



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Campus Arturo Ruiz Mora
Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA

Tesis de grado previa la obtención del título de
INGENIERO ELECTROMECHANICO

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO PARA LA CONSERVACION DE
ALIMENTOS LIQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

Estudiantes

Diego Vinicio Castillo Erreiz
Franklin David Toapaxi Unapucha

Director de Tesis
Ing. Néstor Alban

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador
Julio, 2010

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA
CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS LÍQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE
ALTO VOLTAJE**

Ing. Néstor Alban
DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Ing. Nilo Ortega
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Ing. Jorge Terán
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Fis. Washington Ponce
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Santo Domingo, Julio de 2010

Del contenido del presente trabajo se responsabilizan los autores

Diego V. Castillo E.

Franklin D. Toapaxi U.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Néstor Alban, en calidad de Director de Tesis del tema “Diseño y construcción de un prototipo para conservar alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje” realizada por los señores: Diego Vinicio Castillo Erreiz y Franklin David Toapaxi Unapucha, para optar por el Título de Ingenieros Electromecánicos, doy fe que el presente trabajo de investigación ha sido dirigido y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Santo Domingo, 10 de Abril de 2010

Atentamente,

Ing. Néstor Alban
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

*A mi querida madre,
quien con su voz de ánimo estuvo siempre,
brindándome su apoyo incondicional,
permitiéndome culminar mi carrera, y a mi
familia que siempre estuvo con su de apoyo,*

Diego C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por brindarme la vida, a mis amigos por su apoyo, a los ingenieros que fueron partícipes de mi formación profesional, los cuales compartieron sus conocimientos y experiencias, de manera muy especial al Ing. Néstor Alban y Dr. Caisaguano por su colaboración permanente en el desarrollo de este trabajo investigativo, al Ing. William Toapaxi por su apoyo inquebrantable hasta la terminación del presente trabajo.

Diego C.

DEDICATORIA

*El presente informe de investigación
lo dedico a mi madre, quien
acertadamente ha dirigido mi vida, además
por ser la persona que con su insistencia
hizo posible que culmine este trabajo, a mi familia
y amigos en general, por haber estado
siempre presentes hasta esta parte de mi vida*

Franklin David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi hermano William por su ayuda en la realización del presente informe de investigación, al Ing. Alban y al Dr. Caisaguano por sus valiosos aportes y sugerencias en el desarrollo de este informe, para obtener mi título de Ingeniero Electromecánico.

Franklin David

Resumen

Tomando en cuenta que la zona de Santo Domingo es rica en frutas tropicales, y que éstas y que parte de la misma se pierde por no poder conservarse, y además con el fin de contribuir a la investigación en el campo de la esterilización de los alimentos líquidos se realizó el diseño y construcción de un prototipo para conservar estos alimentos mediante pulsos de alto voltaje, pues los estándares de calidad en los alimentos que se consumen son cada vez más exigentes.

En la actualidad se están utilizando nuevas tecnologías con el fin de preservar las características sensoriales y nutritivas propias de los alimentos a fin de suplir la demanda de los consumidores que exigen alimentos mínimamente procesados.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó como principio para esterilizar, la intensidad del campo eléctrico, el cual es aplicado de manera directa en una cámara continua, se emplea en forma de pulsos para minimizar la producción de calor.

En el Capítulo I, constan los antecedentes del tema de investigación, así como su importancia, limitaciones, objetivos generales y específicos, además de los métodos aplicados para su elaboración.

Continuando en el Capítulo II, exponemos los conceptos teóricos y definiciones, que son fundamentales para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

El Capítulo III se describe los diversos criterios necesarios que nos llevaron a la selección y cálculos, para el posterior diseño del prototipo. Es así que la bomba

fue seleccionada para satisfacer un caudal necesario en nuestra investigación, para la selección de la cámara de esterilización se fundamentó en un proceso de esterilización denominado luz ultravioleta, el cual fue modificado para adaptarlo a nuestra necesidad; el electrodo interno de la cámara de esterilización se lo calculó en función de la intensidad del campo eléctrico; esta cámara se la instaló en un alojamiento que fue diseñado para que presente las condiciones dieléctricas necesarias, además posee un sistema de finales de carrera que dan la debida seguridad al operador.

El circuito oscilador de alta frecuencia y alto voltaje, está constituida por un circuito oscilador y una fuente de alto voltaje (Fly Back), los mismos fueron seleccionados tomando en cuenta los criterios necesarios para nuestro fin. Todo este prototipo está comandado por un circuito de control eléctrico.

El Capítulo IV se describe detalladamente los pasos para la construcción del prototipo A y B. El prototipo B se lo realizó para obtener mejores resultados.

El funcionamiento y análisis de los resultados del esterilizador lo describimos en el Capítulo V, en ella hacemos mención al funcionamiento de los sistemas: eléctrico, esterilización, generación de pulsos de alto voltaje y control eléctrico.

En el Capítulo VI se detallan los gastos en los cuales se incurrió para el desarrollo del tema propuesto al inicio de esta investigación y así culminar exitosamente el trabajo propuesto.

Al final del presente informe de investigación se describen las conclusiones a las cuales se llegó, para posteriormente analizar las mismas y formular las debidas recomendaciones.

TABLA DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Hoja de sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	ii
Hoja de responsabilidad del autor.....	iii
Informe de aprobación del director de tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Resumen.....	ix
Tabla de contenidos.....	xi

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 Antecedentes históricos.....	1
1.1.2 Antecedentes científicos.....	2
1.1.3 Antecedentes prácticos.....	3
1.1.4 Importancia del estudio.....	4
1.1.5 Situación actual del tema de investigación.....	5
1.2 limitaciones del estudio.....	6
1.3 Alcance del trabajo.....	7
1.4 Objeto de estudio.....	7
1.5 Objetivos.....	8
1.5.1 Objetivo general.....	8
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
1.6 Justificación.....	9
1.7 Hipótesis.....	10
1.7.1 Hipótesis afirmativa.....	10
1.7.2 Hipótesis negativa.....	10
1.8 Aspectos metodológicos del estudio.....	10
1.8.1 Tipo y nivel de investigación.....	10
1.8.2 Métodos de investigación.....	11
1.9 Población y muestra.....	12

CAPITULO II MARCO DE REFERENCIA

2.1 El alto voltaje en la naturaleza.....	13
2.2 Trabajos realizados para conservar alimentos líquidos mediante campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI).....	14
2.3 Uso de campos eléctricos pulsantes de alta intensidad para conservar alimentos líquidos en la industria alimenticia del país	16
2.4 Alimentos.....	17
2.4.1 Definición.....	17
2.4.2 Clasificación de los alimentos.....	17
2.4.3 Alimentos líquidos.....	18
2.5 Conservación de alimentos.....	18
2.6 Métodos térmicos de conservación de alimentos.....	18
2.7 Clasificación de métodos térmicos.....	19
2.7.1 Esterilización.....	19
2.7.2 Pasteurización.....	19
2.7.3 Escaldado.....	20
2.8 Métodos no térmicos de conservación de alimentos.....	21
2.8.1 Campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI).....	23
2.9 Campo eléctrico.....	25
2.9.1 Concepto físico de campo eléctrico.....	25
2.9.2 Representación del campo eléctrico.....	27
2.9.3 Aplicación del campo eléctrico en la esterilización de alimentos mediante pulsos.....	29
2.10 Teoría de la ruptura dieléctrica.....	32

CAPITULO III

DISEÑO DEL PROTOTIPO PARA CONSERVAR ALIMENTOS LÍQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

3.1 Introducción.....	35
3.2 Diagrama de bloques del prototipo.....	37
3.2.1 Bomba de agua.....	37
3.2.2 Cámara de esterilización.....	38
3.2.3 Circuito generador de pulsos de alto voltaje.....	38
3.2.3.1 Circuito oscilador de alta frecuencia y alto voltaje.....	38
3.2.3.2 Circuito de control de pulsos.....	39
3.2.4 Circuito de control eléctrico.....	40
3.3 Parámetros de diseño y selección.....	40
3.3.1 Selección de la bomba.....	40
3.3.2 Diseño de la cámara de esterilización (Diseño A).....	41
3.3.2.1 Selección del diámetro del tubo de acero inoxidable para la cámara de esterilización.....	42
3.3.2.2 Selección del diámetro del tubo de acero inoxidable para el electrodo interno.....	42
3.3.2.3 Cálculo de la cámara de esterilización.....	43
3.3.2.3.1 Cálculo del área de la tubería.....	43
3.3.2.3.2 Cálculo de la longitud de la tubería para la cámara de esterilización.....	44

3.3.2.3.3 Cálculo del radio interno de la tubería.....	45
3.3.2.3.4 Cálculo del área interna de la tubería.....	45
3.3.2.3.5 Cálculo del volumen del electrodo externo.....	46
3.3.2.3.6 Cálculo del área del electrodo interno.....	47
3.3.2.3.7 Cálculo del volumen del electrodo interno.....	48
3.3.2.3.8 Cálculo del volumen de la cámara de esterilización.....	48
3.3.2.3.9 Cálculo del volumen real de la cámara de esterilización mediante proceso experimental de laboratorio (V_r).....	49
3.3.2.3.10 Cálculo del tiempo de llenado de la cámara de esterilización.....	51
3.3.2.3.11 Cálculo del área de la cámara de esterilización.....	52
3.3.2.3.12 Cálculo del diámetro interno de la cámara de esterilización.....	53
3.3.2.3.13 Cálculo de la velocidad del agua que ingresa a la cámara de esterilización.....	53
3.3.2.3.14 Cálculo de Reynolds del agua.....	54
3.3.2.4 Selección del material del separador de electrodos y diseño.....	55
3.3.2.5 Diseño del alojamiento de la cámara de esterilización.....	56
3.3.3 Diseño y selección del circuito generador de pulsos de alto voltaje.....	56
3.3.3.1 Selección del circuito oscilador de alta frecuencia y fuente de alto voltaje.....	57
3.3.3.2 Circuito de control de pulsos.....	58
3.3.3.2.1 Cálculo del tiempo de encendido.....	59
3.3.3.2.2 Cálculo del tiempo de apagado.....	61
3.3.3.2.3 Cálculo del número de pulsos.....	62
3.3.3.2.4 Cálculo del número de pulsos en la cámara de esterilización.....	63
3.3.4 Circuito de control eléctrico.....	64
3.3.5 Diseño de la cámara de esterilización (Diseño B).....	65
3.3.5.1 Diseño del electrodo interno de la cámara de esterilización.....	66
3.3.5.2 Cálculo de la distancia entre los dos electrodos.....	66
3.3.5.3 Cálculo del área del electrodo interno.....	66
3.3.5.4 Cálculo del volumen del electrodo interno.....	67
3.3.5.5 Cálculo del volumen real de la cámara de esterilización mediante proceso experimental de laboratorio (V_{r1}).....	68
3.3.5.6 Cálculo del tiempo de llenado de la cámara de esterilización.....	69
3.3.5.7 Cálculo del área de la cámara de esterilización.....	70
3.3.5.8 Cálculo del diámetro interno de la cámara de esterilización.....	70
3.3.5.9 Cálculo de la velocidad del agua que ingresa a la cámara de esterilización.....	71
3.3.5.10 Cálculo de Reynolds del agua.....	72
3.3.6 Análisis matemático y físico del campo eléctrico.....	74

CAPITULO IV
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO PARA CONSERVAR
ALIMENTOS LÍQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE ALTO VOLTAJE..... 86

4.1 Construcción del Prototipo A.....	87
4.2 Construcción del Prototipo B.....	97

CAPITULO V	
FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTERILIZADOR	100
5.1 Sistema de suministro eléctrico	100
5.2 Sistema de la cámara de esterilización	101
5.3 Sistema del generador de pulsos de alto voltaje	101
5.4 Sistema del circuito de control eléctrico	102
5.5 Descripción general del sistema de conservación de alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje	102
5.6 Datos técnicos del sistema de conservación de alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje	104
5.6.1 Condiciones de trabajo	104
5.6.2 Datos del equipo	104
5.6.3 Datos de la bomba	104
5.6.4 Datos del circuito oscilador de alta frecuencia	105
5.6.5 Datos del circuito de control electrónico de número de pulsos de alto voltaje	105
5.6.6 Datos del circuito eléctrico	105
5.7 Funcionamiento del proceso de esterilización	106
5.8 Análisis de resultados	107
CAPITULO VI	
ANÁLISIS ECONÓMICO	109
6.1 Costo de materiales y equipos	109
6.2 Costo de mano de obra	110
6.3 Costos de pruebas bacteriológicas y nutricionales	110
6.4 Costos totales	110
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1 Conclusiones	111
7.2 Recomendaciones	113
BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	116
PLANOS	129

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes Históricos

Los alimentos que el hombre consume son de origen biológico, puesto que se originan de plantas o animales y por esta razón todo alimento presenta cambios ya sean físicos, químicos y microbiológicos, o combinaciones de dos o más de estos que llegan a producir deterioro. En consecuencia contar con alimentos en buenas condiciones, por un tiempo más prolongado, derivó que nuestros antepasados desarrollen técnicas de conservación empíricas que satisficieran estas necesidades. El secado, ahumado y salado, son procesos de conservación que el hombre desarrolló desde el inicio de su historia.

Los métodos iniciales desarrollados han tenido variaciones a través del tiempo, o sea se han refinado sus procedimientos, esto se debe porque se ha ido entendiendo más a fondo las transformaciones que causan el deterioro de los alimentos. Después de muchos años aparecen la esterilización, pasteurización, escaldado y cocción. Los tratamientos térmicos son excelentes procesos de conservación pero también tienen efectos negativos sobre la calidad de los productos.

Con el calor se desarrollan otras reacciones, se destruyen, es decir la pérdida de atributos nutricionales, y sensoriales, como son el color, olor y la textura o firmeza que deteriora notablemente. Por su parte la refrigeración y la congelación, que también son tratamientos térmicos si se considera la influencia de la temperatura. Paralelo a los tratamientos térmicos se dio la conservación por adición de productos químicos y bioquímicos, con la finalidad de conservar los alimentos.

Desde la segunda mitad del siglo XX se adaptan y desarrollan los métodos combinados y los alimentos mínimamente procesados, posteriormente, en los 80 y 90's, surge el término de tecnologías emergentes, cuyo propósito es lograr la conservación de alimentos cuidando en lo posible de no dañar la calidad de los alimentos. Entre las tecnologías emergentes destacan las altas presiones, las ondas ultrasónicas, los pulsos de luz y los pulsos de alto voltaje. Las tecnologías emergentes utilizan una fuente de energía diferente al calor y se los han designado como procesos no térmicos.

1.1.2 Antecedentes científicos

Por los antecedentes históricos, los objetivos actuales de la tecnología para la conservación de alimentos son producir alimentos mínimamente procesados, seguros microbiológicamente, nutritivos y con apariencia natural.

Mediante la aplicación de los procedimientos térmicos (tratamientos térmicos intensos, salado, acidificación, deshidratación y conservación química), se logra la inactivación enzimática y microbiológica en los alimentos, esto conlleva a la pérdida de algunas de sus propiedades nutritivas, debido a la acción del calor resultado de la aplicación de estas técnicas.

Lo anterior expuesto, ha llevado al nacimiento del concepto de conservación de alimentos utilizando métodos no térmicos, también conocidos como tecnologías emergentes. Con la ayuda de estas nuevas investigaciones, se están desarrollando técnicas que minimizan las pérdidas de los nutrientes en los alimentos, porque no aplican calor en su procedimiento. Estas técnicas tienen un gran potencial como proceso alternativo o complementario a los métodos tradicionales de conservación que causan el mismo efecto anti bacteriológico que las tradicionales con la diferencia que se conservan casi íntegramente las propiedades alimenticias de los alimentos.

1.1.3 Antecedentes prácticos

La aplicación de pulsos eléctricos de alto voltaje de campo, es una técnica desarrollada para la conservación de alimentos mediante un proceso no térmico, con la que se obtiene un producto de gran calidad parecido al producto natural. Esta técnica, cada vez más estudiada y perfeccionada, debe su importancia a la capacidad de estabilizar alimentos sin variar la calidad original.

Los campos pulsados pueden inactivar microorganismos y enzimas, esto toma lugar cuando se excede cierto umbral de intensidad del campo eléctrico externo que induce una diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana celular conocido como potencial transmembrana. Cuando el mismo alcanza un valor crítico, tiene lugar la electroporación o formación de poros en la membrana celular. La permeabilidad de la membrana celular aumenta, esto es reversible si la fuerza del campo eléctrico externo es igual o excede ligeramente a un valor crítico. *El potencial transmembrana umbral depende de la especie bacteriana a eliminar y del medio en que se encuentra situado*¹

¹ Bello Gutiérrez José, Ciencia Bromatológica, pág. 459

Al aplicar este procedimiento de conservación de alimentos se buscara, prevenir o retrasar:

- *La actividad microbiana.*
- *La descomposición de los alimentos, destruyendo o inactivando sus enzimas, previniendo y retardando las reacciones puramente químicas, impidiendo la oxidación utilizando antioxidantes.²*

Una de las primeras aplicaciones de electricidad en el procesamiento de alimentos fue dirigida a la esterilización de leche. Conociendo que a inicios del siglo XX la leche se esterilizó utilizando un proceso denominado Electro-pure Process, que fue introducido a Estados Unidos desde Europa. Este proceso fue uno de los primeros ensayos para la utilización de campos eléctricos pulsantes de alta intensidad en la inactivación de microorganismos.

1.1.4 Importancia del estudio

Como ha sucedido en otras áreas de la ciencia (energías alternativas, nanotecnología, acercamiento al problema del cambio climático, competencias atléticas...) Ecuador llega tarde al desarrollo de nuevas tecnologías.

El desarrollo de las tecnologías emergentes se fue dando en los países desarrollados principalmente, el caso particular de los campos eléctricos pulsantes (CEP), se inicia en Alemania y los Estados Unidos.

² www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202006/Trabajos%20estudiantes%202006/Sosa,%20Daniel%20.pdf

En México existen algunos casos aislados de investigación sobre este tema, por ejemplo, el diseño de una cámara de tratamiento para CEP, (Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2004), Conservación de rebanadas y puré de fresa por tratamiento con pulsos eléctricos de alta intensidad, (Instituto Tecnológico de Celaya, 2005), Aplicación de campos eléctricos pulsantes para la inactivación de esporas de *Bacillus coagulans* en puré de tomate, (Universidad Autónoma de Sinaloa, 2005).

Es importante que en Ecuador se consoliden grupos de investigación en diferentes áreas de la ciencia, aunque hay que reconocer que nuestro rezago tecnológico es considerable. Con el propósito, objetivos y resultados del presente trabajo se pretende dar un paso importante, en el diseño y construcción de un prototipo para la conservación de alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje, esta tecnología que investigaremos es una tecnología no térmica de conservación de alimentos. Además este trabajo redundará en beneficio de la Escuela de Ingeniería agroindustrial, porque ellos podrán hacer estudios más cuidadosos sobre los microorganismos, en cuanto tiene que ver con su inactivación.

1.1.5 Situación actual del tema de investigación

En la actualidad se utilizan varios métodos para la conservación de alimentos, tradicionalmente estos métodos utilizados, son procesos térmicos, esto significa que se expone al alimento a temperaturas elevadas, durante este tiempo de tratamiento se trasmite gran energía al alimento, la misma que puede provocar reacciones indeseables, como la formación de subproductos además de la alteración de las propiedades organolépticas y la pérdida de nutrientes termolábiles de los alimentos.

De ahí nace la necesidad de aplicar nuevas técnicas para la conservación de alimentos. *Estos mecanismos pueden utilizarse para procesar el alimento sin que se vea afectada su calidad y, por tanto, manteniendo sus características organolépticas intactas.*³

Actualmente existen técnicas que se emplean para la conservación de alimentos, los cuales se denominan procesos no térmicos dentro de estos existen: La alta presión hidrostática, campos magnéticos oscilantes, campos de alta intensidad de pulsos eléctricos, pulsos lumínicos intensos, irradiación, aditivos químicos – bioquímicos y tecnología de barreras.

1.2 Limitaciones del estudio

Son pocos los alimentos que han sido tratados por campos eléctricos de alta intensidad (CEPAI), y que se encuentran reportados en la literatura especializada, tales alimentos son: jugos, leche y huevos líquidos.

