáticas/cm ³	7,0 x 10 ⁵	AOAC – 978.26

5.2 Requisitos complementarios. El almacenamiento, envasado y transporte de la leche cruda debe realizarse de acuerdo a lo que señala el Reglamento de leche y productos lácteos del Ministerio de Salud Pública.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN 4.

6.2 Aceptación o rechazo. Se acepta el producto si cumple con los requisitos indicados en esta norma, caso contrario se rechaza.

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo. Primera Revisión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 11	<i>Leche. Determinación de la densidad relativa. Primera Revisión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 12	<i>Leche. Determinación del contenido de grasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13	<i>Leche. Determinación de la acidez titulable. Primera Revisión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 14	<i>Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas. Primera Revisión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 15	<i>Leche. Determinación del punto de congelación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 16	<i>Leche. Determinación de las proteínas. Primera Revisión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 18	<i>Leche. Ensayos de reductasas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1500	<i>Leche. Métodos de ensayo cualitativos para la determinación de la calidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos REP. Primera Revisión</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2401	<i>Leche. Determinación de suero de quesería en leche. Método cromográfico</i>
ISO/TS 6733	<i>Milk and milk products -- Determination of lead content -- Graphite furnace atomic absorption spectrometric method</i>
ISO 14674	<i>Milk and milk powder -- Determination of aflatoxin M1 content -- Clean-up by immunoaffinity chromatography and determination by thin-layer chromatography</i>
AOAC 978.26	<i>Somatic Cells in milk, Optical Somatic Cell Counting Method (Fossomatic) Revised First Action 1993</i>
AOAC 988.08	<i>Antimicrobial Drug in Milk. Receptor assay. First Action, 1988</i>
CODEX ALIMENTARIO CAC/MRL 1-2001	<i>Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas</i>
CODEX ALIMENTARIO CAC/LMR 02-2005	<i>Límites Máximos del Codex para residuos de Medicamentos Veterinarios</i>
CODEX ALIMENTARIUS Codex Stan 193-1995	<i>Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos. United States Department of Agriculture, USDA Regulations Drugs</i>
CODEX ALIMENTARIO CAC/RCP 57-2004	<i>Código de práctica de higiene para la leche y los productos lácteos</i>
Decreto ejecutivo No. 2800 de 1984-08-01	<i>Reglamento de leche y productos lácteos. Registro oficial No. 802 de 1984-08-07</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma Andina NA 0063:2009 *Leche cruda. Requisitos.* Comunidad Andina, Lima 2009.
- Norma venezolana COVENIN 903.93 (1R) *Leche pasteurizada.* Comisión Venezolana de Normas industriales. Caracas, 1989.
- Norma Técnica Colombiana NTC 506:93. *Productos lácteos. Leche entera Pasteurizada.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, Santa Fé de Bogotá. Colombia 1993.

Asociación of Oficial Analytical Chemists Oficial Methods of Análisis, última edición.

United States Department of Agriculture Milk for Manufacturing Purposes and its Production and Processing Recommended Requirements Effective. September 1, 2005. fi

2012-418

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: LECHES CRUDA. REQUISITOS	Código:
NTE INEN 9		AL 03.01-401

Quinta revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISION: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2008-03-28 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. 071-2008 de 2008-05-19 publicado en el Registro Oficial No. 490 de 2008-12-17 Fecha de iniciación del estudio: 2011-04
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS**

Fecha de iniciación: 2011-07-04 Fecha de aprobación: 2011-07-04 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Dr. Rafael Vizcarra (Presidente)
 Ing. Martha Palacios
 Ing. Alexander Salazar
 Tlga. Tatiana Gallegos

Dra. Rosa Rivadeneira
 Dra. Teresa Rodríguez
 Dra. Mónica Sosa
 Dra. María Eufenia Ramón
 Sr. Rodrigo Gómez de la Torre
 Dr. Christian Muñoz
 Dra. Rocío Cobos
 Ing. Patricia Guano
 Ing. Viviana Salas
 Dr. David Villegas
 Dr. Marlon Revelo
 Ing. Jorge Chávez
 Ing. Diego Escudero
 Ing. Marco Cevallos
 Dra. Indira delgado
 Ing. Julio Vera
 Dra. Katya Yépez
 Dra. Viviana Gaibor
 Ing. Sánchez
 Ing. Ernesto Toalombo
 Ing. Pablo Herrera
 Dr. Hernán Cortes
 Dr. Hernan Riofrío
 Dra. Rocio Contero
 Ing. Paola Simbaña
 Dra. Noela Bautista

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA
 INLECHE CIA. LTDA.
 REYBANPAC - LACTEOS
 MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA –SISTEMA ALIMENTOS
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, QUITO
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIEN, Guayaquil
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Quito
 INDUSTRIAS LACTEAS TONI S.A.
 PRODUCTORES DE LECHE
 PFIZER Cia. Ltda.
 QUIMIEN CIA. LTDA.
 PARMALAT
 DESCALZI
 MIPRO
 PASTEURIZADOIRA QUITO
 MIPRO
 DEL CAMPO CIA. LTDA.
 DEL CAMPO DIA. LTDA
 ALPINA ECUADOR
 DPA – NESTLÉ
 NESTLÉ S.A.
 NESTLÉ S.A.
 REYBANPAC – LACTEOS
 EL SALINERITO
 PARMALAT
 PARMALAT
 SECRETARIA DE SALUD – MUNICIPIO, Quito
 UNIVERDSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 UNIVERDSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 UNIVERSIDA TÉCNICA PARTICULAR DE

- **NORMAS NTE INEN LECHE PASTEURIZADA**

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 10:2012

Quinta revisión

LECHE PASTEURIZADA. REQUISITOS.

Primera Edición

PASTEURIZED MILK. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos procesados, leche pasteurizada, requisitos.

AL 03.01-402

CDU: 637.141.637

CIIU: 3112

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	LECHE PASTEURIZADA. REQUISITOS.	NTE INEN 10:2012 Quinta revisión 2012-04
--	--	---

2. OBJETO

1.2 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la leche pasteurizada de vaca, destinada al consumo directo o procesamiento adicional.

2. DEFINICIONES

2.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

2 *Leche cruda.* Leche que no ha sido sometida a ningún tipo de calentamiento, es decir su temperatura no ha superado la de la leche, inmediatamente después de ser extraída de la ubre (no más de 40°C).

3 *Leche pasteurizada.* Es la leche cruda homogenizada o no, que ha sido sometida a un proceso térmico que garantice la destrucción total de los microorganismos patógenos y la casi totalidad de los microorganismos banales (saprofitos) sin alterar sensiblemente las características fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas de la misma.

4 *Leche pasteurizada y homogenizada.* Leche que previamente a la pasteurización, ha sido sometida a un proceso físico (homogenización) de reducción del tamaño de los glóbulos de grasa por efecto de la presión y temperatura para estabilizar la emulsión de la materia grasa.