Falta de empresas que empleen tecnologías emergentes, en sus procesos industriales de conservación de los alimentos líquidos.

³ <http://enlasrutasdelaalimentacion.bligoo.com/content/view/436691/Tratamientos-no-termicos-en-los-alimentos.html>

1.3 Alcance del trabajo

Diseñar y construir el prototipo para conservar alimentos líquidos, (zumo de naranja y leche de vaca) mediante pulsos de alto voltaje, mismos que serán controlados mediante un circuito generador de pulsos de alto voltaje, con la cual tendremos un control del número de pulsos y el tiempo de incidencia de estos en la cámara de tratamiento para eliminar microorganismos presentes en el alimento. El equipo producto de la investigación, contribuirá y redundará en beneficio de la industria alimenticia del país y además fomentará y fortalecerá la Investigación Científica, como soporte insustituible para desarrollar tecnología y poner la misma al servicio de la población.

Es importante indicar que el prototipo será una aplicación específica de la física, por tanto es vital comprender que el desarrollo general en ciencias básicas, y en la física en particular, constituyen la única alternativa de supervivencia para una nación golpeada por la creciente desigualdad social y económica imperante en el mundo moderno. El desarrollo de la física permite crear la infraestructura tecnológica y entrenar el personal necesario, para aprovechar los descubrimientos y avances científicos.

1.4 Objeto de estudio

Diseño y construcción de un prototipo para la conservación de alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo para la conservación de alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje

1.5.2 Objetivos específicos

- Diseñar una cámara de esterilización para la aplicación de los pulsos de alto voltaje.
- Diseñar un circuito generador de pulsos de alto voltaje.
- Seleccionar una fuente de alto voltaje.
- Diseñar un circuito de control eléctrico para el control general del sistema.
- Realizar pruebas de laboratorio para verificar la inactivación enzimática y microbiológica en los alimentos.

1.6 Justificación

El utilizar pulsos eléctricos de alto voltaje, genera campos eléctricos muy intensos, esta es una técnica desarrollada para la conservación de alimentos mediante un proceso no térmico, es decir no hay incidencia de calor, con la que se obtiene un producto de optima calidad parecido al producto natural, ya que el alimento sometido a dicho campo no pierde sus características alimentarias originales, en la proporción que si las pierde cuando son sometidos a procesos tradicionales como son los térmicos.

Esta técnica, cada vez más estudiada y perfeccionada, debe entonces su importancia a la capacidad de estabilizar alimentos sin variar la calidad original.

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación, se mejorara el proceso de conservación de alimentos minimizando las pérdidas de nutrientes en los alimentos, ya que esta técnica no aplica calor en su procedimiento. Es decir esta técnica tendría el mismo efecto anti bacteriológico que las tradicionales con la diferencia que se conservan casi íntegramente las propiedades alimenticias de los alimentos, evitando reacciones bioquímicas indeseables que destruyen el valor nutritivo de los mismos.

Entonces este estudio y posterior diseño y construcción del “Prototipo para conservar alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje” contribuirá y redundará en beneficio del sector industrial alimenticio, para obtener productos de probada calidad, que posteriormente serán comercializadas en los mercados locales e internacionales, en beneficio directo de la población, que consumirá productos que cumplen con altos estándares de calidad.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis afirmativa

El diseño y construcción de un prototipo que produce pulsos de alto voltaje sí destruirá células microbianas.

1.7.2 Hipótesis negativa

El diseño y construcción de un prototipo que produce pulsos de alto voltaje no destruirá células microbianas.

1.8 Aspectos metodológicos del estudio

1.8.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación a aplicarse es la experimental, explorativa, correlacional, predictiva y observacional.

Experimental.- Por que se diseñará y construirá, además de comprobar experimentalmente las variables necesarias para obtener un producto de calidad.

Explorativa.- Porque se busca establecer un diagnóstico de las técnicas actuales de conservación de alimentos las cuales se apoyan en procesos térmicos y tradicionales.

Correlacional.- Debido a que se analizan variables propias de los requerimientos de voltaje, corriente y niveles bacteriológicos permitidos para la alimentación humana.

Predictiva.- Porque establece conductas de las variables a futuro, una vez que esta investigación concluya.

Observacional.- Porque se aplicará la técnica de la observación directa al fenómeno que se está investigando.

1.8.2 Métodos de investigación

Analítico.- Este método servirá para el tratamiento, la interpretación de los datos recopilados en el proceso de la investigación y además para la elaboración de los resúmenes.

Inductivo.- Partimos del problema que la aplicación de procesos térmicos tradicionales, derivan en pérdidas de nutrientes en los alimentos.

Deductivo.- Luego de determinar como punto de partida los aspectos teóricos, y resultados de la experimentación y análisis de los resultados relacionadas con la conservación de alimentos mediante pulsos de alto voltaje... Ilegaremos

a establecer generalizaciones relacionadas con los requerimientos de reducción de microorganismos en los alimentos, para por último elaborar propuestas que traigan como resultado soluciones al problema propuesto en el trabajo investigativo.

Sintético.- Se empleará en la recolección de la información para la realización del resumen y análisis de la teoría y de los datos estadísticos, por medio de la descomposición de la información en sus partes principales y extraer los conceptos y resultados prácticos más importantes.

1.9 Población y muestra

Leche de vaca, zumo de naranja y agua. Ver imagen 1.1

Imagen 1.1



CAPITULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1 El alto voltaje en la naturaleza

El alto voltaje ha estado presente en la vida de la tierra desde épocas remotas, quizá nuestros antepasados no entendían el por qué de muchos fenómenos de la naturaleza, es así que, los rayos presentes en tormentas eléctricas, ayudan a generar ozono contribuyendo a una regeneración natural del mismo. Es sabido ahora en la actualidad que el aire al ser sometido a campos eléctricos intensos se descompone y uno de aquellos elementos es el ozono.

En Venezuela en el estado de Zulia, existe el relámpago más poderoso del mundo, el Catatumbo. Su potencia y fuerza produce moléculas de ozono entre otros fenómenos físicos, según estudios realizados a éste, pero no de manera suficiente y con tecnologías de avanzada, por lo que, una manera de ayudar a regenerar la capa de ozono sería estudiar con grupos de científicos y entes internacionales a profundidad ésta actividad de la naturaleza y ayudar a reconstruir dicho agujero entendiendo una de las maneras que la naturaleza tiene para construir el ozono.

El total de descargas eléctricas es 1.176.000 por año, con una intensidad de hasta 400.000 amperios, según mediciones de la caraqueña Universidad Simón Bolívar, y su luz es visible hasta 400 kilómetros de distancia.¹

¹ <http://www.malianteo.com/foros/f104/fenomeno-natural-relampagos-del-catatumbo-unico-tipo-155970/>

De todos modos, el aporte regenerador de fenómenos como el del Catatumbo, aunque valioso es muy pequeño, pues las tormentas eléctricas apenas aportan 10 por ciento del ozono que se forma en el planeta.

2.2 Trabajos realizados para conservar alimentos líquidos mediante campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI)

Son pocos los alimentos que han sido tratados por CEPAL, y que se encuentran reportados en la literatura especializada, tales alimentos son: jugos, leche y huevos líquidos.

Jugo De Manzana

Zhang y col. (1994) estudiaron la inactivación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en jugo de manzana, utilizando para ello CEPAL de onda cuadrada y de forma exponencial.

Otra investigación fue realizada por Simpson y col. en 1995, los cuales reportaron que la vida útil del jugo, tratado con CEPAL, se incrementaba hasta una semana en comparación con un jugo que no había recibido tratamiento alguno, además de que no presentaba diferencias sensoriales significativas. (FDA, 2000).

Jugo de naranja.-

Zhang y col. en 1997, evaluaron la vida útil de jugo de naranja reconstituido, tratándolo con un sistema CEPAL a nivel planta piloto, obteniendo como resultados que el jugo almacenado a 4° C duraba hasta 5 meses y que la pérdida de vitamina C era menor comparado con el jugo tratado mediante un

proceso térmico, además de que el color fue más atractivo. (FDA, 2000).

Por otro lado, Yeom y col. (2000) realizaron un estudio sobre la inactivación de microorganismo aerobios, hongos y levaduras presentes en el jugo de naranja, utilizando un sistema CEPAL a nivel planta piloto. Los resultados indicaron que no se observó crecimiento alguno de bacterias, hongos y levaduras durante 112 días de almacenamiento a diferentes temperaturas.

Jugo de zarzamora.-

Jin y Zhang, (1999) investigaron los efectos que un sistema CEPAL tiene sobre la inactivación microbiana, la retención de componentes volátiles y la estabilidad del color; concluyendo que la aplicación de esta tecnología es un proceso efectivo para la inactivación de bacterias aerobias, hongos y levaduras, además de mantener la calidad del jugo evitando pérdidas organolépticas de color, olor y sabor.

Leche.-

Dunn y Pearlman en 1987, aplicaron CEPAL a una muestra de leche homogenizada e inoculada con *Salmonella dublin* y observaron que después del tratamiento, no se encontraba la presencia de dicho microorganismo, ni aún almacenada a temperaturas de refrigeración durante 8 días. Dunn en 1995 indicó que la degradación del sabor en la leche era mínima y que no se presentaron cambios físicos o químicos en la actividad enzimática, y en la integridad de lípidos y proteínas. Qin y colaboradores en 1995 estudiaron que el tratamiento aplicado, no alteraba las propiedades fisicoquímicas del producto. (Barbosa-Cánovas, 1999b).

Calderón-Miranda en 1998, estudiaron la inactivación de *Listeria innocua* suspendida en leche descremada. Qin y col. en 1995; Fernández- Molina y col.

en 1999, estudiaron la vida útil de leche cruda descremada tratada por CEPAI, obteniendo como resultados una vida útil de 2 semanas a una temperatura de almacenamiento de 4 ° C, además no observaron cambios en las propiedades físicas y químicas del producto, ni diferencias significativas en sus atributos sensoriales en comparación con leche pasteurizada mediante un tratamiento térmico. (FDA, 2000).

Evrendillek y col. (2001) realizaron un estudio con el fin de evaluar la vida útil de leche sabor chocolate procesada por CEPAI, encontrando que este tipo de proceso es muy efectivo para mantener la estabilidad microbiológica del producto, así como para conservar sus atributos sensoriales.

Huevos líquidos.-

La utilización de CEPAI ha demostrado que, a temperaturas de refrigeración, los huevos presentan una vida útil de 4 semanas. Entre los cambios producidos por este tratamiento, se encuentran: disminución en su viscosidad y aumento en el color del producto. (Qin y col., 1995)

2.3 Uso de campos eléctricos pulsantes de alta intensidad para conservar alimentos líquidos en la industria alimenticia del país

Como esta es una tecnología emergente que en la actualidad está en proceso de investigación y considerando que nuestro país tiene un rezago en el desarrollo de tecnología y de investigación, aún no existen – de lo que hemos investigado – empresas que utilicen dentro de sus procesos este tipo de tecnología alternativa, por el contrario sus procesos se basan en tratamientos térmicos, en especial la pasteurización. Debemos mencionar que en nuestro proceso de investigación se consultó al GRUPO FADESA, sobre la tecnología que utilizan para esterilizar los alimentos, pero no obtuvimos respuesta. De una

fuelle de dicha empresa, de todas formas se nos indico que el proceso es térmico.

2. 4 Alimentos

2.4.1 Definición

Los alimentos presentes en la naturaleza proveen a nuestro organismo de nutrientes suficientes para satisfacer las necesidades funcionales de nuestro organismo, para desarrollar nuestras actividades diarias; en resumen los alimentos son definidos como: *“Sustancias naturales o artificiales que le aportan energía, salud y desarrollo físico e intelectual al ser humano”*²

2.4.2 Clasificación de los alimentos

De las diversas fuentes consultadas a los alimentos podemos clasificar en:

- Leche y derivados (contienen la mayor cantidad de nutrientes)
- Carne, pescado y huevos (proteínas)
- Cereales, legumbres y patatas (hidratos de carbono),
- Frutas y verduras (gran riqueza en vitaminas, minerales y fibras).
- Aceites, margarinas, manteca y alimentos embutidos derivados del cerdo
- Bebidas

² <http://www.monografias.com/trabajos13/travitam/travitam.shtml?monosearch>

2.4.3 Alimentos líquidos

Son alimentos procesados de origen vegetal y animal con gran riqueza en vitaminas y minerales.

2.5 Conservación de alimentos

Los alimentos son perecederos, la principal causa de este efecto es debido a la presencia de diferentes tipos de microorganismos, esto ha motivado a que se desarrollen múltiples investigaciones en el campo de la conservación de alimentos, dando origen inicialmente a los métodos térmicos para pasteurizar y/o esterilizar alimentos y posteriormente a los métodos no térmicos.

2.6 Métodos térmicos de conservación de alimentos

Los métodos de conservación tradicionales de alimentos basados en tratamientos térmicos (escaldado, pasteurización o esterilización) conllevan en muchas ocasiones una disminución de la calidad nutricional y organoléptica del alimento. Este aspecto, unido al hecho de que el consumidor demanda alimentos cada vez más frescos y naturales, menos procesados pero de rápida preparación y que, además de tener una vida útil prolongada mantengan sus cualidades nutricionales y sensoriales, ha llevado a los investigadores y a las empresas de la industria alimentaria a perfeccionar los tratamientos térmicos y a desarrollar otros alternativos.

2.7 Clasificación de Métodos térmicos

2.7.1 Esterilización

Es uno de los tratamientos más agresivos ya que sus elevadas temperaturas, de más de 100 °C mantenidas en algunos casos hasta 20 minutos, afectan al valor nutricional y organoléptico del alimento. Su finalidad es inactivar toda forma de vida en el producto. Actualmente este tipo de tratamiento apenas se utiliza y ha sido reemplazado por el UHT o pasteurización. En este proceso se alcanzan temperaturas elevadas de hasta 150 °C, aunque durante espacios muy cortos de tiempo, menos de 5 segundos, seguido de un rápido enfriamiento.

En resumen: *“la esterilización es la operación donde se tratan los alimentos a alta temperatura y un tiempo necesario para destruir toda la actividad enzimática y microbiana por lo que se producen productos con una larga vida útil pero con notables pérdidas tanto a nivel nutritivo como sensorial.”*³

2.7.2 Pasteurización

Es un proceso térmico relativamente suave, *no obstante, en la pasteurización se emplean generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición (en cualquier tipo de alimento)*⁴, es decir con temperaturas menores de 100°C, que contribuye a conservar el alimento sobre el que se aplica, siempre que se mantenga posteriormente refrigerado como la leche, o se complemente con otro método de conservación.

³ <http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/esterilizacion.htm>

⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Pasteurizaci%C3%B3n>

Cuanto mayor sea la temperatura, menor será el tiempo de aplicación y viceversa. Este tratamiento térmico está destinado a destruir los microorganismos patógenos y ocasionalmente los alterantes si no son muy termo resistente como en el caso de los zumos de frutas. Produce pocos cambios nutricionales y sensoriales.

2.7.3 Escaldado

El escaldado es uno de los tratamientos por calor más suaves. Se aplica a frutas y verduras para, además de fijar su color, inactivar sus enzimas alterantes y destruir algunos microorganismos a modo de paso previo de otros procesos de conservación como la congelación.

Se emplea como paso previo para congelar algunos vegetales y mejorar su conservación. Una vez limpias, las verduras se sumergen unos minutos en agua hirviendo, lo que inactiva las enzimas (sustancias presentes de forma natural en los vegetales y responsables de su deterioro) Después de enfriarlas se envasan en bolsas especiales para congelados, se envasan al vacío y se les anota la fecha de entrada en el congelador para controlar su tiempo de conservación.

“La finalidad básica, por tanto, del escaldado es la inactivación enzimática, pero además se producen otros efectos deseables en el alimento:

- *Limpieza: Se quita el polvo, los gases superficiales y aparece una nueva tonalidad en el alimento.*
- *Eliminación de la carga microbiana superficial.*
- *Eliminación de los gases que se encuentran ocluidos en los tejidos*
- *Suavizado del material.*

- *En el campo de los contras, se da una pérdida de nutrientes, especialmente aquellos que son termolábiles o hidrosolubles”.*⁵

2.8 Métodos no térmicos de conservación de alimentos

La esterilización de alimentos sin calor por métodos no térmicos constituye una alternativa novedosa de preservación y conservación de los alimentos.

Tecnologías que aparecieron al comienzo de este siglo como prometedoras en la pasteurización de alimentos líquidos como la leche, que ofrecen grandes ventajas en el proceso de alimentos sin calor.

Los métodos eléctricos para pasteurizar y/o esterilizar alimentos están recibiendo gran atención en los últimos tiempos debido al interés de la industria alimentaria en identificar métodos rápidos y uniformes de calentamiento o métodos de procesamiento a bajas temperaturas.

Existen variedades de métodos para procesar alimentos a bajas temperaturas entre los que figuran los calentamientos óhmicos y microondas, campos eléctricos de baja simulación, campos magnéticos oscilantes, arcos de descarga eléctrica, y campos eléctricos pulsantes de alta intensidad. La energía eléctrica puede ser aplicada al alimento en forma continua generando calor ocasionando la inactivación de los microorganismos debido al efecto calórico.

⁵ <http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/escaldado.htm>

Por otra parte, si la energía es aplicada en forma de pulsos eléctricos cortos de alta intensidad muy poco calor se generará en el alimento y la inactivación microbiana se logra con la destrucción de la membrana celular.

Se han investigado los principios básicos de tres tecnologías emergentes para pasteurizar y /o esterilizar alimentos sin calor. Numerosos estudios han comprobado la efectividad de los campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI), los pulsos de luz (PL) y los campos magnéticos oscilantes (CMO) en la destrucción de microorganismos y enzimas de sistemas de alimentos. En la inactivación microbiana por CEPAI el blanco principal es la membrana celular que al someterla a campos eléctricos de alta intensidad se hace permeable formando huecos o poros cuyo tamaño se incrementa a medida que aumenta la intensidad del campo eléctrico, el tiempo de tratamiento o reduciendo la resistencia iónica del medio de pulsación.

Por otra parte, los PL inducen reacciones fotoquímicas y foto termales en los alimentos causando la muerte de gran cantidad de microorganismos especialmente en productos alimenticios empacados. Los CMO producen inhibición en el crecimiento y reproducción de los microorganismos, un simple pulso de intensidad de 5-10 teslas y frecuencias de 5-500 kHz es suficiente para reducir el número de microorganismos a un mínimo de 2 ciclos logarítmicos. Se ha comprobado que estas tecnologías alargan la vida de anaquel de diversos productos alimenticios y pueden ser consideradas como sustitutos parciales de los procesos convencionales de pasteurización y/o esterilización de alimentos.

2.8.1 Campos Eléctricos Pulsantes de Alta intensidad (CEPAI)

Los CEPAL, tecnología aplicada en el desarrollo de esta tesis, es una de las más prometedoras para la preservación de los alimentos. La conservación con CEPAL involucra la utilización de pulsos de alto voltaje en el alimento colocado entre dos electrodos.

Esta tecnología es considerada superior al tratamiento calórico convencional debido a que reduce grandemente los cambios que ocurren en las propiedades sensoriales (sabor, color), y físicas (textura, viscosidad) de los alimentos. Además de conservar los atributos sensoriales de los alimentos, los CEPAL no introducen cambios químicos significativos en los alimentos y puede que no sea considerada un aditivo alimentario. Por el contrario, es una tecnología efectiva, segura y limpia.

Los aspectos más importantes de esta tecnología son la generación de campos eléctricos pulsantes de alta intensidad, el diseño de cámara de esterilización para el tratamiento del alimento de tal manera que éste reciba un tratamiento uniforme con un mínimo incremento de la temperatura, y el buen diseño de electrodos para minimizar la electrolisis.

La aplicación de los CEPAL está restringida a aquellos productos alimenticios que puedan soportar campos eléctricos de alta intensidad. La constante dieléctrica del alimento está estrechamente relacionada a su estructura física y composición química.

Los líquidos homogéneos de baja conductividad eléctrica proporcionan las condiciones ideales para el tratamiento continuo con CEPAL. Las burbujas de aire en el fluido alimentario deben ser removidas cuando se usa este método debido a que ellas pueden soportar los campos eléctricos de alta intensidad causando arcos eléctricos que pudieran causar daños a la cámara y a los electrodos.