5 *Leche termizada.* Producto obtenido al someter la leche cruda a un tratamiento térmico con el objeto de reducir el número de microorganismos presentes en la leche y permitir un almacenamiento más prolongado antes de someterla a la elaboración ulterior. Las condiciones del tratamiento térmico son mínimo 62°C durante 15 a 20 segundos seguido de enfriamiento inmediato hasta temperatura de refrigeración. La leche termizada debe reaccionar positivamente a la prueba de fosfatasa alcalina, siendo prohibida su comercialización para su consumo humano.

6 *Leche reconstituida.* Producto uniforme que no se comercializa para consumo directo, obtenido mediante un proceso apropiado de incorporación a la leche en polvo (entera parcialmente descremada o descremada), de la cantidad necesaria de agua potable, adicionándose o no grasa deshidratada de leche y sometiéndolo posteriormente a homogenización, higienización y enfriamiento inmediato a fin de que presente características físico químicas y sensoriales similares a las de la leche líquida correspondiente.

7 *Leche modificada pasteurizada.* Es la leche que ha sido reducida total o parcialmente de alguno de sus componentes naturales o reforzada en cualquiera de sus elementos constitutivos, sometida posteriormente a un proceso de pasteurización.

3. CLASIFICACIÓN

3.1 Dependiendo de su contenido de grasa, la leche pasteurizada se clasifica en tres clases:

3.1.1 *Entera.*

3.1.2 *Semidescremada (parcialmente descremada).*

3.1.3 *Descremada.*

ocesados, leche pasteurizada, requisitos.

(
C
o
n
t
i
n
ú
a
)

2012-161

D
E
S
C
R
I
P
T
O
R
E
S
:
T
e
c
n
o
l
o
g
í
a
d
e
l
o
s
a
l
i
m
e
n
t
o
s
:
l
e
c
h
e
y
p
r
o
d
u
c
t
o
s
l
á
c
t
e
o
s
p
r

4. DISPOSICIONES GENERALES

5.1.2 Las condiciones mínimas de pasteurización son aquellas que producen efectos bactericidas equivalentes a las producidas por las combinaciones de tiempo-temperatura siguientes: 72 °C durante 15 segundos (pasteurización de flujo continuo) o 62 °C - 65 °C durante 30 minutos (pasteurización en lotes). Pueden obtenerse otras combinaciones equivalentes representando gráficamente la línea que pasa por estos puntos en un gráfico logarítmico de tiempo temperatura.

5.1.3 La leche pasteurizada, debe ser enfriada a temperatura de 4 °C ± 2 °C.

5.1.4 La leche cruda destinada a la elaboración de leche pasteurizada, debe cumplir con lo establecido en la NTE INEN 09.

5.1.5 La leche para pasteurización debe someterse a un proceso de limpieza {filtración o centrifugación (clarificación)}.

5.1.6 La leche pasteurizada debe presentar un aspecto normal, estar limpia y libre de calostro.

5.1.7 No debe contener sustancias extrañas ajenas a la naturaleza del producto como: conservantes (formaldehído, peróxido de hidrógeno, hipocloritos, cloraminas, dicromato de potasio, lactoperoxidasa adicionada), adulterantes (harinas, almidones, sacarosa, cloruros, suero de leche, grasa vegetal), neutralizantes, colorantes y antibióticos, en cantidades que superen los límites indicados en la tabla 1.

5.1.8 Los productos regulados por las disposiciones de la presente norma se deben preparar y manipular de conformidad con lo establecido en la legislación nacional vigente sobre Buenas prácticas de Manufactura o en las secciones correspondientes del Código Internacional de Prácticas Recomendado para Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1996, Rev. 4-2003), Códigos de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos (CAC/RCP 57-2004). La leche pasteurizada, a más de las disposiciones señaladas en la presente norma, debe cumplir con las disposiciones del Reglamento de leches y productos lácteos del Ministerio de Salud Pública.

5.1.9 Se recomienda que desde la producción de las materias primas hasta el punto de consumo, los productos regulados por esta norma deben estar sujetos a una serie de medidas de control, las cuales podrán incluir, por ejemplo, la aplicación del sistema HACCP, y debe demostrarse que estas medidas pueden lograr el grado apropiado de protección de la salud pública.

5.1.10 La leche pasteurizada, opcionalmente puede ser adicionada, enriquecida o fortificada de vitaminas A y D de acuerdo a lo que establece la NTE INEN 1334-2.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 La leche pasteurizada debe presentar características organolépticas normales (numeral 5.1.4), estar limpia y libre de calostro, conservantes, neutralizantes y adulterantes.

5.1.2 No debe ser vendida al público en fecha posterior a la que aparece marcada en el rótulo del envase (no más de 5 días después de su pasteurización).

5.1.3 La leche pasteurizada, opcionalmente puede ser adicionada, enriquecida o fortificada de vitaminas y minerales de acuerdo a lo establecido en la legislación nacional.

5.1.4 La leche pasteurizada debe cumplir con los siguientes requisitos organolépticos: (ver nota 1)

a) *Color*. Debe ser blanco opalescente o ligeramente amarillento.

b) *Olor*. Debe ser suave, lácteo característico, libre de olores extraños.

c) *Aspecto*. Debe ser homogéneo, libre de materias extrañas.

NOTA 1. Se podrán presentar variaciones en estas características, en función de la raza, estación climática o alimentación; pero estas no deben afectar significativamente las características sensoriales indicadas.

(*Continúa*)

2012-161

5.1.5 Requisitos físicos y químicos. La leche pasteurizada analizada de acuerdo con las normas de ensayo correspondientes debe cumplir con las especificaciones que se indican en las tablas 1 y 2.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos de la leche pasteurizada

REQUISITOS	UNIDAD	ENTERA		SEMIDESCREMADA		DESCREMADA		METODO DE ENSAYO
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
Densidad Relativa a 15°C	-	1,029	1,033	1,030	1,033	1,031	1,036	NTE INEN 11
a 20°C	-	1,028	1,032	1,029	1,032	1,030	1,035	
Contenido de grasa	% (fracción de masa)	3,0	-	≥ 1,0	< 3,0	-	< 1,0	NTE INEN 12
Acidez titulable, expresada como ácido Láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,18	0,13	0,18	0,13	0,18	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,30	-	8,80	-	8,30	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,30	-	8,20	-	8,20	-	*
Ceniza	% (fracción de masa)	0,65	0,80	0,70	0,80	0,70	0,80	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico)**	°C °H	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	2,9	-	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de fosfatasa	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 19
Ensayo de Peroxidasa	-	Positivo		Positivo		Positivo		NTE INEN 2334
Presencia de conservantes ¹⁾	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes ²⁾	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes ³⁾	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Grasa Vegetal	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	-	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 2401
RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS ⁵⁾	ug/l	-	LMR, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MLR 2	-	LMR, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MLR 2	-	LMR, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MLR 2	Los establecidos en el compendio de métodos de análisis identificados como idóneos para respaldar los LMR de codex ⁶⁾
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen							NTE INEN 1500
Cuando el producto haya sido reducido en su contenido de lactosa								
Lactosa en el producto parcialmente deslactosado	% (fracción de masa)	--	1,4	--	1,4	--	1,4	AOAC 984.15.15 Edc. Vol. 2
Lactosa en el producto bajo en lactosa	% (fracción de masa)	--	0,7	--	0,7	--	0,7	AOAC 984.15.15 Edc. Vol. 2

6.3 Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa

** °C = °H · f, donde: f = 0,9656

1) Conservantes: formaldehído, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, lactoperoxidasa adicionada y dióxido de cloro.