Con esta tecnología *“las células biológicas están sujetas a pulsos eléctricos de elevada fuerza de campo, que rompen las membranas de la célula debido a una distribución irregular de los cambios eléctricos en ambos lados de la membrana celular. Para la inactivación de los microorganismos, se necesita una fuerza de campo eléctrico de 25 a 35 KV/cm, mientras que para la perforación de las paredes de células vegetativas y musculares basta con una fuerza de campo eléctrico de unos pocos KV/cm”*⁶ Se debe considerar además que para obtener una inactivación microbiológica eficaz debemos de considerar el tamaño de la célula, la duración y forma de onda del pulso y la conductividad del medio circundante.

⁶ http://www.cetmar.org/documentacion/wif/abstracts_es/Ohlsson_es.pdf

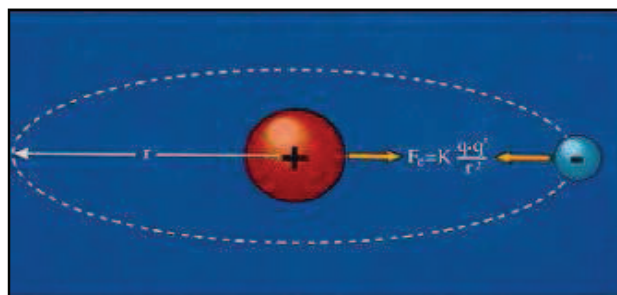
2.9 Campo Eléctrico

2.9.1 Concepto físico de campo eléctrico

Las cargas eléctricas no precisan de ningún medio material para ejercer su influencia sobre otras, de ahí que las fuerzas eléctricas sean consideradas fuerzas de acción a distancia. Cuando en la naturaleza se da una situación de este estilo, se recurre a la idea de campo para facilitar la descripción en términos físicos de la influencia que uno o más cuerpos ejercen sobre el espacio que les rodea.

La noción física de campo se corresponde con la de un espacio dotado de propiedades medibles. En el caso de que se trate de un campo de fuerzas éste viene a ser aquella región del espacio en donde se dejan sentir los efectos de fuerzas a distancia. Ver figura No. 2.1

Figura No. 2.1. Campo Eléctrico



Fuente: <http://personal.redestb.es/jorgecd/campo%20electrico.html>

“Campo eléctrico asociado a una carga aislada o a un conjunto de cargas es aquella región del espacio en donde se dejan sentir sus efectos”.⁷ Entonces en un punto cualquiera del espacio donde está determinado un campo eléctrico se sitúa una carga de prueba, se presentarán fuerzas eléctricas, es decir, de atracciones o de repulsiones sobre ella.

“La fuerza eléctrica que en un punto cualquiera del campo se ejerce sobre la carga unidad positiva, tomada como elemento de comparación, recibe el nombre de intensidad del campo eléctrico y se representa por la letra E”⁸

La intensidad de campo eléctrico es una magnitud vectorial y está claramente especificada por su modulo E y su dirección.

La ecuación del módulo de la intensidad de campo E puede obtenerse para el caso de un campo eléctrico creado por una carga eléctrica puntual Q, al combinar la ley de Coulomb con la definición de campo eléctrico. La fuerza que Q ejerce sobre una carga (unidad positiva 1+), en un punto cualquiera P a una distancia r de la carga central Q está dada, de acuerdo con la ley de Coulomb, por:

$$F_e = K \frac{Q \cdot 1^+}{r^2} \quad (2.1)$$

⁷ <http://personal.redestb.es/jorgecd/campo%20electrico.html>

⁸ <http://personal.redestb.es/jorgecd/campo%20electrico.html>

Pero esta ecuación es la definición del campo eléctrico E y, por tanto, ésta será también su expresión matemática

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (2.2)$$

Puesto que se trata de una fuerza electrostática estará aplicada en P , dirigida a lo largo de la recta que une la carga central Q y el punto genérico P , en donde se sitúa la carga unidad, y su sentido será atractivo o repulsivo según Q sea negativa o positiva respectivamente.

Si la carga de prueba es diferente de la unidad, la ecuación para determinar el valor de la fuerza por unidad de carga es:

$$E = \frac{F}{q} \quad (2.3)$$

La unidad de intensidad de campo E es el cociente entre la unidad de fuerza y la unidad de carga; en el SI equivale, por tanto, al newton (N)/coulomb (C).

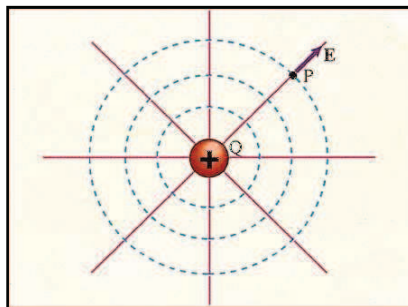
2.9.2 Representación del campo eléctrico

Es posible conseguir una representación gráfica de un campo de fuerzas empleando las llamadas líneas de fuerza. Son líneas imaginarias que describen, si los hubiere, los cambios en dirección de las fuerzas al pasar de un punto a otro. En el caso del campo eléctrico, las líneas de fuerza indican las

trayectorias que seguirían las partículas positivas si se las abandonase libremente a la influencia de las fuerzas del campo. El campo eléctrico será un vector tangente a la línea de fuerza en cualquier punto considerado.

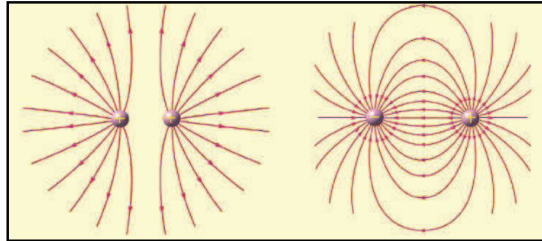
Una carga puntual positiva dará lugar a un mapa de líneas de fuerza radiales, pues las fuerzas eléctricas actúan siempre en la dirección de la línea que une a las cargas interactuantes, y dirigidas hacia fuera porque las cargas móviles positivas se desplazarían en ese sentido (fuerzas repulsivas). En el caso del campo debido a una carga puntual negativa el mapa de líneas de fuerza sería análogo, pero dirigidas hacia la carga central. Como consecuencia de lo anterior, en el caso de los campos debidos a varias cargas las líneas de fuerza nacen siempre de las cargas positivas y mueren en las negativas. Se dice por ello que las primeras son «manantiales» y las segundas «sumideros» de líneas de fuerza. Como se observa en las figuras 2.2 y 2.3

Figura 2.2. Representación del Campo Eléctrico



Fuente: <http://personal.redestb.es/jorgecd/campo%20electrico.html>

Figura 2.3. Representación del Campo Eléctrico



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Campo_electrost%C3%A1tico

2.9.3 Aplicación del campo eléctrico en la esterilización de alimentos mediante pulsos.

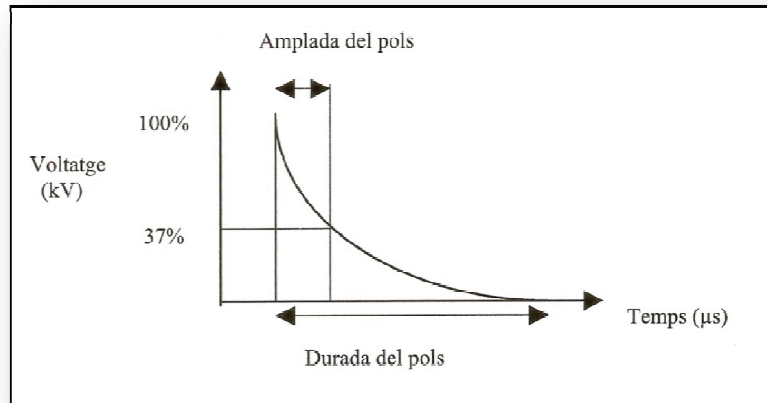
Existen varias formas de ondas las cuales se pueden utilizar como pulsos, para diversas aplicaciones en diferentes campos de la ciencia. En la actualidad el campo eléctrico está siendo utilizado para esterilizar alimentos líquidos, con la particularidad que el campo eléctrico es aplicado en forma de pulsos en tiempo cortos en el orden de los microsegundos.

El campo eléctrico puede ser empleado en forma de pulsos de:

- Decaimiento exponencial, (fig. 2.4)
- Pulsos de onda cuadrada, (fig. 2.5)
- Pulsos oscilatorios, (fig. 2.6)
- Pulsos bipolares, (fig. 2.7)

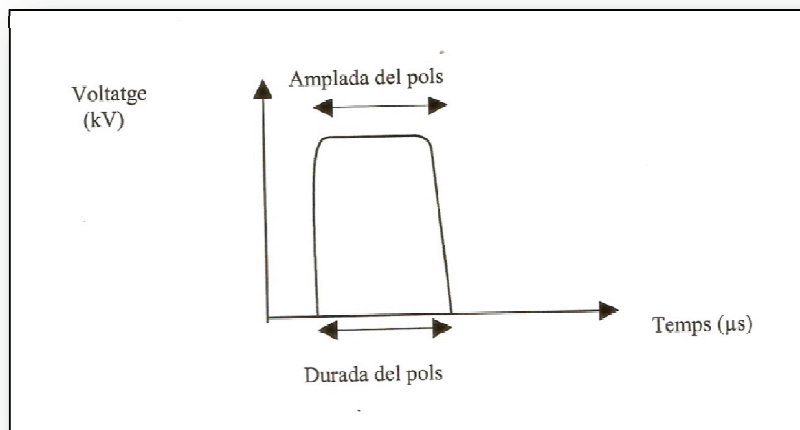
A continuación se muestra de forma gráfica estas formas de ondas de los pulsos.

FIG. 2.4. Decaimiento Exponencial



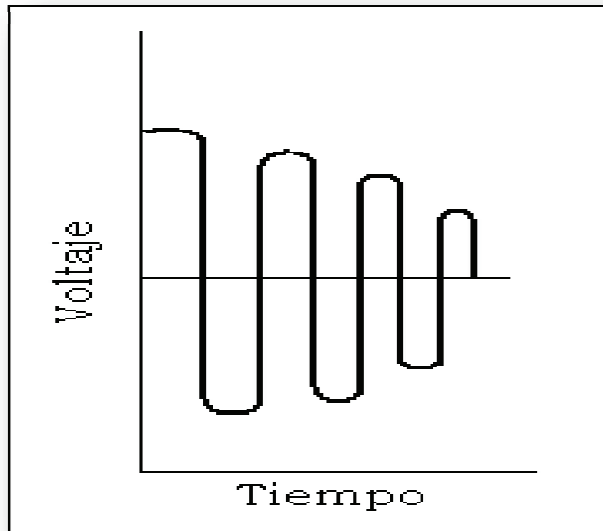
Fuente: REVENTOS Merce, Industria Alimentaria Tecnologies Emergentes, pág. 87

FIG. 2.5. Pulsos de Onda Cuadrada



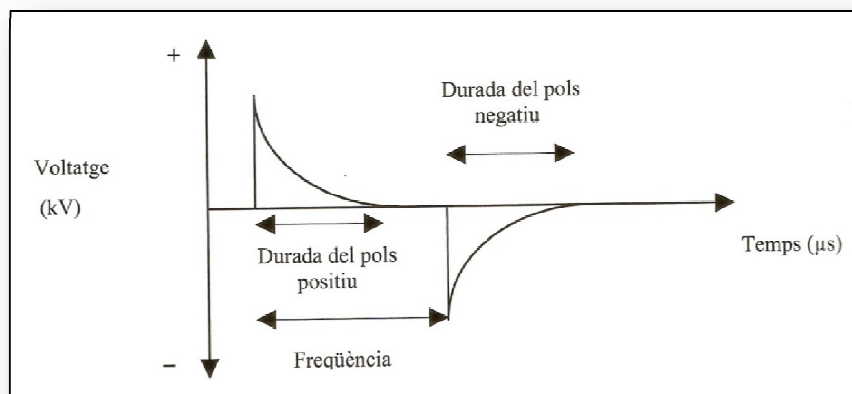
Fuente: REVENTOS Merce, Industria Alimentaria Tecnologies Emergentes, pág. 88

FIG. 2.6. Pulsos oscilatorios



Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

FIG. 2.7. Pulsos Bipolares



Fuente: REVENTOS Merce, Industria Alimentaria Tecnologies Emergentes, pág. 90

Los pulsos bipolares son más letales que los pulsos monopolares. Debido a que el campo eléctrico induce movimientos en las moléculas cargadas de la membrana celular de los microorganismos, una inversión en la orientación o en la polaridad del campo eléctrico, provoca un correspondiente cambio en la dirección de las moléculas cargadas. Y esa variación en el movimiento de las moléculas, causa un estrés en la membrana celular que aumenta su susceptibilidad a un rompimiento eléctrico.

2.10 Teoría de la ruptura dieléctrica

La importancia de los CEPAL para la conservación de alimentos, radica en el efecto letal que este proceso tiene para la inactivación de microorganismos. Dicho efecto es explicado por medio de la teoría de la ruptura dieléctrica, presentada por Zimmermann en 1976.

La teoría explica que: *“cuando aparecen diferencias de potencial entre las membranas de las células, que cuando alcanzan un valor crítico se forman poros en las paredes celulares de los microorganismos, con cambios en su permeabilidad que desembocan en la pérdida de material celular y muerte del microorganismo”*¹⁰. Es decir en la membrana de la célula del microorganismo se genera una acumulación de cargas eléctricas en los dos lados de su superficie, produciéndose una diferencia de potencial lo que genera una compresión en la membrana disminuyendo su grosor y formando poros.

⁹ Bello Gutiérrez, José, Ciencias Bromatológicas Principios Generales de los Alimentos, Pag. 459

Exponer a los microorganismos a campos eléctricos intensos, induce cambios en las propiedades eléctricas de la membrana celular. Disminuyendo su resistencia y aumentando su conductividad eléctrica debido a la formación de poros en dicha membrana.

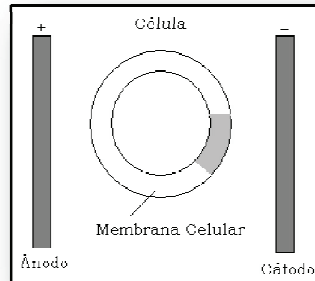
Este fenómeno es conocido como rompimiento eléctrico (electrical breakdown) puede ser reversible o irreversible dependiendo de la intensidad y duración del tratamiento eléctrico.

La diferencia de potencial formada en la superficie de la célula del microorganismo es conocido como potencial transmembrana, y cuando causa el rompimiento de la misma es conocido como voltaje crítico V_c , y depende del tipo, tamaño y etapa de crecimiento de la célula. Cuando el voltaje crítico V_c es lo suficiente intenso entonces se presenta igualmente un campo eléctrico aplicado externo E , y cuando este va en aumento entonces se llega a un campo eléctrico crítico E_c , que ayuda a la inactivación de los microorganismos.

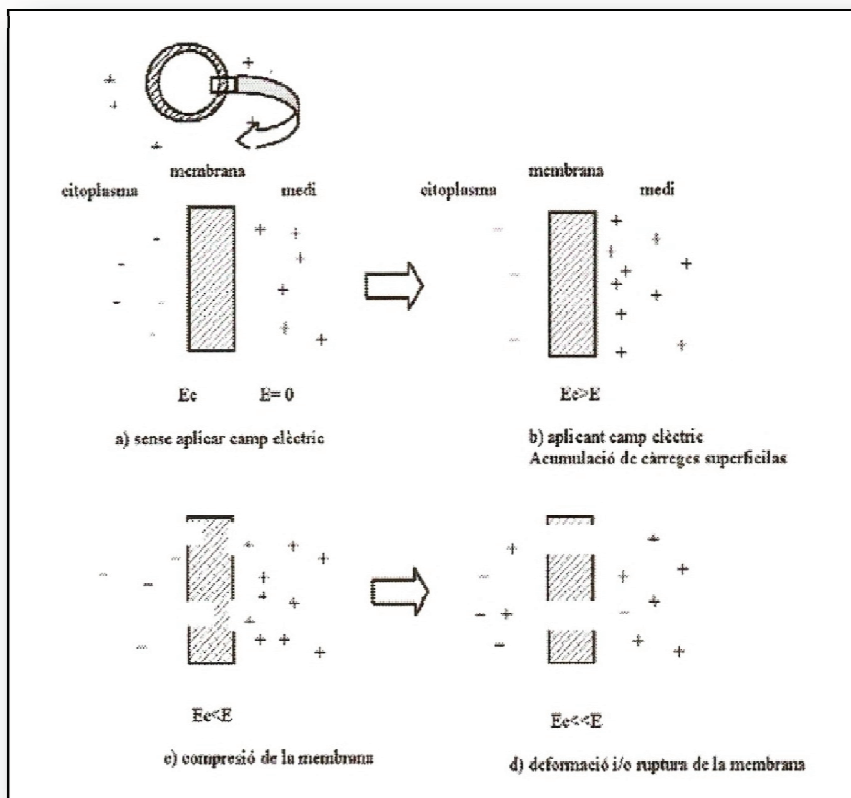
Cuando el valor del campo eléctrico externo E es igual o ligeramente mayor al valor del campo eléctrico crítico E_c , se produce un incremento en la permeabilidad de la membrana, pero una vez que se deja de aplicar ese campo eléctrico externo la membrana se restaura por sí sola. Si el valor del campo eléctrico externo E es considerablemente mayor que el valor de campo eléctrico crítico E_c , el daño causado a la membrana es irreversible y en consecuencia la célula muere. Como se puede ver en la figura 2.8 a y 2.8 b

Figura. 2.8. Potencial Transmembrana,

a)



b)



Fuente: REVENTOS Merce, Industria Alimentaria Tecnologías Emergentes, pág. 90

CAPITULO III

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA GENERADORA DE PULSOS DE ALTO VOLTAJE PARA CONSERVAR ALIMENTOS LIQUIDOS

3.1 Introducción

En la actualidad se está investigando los principios básicos de tres tecnologías emergentes para pasteurizar y /o esterilizar alimentos sin calor. Numerosos estudios han comprobado la efectividad de los campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI), los pulsos de luz (PL) y los campos magnéticos oscilantes (CMO) en la destrucción de microorganismos y enzimas de sistemas de alimentos.

De acuerdo al análisis de la información contenida en el capítulo II, podemos ya esbozar una idea más precisa sobre las partes que deben constituir un equipo que esterilice alimentos líquidos mediante la aplicación de Campos Eléctricos Pulsantes de Alta Intensidad (CEPAI), nombre con el cual se conoce dentro de la comunidad científica que está dedicada a este estudio en particular.

De hecho, la parte innovadora en el estudio de la conservación de alimentos, es la utilización del alto voltaje para la destrucción de microorganismos. Actualmente se conocen diversas aplicaciones usando alta tensión (DC, AC, y la de impulso) se usan por ejemplo en los microscopios electrónicos y unidades de rayos X; estas aplicaciones requieren corriente continua de altas tensiones del orden de 100 kV o más, aceleradores de partículas en física nuclear... requieren de alta tensión (DC) de varios kilovoltios e incluso mega voltios. En

corriente alterna de alta tensión de un millón de voltios o de aún más se requieren para las pruebas de potencia nominal en equipos, de transmisión de alto voltajes (400 kV y sistema de más voltaje)...

Impulsos de alta tensión son necesarios para realizar pruebas para simular las sobretensiones que se producen en los sistemas de energía debido a un rayo o cambio de voltaje.

Para los ingenieros eléctricos, la principal preocupación de la alta tensión es para el ensayo de pruebas de aislamiento de los diversos componentes de los sistemas de energía para los diferentes tipos de tensiones, Por lo tanto, la generación de altas tensiones en los laboratorios para realizar pruebas es esencial.

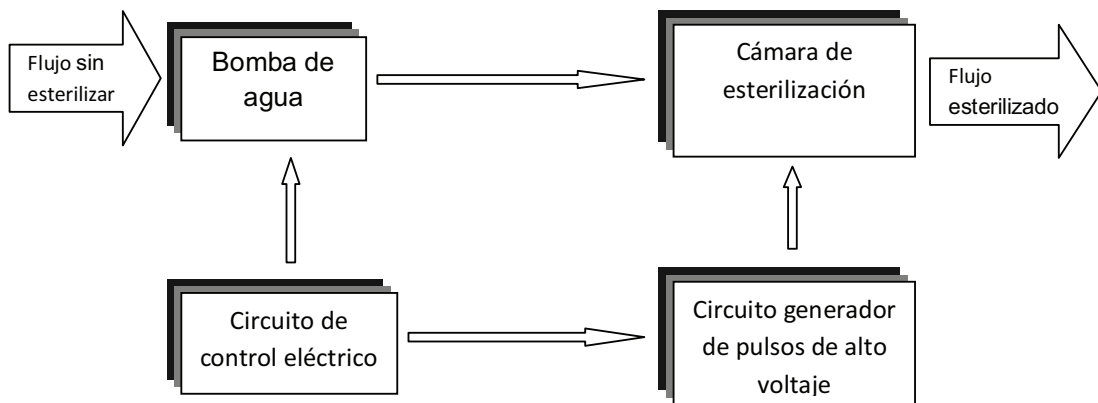
Está claro entonces, que debemos ser capaces de obtener el alto voltaje a partir de una fuente, tenemos que controlar la aplicación de este alto voltaje para que cumpla la función de destruir los microorganismos presentes en los alimentos líquidos; este voltaje controlado debe ser aplicado de manera pulsante al alimento líquido a ser tratado, para lo cual deberá estar presente en una cámara de tratamiento.

Con estos lineamientos presentamos el diagrama de bloques sobre el cual se basará el diseño y construcción del prototipo para conservar alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje.

3.2. Diagrama de Bloques del Prototipo

En el presente diagrama de flujo 3.1 se presenta el proceso que se llevará a cabo para el diseño de un sistema para la conservación de alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje.

Diagrama de Flujo 3.1



3.2.1 Bomba de Agua

La bomba es la encargada de transportar el alimento líquido a ser esterilizado en el flujo adecuado a lo largo de la cámara de esterilización para su respectivo tratamiento, es una bomba de alta presión que provee la presión necesaria para romper la resistencia de la membrana de una electroválvula permitiendo de esta manera el flujo continuo del alimento líquido por medio de mangueras hacia la cámara de esterilización y fuera de ella, el alimento líquido ya esterilizado.

3.2.2 Cámara de Esterilización

La cámara de esterilización se construirá de acero inoxidable y cumplirá dos funciones: la primera como alojamiento continuo del líquido a esterilizar y también como los electrodos en donde se generarán los pulsos de alto voltaje que se deben aplicar al alimento líquido. Estos electrodos deben estar separados mediante un material aislante.

3.2.3 Circuito Generador de Pulsos de Alto Voltaje

Este circuito está constituido por dos subcircuitos:

- Un circuito oscilador de alta frecuencia y alto voltaje.
- Un circuito de control de pulsos.

3.2.3.1 Circuito Oscilador de alta frecuencia y alto voltaje

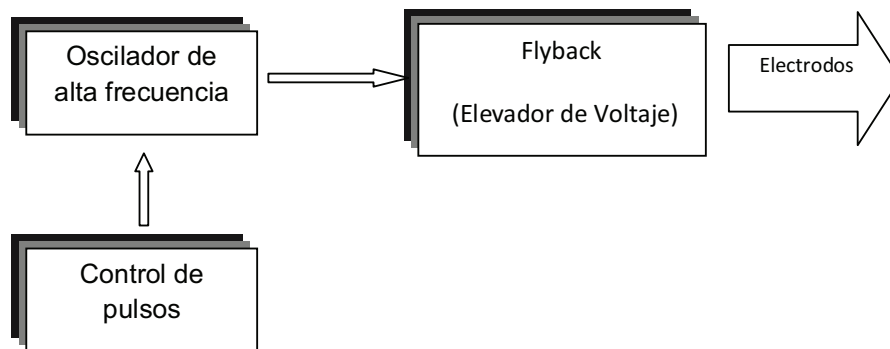
Podemos definir un oscilador como un circuito que produce una oscilación propia de frecuencia, forma de onda y amplitud determinada. Los circuito osciladores tienen que ser alimentados por una tensión continua y proveerá una salida periódica, que puede ser aproximadamente sinusoidal, o cuadrada, o diente de sierra, o triangular.

Estos circuitos en esencia tienen como propósito “crear” una señal periódica por sí mismo, sin que haya que aplicarle señal alguna a la entrada.

En el circuito que usaremos nos entrega a la salida una onda aproximadamente senoidal de frecuencia 22,72 KHz y un voltaje pico de 200 V.

La salida del oscilador alimenta la entrada de un Flyback que es el dispositivo que eleva el voltaje a los niveles requeridos entre 20 y 35 Kv. del cual saldrán las conexiones hacia los electrodos que se ubicarán en la cámara de tratamiento. Ver el diagrama de flujo 3.2

Diagrama de Flujo 3.2



3.2.3.2 Circuito de Control de Pulsos.

El control de pulsos de Alto voltaje se lo hace mediante un circuito electrónico que usa como componente central el chip 555 por ser un dispositivo altamente estable que se utiliza para la generación de señales de pulsos. Estos pulsos son controlados por el tiempo de carga o descarga de una red RC conectada al 555 en una configuración llamada modo astable que genera un tren de pulsos; estos pulsos se utilizarán para alimentar la base de un transistor que manejará un relé, que a su vez controlará la salida del circuito oscilador con la finalidad

de controlar el alto voltaje que se genera en los electrodos de la cámara de esterilización. Ver diagrama de flujo 3.2

3.2.4 Circuito de Control Eléctrico

Este circuito se encargará de controlar el inicio y la finalización del proceso de la esterilización, mediante un interruptor el cual activara dispositivos electromecánicos como relés, temporizadores y sensores, además también dispondrá de señalización mediante luces pilotos los cuales indicaran que sistema esta energizado y otra luz piloto que permitirá visualizar al operador el funcionamiento del sistema de generación de alto voltaje

3.3 PARAMETROS DE DISEÑO Y SELECCION

3.3.1 Selección de la Bomba

Se tomó como punto de partida la necesidad de tener un caudal de 1 litro por minuto, que el flujo en la cámara de esterilización sea en forma continua y además que tenga una alta presión para vencer la resistencia mecánica de la electroválvula. Con estos requerimientos y utilizando un catálogo de PURICOM, se seleccionó un tipo de bomba que se usa en el sistema de filtrado, denominado Osmosis Inversa -proceso mediante el cual se separa y quita los sólidos disueltos y además microorganismos del agua a través de una membrana semipermeable- de este sistema se escogió la bomba UP-7000/24. Esta bomba tiene las siguientes características técnicas:

- Potencia 25 W

- Voltaje 24 – 48 Vdc
- Caudal 1L/min
- Presión 60 – 80 Psi
- I/O ¼ del pulg.

(Ver Anexo 3.1)

3.3.2 Diseño de la Cámara de Esterilización (DISEÑO A)

Para el diseño de esta cámara se utilizará el acero inoxidable; lo seleccionamos por cuanto este material es utilizado en el tratamiento de alimentos. Ver Anexo 3.2. Además se consideró el siguiente cálculo para la intensidad del campo eléctrico en la cámara de esterilización.

Datos:

HV = 30 KV

d = 2 cm

$$E = \frac{HV}{d} \quad (3.1)$$

Donde:

E = Campo eléctrico generado entre los dos electrodos

HV = Alto voltaje

d = Distancia entre electrodos

$$E = \frac{30 \text{ KV}}{2 \text{ cm}}$$

$$E = 15 \text{ KV/cm}$$

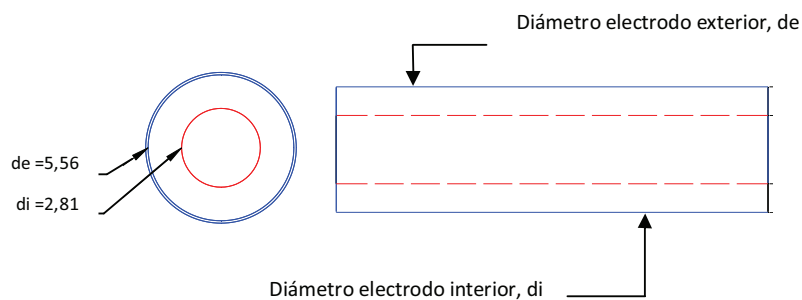
3.3.2.1 Selección del Diámetro del Tubo de Acero Inoxidable para la Cámara de Esterilización

El dispositivo de alojamiento de un sistema de esterilización mediante luz ultravioleta, utiliza un tubo de acero inoxidable de 2 ½ pulgada, el cual se lo seleccionó y rediseño para utilizarlo a más del alojamiento del alimento líquido a tratar, sirva también como uno de los electrodos (ánodo) del sistema.

3.3.2.2 Selección del Diámetro del Tubo de Acero Inoxidable para el Electrodo Interno

A fin de tener un campo eléctrico intenso de alrededor de los 15 KV / cm y dado que el Flyback que se utilizará genera 30 KV se determinó que la separación entre los electrodos debe ser de 2 cm, como el diámetro del otro tubo (ánodo) de acero inoxidable es de 2 ½ pulgada, entonces el tubo que se utilizará como electrodo interno (cátodo) debe ser de ¾ de pulgada. Con lo que se obtiene la separación deseada. Ver figura 3.1

Figura 3.1



3.3.2.3 Cálculos de la Cámara de Esterilización

Como indicamos anteriormente, la cámara de esterilización la rediseñamos basándonos en el dispositivo de alojamiento de un sistema de esterilización mediante luz ultravioleta, por lo que se requiere volver a calcular diferentes parámetros, para lo cual usamos las siguientes fórmulas:

3.3.2.3.1 Cálculo del Área de la Tubería

Datos:

$$r_e = 3,175 \text{ cm}$$

$$A = \pi r_e^2 \quad (3.2)$$

Donde:

A = Área de la tubería

r_e = Radio externo de la tubería

$$A = \pi(3,175\text{cm})^2$$

$$A = 31,669 \text{ cm}^2$$

3.3.2.3.2 Cálculo de la Longitud de la Tubería para la Cámara de Esterilización

Datos:

$$V = 1000 \text{ cm}^3$$

$$A = 31,669 \text{ cm}^2$$

$$V = A * L \quad (3.3)$$

Donde:

V = Volumen de la cámara

A = Área de la tubería

L = Longitud de la tubería

$$L = \frac{V}{A}$$

$$L = \frac{1000 \text{ cm}^3}{31,669 \text{ cm}^2}$$

$$L = 31,58 \text{ cm}$$

3.3.2.3.3 Cálculo del Radio Interno de la Tubería

Datos:

$$r_e = 3,175 \text{ cm}$$

$$e = 0,2 \text{ cm}$$

$$r_i = r_e - e \quad (3.4)$$

Donde:

r_i = radio interno de la tubería

r_e = radio externo de la tubería

e = espesor de la tubería

$$r_i = 3,175 \text{ cm} - 0,2 \text{ cm}$$

$$r_i = 2,975 \text{ cm}$$

3.3.2.3.4 Cálculo del Área Interna de la Tubería

Datos:

$$r_i = 2,975 \text{ cm}$$

$$A_i = \pi r_i^2 \quad (3.5)$$

Donde:

A_i = Área interna de la tubería

r_i = Radio interno de la tubería

$$A_i = \pi(2,975\text{cm})^2$$

$$A_i = 27,805 \text{ cm}^2$$

3.3.2.3.5 Cálculo del Volumen del electrodo externo

Datos:

$L = 28,4 \text{ cm}$

$A_i = 27,805 \text{ cm}^2$

$$V_c = A_i * L \quad (3.6)$$

Donde:

V_c = Volumen del electrodo externo

A_i = Área interna de la tubería

L = Longitud de la cámara de tratamiento

$$V_c = 27.805\text{cm}^2 * 28,4\text{cm}$$

$$V_c = 789,662 \text{ cm}^3$$

3.3.2.3.6 Cálculo del Área del Electrodo Interno

Datos:

$$\varnothing = 1,905 \text{ cm}$$

$$r_e = 0,9525 \text{ cm}$$

$$A_e = \pi r_{el}^2 \quad (3.7)$$

Donde:

A_e = Área del electrodo interno

r_{el} = radio del electrodo interno

$$A_e = \pi(0,9525 \text{ cm})^2$$

$$A_e = 2,850 \text{ cm}^2$$

3.3.2.3.7 Cálculo del Volumen del Electrodo Interno

Datos:

$$A_e = 2,850 \text{ cm}^2$$

$$L_e = 27,5 \text{ cm}$$

$$V_e = A_e * L_e \quad (3.8)$$

Donde:

V_e = Volumen del electrodo interno

A_e = Área del electrodo interno

L_e = Longitud del electrodo interno

$$V_e = 2,850 \text{ cm}^2 * 27,5 \text{ cm}$$

$$V_e = 78,375 \text{ cm}^3$$

3.3.2.3.8 Cálculo del Volumen de la Cámara de Esterilización

Datos:

$$V_c = 789,662 \text{ cm}^3$$

$$V_e = 78,375 \text{ cm}^3$$

$$V_t = V_c - V_e \quad (3.9)$$

Donde:

V_t = Volumen de la cámara de tratamiento

V_c = Volumen del electrodo externo

V_e = Volumen del electrodo interno

$$V_t = 789,662 \text{ cm}^3 - 78,375 \text{ cm}^3$$

$$V_c = 711,287 \text{ cm}^3$$

3.3.2.3.9 Cálculo del Volumen Real de la Cámara de Esterilización Mediante Proceso Experimental de Laboratorio (V_r)

Se determinó la densidad del agua, para lo cual se cogió en una probeta un volumen de agua y se encontró su masa.

Datos:

$$m = 49,6 \text{ gr}$$

$$V = 50 \text{ cm}^3$$

$$t = 25^\circ\text{C}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.10)$$

Donde:

ρ = Densidad del agua

m = masa del agua

V = Volumen del agua

$$\rho = \frac{49,6}{50}$$

$$\rho = 0,992 \frac{g}{cm^3}$$

Después se llenó completamente de agua la cámara de tratamiento y determinamos en una balanza la masa de esta cantidad de agua, conocida la densidad de la misma se calculo el volumen real de la cámara.

Datos:

$$\rho = 0,992 \frac{g}{cm^3}$$

$$m_c = 705,00 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m_c}{V_r}$$

$$V_r = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

V_r = Volumen real de la cámara de esterilización

m_c = masa del agua contenida en la cámara de esterilización

ρ = Densidad del agua

$$V_r = \frac{705.00g}{0,992 \frac{g}{cm^3}}$$

$$V_r = 710,685 \text{ cm}^3$$

3.3.2.3.10 Cálculo del Tiempo de Llenado de la Cámara de Esterilización

Datos:

$Q = 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$

$V_r = 710,685 \text{ cm}^3$

$$Q = \frac{V_r}{t} \quad (3.11)$$

Donde:

Q = Caudal de la bomba

V_r = Volumen real de la cámara de tratamiento

t = tiempo de llenado de la cámara de tratamiento

$$t = \frac{V_r}{Q}$$

$$t = \frac{710,685 \text{ cm}^3}{1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}$$

$$t = 0,711 \text{ min}$$

$$t = 42,66 \text{ s}$$

3.3.2.3.11 Cálculo del Área de la Cámara de Esterilización

Datos:

$$r_i = 2,78 \text{ cm}$$

$$r_{el} = 0,9525 \text{ cm}$$

$$At = \pi r_i^2 - \pi r_{el}^2 \quad (3.12)$$

$$At = \pi(r_i^2 - r_{el}^2)$$

Donde:

At = Área de la Cámara de Tratamiento

r_i = Radio Interno de la Tubería

r_{el} = Radio del electrodo

$$At = \pi[(2,78 \text{ cm})^2 - (0,9525 \text{ cm})^2]$$

$$At = 21,43 \text{ cm}^2$$

3.3.2.3.12 Cálculo del Diámetro Interno de la Cámara de esterilización

Datos:

$$D_i = 5,56 \text{ cm}$$

$$D_{el} = 1,91 \text{ cm}$$

$$D_c = D_i - D_{el} \quad (3.13)$$

Donde:

D_c = Diámetro Interno de la Cámara de Tratamiento

D_i = Diámetro interno de la tubería

D_{el} = Diámetro del electrodo

$$D_c = 5,56 \text{ cm} - 1,91 \text{ cm}$$

$$D_c = 3,65 \text{ cm}$$

$$D_c = 0,0365 \text{ m}$$

3.3.2.3.13 Cálculo de la Velocidad del Agua que Ingresa a la Cámara de Esterilización

Datos:

$$Q = 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$A_t = 21,43 \text{ cm}^2$$

$$Q = A_t * v \quad (3.14)$$

$$v = \frac{Q}{At}$$

Donde:

v = Velocidad del agua en la Cámara de Tratamiento

At = Área de la Cámara de Tratamiento

Q = Caudal de la bomba

$$v = \frac{1000 \text{ cm}^3 / \text{min}}{21,43 \text{ cm}^2}$$

$$v = 46,66 \text{ cm} / \text{min}$$

$$v = 0,01 \text{ m} / \text{s}$$

3.3.2.3.14 Cálculo de Reynolds del Agua

Datos:

$$\rho = 992 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$v = 0,01 \text{ m} / \text{s}$$

$$D_i = 0,0365 \text{ m}$$

$$\mu_0 = 1,11 \times 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{s} / \text{m}$$

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu_0} \quad (3.15)$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

ρ = Densidad del Agua

v = Velocidad del Agua en la Cámara de Tratamiento

D = Diámetro interno de la Cámara de Tratamiento

μ_0 = Coeficiente de viscosidad dinámica del agua a temperatura promedio = 16 °C (Pa*s) Ver anexo 3.3

$$Re = \frac{992 \frac{Kg}{m^3} * 0,01 \frac{m}{s} * 0,0365m}{1,11 \times 10^{-3} \frac{Kg * s}{m}}$$

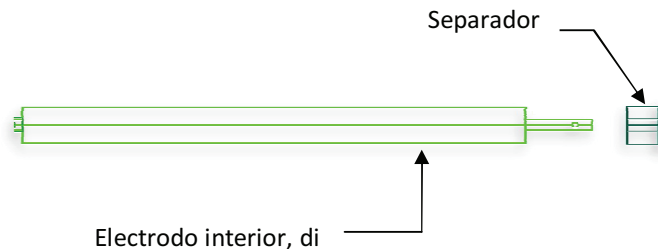
$$Re = 326,19$$

Se trata de un flujo laminar porque $Re < 2100$

3.3.2.4 Selección del Material del Separador de los Electrodo y Diseño

Debido a la presencia de un alto voltaje, los electrodos deben estar debidamente aislados, el material seleccionado es el polipropileno. En base al diámetro de entrada que tiene la cámara de esterilización (ingreso del electrodo interno), así se dimensionó los separadores, las medidas finales del separador se escogió con una tolerancia mayor para realizar un mayor ajuste. Ver figura 3.2

Figura 3.2



3.3.2.5 Diseño del Alojamiento de la Cámara de Esterilización

Se tomo como criterio de diseño, aspectos de seguridad, dimensiones y ubicación, de la bomba y de la cámara de esterilización principalmente. Para lo cual se escogió como material de trabajo el acrílico por ser un material aislante, debido a que la tensión de trabajo supera los 10KV, y de esta forma se garantiza la seguridad de que un choque eléctrico no afecte al operador. Ver plano 1 y 2

3.3.3 Diseño y selección del Circuito Generador de Pulsos de Alto Voltaje

A fin de construir este circuito se consultó diferentes fuentes de información, donde contienen circuitos prácticos, tales como revistas y fuentes de internet de donde seleccionamos los dos circuitos que se ajustaron de manera general a nuestros requerimientos y que luego lo rediseñamos para acoplarlos a nuestro prototipo.

3.3.3.1 Selección del Circuito Oscilador y Alto Voltaje

Para generar la señal de alta frecuencia utilizaremos un circuito electrónico analógico que estará compuesto de componentes discretos como: transistores, diodos, diac... y otros componentes de uso común como: resistencias, capacitores, transformadores.