2) Neutralizantes: orina, carbonatos, hidróxido de sodio, jabones.

3) Adulterantes: Harina y almidones, soluciones azucaradas o soluciones salinas, colorantes, leche en polvo, suero de leche, grasas vegetales.

4) "Fracción de masa de B, W_B": Esta cantidad se expresa frecuentemente en por ciento, %. La notación "% (m/m)" no deberá usarse.

5) Se refiere a aquellos medicamentos veterinarios aprobados para uso en ganado de producción lechera.

6) Establecido por el comité del codex sobre residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para leche pasteurizada

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos mesófilos, UFC/cm ³	5	30 000	50 000	1	NTE INEN 1 529-5
Recuento de coliformes, UFC/cm ³	5	< 1	10	1	AOAC 991.14
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g	5	0	-	0	ISO 11290-1
Detección de <i>Salmonella</i> /25 g	5	0	-	-	NTE INEN 1529-15
Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g	5	<10	-	0	AOAC 991.14

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad. c

= Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

5.1.6 Contaminantes. El límite máximo de contaminantes es el que se indica en la tabla 3.

TABLA 3. Límites máximo para contaminantes

Requisito	Límite máximo (LM)	Método de ensayo
Plomo, mg/kg	0,02	ISO/TS 6733
Aflatoxina M1, µg/kg	0,5	ISO 14674

5.1.7 Los residuos de medicamentos veterinarios y sus metabolitos no podrán superar los límites establecidos por el Codex Alimentario CAC/MLR 2.

5.1.8 Los residuos de plaguicidas, pesticidas y sus metabolitos, no podrán superar los límites establecidos por el Codex Alimentario en su última edición CAC/MLR 1

5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 La leche pasteurizada envasada y colocada en el mercado, no debe ser reprocesada y debe ser vendida en su envase original.

5.2.2 Los envases de polietileno deben llevar la declaración de "no reutilizable" y el signo de "reciclable"

5.2.3 La leche pasteurizada debe mantener la cadena de frío en el almacenamiento, distribución y expendio a una temperatura de 4 °C ± 2 °C.

5.2.4 El almacenamiento, distribución y expendio de la leche pasteurizada debe realizarse en el envase original.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN 4.

6.2 Criterios de aceptación y rechazo. Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario ser rechaza.

7. ENVASADO

7.1 La leche pasteurizada debe ser envasada y comercializada en recipientes de material aprobado por la autoridad sanitaria competente, estar provistos de cierres herméticos e inviolables, limpios, libres de desperfectos, garantizar la completa protección de su contenido de agentes externos y no alterar las características organolépticas y físico-químicas del producto.

8. ROTULADO

8.1 El rótulo del producto debe cumplir con el RTE INEN 022.

8.1.1 Para la designación del producto debe tenerse en cuenta el numeral 3 de esta norma.

8.1.2 Cuando se hayan añadido vitaminas, se debe indicar los aportes vitamínicos por porción o por cada 100 cm³ de leche.

8.2 Cuando se hayan añadido vitaminas y minerales, se debe indicar sus aportes en función de la NTE INEN 1334-2.

8.3 La etiqueta no debe contener ninguna leyenda de significado ambiguo, ilustraciones o adornos que induzcan a confusión o engaño al consumidor, ni descripciones de características del producto que no se puedan comprobar.

8.4 Las inscripciones deben ser de impresión permanente, fácilmente legibles a simple vista y hechas de tal forma que no desaparezcan bajo condiciones de uso normal.

(Continúa)

2012-161

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9	<i>Leche cruda. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 11	<i>Leche. Determinación de la densidad relativa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 12	<i>Leche. Determinación del contenido de grasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13	<i>Leche. Determinación de la acidez titulable.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 14	<i>Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 15	<i>Leche. Determinación del punto de congelación</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 16	<i>Leche. Determinación de proteínas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 19	<i>Leche Pasteurizada. Ensayo de la fosfatasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1500	<i>Leche. Métodos de ensayo cualitativos para la determinación de la calidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos REP.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-7	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-8	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de Coliformes fecales y E. coli</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2334	<i>Leche. Determinación de Peroxidasa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2401	<i>Leche determinación de suero de quesería en leche fluida y en polvo. Método de cromatografía líquida de alta eficacia.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados envasados y empaquetados</i>
ISO 11290-1	<i>Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes -- Part 2: Enumeration method</i>
Decreto Ejecutivo 3253	Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002
ISO/TS 6733	<i>Milk and milk products -- Determination of lead content -- Graphite furnace atomic absorption spectrometric method</i>
ISO 14674	<i>Milk and milk powder -- Determination of aflatoxin M1 content -- Clean-up by immunoaffinity chromatography and determination by thin-layer chromatography</i>
AOAC 984.15	<i>Lactose in milk. Enzymatic method. Final action, 15 Edition Vol. 2.</i>
AOAC 988.08	<i>Antimicrobial drugs in milk.</i>
AOAC 991.14	<i>Coliform and Escherichia coli Counts in foods Dry Rehydratable Film Methods.</i>
Codex Alimentario CAC/MRL 1-2001	Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas
Codex Alimentario CAC/LMR 02-2005	Límites Máximos del Codex para residuos de Medicamentos Veterinarios
Codex Stan 193-1995	Norma General del Codex para los Contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 009 (5R) *Leche cruda. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito. 2011.

2012-161

Norma Andina. NA 064:2009 Leche pasteurizada. Requisitos. Comunidad Andina, Lima 2009.

Norma Técnica Colombiana NTC 506:93. *Productos Lácteos. Leche Entera Pasteurizada*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, Bogotá, 1993.

Norma Venezolana COVENIN 798:89 (1R). *Leche pasteurizada*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1989.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: LECHE PASTEURIZADA. REQUISITOS	Código:
NTE INEN 10		AL 03.01-402

Quinta revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISION: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2008-11-28 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. 140-2009 de 2009-01-29 publicado en el Registro Oficial No. 519 de 2009-02-02 Fecha de iniciación del estudio: 2011-04
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomite Tecnico: LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS

Fecha de iniciación: 2011-07-04 Fecha de aprobación: 2011-07-04 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Dr. Rafael Vizcarra (Presidente)
 Ing. Martha Palacios
 Ing. Alexander Salazar
 Tlga. Tatiana Gallegos

 Dra. Rosa Rivadeneira
 Ing. Orlando Coba
 Dra. Teresa Rodríguez
 Dra. Mónica Sosa
 Dra. María Eufenia Ramón
 Sr. Rodrigo Gómez de la Torre
 Dr. Christian Muñoz
 Dra. Rocío Cobos
 Ing. Patricia Guano
 Ing. Viviana Salas
 Dr. David Villegas
 Dr. Marlon Revelo
 Ing. Jorge Chávez
 Ing. Diego Escudero
 Ing. Marco Cevallos
 Dra. Indira delgado
 Ing. Julio Vera
 Dra. Katya Yépez
 Dra. Viviana Gaibor
 Ing. Sánchez
 Ing. Ernesto Toalombo
 Ing. Pablo Herrera
 Dr. Hernán Cortes
 Dr. Hernan Riofrío
 Dra. Rocio Contero
 Ing. Paola Simbaña
 Dra. Noela Bautista

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA
 INLECHE CIA. LTDA.
 REYBANPAC - LACTEOS
 MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA –SISTEMA ALIMENTOS
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, QUITO
 MIRAFLORES – ALIMEC
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIEN, Guayaquil
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Quito
 INDUSTRIAS LACTEAS TONI S.A.
 PRODUCTORES DE LECHE
 PFIZER Cia. Ltda.
 QUIMIEN CIA. LTDA.
 PARMALAT
 DESCALZI
 MIPRO
 PASTEURIZADOIRA QUITO
 MIPRO
 DEL CAMPO CIA. LTDA.
 DEL CAMPO DIA. LTDA
 ALPINA ECUADOR
 DPA – NESTLÉ
 NESTLÉ S.A.
 NESTLÉ S.A.
 REYBANPAC – LACTEOS
 EL SALINERITO
 PARMALAT
 PARMALAT
 SECRETARIA DE SALUD – MUNICIPIO, Quito
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 UNIVERSIDA TÉCNICA PARTICULAR DE

- **NORMAS NTE INEN ELABORACION DE QUESOS FRESCOS**

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1528:2012
Primera revisión

NORMA GENERAL PARA QUESOS FRESCOS NO MADURADOS. REQUISITOS.

Primera Edición

GENERAL STANDARD FOR UNRIPENED FRESH CHEESE. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso fresco no madurado, requisitos.
AL 03.01-420
CDU: 637.352
CIU: 3112
ICS: 67.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	NORMA GENERAL PARA QUESOS FRESCOS NO MADURADOS. REQUISITOS	NTE INEN 1528:2012 Primera revisión 2012-03
--	---	--

3. OBJETO

1.3 La presente Norma establece los requisitos para el queso fresco no madurado, incluido el queso fresco, destinado al consumo directo o a posterior elaboración.

1.4 En caso que exista norma específica para una variedad de queso fresco, en particular se considerará esta.

2. DEFINICIONES

8 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

2.1.1 Queso. Se entiende por queso el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante:

2 Coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche descremada, leche parcialmente descremada, crema, crema de suero o leche, de mantequilla o de cualquier combinación de estos ingredientes, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación, respetando el principio de que la elaboración del queso resulta en una concentración de proteína láctea (especialmente la porción de caseína) y que por consiguiente, el contenido de proteína del queso deberá ser evidentemente más alto que el de la mezcla de los ingredientes lácteos ya mencionados en base a la cual se elaboró el queso; y/o

3 Técnicas de elaboración que comportan la coagulación de la proteína de la leche y/o de productos obtenidos de la leche que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto definido en el apartado a).

2.1.1.1 Queso madurado. Se entiende por queso sometido a maduración el queso que no está listo para el consumo poco después de la fabricación, sino que debe mantenerse durante cierto tiempo a una temperatura y en unas condiciones tales que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos necesarios y característicos del queso en cuestión.

2.1.1.2 Queso madurado por mohos. Se entiende por queso madurado por mohos un queso curado en el que la maduración se ha producido principalmente como consecuencia del desarrollo característico de mohos por todo el interior y/o sobre la superficie del queso.

2.1.1.3 Queso no madurado. Se entiende por queso no madurado el queso que está listo para el consumo poco después de su fabricación.

2.1.2 Queso fresco. Es el queso no madurado, ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácteos. También se designa como queso blanco.

2.1.3 Queso condimentado. Es el queso al cual se han agregado condimentos y/o saborizantes naturales o artificiales autorizados.

2.1.4 Queso cottage. Es el queso no madurado, escaldado o no, de alta humedad, de textura blanda o suave, granular o cremosa, preparado con leche descremada, coagulada con enzimas y/o cultivos lácteos, cuyo contenido de grasa láctea es inferior a 2% (m/m).

2.1.5 Queso cottage crema. Es el queso cottage al que se le ha agregado crema, de manera que su contenido de grasa láctea es igual o mayor de 4% (m/m).

ueso fresco no madurado, requisitos.

2012-065

(
C
o
n
t
i
n
ú
a
)

D
E
S
C
R
I
P
T
O
R
E
S
:
T
e
c
n
o
l
o
g
í
a
d
e
l
o
s
a
l
i
m
e
n
t
o
s
,
l
e
c
h
e
y
p
r
o
d
u
c
t
o
s
l
á
c
t
e
o
s
,
q

4.1.6 Queso quark (quarg). Es el queso no madurado ni escaldado, alto en humedad, de textura blanda o suave, preparado con leche descremada y concentrada, cuajada con enzimas y/o cultivos lácticos y separados mecánicamente del suero, cuyo contenido de grasa láctea es variable, dependiendo si se agrega crema o no durante su elaboración.

4.1.7 Queso ricotta. Es el queso de proteínas de suero no madurado, escaldado, alto en humedad, de textura granular blanda o suave, preparado con suero de leche o suero de queso con leche, cuajada por la acción del calor y la adición de cultivos lácticos y ácidos orgánicos.

4.1.8 Queso crema. Es el queso no madurado ni escaldado, con un contenido relativamente alto de grasa, de textura homogénea, cremosa, no granulada, preparado solamente con crema o mezclada con leche, cuajada con cultivos lácticos y opcionales se permite el uso de enzimas adicionales en los cultivos lácticos.

4.1.9 Queso de capas. Es el queso moldeado de textura relativamente firme, no granular, levemente elástica preparado con leche entera, cuajada con enzimas y/o ácidos orgánicos generalmente sin cultivos lácticos.

4.1.10 Queso duro. Es el queso no madurado, escaldado o no, prensado, de textura dura desmenuzable, preparado con leche entera, semidescremada o descremada, cuajada con cultivos lácticos y enzimas, cuyo contenido de grasa es variable dependiendo de la leche empleada en su elaboración y tiene un contenido relativamente bajo de humedad.