En este circuito se puede reconocer las siguientes etapas: una fuente de voltaje de 300 V dc para polarizar los transistores, una etapa de amplificación y el circuito de resonancia. Seleccionamos un circuito que provee una señal sinusoidal y redimensionamos los valores de las resistencias y capacitancias a fin de obtener una frecuencia en el orden de los KHz La amplitud de la salida del oscilador provee 200 V, la frecuencia de operación de este circuito responde a la siguiente expresión. Ver Plano 1

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 \times R_2 \times C_1 \times C_2}} \quad (3.16)$$

Para nuestro circuito elegimos que R1 sea igual a R2, al igual que C1 sea igual a C2:

Datos:

R = 680 Kohm

C = 10pf

¹ Electrónica Práctica,

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.17)$$

Donde:

F_c = Frecuencia

R = Resistencia

C = Capacitancia

$$f_c = \frac{1}{2\pi(680 \text{ Kohm} \times 10 \text{ pf})}$$

$$f_c = 23,4 \text{ KHz}$$

Usando la salida de este oscilador de uso general lo acoplamos a un Flyback Sony 1-439-498-71 (Ver Anexo 3.4), el cual tiene como característica principal que el voltaje de salida de alta tensión es 28 a 30KV, que es el valor de tensión requerido para inactivar microorganismos en alimentos líquidos, de acuerdo a la literatura investigada.

3.3.3.2 Circuito de Control de Pulsos

Para controlar el número de pulsos que se generaran en la cámara de esterilización, se utilizará un circuito electrónico que tiene como dispositivo central el circuito integrado 555, que básicamente va a variar el tiempo de carga y descarga de los capacitores, y se utilizó también otros componentes como: (Ver Plano 2)

- Resistencias
- Diodos
- Condensadores
- Transistores

Para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$T = 0,693RC \quad (3.17)$$

3.3.3.2.1 Cálculo del Tiempo de Encendido

El circuito se diseñará con cinco tiempos diferentes de duración de encendido.

Datos:

R = 560 ohm

C = 10 uf

$$T_{on} = 0,693RC$$

Donde:

Ton = Tiempo de encendido

R = Resistencia

C = Capacitancia

$$T_{on} = 0,693 \times 560 \text{ ohm} \times 10\mu\text{f}$$

$$T_{on} = 3,88 \text{ ms}$$

Los otros cuatro tiempos de encendido se obtienen variando el valor de R a través del SW 1, teniendo los siguientes resultados:

Segundo tiempo

$$R = 660 \text{ ohm}$$

$$T_{on} = 4,57 \text{ ms}$$

Tercer tiempo

$$R = 760 \text{ ohm}$$

$$T_{on} = 5,27 \text{ ms}$$

Cuarto tiempo

$$R = 860 \text{ ohm}$$

$$T_{on} = 5,96 \text{ ms}$$

Quinto tiempo

$$R = 960 \text{ ohm}$$

$$T_{on} = 6,65 \text{ ms}$$

3.3.3.2.2 Cálculo del Tiempo de Apagado

El circuito se diseñará con tres tiempos diferentes de duración de apagado.

Datos:

R = 1 Mohm

C = 10 uf

$$T_{off} = 0,693RC$$

Donde:

Toff = Tiempo de apagado

R = Resistencia

C = Capacitancia

$$T_{off} = 0,693 \times 1 \text{ Mohm} \times 10\mu\text{f}$$

$$T_{off} = 6,93 \text{ s}$$

Los otros dos tiempos de encendido se obtienen variando el valor de R a través del SW 2, teniendo los siguientes resultados:

Segundo tiempo

R = 2 Mohm

Toff = 13,86 s

Tercer tiempo

R = 3 Mohm

Toff = 20,79 s

3.3.3.2.3 Cálculo del Número de Pulsos

Para calcular el número de pulsos tenemos que considerar la frecuencia de oscilación del circuito oscilador sinusoidal que es de 23,4 KHz y el tiempo de encendido del circuito de control de pulsos.

Datos:

f = 23,4 KHz

$$T_o = \frac{1}{f} \quad (3.17)$$

Donde:

To = Período del oscilador

f = Frecuencia del oscilador

$$T_o = \frac{1}{23,4 \text{ KHz}}$$

$$T_o = 42,7 \mu s$$

Datos:

$$T_o = 42,7 \text{ us}$$

$$T = 3,88 \text{ ms}$$

$$N = \frac{T}{T_o} \quad (3.18)$$

Donde:

N = Número de pulsos

T = Tiempo de encendido

T_o = Período de oscilación

$$N = \frac{3,88 \text{ ms}}{42,7 \text{ } \mu\text{s}}$$

$$N \cong 90 \text{ pulsos}$$

3.3.3.2.4 Cálculo del Número de Pulsos en la Cámara de Esterilización

Para esto tenemos que considerar el tiempo de llenado de la cámara de esterilización y calculamos el número de ráfagas de pulsos que le llegan a la cámara de en función del tiempo de apagado. Despreciando el tiempo de encendido por ser muy pequeño con respecto al tiempo de apagado.

$$\# \text{ de ráfagas} = \frac{\text{tiempo de llenado de la cámara } (t)}{\text{tiempo de apagado } (T_{off})} \quad (3.19)$$

Datos:

$t = 42,66 \text{ s}$

$T_{\text{off}} = 6,93 \text{ s}$

$$\# \text{ de ráfagas} = \frac{42,66 \text{ s}}{6,93 \text{ s}}$$

$$\# \text{ de ráfagas} \cong 6$$

Para el caso del tiempo de encendido más pequeño de $T_{\text{on}} = 3,88 \text{ ms}$ (90 pulsos) y $T_{\text{off}} = 6,93 \text{ s}$ (6 ráfagas), calculamos un total de pulsos en la cámara de esterilización de 540 pulsos.

En el capítulo V se muestra tabla 5.1 donde se encuentra los 15 modos de operación que fueron calculados de esta misma manera.

3.3.4 Circuito de Control Eléctrico

Para controlar el funcionamiento, desde el momento del encendido o puesta en marcha del Prototipo para Conservar Alimentos Líquidos Mediante Pulsos de Alto Voltaje, utilizamos un circuito de control eléctrico, y también desde este control podemos apagar todo el proceso. Para lo cual utilizamos los siguientes elementos: (Ver Plano 4)

- Relés
- Temporizadores

Y otros componentes auxiliares de mando, como:

- Botoneras

- Luz piloto
- Caja

3.3.5 Diseño de la Cámara de Esterilización (DISEÑO B)

De acuerdo con los resultados obtenidos (anexo 6.1) con el diseño A, los cuales no fueron satisfactorios por lo que se realizó un análisis del funcionamiento del prototipo y, se determinó que una solución era aumentar la intensidad del campo eléctrico, esto se obtenía disminuyendo la distancia entre los electrodos, por lo que se decidió aumentar el diámetro del electrodo interno. Para calcular la intensidad de campo eléctrico en la cámara de esterilización se realizó el siguiente cálculo:

Datos:

HV = 30 KV

Dt = 2 cm

$$E = \frac{HV}{d}$$

Donde:

E = Campo eléctrico generado entre los dos electrodos

HV = Alto voltaje

d = Distancia entre electrodos

$$E = \frac{28 \text{ KV}}{0.375 \text{ cm}}$$

$$E = 74,67 \text{ KV/cm}$$

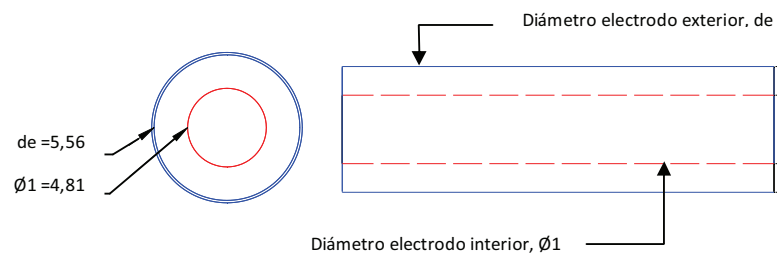
3.3.5.1 Diseño del Electrodo Interno de la Cámara de Esterilización

Para el nuevo diseño se escogió un tubo de 1 ½ pulgadas de diámetro.

3.3.5.2 Cálculo de la Distancia entre los dos Electrodo

Ver gráfico 3.3

Gráfico 3.3



3.3.5.3 Cálculo del Área del Electrodo

Datos:

$$\varnothing_1 = 4,815 \text{ cm}$$

$$r_{el1} = 2,408 \text{ cm}$$

$$Ae1 = \pi r_{el1}^2$$

Donde:

Ae1 = Área del electrodo

r_{el1} = radio del electrodo

$$Ae1 = \pi(2.408\text{cm})^2$$

$$Ae1 = 18,209\text{cm}^2$$

3.3.5.4 Cálculo del Volumen del Electrodo Interno

Datos:

$$Ae1 = 18,209 \text{ cm}^2$$

$$Le1 = 28 \text{ cm}$$

$$Ve1 = Ae1 * L_e1$$

Donde:

Ve1 = Volumen del electrodo

Ae1 = Área del electrodo

Le1 = Longitud del electrodo

$$Ve1 = 18,209cm^2 * 28cm$$

$$Ve1 = 509,852 cm^3$$

3.3.5.5 Cálculo del Volumen Real de la Cámara de Esterilización Mediante Proceso Experimental de Laboratorio (Vr1)

Se lleno completamente de agua la cámara de tratamiento y determinamos en una balanza la masa de esta cantidad de agua, conocida la densidad de la misma ($\rho = 0,992 \frac{g}{cm^3}$), se calculo el volumen real de la cámara.

Datos:

$$\rho = 0,992 \frac{g}{cm^3}$$

$$m_{c1} = 28.6 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m_{c1}}{Vr1}$$

$$Vr1 = \frac{m_{c1}}{\rho}$$

Donde:

Vr1 = Volumen real de la cámara de esterilización

m_{c1} = masa del agua contenida en la cámara de esterilización

ρ = Densidad del agua

$$Vr1 = \frac{286,00g}{0,992 \frac{g}{cm^3}}$$

$$Vr1 = 288,30cm^3$$

3.3.5.6 Cálculo del Tiempo de Llenado de la Cámara de Esterilización

Datos:

$$Q = 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$Vr1 = 288,30 \text{ cm}^3$$

$$Q = \frac{Vr1}{t1}$$

Donde:

Q = Caudal de la bomba

Vr1 = Volumen real de la cámara de tratamiento

t1 = tiempo de llenado de la cámara de tratamiento

$$t1 = \frac{Vr1}{Q}$$

$$t1 = \frac{288,30cm^3}{1000 \frac{cm^3}{min}}$$

$$t1 = 0.288 \text{ min}$$

$$t_1 = 17,29s$$

3.3.5.7 Cálculo del Área de la Cámara de Esterilización

Datos:

$$r_i = 2,78 \text{ cm}$$

$$r_{el1} = 2,408 \text{ cm}$$

$$At_1 = \pi r_i^2 - \pi r_{el1}^2$$

$$At_1 = \pi(r_i^2 - r_{el1}^2)$$

Donde:

At_1 = Área de la Cámara de Tratamiento

r_i = Radio Interno de la Tubería

r_{el1} = Radio del electrodo

$$At_1 = \pi[(2,78cm)^2 - (2.408cm)^2]$$

$$At_1 = 6,063cm^2$$

3.3.5.8 Cálculo del Diámetro Interno de la Cámara de esterilización

Datos:

$$D_i = 5,56 \text{ cm}$$

$$D_{el1} = 4,815 \text{ cm}$$

$$Dc1 = Di - Del1$$

Donde:

Dc1 = Diámetro Interno de la Cámara de Tratamiento

Di = Diámetro interno de la tubería

D_{el1} = Diámetro del electrodo

$$Dc1 = 5,56cm - 4,815cm$$

$$Dc1 = 0,745cm$$

$$Dc1 = 0,00745m$$

3.3.5.9 Cálculo de la Velocidad del Agua que Ingresa a la Cámara de Esterilización

Datos:

$$Q = 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$At1 = 6.063 \text{ cm}^2$$

$$Q = At1 * v1$$

$$v1 = \frac{Q}{At1}$$

Donde:

V1 = Velocidad del agua en la Cámara de Tratamiento

At1 = Área de la Cámara de Tratamiento

Q = Caudal de la bomba

$$v1 = \frac{1000cm^3/min}{6,063cm^2}$$

$$v1 = 164,933cm/min$$

$$v1 = 0,0275m/s$$

3.3.5.10 Cálculo de Reynolds del Agua

Datos:

$$\rho = 992 \text{ Kg/m}^3$$

$$V1 = 0,0275 \text{ m/s}$$

$$Dc1 = 0,00745 \text{ m}$$

$$\mu_0 = 1,11 \times 10^{-3} \text{ Kg*s / m}$$

$$Re1 = \frac{\rho * v1 * Dc1}{\mu_0}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

ρ = Densidad del Agua

v1= Velocidad del Agua en la Cámara de Tratamiento

Dc1 = Diámetro interno de la Cámara de Tratamiento

μ_0 = Coeficiente de viscosidad dinámica del agua a $t_{prom} = 16\text{ }^\circ\text{C}$

$$Re1 = \frac{992 \frac{Kg}{m^3} * 0,02745 \frac{m}{s} * 0,00745m}{1,11 \times 10^{-3} \frac{Kg * s}{m}}$$

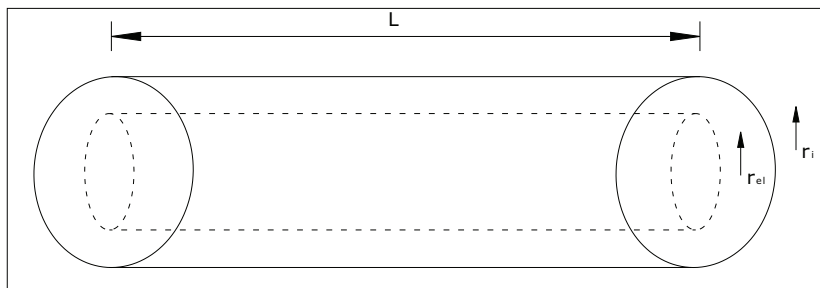
$$Re1 = 182,763$$

Se trata de un flujo laminar porque $Re < 2100$

3.3.6 Análisis Matemático y Físico del Campo Eléctrico en la cámara de esterilización

Bajo corriente continua los electrodos tanto interno como externo se cargan con carga contraria mutua. Consideremos que el electrodo interno tiene carga positiva y el externo carga negativa, además: r_{el} = radio del electrodo interno, r_i = radio del electrodo externo y L = longitud de la cámara de esterilización. Ver figura 3.4

Figura 3.4

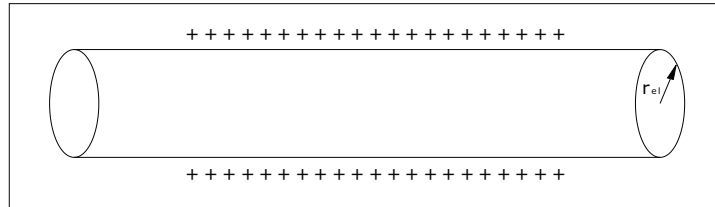


Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Se analizará el campo eléctrico en tres regiones distintas en la cámara siendo h = la distancia desde el eje de la cámara al punto donde se quiere calcular el campo eléctrico E .

- Caso I, $h < r_{el}$, ver figura 3.5

Figura 3.5

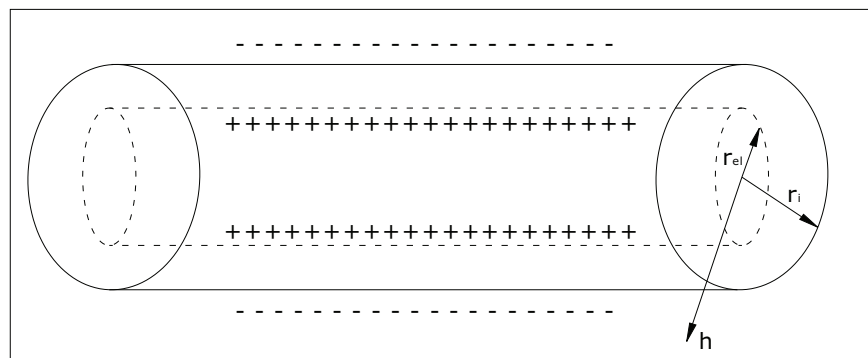


Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

En este caso, estamos en el interior del electrodo interno. Al ser conductor, la carga $+Q$ solo se concentra en la superficie del mismo por lo que la carga en el interior es nula por tanto $E=0$.

- Caso II, $h > r_i$, ver figura 3.6

Figura 3.6

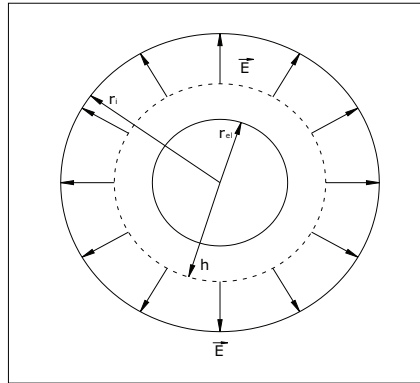


Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

En este caso, la región es la exterior al electrodo externo. Como la carga dentro de la región es $+Q -Q=0$, el campo eléctrico es nulo (según Ley de Gauss).

- Caso III, $r_{el} \leq h \leq r_i$, ver figura 3.7

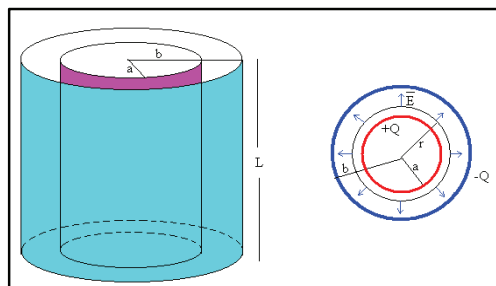
Figura 3.7



Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Ahora analizamos la región intermedia entre los dos electrodos, aplicando la Ley de Gauss: El flujo es igual a la carga encerrada en una superficie cerrada. Como los electrodos son concéntricos y simétricos el campo eléctrico va a estar en dirección radial hacia afuera. Ver figura 3.8

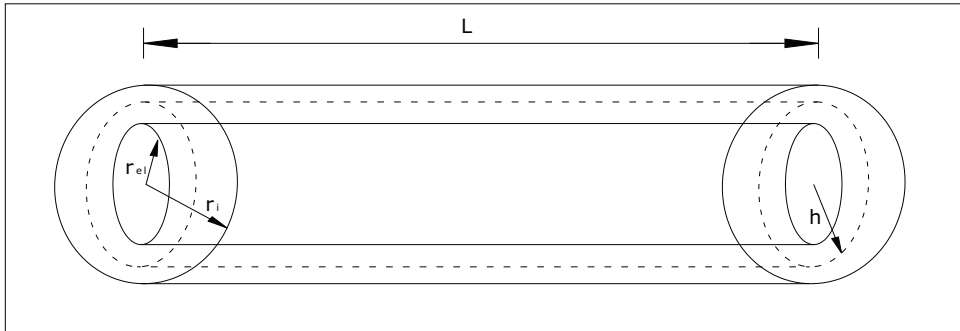
Figura 3.8



Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Ahora elegimos una superficie cerrada, un cilindro de radio h y longitud L , para aplicar la ley de Gauss. Así (en líneas punteadas), ver figura 3.9

Figura 3.9

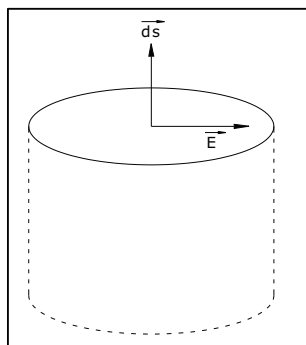


Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Tenemos en dicho cilindro dos tipos de áreas, la de las caras y la lateral.