4.5 Queso mozzarella. Es el queso no madurado, escaldado, moldeado, de textura suave elástica (pasta filamentosa), cuya cuajada puede o no ser blanqueada y estirada, preparado de leche entera, cuajada con cultivos lácticos, enzimas y/o ácidos orgánicos o inorgánicos.

4.6 Quesillo criollo. Es el queso no madurado, escaldado, alto en humedad con textura blanda suave y elástica fabricado con leche, acidificada con ácido láctico, cuajado generalmente con cuajo líquido.

4.7 Queso criollo o queso de comida. Es el queso no madurado, preparado con leche, adicionado de cuajo y de textura homogénea, con desuerado natural.

4.8 Queso requesón. Es el producto obtenido por la concentración de suero y el moldeo del suero concentrado, con o sin la adición de leche y grasa de leche, cuyo contenido de grasa es variable.

Queso Descremado. Es el queso no madurado, con un contenido relativamente bajo en grasa de textura homogénea preparado con leche descremada.

2.1.16 Queso Cuartirolo. Es un queso fresco tradicional, de corteza lisa y suave con aroma y sabor característico

2.1.17 Queso de Hoja. Es el queso no madurado obtenido a partir de queso criollo acidificado de forma natural en presencia de bacterias mesófilas nativas de Ecuador no patógenas; sometido a calentamiento previo al hilado, la característica es su envoltura en hoja de achira.

2.1.18 Queso Manaba. Es el queso no madurado obtenido a partir de leche, acidificado de forma natural en presencia de bacterias mesófilas nativas de la zona manabita, salado con sal en grano y colocado en moldes sin fondo para su prensado.

2.1.19 Queso amasado Lojano. Es el queso no madurado elaborado a partir de queso criollo salado y acidificado naturalmente, secado, molido y nuevamente prensado; la característica es su envoltura en hoja de achira.

2.1.20 Queso amasado Carchense. Es el queso no madurado obtenido de cuajada no cortada, de acidificación natural, molido, amasado, moldeado en moldes perforados y espolvoreado con sal de consumo humano; desmenuzado manualmente, moldeado y prensado.

2.1.21 Queso Andino fresco. Es un queso no madurado, el cuerpo presenta un color que varía de blanco a crema y tiene una textura blanda (al presionarse con el dedo pulgar) que se puede cortar.

(Continua)

2012-065

CLASIFICACIÓN

3.1 De acuerdo a su composición y características físicas el producto, se clasifica en:

3.1.1 *Según el contenido de humedad,*

- a) Duro
- b) Semiduro
- c) Semiblando
- d) Blando

3.1.2 *Según el contenido de grasa láctea,*

- a) Rico en grasa
- b) Entero ó Graso
- c) Semidescremado ó bajo en grasa
- d) Descremado ó Magro

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

5.2.5 La leche utilizada para la fabricación del queso fresco, debe cumplir con los requisitos de la Norma NTE INEN 10, y su procesamiento se realizará de acuerdo a los principios del Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública.

5.2.6 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/ MLR 1 en su última edición.

5.2.7 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios no deben superar los establecidos en el Codex Alimentario CAC/MLR 2 en su última edición.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Para la elaboración de los quesos frescos no madurados, se pueden emplear las siguientes materias primas e ingredientes autorizados, los cuales deben cumplir con las demás normas relacionadas o en su ausencia, con las normas del Codex Alimentarius:

- 1 Leche y/o productos obtenidos de la leche.
- 2 Ingredientes tales como:
 - 2 Cultivos de fermentos de bacterias inocuas productoras de ácido láctico y/o aromas y cultivos de otros microorganismos inocuos;
 - 3 Cuajo u otras enzimas coagulantes inocuas e idóneas;
 - 4 Cloruro de sodio;
 - 5 Vinagre;

(Continua)

2012-065

5.1.2 Los quesos frescos no madurados, ensayados de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

Tipo o clase	Humedad % max NTE INEN 63	Contenido de grasa en extracto seco , % m/m Mínimo NTE INEN 64
Semiduro	55	-
Duro	40	-
Semiblando	65	-
Blando	80	-
Rico en grasa	-	60
Entero ó graso	-	45
Semidescremado o bajo en grasa	-	20
Descremado ó magro	-	0,1

5.1.3 Requisitos microbiológicos. Al análisis microbiológico correspondiente, los quesos frescos no madurados deben dar ausencia de microorganismos patógenos, de sus metabolitos y toxinas.

5.1.3.1 Los quesos frescos no madurados, ensayados de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para quesos frescos no madurados

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Enterobacteriaceas, UFC/g	5	2×10^2	10^3	1	NTE INEN 1529-13
Escherichia coli, UFC/g	5	<10	10	1	AOAC 991.14
Staphylococcus aureus UFC/g	5	10	10^2	1	NTE INEN 1529-14
Listeria monocytogenes /25 g	5	ausencia	-		ISO 11290-1
Salmonella en 25g	5	AUSENCIA	-	0	NTE INEN 1529-15

Donde:

- n = Número de muestras a examinar.
- m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.
- M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.
- c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

5.1.4 Aditivos. Se pueden utilizar los aditivos permitidos y en las cantidades especificadas en la NTE INEN 2074 y además:

- a) Gelatina y almidones modificados (estas sustancias pueden utilizarse con los mismos fines que los estabilizadores, a condición de que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias)
- b) Harinas y almidones de arroz, maíz y papa (estas sustancias pueden utilizarse con los mismos fines que los antiaglutinantes para el tratamiento de la superficie de productos cortados, rebanados y desmenuzados únicamente, a condición de que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias)

5.1.5 Contaminantes. El límite máximo permitido debe ser el que establece el Codex alimentarius de contaminantes CODEX STAN 193-1995, en su última edición

(Continua)

2012-065

5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 Los quesos frescos no madurados deben mantenerse en cadena de frío durante el almacenamiento, distribución y comercialización a una temperatura de $4^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C y su transporte debe ser realizado en condiciones idóneas que garanticen el mantenimiento del producto.

5.5.2 Las unidades de comercialización de este producto debe cumplir con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

8.1.3 INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 04.

6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario se rechaza.

8.5 ENVASADO Y EMBALADO

7.1 Los quesos frescos no madurados deben expendirse en envases asépticos, y herméticamente cerrados, que aseguren la adecuada conservación y calidad del producto.

7.2 Los quesos frescos no madurados deben acondicionarse en envases cuyo material, en contacto con el producto, sea resistente a su acción y no altere las características organolépticas del mismo.

7.3 El embalaje debe hacerse en condiciones que mantenga las características del producto y aseguren su inocuidad durante el almacenamiento, transporte y expendio.

8. ROTULADO

8.1 El Rotulado debe cumplir con los requisitos establecidos en el RTE INEN 022

8.2 Designación . El queso se designa por su nombre, seguido de la indicación del contenido de humedad, contenido de grasa láctea en extracto seco y características del proceso. Adicionalmente puede designarse por un nombre regional reconocido o por un nombre comercial específico.

(Continua)

2012-065

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 10	<i>Leche pasteurizada. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 63	<i>Quesos. Determinación del contenido de humedad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 64	<i>Quesos. Determinación del contenido de grasas</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 65	<i>Quesos. Ensayo de la fosfatasa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-13	<i>Control microbiológico de los alimentos. Enterobacteriaceae. Recuento en placa por siembra en profundidad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-14	<i>Control microbiológico de los alimentos. Staphylococcus aureus. Recuento en placa de siembra por extensión en superficie</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados</i>
<i>Ley 2007-76</i>	<i>del Sistema Ecuatoriano de la Calidad Publicado en el Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22.</i>
<i>Codex Alimentarius CAC/MRL 1</i>	<i>Lista de límites máximos para residuos de plaguicidas en los alimentos.</i>
<i>Codex Alimentarius CAC/MRL 2</i>	<i>Lista de límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios.</i>
<i>Codex Stan 193-1995</i>	<i>Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y pientos</i>
Decreto Ejecutivo 3253	<i>Reglamento de buenas prácticas de manufactura para alimentos procesados</i>
AOAC 991.14	<i>Coliform and Escherichia coli Counts in foods Dry Rehydratable Film Methods.</i>
ISO 11290-1	<i>Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes -- Part 2: Enumeration method</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Codex Stan 221-2001 *Norma de grupo del Codex para el queso no madurado, incluido el queso fresco* Adoptado 2001. Enmienda 2008. Revisión 2010

Codex Stan 283-1978 *Norma general del Codex para el queso* Adoptado en 1973. Revisión 1999. Enmienda 2006, 2008. Revisión 2010

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense . *Norma de quesos frescos no madurados.* NTON 03 022-99. Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. 28 abril 1999.

Reglamento Sanitario de los Alimentos DTO N° 977/96 . República de Chile. Pags. 73. Actualizado a 2010

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: NORMA GENERAL PARA QUESOS FRESCOS NO
NTE INEN 1528 MADURADOS. REQUISITOS **Código:**
AL 03.01-420

Primera revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1987-07-09 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No 531 de 1987-08-03 publicado en el Registro Oficial No. 755 de 1987-08-24 Fecha de iniciación del estudio: 2011-01
--	--

Fechas de consulta pública: de a

Subcomité Técnico: LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS

Fecha de iniciación: 2011-02-09 Fecha de aprobación: 2011-08-03 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Dr. Rafael Vizcarra (Presidente)
Dra. Teresa Rodríguez
Dra. Mónica Sosa
Dr. Christian Muñoz
Ing. Ernesto Toalombo
Dr. Galo Izurieta
Ing. Tatiana Benavides
Ing. Alberto Nieto
Dra. Jenny Yambay
Ing. Fernando Párraga
Ing. Daniel Tenorio
Ing. Jorge Chávez
Ing. Linda Nuñez
Sr. Rodrigo Gómez de la Torre
Dra. Johanna Choéz
Dr. Marlon Revelo
Ing. Leonardo Baño
Dr. Antonio Camacho
Ing. Lourdes Reinoso
Tlga. Tatiana Gallegos
Ing. Paola Simbaña
Ing. Rocío Contero
Dr. Alfonso Álvarez
Ing. Franklin Hernández
Ing. Galo Sandoval
Dra. Mónica Quinatoa
Dr. Alexander Salazar
Dr. Rodrigo Dueñas
Ing. César Guzmán
Dr. David Villegas
Dra. Katya Yépez
Ing. Noela Bautista
Dra. Indira Delgado
Dr. Orlando Coba
Dra. Ana María Hidalgo
Dr. Renato Torres
Ing. Talía Palacios
Ing. Guillermo Gómez
Sra. Laura Pilataxi
Ing. Julio Vera
Dr. Viviana Salas
Ing. Pablo Herrera
Dr. Hernán Cortes
Dr. Hernán Riofrío
Ing. Diego Escudero
Ing. Marco Cevallos
Dra. María Eufemia Ramón
Dra. Rocío Cobos
Ing. María E. Dávalos (Secretaría técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIEN, Guayaquil
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Quito
PFIZER
EL SALINERITO
PASTEURIZADORA QUITO
REYBANPAC
CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA
INDUSTRIA LÁCTEA CARCHI S.A.
PROLAC
AILACCEP
MIPRO
PARMALAT
PRODUCTORES DE LECHE
INDUSTRIAS LACTEAS TONI S.A.
PASTEURIZADORA QUITO
ASO SIERRA NEVADA
ACA FOOD SAFETY
SFG/MAGAP
MINISTERIO DE SALUD – SISTEMA ALIMENTOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ALPINA ECUADOR S.A
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE PICHINCHA
REYBANPAC - LACTEOS
REYBANPAC
ASAMBLEA NACIONAL
MIPRO
NESTLÉ ECUADOR
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA- ECOLAC
ALPINA ECUADOR
ALIMEC S.A.
LABORATORIO OSP - UCE
MIPRO – DIRECCIÓN CONSUMIDOR
MIPRO – DIRECCIÓN CONSUMIDOR
ASOGAN
S-P.U - COINNA
NESTLÉ – DPA
DESCALZI
PARMALAT
PARMALAT
SECRETARIA DE SALUD – MUNICIPIO, Quito
DEL CAMPO CIA. LTDA
DEL CAMPO CIA. LTDA
INDUSTRIAS LACTEAS TONI S.A.
QUIMIEN CIA. LTDA.
INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1528:2012 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1528:1987

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Obligatoria

Por Resolución No. 11 379 de 2011-12-26

Registro Oficial No. 652 de 2012-03-02

- **NORMAS NTE INEN ELABORACION DE QUESOS MADUROS**

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2607:2012

QUESO ANDINO MADURADO. REQUISITOS.

Primera Edición

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso, queso andino madurado, requisitos.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	QUESO ANDINO MADURADO. REQUISITOS.	NTE INEN 2607:2012 2012-01
---	---	-----------------------------------

4. OBJETO

1.5 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el queso Andino madurado destinado al consumidor final.

2. DEFINICIONES

2.1 Para efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2604 y las que a continuación se indican:

2.1.1 *Queso Andino madurado*. Es un queso semiduro, el cuerpo presenta un color que varía de marfil a amarillo claro o amarillo y tiene una textura firme (al presionarse con el dedo pulgar) que se puede cortar.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.2 La leche utilizada para la elaboración del queso Andino madurado, debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 10 y su procesamiento se realizará de acuerdo a los principios del Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública:

3.3 Para desarrollar las características de sabor y cuerpo, el procedimiento de maduración del queso Andino madurado es, mínimo de 15 días a una temperatura de 12°C, según el nivel de madurez requerido. Pueden utilizarse distintas condiciones de maduración (incluida la adición de enzimas para intensificar el proceso) siempre que el queso muestre propiedades físicas, bioquímicas y sensoriales similares a las conseguidas mediante el procedimiento de maduración previamente citado.