- Primero en las caras (bases), figura 3.9

Figura 3.9



Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Tenemos que:

$$d\vec{s} \perp \vec{E}$$

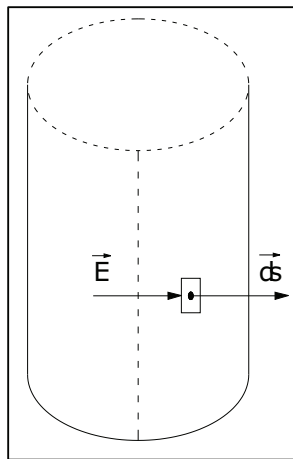
Por lo tanto

$$d\vec{s} * \vec{E} = 0$$

$$\int d\vec{s} * \vec{E} = 0 = \text{flujo}$$

- En las caras laterales, figura 3.10

Figura 3.10



Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Aquí tenemos que ds y E son paralelos, además que el campo es constante (modulo) en la superficie,

$$d\vec{s} \parallel \vec{E}$$

tenemos,

$$\begin{aligned}\int d\vec{s} * \vec{E} &= \int E d\vec{s} * \cos 0 \\ &= E \int ds \\ &= E * 2\pi r L\end{aligned}$$

Luego determinamos la carga encerrada, esta es $+Q$

$$\int d\vec{s} * \vec{E} = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$E * 2\pi r L = \frac{Q}{\epsilon}$$

Donde ϵ , permisividad asumiendo que el espacio entre los electrodos es vacío

El campo eléctrico en función de la carga Q del cilindro interno, y la distancia r del eje al punto de interés es:

$$E = \frac{Q}{2\pi L r \epsilon}$$

Ahora vamos a obtener la diferencia de potencial entre los dos cilindros en función del campo eléctrico E.

$$dV = d\vec{s} * \vec{E}$$

$$\int_{V_0}^V dV = \int \frac{Q}{2\pi L r \epsilon} * dr$$

$$V - V_0 = \frac{Q}{2\pi L \epsilon} * \int_a^b \frac{dr}{r}$$

$$V - V_0 = \frac{Q}{2\pi L \epsilon} * \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

teniendo en cuenta además que la densidad lineal de carga es,

$$\lambda = \frac{Q}{L}$$

Remplazando en E y ΔV , obtenemos:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon}$$

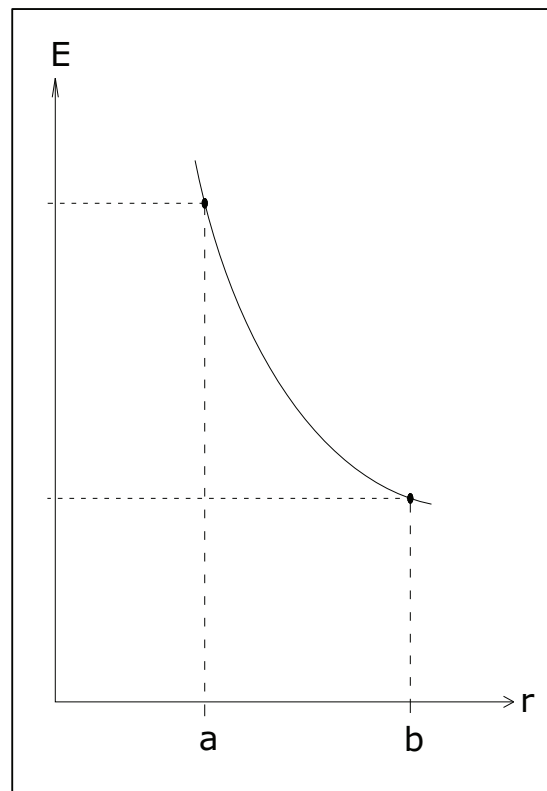
$$\Delta V = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon} * \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Vemos que el campo eléctrico no es constante (ver figura 3.11), en la región

$r_{el} \leq h \leq r_i$, sino que es proporcional a $\frac{1}{r}$, es decir:

$$E \propto \frac{1}{r}.$$

Figura 3.11



Fuente: Castillo Diego, Toapaxi Franklin

Tomando los datos del proyecto (el terminal positivo), está conectado al electrodo interno, procedemos a calcular la densidad de carga (λ), la carga(Q), y finalmente el campo eléctrico (E).

Datos:

$$r_i = 0,0278 \text{ m}$$

$$r_{el} = 0,02405 \text{ m}$$

$$L = 0,28 \text{ m}$$

$$\Delta V = 28 \text{ KV}$$

$$\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

Densidad de carga (λ),

$$\Delta V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\lambda = \frac{2\pi\epsilon}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} * \Delta V$$

$$\lambda = \frac{2*\pi*8.85*10^{-12}*28000}{\ln\left(\frac{0,0278}{0,02405}\right)}$$

$$\lambda = \frac{1,5569*10^{-6}}{0,1449}$$

$$\lambda = 1,0745 \times 10^{-5} \text{ C/m}$$

$$\lambda = 10,745 \text{ uC/m}$$

Con $\lambda = 10,745 \text{ uC/m}$, procedemos a calcular la carga (Q_i), en el electrodo interno:

$$\lambda = \frac{Q}{L}$$

$$Q = L * \lambda$$

$$Q = L * \lambda$$

$$Q = 0,28m * 10,745 \text{ uC/m}$$

$$Q = 2,9162 \text{ uC}$$

Además se puede decir que la carga en el cilindro externo (Q_e), es la misma pero de signo contrario,

$$Q_e = - 2,9162 \text{ uC}$$

Como vemos el campo eléctrico E depende de la densidad de carga (λ), pero por lo general la densidad de carga no se controla, sino la diferencia de potencial ΔV , entre los electrodos, así que se expresa E en función de ΔV :

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon}$$

Tenemos,

$$E_r = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon}$$

Entonces como,

$$\Delta V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

por tanto el campo eléctrico en función de la distancia entre los dos electrodos(r), es:

$$\Delta V = E * r * \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$E = \frac{\Delta V}{r * \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

$$E = \frac{28000V}{r * \ln\left(\frac{0,0278}{0,02405}\right)}$$

$$E = \frac{193235,349 \left[\frac{v}{m}\right]}{r}$$

Donde $0,0245 \leq r \leq 0,0278$

Conociendo que $0,0245 \leq r \leq 0,0278$; el valor promedio del campo E es entonces:

$$\bar{E} = \frac{1}{b-a} * \int_a^b E dr$$

Como,

$$\int_a^b E dr = \Delta V$$

Tenemos la siguiente ecuación,

$$\bar{E} = \frac{V}{b - a}$$

$$\bar{E} = \frac{V}{d}$$

Siendo $d = b - a$, la distancia entre los dos electrodos, tenemos que el campo eléctrico promedio es:

Datos:

$$V = 28 \text{ KV}$$

$$d = 0,375 \text{ cm}$$

$$\bar{E} = \frac{V}{d}$$

$$\bar{E} = \frac{28000}{0,375}$$

$$\bar{E} = 74666,667 \text{ V/cm}$$

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO PARA CONSERVAR ALIMENTOS LIQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

Por motivos logísticos la construcción del prototipo se lo llevó a cabo en el Laboratorio de Física del Instituto Tecnológico Superior “Julio Moreno Espinosa”, las modificaciones necesarias para la construcción de la cámara de esterilización se la realizó en la mecánica Núñez, de igual manera el alojamiento de la cámara de esterilización se la construyó en el taller ACRILUX, por cuanto en dichos lugares existen las facilidades y las herramientas necesarias para el efecto (torno, suelda especial,...)

Para la selección de los materiales que se utilizó en la construcción del prototipo motivo de la presente investigación, se considero los diferentes criterios en la utilización de materiales en el proceso de alimentos.

Para el tubo exterior de la cámara de esterilización, se escogió el dispositivo de alojamiento de un sistema de esterilización mediante luz ultravioleta, que en esencia es un tubo de acero inoxidable de 2 ½ pulgada, de 31.5 cm y se lo modificó para que a la vez sirva como uno de los electrodos.

Para el tubo interior (que es el otro electrodo) de la cámara de esterilización se escogió un tubo de acero inoxidable de ¾ de pulgada.

Para construir el alojamiento de la cámara de esterilización se escogió el acrílico.

Para el montaje de los diferentes componentes del circuito de control electrónico de pulsos de alto voltaje y del circuito generador de pulsos, se utilizó una placa universal.

Para el montaje de los componentes del circuito eléctrico se utilizó un tablero plástico 40X30x15, y dentro de ella se colocó el circuito de control electrónico de pulsos de alto voltaje.

Los reservorios que contienen el líquido son de plástico.

4.1 Construcción del Prototipo A

Usando los diferentes planos que se diseñaron, con los resultados de los cálculos y una vez seleccionados los materiales, se procedió a construir el prototipo para conservar alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje, siguiendo los siguientes pasos:

1. Se compró el tubo de acero inoxidable de 2 ½ pulgada y 31,5 cm y se le soldó un terminal de aluminio usando suelda y que servirá como punto de conexión de la salida del Flyback y convertirá, en forma íntegra al tubo de acero en uno de los electrodos del circuito que genera el campo eléctrico pulsante de alta intensidad. Ver Imagen 4.1, 4.2; y Plano M-1.

Imagen 4.1

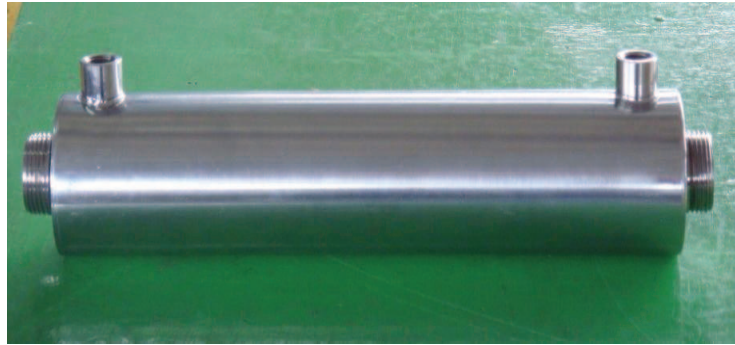


Imagen 4.2



2. Se compró el tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada que cumplirá la función del electrodo interno de la cámara de esterilización, para esto se procedió a maquinar el tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada, resultando el siguiente trabajo. Ver Imagen 4.3, 4.4 y Plano M-1.

Imagen 4.3

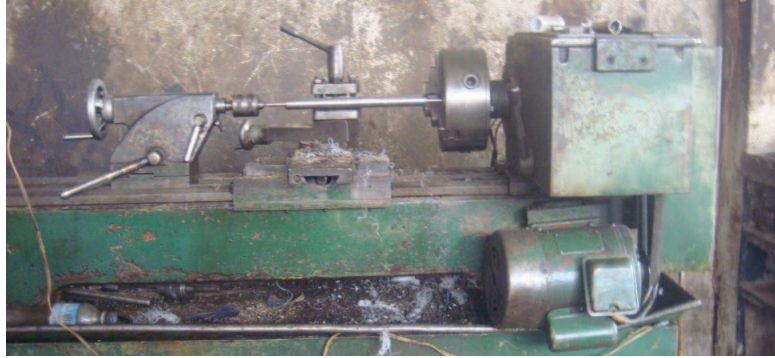


Imagen 4.4



3. Para la elaboración de los separadores se utilizó como material base el polietileno, cuya fase de construcción consta en la siguiente secuencia de imágenes. Ver Imagen 4.5-4.6 y Plano M-1.

Imagen 4.5



Imagen 4.6



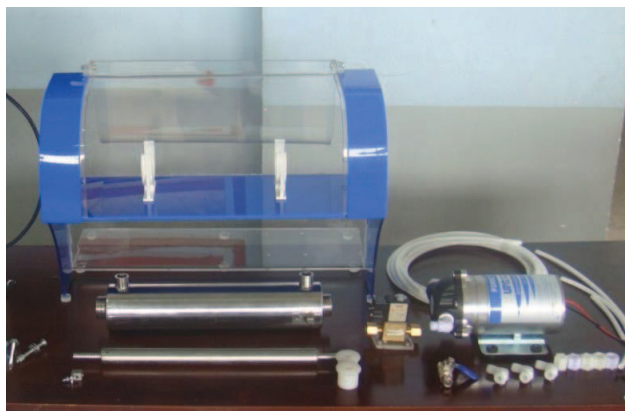
4. Alojamiento de la cámara de esterilización terminado. Ver Imagen 4.7 y Plano M-2.

Imagen 4.7



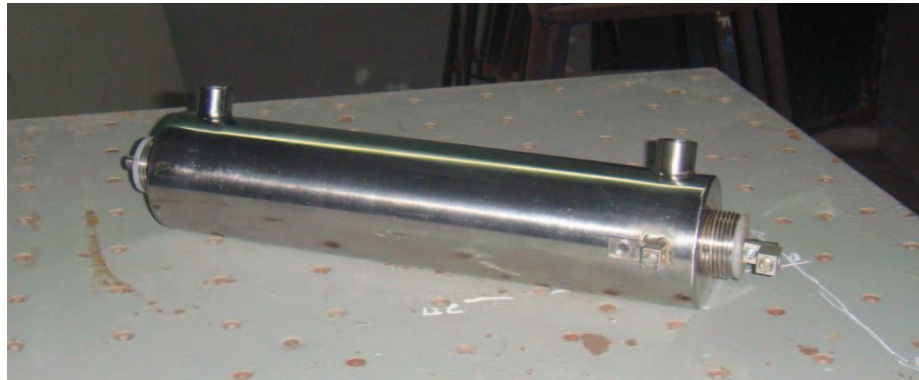
5. Alojamiento y partes del sistema de esterilización. Ver Imagen 4.7 y Plano M-3, M-4.

Imagen 4.8



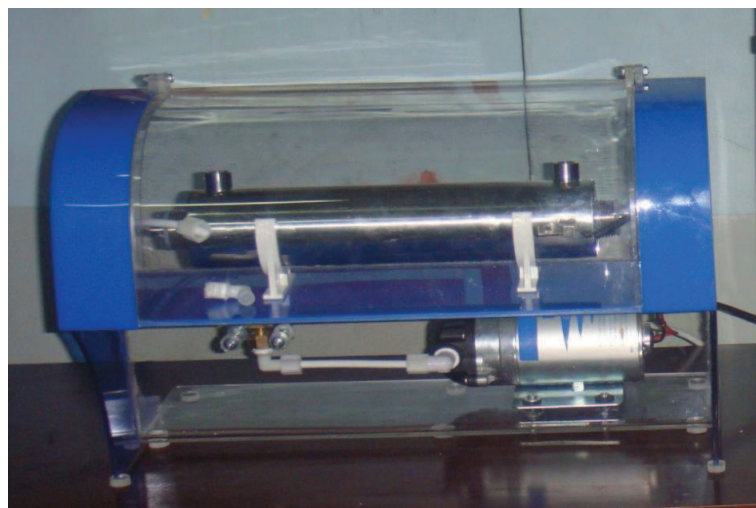
6. Acoplamiento de la cámara de esterilización

Imagen 4.9



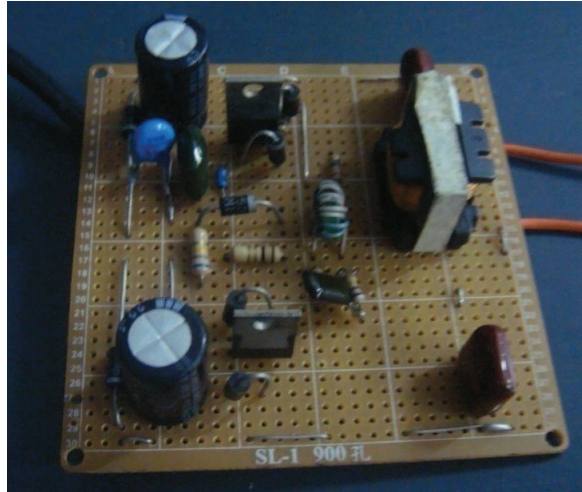
7. Acoplamiento de la bomba de agua, cámara de esterilización, y electroválvula en el alojamiento

Imagen 4.10



8. Montaje del circuito oscilador de alta frecuencia. Ver Imagen 4.11; Anexo 4.1; Plano 1 y Plano 3

Imagen 4.11



9. Circuito de control electrónico de pulsos. Ver Imagen 4.12; Anexo 4.1; Plano 2 y Plano 3.

Imagen 4.12



10. Ubicación de las diferentes partes de los circuitos (electrónico y eléctrico) en el tablero de control. Ver Imagen 4.13; Plano 4 y plano 5.

Imagen 4.13

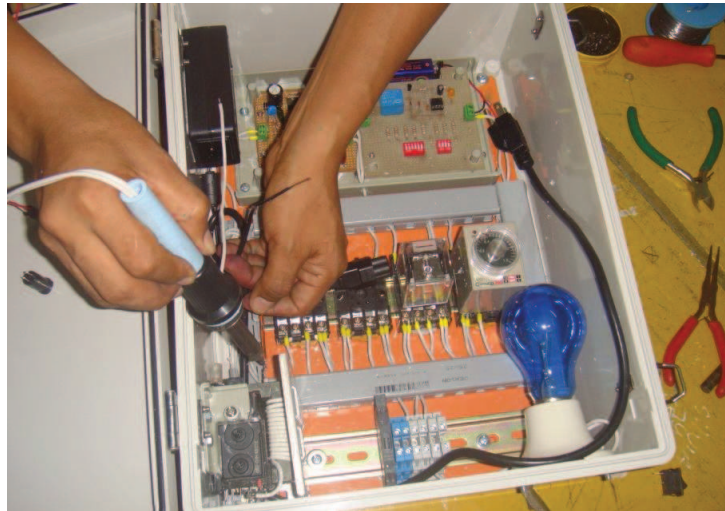
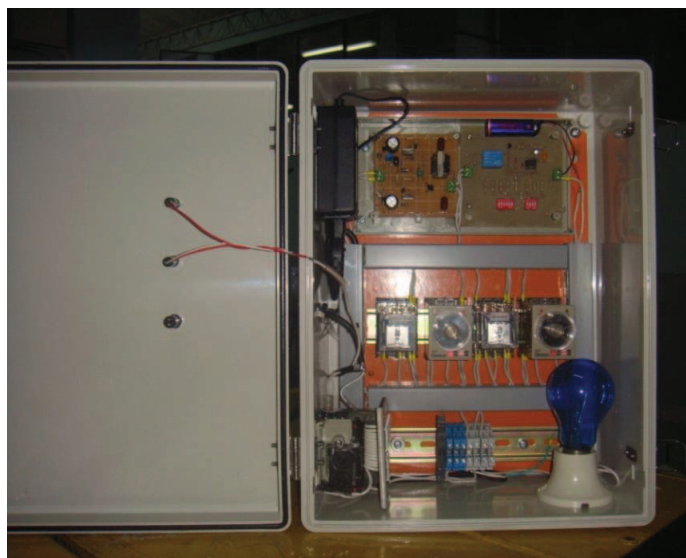
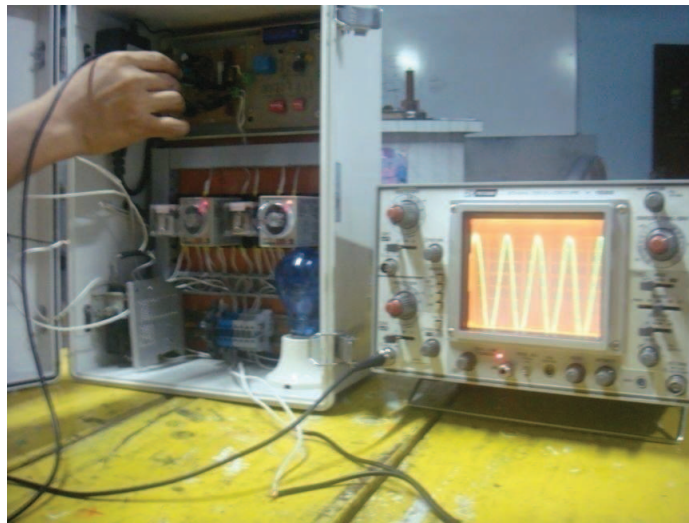


Imagen 4.14



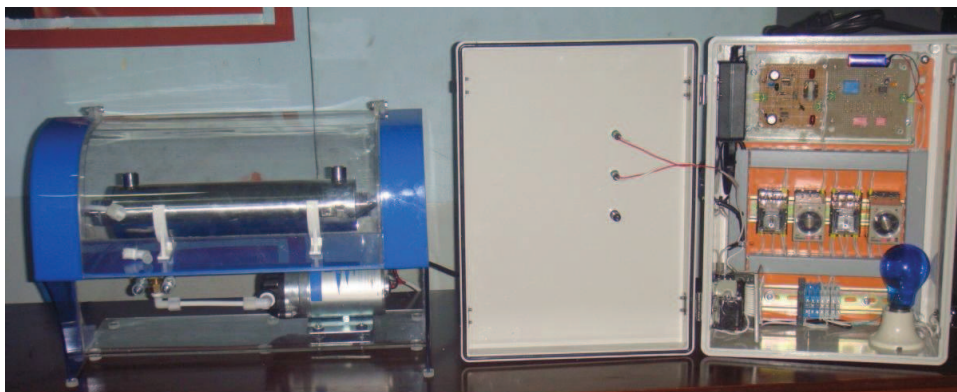
11. Pruebas de funcionamiento de los circuitos, de control eléctrico y circuito generador de pulsos de alto voltaje

Imagen 4.15



12. Acoplamiento del tablero de control con el alojamiento de la cámara de esterilización.

Imagen 4.16



13. Ensamblado total del prototipo (en estas condiciones el equipo está listo para su funcionamiento y pruebas).

Imagen 4.17



4.2 Construcción del Prototipo B

1. Se compró el tubo de 1 ½ de pulgada que cumplirá la función del nuevo electrodo interno de la cámara de esterilización, para esto se procedió a maquinarse el tubo de 1 ½ de pulgada, resultando el siguiente trabajo. Ver imagen 4.18 y Plano 1-M-1

Imagen 4.18



2. Para la elaboración de los separadores se utilizó como material base el polietileno. Ver imagen 4.19 y plano 1-M-1.

Imagen 4.19

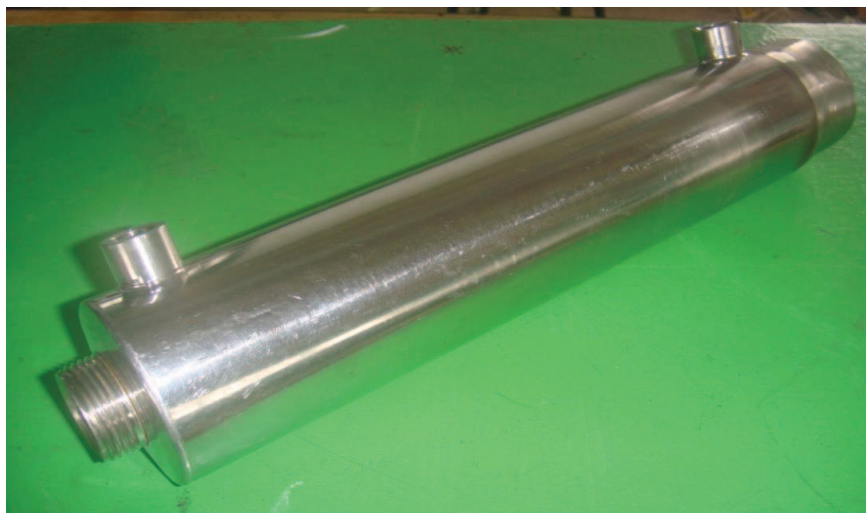


3. El electrodo externo se modificó en su parte física, resultando el siguiente trabajo. Ver imagen 4.20-4.21 y plano 1-M-1.