3.4 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/MRL 1, en su última edición.

3.5 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios no deben superar los establecidos en el Codex Alimentario CAC/MRL 2, en su última edición.

3.1.3 REQUISITOS

4.1 Requisitos específicos

3.1.4 *Forma*. El queso Andino madurado debe presentarse, en forma de cilindro con caras planas:

3.1.5 *Corteza*. La corteza del queso Andino madurado debe presentar aspecto seco, y su color debe ser amarillento. El queso Andino se elabora y vende con corteza dura y presenta un ligero desarrollo graso, puede tener un revestimiento.

3.1.6 *Pasta*. La pasta del queso Andino madurado debe presentar textura firme y ser fácil de cortar, no debe presentar agujeros. Su color debe ser uniforme y amarillento.

3.1.7 Para la elaboración del queso Andino madurado, se podrán utilizar las siguientes materias primas e ingredientes autorizados, los cuales deben cumplir con las demás normas relacionadas o en su ausencia, con las normas del Codex Alimentarius:

2 Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso, queso andino madurado, requisitos.

2012-032

e
c
h
e
p
a
s
t
e
u
r
i
z
a
d
a

3

I
n
g
r
e
d
i
e
n
t
e
s
t
a
l
e
s
c
o
m
o
:

(
C
o
n
t
i
n
ú
a
)

D
E
S
C
R
I
P
T
O
R
E
S
:

- a) Cultivos iniciadores de bacterias inocuas del ácido láctico y/o productoras de aroma;
- b) Cuajo u otras enzimas coagulantes inocuas e idóneas;
- c) Cloruro de sodio y/o cloruro de potasio como sucedáneo de la sal;

4.1.5 La prueba de fosfatasa será negativa para el queso Andino madurado, (ver NTE INEN 065).

4.1.6 *Requisitos fisicoquímicos.* El queso Andino madurado, ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes debe cumplir con lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos

REQUISITO	Mín.	Max.	METODO DE ENSAYO
Grasa láctea en extracto seco, % (m/m)	35,0	--	NTE INEN 63
Extracto seco:	Según el contenido de grasa en el extracto seco, de acuerdo a la siguiente tabla.		NTE INEN 64
	Contenido de grasa en el extracto seco (m/m):		Contenido de extracto seco mínimo correspondiente (m/m):
	>30,0% < 40,0%		38,0 %
	>40,0% < 48,0%		52,0%
	>48,0% <60,0%		55,0%
	>60,0%		62,0%

4.1.7 *Requisitos microbiológicos.* Al realizar el análisis microbiológico correspondiente, el queso Andino madurado debe dar ausencia de microorganismos patógenos, de sus metabolitos y toxinas.

4.1.7.1 El queso Andino madurado, ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Enterobacteriaceas, UFC/g	5	2×10^2	10^3	2	NTE INEN 1529-13
Staphylococcus aureus UFC/g	5	10^2	10^3	1	NTE INEN 1529-14

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad. c

= Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

4.1.8 *Aditivos.* Se pueden utilizar los aditivos permitidos y en las cantidades especificadas en la NTE INEN 2 074, además de: Enzimas inocuas idóneas para potenciar el proceso de maduración; Coadyuvantes de elaboración inocuos idóneos y harinas y almidones de arroz, maíz, trigo y papa, las harinas y almidones pueden utilizarse en la misma función como agentes antiaglutinantes para tratamiento de la superficie, sólo en productos cortados, rebanados y rallados, siempre que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias establecidas por las buenas prácticas de fabricación (BPF).

4.1.9 *Contaminates*. El límite máximo permitido debe ser el que establece el Codex alimentarius de contaminantes CODEX STAN 193-1995, en su última edición.

2012-032

4.2 Requisitos complementarios. Las unidades de comercialización de este producto deben cumplir con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

INSPECCIÓN

** **Muestreo.** El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 04.

** **Aceptación o rechazo.** Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario se rechaza.

ENVASADO Y EMBALADO

2 El queso Andino madurado debe expendirse en envases asépticos, herméticamente cerrados, que aseguren la adecuada conservación y calidad del producto.

3 El queso Andino madurado debe acondicionarse en envases cuyo material, en contacto con el producto, sea resistente a su acción y no altere las características organolépticas del mismo.

4 El embalaje debe hacerse en condiciones que mantenga las características del producto y aseguren su inocuidad durante el almacenamiento, transporte y expendio.

7. ROTULADO

2 El rotulado del producto debe cumplir con los requisitos establecidos en el RTE INEN 022.

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 10	<i>Leche pasteurizada. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 63	<i>Quesos. Determinación del contenido de humedad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 64	<i>Quesos. Determinación del contenido de grasas</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 65	<i>Quesos. Ensayo de la fosfatasa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-13	<i>Control microbiológico de los alimentos. Enterobacteriaceae. Recuento en placa por siembra en profundidad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-14	<i>Control microbiológico de los alimentos. Staphylococcus aureus. Recuento en placa de siembra por extensión en superficie</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2604	<i>Norma general para quesos madurados. Requisitos</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Bebidas alcohólicas</i>
<i>Ley 2007-76</i>	<i>del Sistema Ecuatoriano de la Calidad. Publicado en el Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22.</i>
<i>Codex Alimentarius CAC/MRL 1</i>	<i>Lista de límites máximos para residuos de plaguicidas en los alimentos.</i>
<i>Codex Alimentarius CAC/MRL 2</i>	<i>Lista de límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios.</i>
<i>Codex Stan 193-1995</i>	<i>Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y pientos</i>
Decreto Ejecutivo 3253	<i>Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados,</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Codex Stan 283-1978 Norma general del Codex para el queso Anteriormente Codex Stan A-6-1973. Adoptado en 1973. Revisión 1999. Enmienda 2006, 2008. Revisión 2010.

Reglamento Sanitario de los Alimentos Dto N° 977/96. República de Chile. Actualizado a 2 010.

ABC de las Queserías Rurales del Ecuador, José Dubach. Proyecto Queserías Rurales del Ecuador, Quito 1988.

DOCUMENTOS PROPIOS DE LA EMPRESA EL SALINERITO

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: QUESO ANDINO. REQUISITOS. REQUISITOS **Código:**
NTE INEN 2607 **AL 03.01-449**

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2011-06	REVISION: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS

Fecha de iniciación: 2011-07-04

Fecha de aprobación: 2011-07-07

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Dr. Rafael Vizcarra (Presidente)
Dra. Teresa Rodríguez

Dra. Mónica Sosa
Dra. María Eufenia Ramón
Sr. Rodrigo Gómez de la Torre
Dr. Christian Muñoz
Dra. Rocío Cobos
Ing. Patricia Guano
Ing. Viviana Salas
Dr. David Villegas
Dr. Marlon Revelo
Dr. Alberto Nieto
Ing. Hernán Cortes
Ing. Ernesto Toalombo
Ing. María E. Dávalos (Secretaría Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIEN,
GUAYAQUIL
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, QUITO
INDUSTRIAS LACTEAS TONI S.A.
PRODUCTORES DE LECHE
PFIZER CIA. LTDA.
QUIMIEN CIA. LTDA.
PARMALAT
DESCALZI
MIPRO
PASTEURIZADOIRA QUITO
CIL
PARMALAT
EL SALINERITO
INEN

- **NORMAS NTE INEN ELABORACION DE QUESOS MOZZARELLA**

CDU: 637

AL 03.01-411

Norma Técnica Ecuatoriana	QUESO MOZZARELLA  REQUISITOS	INEN 82 1973 - 10
--------------------------------------	---	---------------------------------

5. OBJETO

1.6 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que debe cumplir el queso Mozzarella.

2. REQUISITOS DEL PRODUCTO

2.1 Requisitos generales

9 *Forma.* El queso Mozzarella deberá presentarse en forma ovoidal (pera) y podrá tener diversas dimensiones.

10 *Corteza.* La corteza del queso Mozzarella, deberá presentar consistencia semidura y aspecto liso. Su color podrá variar de blanco a crema.

11 *Pasta.* La pasta del queso Mozzarella deberá presentar textura blanda, elástica y no deberá presentar agujeros. Su color deberá ser uniforme y podrá variar del blanco a amarillo brillante y su sabor deberá ser el típico de esta variedad, ligeramente ácido.

2.2 Requisitos de fabricación

4 *Materia prima.* El queso Mozzarella deberá fabricarse con leche de vaca, leche de oveja, leche de cabra o sus mezclas, frescas o pasteurizadas.

5 *Proceso.* El queso Mozzarella deberá elaborarse en condiciones sanitarias adecuadas, y su proceso de elaboración deberá ajustarse a las características esenciales de fabricación indicadas en el anexo A.

6 *Aditivos.* Además de los aditivos permitidos en la norma INEN 66 para los quesos sin madurar, al queso Mozzarella deberá adicionarse fermento *streptothermophilus* y vinagre.

2.3 Especificaciones

2.3.1 El queso Mozzarella, ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes, deberá cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos del queso Mozzarella

REQUISITOS	Mín (%)	Máx (%)	METODO DE ENSAYO
Humedad	-	60	INEN 63
Grasa en el extracto seco	45	-	INEN 64

2.3.2 El ensayo de la fosfatasa, realizado de acuerdo con la norma INEN 65 sobre el queso Mozzarella que haya sido fabricado con leche pasteurizada (ver **2.2.1**) deberá dar un máximo de 3 unidades de fosfatasa.

REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

3.1 Envasado. El queso Mozzarella deberá acondicionarse en un envase cuyo material sea resistente a la acción del producto y que no altere las características organolépticas del mismo.

3.2 Rotulado. El rótulo o la etiqueta del envase deberá incluir la siguiente información:

- 4 denominación del producto: *QUESO MOZZARELLA*,
- b) designación del producto según INEN 62. *Queso blando, extragrasso y si madurar*
- d) cuando no se use leche de vaca deberá indicarse el tipo de leche utilizada,
- c) razón social del fabricante, su dirección o nombre de la zona o provincia respectiva,
- 4.1.7 dirección completa del importador si el queso es fabricado fuera del país,
- 4.1.8 fecha de fabricación,
- 4.1.9 declaración de los aditivos añadidos,
- 4.1.10 indicación de pasteurizado, en caso de que lo sea (ver **3.3**),
- 4.1.11 número de Registro Sanitario, y
- 4.1.12 nombre del país de origen.

3.3 Sólo podrá llevar indicación de pasteurizado el queso Mozzarella que haya sido fabricado con leche pasteurizada y cumpla con el requisito establecido en **2.3.2**.

MUESTREO

4.1 El muestreo deberá realizarse de acuerdo con la norma INEN 4.

(Continua)

ANEXO A**CARACTERISTICAS ESENCIALES DEL METODO
DE FABRICACION DEL QUESO MOZZARELLA**

A.1 Método de fermentación. Mediante adición a la leche de fermentos lácticos.

A.2 Método de coagulación. Con cuajo u otras enzimas coagulantes apropiadas.

A.3 Tratamiento térmico del coágulo. Se calienta la cuajada, a una temperatura de 40° C después de haber sido cortada en tiras de tres centímetros de lado y lo más largas que sea posible.

A.4 Método de moldeo. Se realiza el hilado sumergiendo la cuajada en agua caliente a 65°C, cuando las tiras están elásticas se amasa, luego fracciona y se lo coloca en moldes, la temperatura en esta etapa debe ser de 10° a 15° C.

A.4 Adición de sal. Normalmente se lo sala por inmersión en salmuera, durante media hora.

A.5 Método de maduración. Se lo madura por un tiempo de dos a cinco días.

(Continua)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

- INEN 4 *Leche y productos lácteos. Muestreo.*
- INEN 62 *Quesos. Clasificación y designaciones.*
- INEN 63 *Quesos. Determinación del contenido de humedad.*
- INEN 64 *Quesos. Determinación del contenido de grasa.*
- INEN 65 *Quesos. Ensayo de la fosfatasa.*
- INEN 66 *Quesos. Aditivos.*

Z.2 NORMAS PUBLICADAS SOBRE EL TEMA

- INEN 67 *Queso Cheddar. Requisitos.*
- INEN 68 *Queso Danbo. Requisitos.*
- INEN 69 *Queso Edam. Requisitos.*
- INEN 78 *Queso. Gouda. Requisitos.*
- INEN 79 *Queso Provolone. Requisitos.*
- INEN 80 *Queso Gruyère. Requisitos.*
- INEN 81 *Queso Romano. Requisitos.*
- INEN 82 *Mozzarella. Requisitos.*
- INEN 83 *Queso Gorgonzola. Requisitos.*
- INEN 84 *Queso Parmesano. Requisitos.*
- INEN 85 *Queso Camembert. Requisitos.*
- INEN 86 *Queso Ricota. Requisitos.*
- INEN 87 *Queso Bel Paese. Requisitos.*
- INEN 88 *Queso Cuartirolo. Requisitos.*
- INEN 89 *Queso Port-Salut. Requisitos.*
- INEN 90 *Queso Pategras. Requisitos.*

Z.3 BASES DE ESTUDIO

Norma Sanitaria de Alimentos. OFSANPAN — IALUTZ 024-01-00 I. *Mozzarella*. OPS/OMS. Oficina Sanitaria Panamericana, Washington. 1968.

Standards of identity, Title 21- Chap 1-Section 19.600. *Mozzarella cheese. scamorza cheese; identity*. Food and Drug Administration (FDA), Washington, 1968.