Imagen 4.20



Imagen 2.21



4. Acoplamiento de la cámara de esterilización. Ver imagen 4.22

Imagen 4.22



CAPITULO V

FUNCIONAMIENTO Y ANALISIS DE RESULTADOS DEL ESTERILIZADOR.

Para poner en funcionamiento el esterilizador se deben revisar que las conexiones eléctricas estén correctamente ajustadas, poniendo especial atención en los terminales de los electrodos de alto voltaje, además de asegurar una conexión a la red de 110 Vac confiable y la red debe estar aterrizada a tierra.

Debemos indicar que para las pruebas de esterilización de los alimentos líquidos se usaron: leche de vaca y jugo de naranja.

5.1 SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO.

El equipo posee para su alimentación eléctrica un cable de poder que irá conectado a la red pública de suministro eléctrico, y que energiza las siguientes partes: el circuito de control eléctrico, la tarjeta del circuito oscilador de alta frecuencia, la electroválvula y la fuente de voltaje continua de 24 Vdc, 1 amp que pone en funcionamiento la bomba.

El circuito de control electrónico del número de pulsos eléctricos de alto voltaje, se alimenta con una batería alcalina de 9 voltios.

5.2 SISTEMA DE LA CAMARA DE ESTERILIZACION.

La bomba, en un tiempo de 42 segundos, llena la cámara de esterilización con el alimento líquido a tratar, a la vez que dentro de ella se generan los pulsos de alta tensión y que pueden ser comprobados mediante el indicador de alto voltaje colocado en el tablero de control.

5.3 SISTEMA DEL GENERADOR DE PULSOS DE ALTO VOLTAJE.

Este sistema está compuesto por el circuito oscilador de alta frecuencia, el Flyback y el circuito de control electrónico del número de pulsos eléctricos de alto voltaje.

El sistema, posee 15 modos de programación basada en el swicheo de los interruptores tipo DIP sw1 y sw2 que controlan el número de pulsos que se generarán en los electrodos de la cámara de esterilización. Para el prototipo A ver Tabla 5.1

Tabla 5.1

Modo de Operación	Sw 1 (on)	Sw 2 (on)	# de pulsos
T-1	1	1	540
T-2	1	2	270
T-3	1	3	180
T-4	2	1	642
T-5	2	2	321
T-6	2	3	214
T-7	3	1	738
T-8	3	2	369
T-9	3	3	246
T-10	4	1	834
T-11	4	2	417
T-12	4	3	278
T-13	5	1	930
T-14	5	2	465
T-15	5	3	310

Con el prototipo B el número de pulsos varía porque el tiempo de llenado de la cámara se redujo a 17,29 segundos. Ver tabla 5.2

Tabla 5.2

Modo de Operación	Sw 1 (on)	Sw 2 (on)	# de pulsos
T-1	1	1	225
T-2	1	2	108
T-3	1	3	74
T-4	2	1	267
T-5	2	2	128
T-6	2	3	85
T-7	3	1	307
T-8	3	2	127
T-9	3	3	98
T-10	4	1	347
T-11	4	2	166
T-12	4	3	111
T-13	5	1	387
T-14	5	2	186
T-15	5	3	124

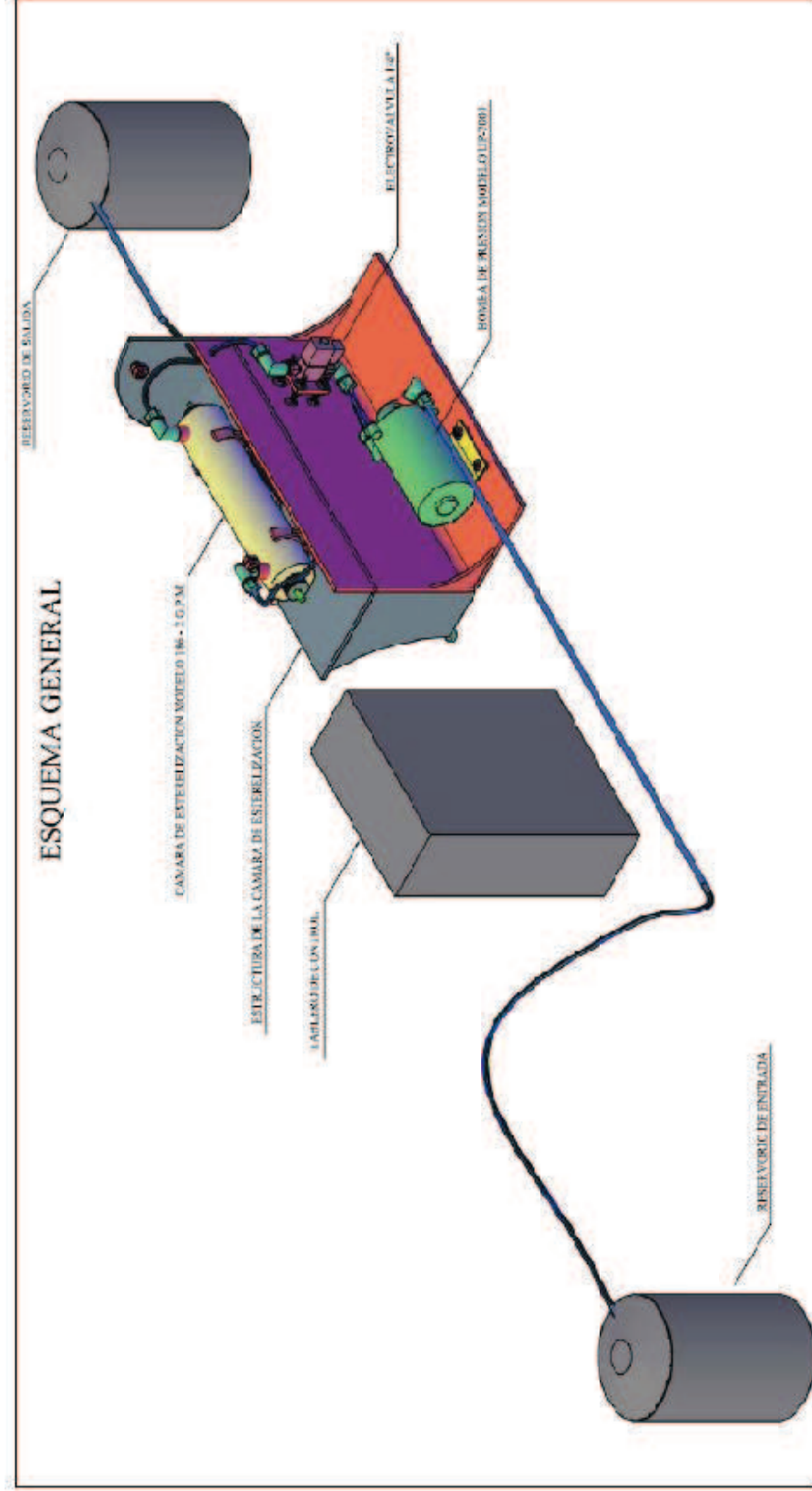
5.4 SISTEMA DEL CIRCUITO DE CONTROL ELECTRICO.

Mediante el interruptor S1 – siempre que S2 y S3 estén cerrados–se energizará el relé R1 el cual a su vez dará energía al circuito generador de pulsos de alto voltaje y activará el temporizador T1 – 10 segundos – este temporizador activará R2 que controla la electroválvula y el temporizador T2 – 3 segundos – que activará la bomba. El sistema eléctrico quedará desactivado manualmente por el interruptor S1 o automáticamente por S2 o S3- (Ver plano 4).

5.5 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE CONSERVACION DE ALIMENTOS LÍQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE ALTO VOLTAJE.

Sus componentes están detallados en el gráfico 6.1

Gráfico 6.1



5.6 DATOS TECNICOS DEL SISTEMA DE CONSERVACION DE ALIMENTOS LÍQUIDOS MEDIANTE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

5.6.1 Condiciones de Trabajo

Voltaje necesario	110 Vca
Producto a esterilizar	Leche cruda y jugo de naranja
Volumen de la cámara de esterilización	288,30 cm ³

5.6.2 Datos del Equipo

Caudal	1 litro/min
Material de la cámara de esterilización	Acero Inoxidable
Material del alojamiento de la cámara de esterilización	Acrílico

5.6.3 Datos de la Bomba

Potencia	25 W
Voltaje	24 – 48 V dc
Caudal	1 litro/min
Presión	60 – 80 psi 110 psi (máx.)

5.6.4 Datos del Circuito Oscilador de Alta Frecuencia

Voltaje de entrada	110 Vca / 60 Hz
Frecuencia de operación	22 K Hz
Voltaje de Salida	270 Vca
Tipo de Señal	Sinusoidal

5.6.5 Datos del Circuito de Control Electrónico de Número de Pulsos de Alto Voltaje

Voltaje	9 Vcd
Número de Pulsos	Min. 260 pulsos aprox. Max. 900 pulsos aprox.

5.6.6 Datos del Circuito Eléctrico

Voltaje de operación	110 Vca / 60 Hz
----------------------	-----------------

5.7 Funcionamiento del Proceso de Esterilización

1. Llenar el tanque A con el alimento líquido a esterilizar, manualmente.
2. Escoger el modo de operación usando el SW 1 y SW 2 ubicado dentro del tablero de control.
3. Alimentar el tablero de control usando el cable de conexión previsto en el sistema.
4. Verificar que la tapa de alojamiento de la cámara de esterilización este completamente cerrada así como la puerta del tablero de control.
5. Activar el interruptor de inicio S1.
6. El sistema se apagará cuando el interruptor S1 se abra.

5.8 Análisis de Resultados Microbiológicos y Bromatológicos

Para comparar los resultados microbiológicos y bromatológicos de los diferentes líquidos tratados –zumo de naranja, leche y agua- y poder realizar el respectivo análisis de la inactivación de los microorganismos y propiedades organolépticas, se tomaron muestras antes de ser tratados y las mismas fueron analizadas. Otra muestra del mismo líquido se le realizó el tratamiento en el prototipo, con diferentes modos de operación, mismas que también fueron analizadas igual que las anteriores, en el Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical Leopoldo Izquieta Pérez y en el Laboratorio Agrolab. Ver anexos 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5

Resultados Microbiológicos A

- Pruebas en Leche Cruda

Usando los modos de operación T-1, T-4 y T-8 se obtuvieron los resultados que pueden ser observados en el anexo 6.1

- Pruebas en Jugo de Naranja

Usando los modos de operación T-1, T-4 y T-8 se obtuvieron los resultados que pueden ser observados en el anexo 6.1

Resultados Microbiológicos B

- Pruebas en Leche Cruda

Usando los modos de operación T-1, T-4, T-8 y T-10, se obtuvieron los resultados que pueden ser observados en el anexo 6.2

- Pruebas en Jugo de Naranja

Usando los modos de operación T-1, T-4 T-8 y T-10, se obtuvieron los resultados que pueden ser observados en el anexo 6.2

Usando los modos de operación T-4 y T-10, se obtuvieron los resultados que se pueden observar en el anexo 6.3

- Pruebas en el agua

Usando los modos de operación T-4, T-8 y T-10, se obtuvieron los resultados que se pueden observar en el anexo 6.3

Resultados Bromatológicos B

Los resultados obtenidos en la leche y en el jugo de naranja una vez utilizado el modo de operación T-4, se los puede apreciar en los anexos 6.4 y 6.5 Estos resultados fueron comparados con otros, que se pueden ver en los anexos 6.6 y 6.7

CAPITULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

En las siguientes tablas se detallan los costos de materiales y equipos para la construcción del Prototipo de Esterilización de Alimentos Líquidos mediante Pulsos de Alto Voltaje.

6.1 Costo de materiales y equipos

Tabla 6.1

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	V. UNIT	V. TOTAL
1	Bomba UP-700	1	UND	120,00	120,00
2	Electroválvula EBC, I/O- 1/4"	1	UND	65,00	65,00
3	Tubo de acero inoxidable 2 ½"	1	UND	55,00	55,00
4	Tubo de acero inoxidable 3/4"	0,4	MTS	10,00	4,00
5	Acrílico	1	MTS	30,00	30,00
6	Tablero plástico 40x30, HI-BOX	1	UND	75,00	75,00
7	Temporizador CSC on-delay	2	UND	15,50	31,00
8	Relé auxiliar CSC, 110v, 2NO+2	2	UND	4,56	9,12
9	Base CSC 8 pines	4	UND	1,35	5,40
10	Bornera legrand #12	3	UND	0,97	2,91
11	Bornera legrand ,neutro #12	3	UND	1,25	3,75
12	Bornera legrand, tierra	1	UND	2,10	2,10
13	Bornera legrand porta fusible	1	UND	4,95	4,95
14	Bornera CSC, 4pares	4	UND	1,57	6,28
15	Luz piloto 110v,	2	UND	1,32	2,64
16	Interruptor	1	UND	0,80	0,80
17	Final de carrera	2	UND	1,25	2,50
18	Riel din	1	MTS	3,00	3,00
19	Canaleta dexson, 25x25	1	UND	2,80	2,80
20	Circuito oscilador de alta Hz	1	UND	25,00	25,00
21	Circuito de control de pulsos	1	UND	20,00	20,00
22	Flyback Sony 1-439-498-71	1	UND	20,00	20,00
23	Cautín 100w	1	UND	12,56	12,56
24	Carrete de estaño	1	UND	10,25	10,25
25	Pasta para soldar	1	UND	2,8	2,80
26	Cable blindado 2x16	5	MTS	2,75	13,75
27	Cable flexible #18	10	MTS	0,18	1,80
28	Terminales puntera	50	UND	0,018	0,90
29	Marquillas	1	UND	5,5	5,50
30	Fitting de conexión de 1/4"	8	UND	0,85	6,80
31	Manguera plástica 1/4"	5	MTS	0,45	2,25
32	Reservorios plásticos	2	UND	13,5	27,00
33	Tornillos y otros	1	UND	5,00	5,00
34	Meza para Ensamblar	1	UND	125,00	125,00
				SUBTOTAL	704,86

Elaboración: Diego Vinicio Castillo, Franklin David Toapaxi / 2010

6.2 Costo de mano de obra

Tabla 6.2

ITEM	DESCRIPCION	VALOR (USD)
1	Alojamiento para la cámara de esterilización	90,00
2	Electrodo interno	35,00
3	Separadores	10,00
	SUB TOTAL	135,00

Elaboración: Diego Vinicio Castillo, Franklin David Toapaxi / 2010

6.3 Costo de pruebas Bacteriológicas y Nutricionales

Tabla 6.3

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
1	Pruebas Bacteriológicas	26	15,00	390,00
2	Pruebas Nutricionales	2	40,00	80,00
	SUB TOTAL			470,00

Elaboración: Diego Vinicio Castillo, Franklin David Toapaxi / 2010

6.4 Costos totales

Tabla 6.4

ITEM	DESCRIPCION	VALOR (USD)
1	Materiales y Equipos	704,86
2	Mano de obra	135,00
3	Pruebas bacteriológicas y nutricionales	470,00
4	Transporte	80,00
	TOTAL	1.389,86

Elaboración: Diego Vinicio Castillo, Franklin David Toapaxi / 2010

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Se diseñó y construyó el prototipo para esterilizar alimentos líquidos mediante pulsos de alto voltaje.
- Los resultados obtenidos mediante análisis microbiológico con los modos T1, T4 y T8, utilizando el prototipo A, son: para la leche cruda 80,23% y para el jugo de naranja 41,7% de eficiencia.
- Los resultados obtenidos mediante análisis microbiológico utilizando el prototipo B, son: para la leche cruda 46,9%, para el jugo de naranja 66,7% y para el agua 74,6% de eficiencia.
- La leche tiene mayor contenido de sólidos totales (aproximadamente 12%) a diferencia del jugo de naranja que tiene un contenido de aproximadamente de 2 a 3%, esta diferencia hace que el campo eléctrico tenga mayor acción sobre los organismos del jugo, en el caso de la leche al tener mayor cantidad de sólidos disueltos la eficiencia de mortalidad es menor al tratamiento aplicado al jugo (prototipo A).
- Los cambios realizados al prototipo A dieron como resultado un mejoramiento a la eficiencia del equipo en un 32,9%.
- Los resultados de las pruebas nutricionales y microbiológicas determinan que el prototipo si puede ser utilizado para esterilizar alimentos líquidos.

- La inactivación de los microorganismos en los alimentos líquidos dependen de: la intensidad del campo eléctrico, el número de pulsos aplicados y el tiempo de aplicación de los pulsos.
- Los resultados de los análisis bromatológicos determinan que este proceso de esterilización de alimentos líquidos preserva las propiedades sensoriales y nutritivas propias de los alimentos.
- Esta tecnología emergente se puede aplicar en alimentos líquidos cuya conductividad eléctrica sea alta para obtener mayor eficiencia.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda que la longitud de la cámara de esterilización sea incrementada para que la incidencia de los pulsos de alto voltaje sea de mayor duración.
- Se recomienda continuar con el estudio de este tipo de tecnología emergente para la conservación de alimentos líquidos, porque constituirá en un aporte más en el campo e la investigación científica que fortalecerá el nivel académico de la universidad, si consideramos que Ecuador está rezagado en este campo.
- Se recomienda que este trabajo de investigación se lo continúe conjuntamente con la Escuela de Agroindustrias, ya que se debe impulsar y fortalecer la industria agroindustrial no solo de esta zona, sino de todo el país
- Se recomienda realizar una investigación de un genero específico de bacterias, por ejemplo brucelosis en leche, stafilococcus en jugo y correlacionar las condiciones técnicas con la inactivación total solo de estos patógenos muy común en alimentos

BIBLIOGRAFIA

1. REVENTOS SANTAMARIA, Merce, Industria Alimentaria Tecnologías Emergentes, Editorial UPC, 2005
2. BELLO GUTIÉRREZ, José, Ciencia Bromatológica Principios Generales de los Alimentos, Editorial Díaz de Santos S.A., 2000
3. LUCAS, Rohan J., High Voltage Engineering, Editorial J R Lucas, 2001
4. NAIDU, M S; KAMARAJU, V., High Voltage Engineering, Segunda edición, Editorial McGraw-Hill, 1996
5. CANTU, Luis L., Electricidad y Magnetismo, Editorial LIMUSA, 1978
6. SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W, Física para Ciencias e Ingenierías vol. II, Sexta edición, Editorial THOMSON, 2004
7. HUBSCHER, H.; KLAUE, J., Electrotecnia Curso Elemental, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ)
8. VALLEJO AYALA, Patricio, Física Vectorial Básica 3, Séptima Edición, Editorial Producción Grafica, 2003
9. Manual De Aceros Especiales
10. Catalogo, "Reverse Osmosis Pure Water"
11. EYSSAUTIER DE LA MORA, Maurice, Metodología de la Investigación, Cuarta Edición, Editorial Thompson, 2002
12. REZA BECERRIL, Fernando, Ciencia Metodología e Investigación, Editorial Logman de México, 1997
13. TUFÍÑO DIAZ, Miguel Ángel, Bebidas Refrescantes Naturales a partir de la Piña y la Naranja Mediante el Proceso de Mezclado y Adición de Edulcorantes, 2009
14. Pérez Loza, Doris, Análisis Físico, Químico y Bacteriológico de la Leche Bovina que se expende libremente en la ciudad de Santo Domingo, 2000

INFORMACION ELECTRONICA

1. <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202006/Trabajos%20estudiantes%202006/Sosa,%20Daniel%20.pdf>
2. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_39/articulos/Muchos_metodos.htm
3. <http://www.acenologia.com/presentaciones/Raventos.pdf>
4. <http://www.alimentatec.com/muestrapaginas.asp?nodo1=0&nodo2=0&idcontenido=564&content=18>
5. <http://www.venologia.com/archivos/1955/>
6. <http://www.gobernaciondelzulia.gov.ve/lista2.asp?sec=120112%20>
7. <http://www.malianteo.com/foros/f104/fenomeno-natural-relampagos-del-catatumbo-unico-tipo-155970/>
8. <http://www.monografias.com/trabajos13/travitam/travitam.shtml?monosearch>
9. <http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/esterilizacion.htm>
10. <http://es.wikipedia.org/wiki/Pasteurizaci%C3%B3n>
11. <http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/escaldado.htm>
12. http://www.cetmar.org/documentacion/wif/abstracts_es/Ohlsson_es.pdf
13. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/007697/07697-04.pdf>

ANEXOS

ANEXO 3.1

DILIVERY PUMP 小型輸送泵浦

UP-4000

UP-7000
UP-8000

DIAPHRAGM PUMP
UPRIGHT
UP-7000

• FLOOD FRIE
• PRESSURE
• BOOSTER
• DATE

OUTLET CURVE FEED 10 PSI

PSI	40psi	30psi	20psi	10psi	MODEL
OUT-LET L/min	2.3	2.6	3.0	3.8	UP-4000/12 UP-4000/24 UP-4000/115
OUT-LET G.P.M	0.6	0.67	0.75	1.0	

OUTLET CURVE FEED 20 PSI

PSI	120psi	100psi	80psi	60psi	40psi	20psi	MODEL
2.2L	2.8L	3.1L	3.7L	4.0L	4.8L	4.8L	UP-8000/110
2.2L	2.8L	3.1L	3.7L	4.0L	4.8L	4.8L	UP-8000/48
1.5L	1.8L	2.0L	2.4L	2.6L	3.4L	3.4L	UP-8000/36
1.2L	1.70L	2.26L	2.32L	2.54L	2.9L	2.9L	UP-7000/48
0.6L	0.99L	1.23L	1.6L	1.80L	2.8L	2.8L	UP-7000/36
0.37L	0.64L	0.77L	0.94L	1.14L	1.38L	1.38L	UP-7000/24
0.37L	0.64L	0.77L	0.94L	1.14L	1.38L	1.38L	UP-7000/12

ANEXO 3.2

BÖHLER A 200



Tipo de aleación: C 0.03 máx. Si 0.50 Mn 1.40 Cr 17.00 Mo 2.20 Ni 11.50 %

Color de identificación: Amarillo
 Estado de suministro: Apagado
 Acabado: Pulido H9

Equivalencia
 AISI: 316 L
 DIN: X2CrNiMo17-12-2
 No. Mat. 1.4404

PROPIEDADES:

Acero inoxidable austenítico al cromo – níquel – molibdeno con bajo contenido de carbono. Resistente a la corrosión intercrystalina hasta temperaturas de 400 °C. No es necesario efectuar tratamiento térmico después del proceso de soldadura. Mejor resistencia frente al ataque de ácidos como sulfúrico y nítrico diluidos así como mejor resistencia a la corrosión causada por fisuras de tensión en presencia de ciertos medios, gracias a su contenido de molibdeno. Capaz de recibir pulimento de alto brillo. Fácil maquinado.

EMPLEO:

Para tanques, tubos, griferías de la industria química, de papel, celulosa, industria fotográfica, tintorerías textiles de alta exigencia química, como también para instrumentos de medicina y cirugía. Utilizado en accesorios para la fabricación de jugos de fruta, licores y alcohol, donde no debe haber influencia en el sabor.

TRATAMIENTO TÉRMICO:

Forjado: 1200 – 900 °C
 Apagar: al agua, espesor > 2 mm al aire: 1020 – 1120 °C

Los aceros austeníticos son susceptibles a endurecer durante el maquinado y presentar magnetismo. Por ello, las herramientas deberán estar perfectamente afiladas y firmemente sujetas. La profundidad de corte no debe ser muy pequeña.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Producto	Dimensiones mm	Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación % mín.			Resistencia al impacto (ISO-V) J mín.		
				L	Q	T	L	Q	T
St. Sch	≥ 160	235	500-700	40	--	--	100	--	--
	> 160 < 250			--	30	--	--	60	--
Bl	≥ 75	260	520-670	--	45 ¹⁾	--	90 ²⁾	60 ²⁾	--

St: barras
 Sch: barras forjadas
 Bl: Láminas o platinas
 L: longitudinal
 Q: transversal
 T: tangencial
 1) <3mm
 2) >10mm espesor

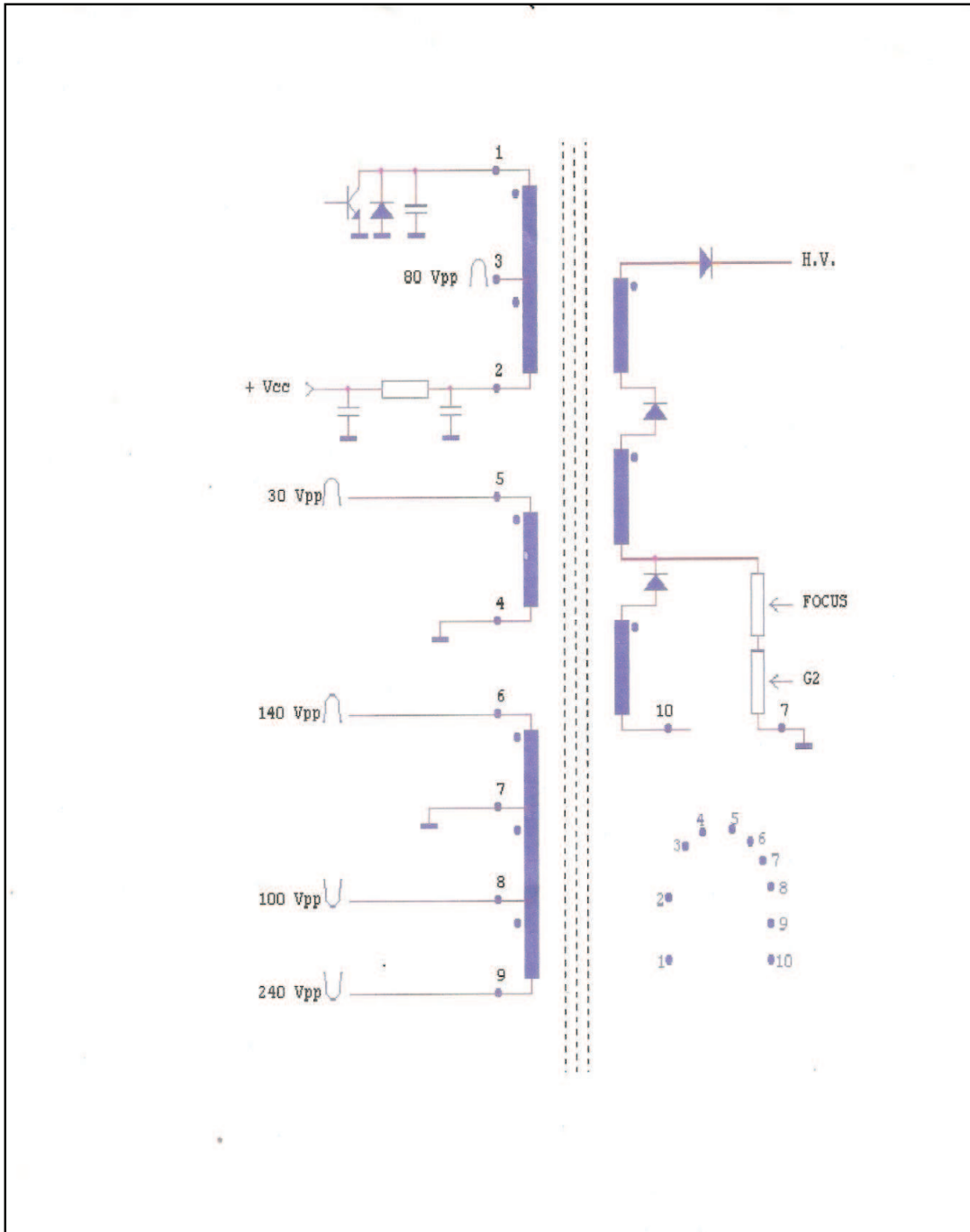
Anexo 3.3

Anexo 1
VISCOSIDAD DEL AGUA

TEMPERATURA (°C)	Viscosidad dinámica (poises)	Viscosidad cinemática (Stokes)	Viscosidad Dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad Cinemática (m ² /s)	Viscosidad Dinámica (kg·s/m ²)
0	1.787·10 ⁻²	1.787·10 ⁻²	1.787·10 ⁻³	1.787·10 ⁻⁶	1.822·10 ⁻⁴
1	1.728·10 ⁻²	1.728·10 ⁻²	1.728·10 ⁻³	1.728·10 ⁻⁶	1.761·10 ⁻⁴
2	1.671·10 ⁻²	1.671·10 ⁻²	1.671·10 ⁻³	1.671·10 ⁻⁶	1.703·10 ⁻⁴
3	1.618·10 ⁻²	1.618·10 ⁻²	1.618·10 ⁻³	1.618·10 ⁻⁶	1.649·10 ⁻⁴
4	1.567·10 ⁻²	1.567·10 ⁻²	1.567·10 ⁻³	1.567·10 ⁻⁶	1.597·10 ⁻⁴
5	1.519·10 ⁻²	1.519·10 ⁻²	1.519·10 ⁻³	1.519·10 ⁻⁶	1.548·10 ⁻⁴
6	1.472·10 ⁻²	1.472·10 ⁻²	1.472·10 ⁻³	1.472·10 ⁻⁶	1.501·10 ⁻⁴
7	1.428·10 ⁻²	1.428·10 ⁻²	1.428·10 ⁻³	1.428·10 ⁻⁶	1.456·10 ⁻⁴
8	1.386·10 ⁻²	1.386·10 ⁻²	1.386·10 ⁻³	1.386·10 ⁻⁶	1.413·10 ⁻⁴
9	1.346·10 ⁻²	1.346·10 ⁻²	1.346·10 ⁻³	1.346·10 ⁻⁶	1.372·10 ⁻⁴
10	1.307·10 ⁻²	1.307·10 ⁻²	1.307·10 ⁻³	1.307·10 ⁻⁶	1.332·10 ⁻⁴
11	1.271·10 ⁻²	1.271·10 ⁻²	1.271·10 ⁻³	1.271·10 ⁻⁶	1.296·10 ⁻⁴
12	1.235·10 ⁻²	1.235·10 ⁻²	1.235·10 ⁻³	1.235·10 ⁻⁶	1.259·10 ⁻⁴
13	1.202·10 ⁻²	1.203·10 ⁻²	1.202·10 ⁻³	1.203·10 ⁻⁶	1.225·10 ⁻⁴
14	1.169·10 ⁻²	1.170·10 ⁻²	1.169·10 ⁻³	1.170·10 ⁻⁶	1.192·10 ⁻⁴
15	1.139·10 ⁻²	1.140·10 ⁻²	1.139·10 ⁻³	1.140·10 ⁻⁶	1.161·10 ⁻⁴
16	1.109·10 ⁻²	1.110·10 ⁻²	1.109·10 ⁻³	1.110·10 ⁻⁶	1.130·10 ⁻⁴
17	1.081·10 ⁻²	1.082·10 ⁻²	1.081·10 ⁻³	1.082·10 ⁻⁶	1.102·10 ⁻⁴
18	1.053·10 ⁻²	1.054·10 ⁻²	1.053·10 ⁻³	1.054·10 ⁻⁶	1.073·10 ⁻⁴
19	1.027·10 ⁻²	1.029·10 ⁻²	1.027·10 ⁻³	1.029·10 ⁻⁶	1.047·10 ⁻⁴
20	1.002·10 ⁻²	1.004·10 ⁻²	1.002·10 ⁻³	1.004·10 ⁻⁶	1.021·10 ⁻⁴
21	0.9779·10 ⁻²	0.9799·10 ⁻²	0.978·10 ⁻³	0.980·10 ⁻⁶	0.997·10 ⁻⁴
22	0.9548·10 ⁻²	0.9569·10 ⁻²	0.954·10 ⁻³	0.957·10 ⁻⁶	0.973·10 ⁻⁴
23	0.9325·10 ⁻²	0.9348·10 ⁻²	0.932·10 ⁻³	0.935·10 ⁻⁶	0.951·10 ⁻⁴
24	0.9111·10 ⁻²	0.9136·10 ⁻²	0.911·10 ⁻³	0.914·10 ⁻⁶	0.929·10 ⁻⁴
25	0.8904·10 ⁻²	0.8930·10 ⁻²	0.890·10 ⁻³	0.893·10 ⁻⁶	0.908·10 ⁻⁴
26	0.8705·10 ⁻²	0.8733·10 ⁻²	0.870·10 ⁻³	0.873·10 ⁻⁶	0.887·10 ⁻⁴
27	0.8513·10 ⁻²	0.8543·10 ⁻²	0.851·10 ⁻³	0.854·10 ⁻⁶	0.868·10 ⁻⁴
28	0.8327·10 ⁻²	0.8359·10 ⁻²	0.833·10 ⁻³	0.836·10 ⁻⁶	0.849·10 ⁻⁴
29	0.8148·10 ⁻²	0.8181·10 ⁻²	0.815·10 ⁻³	0.818·10 ⁻⁶	0.831·10 ⁻⁴

Anexo 3.4

DIAGRAMA DE PINES DEL FLYBACK



ANEXO 4.1

Lista de Materiales

Circuito de Control de Pulsos

- Un interruptor tipo DIP switch de 6 servicios
- Un interruptor tipo DIP switch de 4 servicios
- Una resistencia de 560 ohm
- 4 Resistencias de 100 ohm
- 3 Resistencias de 1 Mohm
- Una resistencia de 220 ohm
- Una resistencia de 680 ohm
- Un Circuito Integrado LM 555
- Un capacitor electrolítico de 10 uf
- Un capacitor electrolítico de 0,001 uf
- Dos Diodos IN4148
- Un transistor Q 2N3904
- Un Diodo Led
- Una batería de 9Vcd
- Un relé RH-005C

Circuito Oscilador de Alta Frecuencia y Alto Voltaje

- Siete diodos N5399
- Una resistencia DDR / D7D471K
- Dos capacitores de 22 uf / 250 V
- Dos resistencias de 1 ohm
- Dos transistores MJ 13005
- Dos resistencias de 680 K ohm
- Dos resistencias de 24 ohm
- Transformador Toroidal
- Dos capacitores de 0,22 uf / 400 V

ANEXO 6.1

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA TROPICAL

LEOPOLDO IZQUIETA PEREZ



Laboratorio Santo Domingo

CONTROL DE CALIDAD

LCCAM-85-12-09

TIPO DE ANALISIS: MICROBIOLOGICO:
 SOLICITANTE: Srs: Franklin Toapaxi - Diego Castillo
 TIPO DE MUESTRA: alimentos : leche y jugo
 FECHA DE RECEPCION: 07-12-09
 FECHA DE ANALISIS: 07-12-09
 NUMERO DE MUESTRAS: 8
 FORMULACION DECLARADA: (jugo de naranja – leche cruda)
 PROCESO TECNOLÓGICO: tratamiento mediante pulsos eléctrico

RESULTADO:

Nº DE MUESTRA	IDENTIFICACION	Recuento de aerobios mesófilos (u.f.c. / ml)
	LECHE CRUDA	
	Sin tratamiento	(u.f.c. / ml)
01	Sin tratamiento	14x10 ³
02	T-1	48x10 ⁴
03	T-4	16x10 ⁴
04	T-8	19x10 ⁴
	JUGO DE NARANJA	
	Sin tratamiento	
05	Sin tratamiento	800
06	T-1	500
07	T-4	600
08	T-8	300

PARAMETRO	METODOLOGIA
aerobios	Recuento en placa


 Atentamente
 Dr. Javier Calsaguano
 ANALISTA

ANEXO 6.2

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA TROPICAL

LEOPOLDO IZQUIETA PEREZ



Laboratorio Santo Domingo

CONTROL DE CALIDAD

LCCAM-26 -02- 10

TIPO DE ANALISIS:	MICROBIOLOGICO:
SOLICITANTE:	Srs. Franklin Toapaxi - Diego Castillo
TIPO DE MUESTRA:	alimentos : leche y jugo
FECHA DE RECEPCION:	09- 02 - 10
FECHA DE ANALISIS:	09- 02 - 10
NUMERO DE MUESTRAS:	10
FORMULACION DECLARADA:	(jugo de naranja – leche cruda)
PROCESO TECNOLOGICO:	tratamiento eléctrico

RESULTADO:

N° DE MUESTRA	IDENTIFICACION	Recuento de aerobios mesófilos	Recuento de mohos y levaduras
	LECHE CRUDA	(u.f.c. / ml)	(u.p.c / ml)
01	Sin tratamiento	2×10^6	4200
02	T-1	14×10^5	4000
03	T-4	9×10^3	2400
04	T-8	95×10^4	2450
05	T-10	1×10^6	2300
	JUGO DE NARANJA		
06	Sin tratamiento	4960	400
07	T-1	2760	180
08	T-4	1120	140
09	T-8	1640	150
10	T-10	1100	110

PARAMETRO	METODOLOGIA
aerobios	Recuento estándar en placa
Mohos y levaduras	Recuento estándar en placa

Atentamente

Dr. Javier Casaguarán

ANALISTA

ANEXO 6.3

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA TROPICAL

LEOPOLDO IZQUIETA PEREZ



Laboratorio Santo Domingo

CONTROL DE CALIDAD

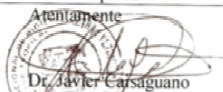
LCCAM-46 -03- 10

TIPO DE ANALISIS: MICROBIOLOGICO;
 SOLICITANTE: Sres. Franklin Toapaxi - Diego Castillo
 TIPO DE MUESTRA: Alimentos : Agua y jugo de naranja
 FECHA DE RECEPCION: 04- 03 - 10
 FECHA DE ANALISIS: 04- 03 - 10
 NUMERO DE MUESTRAS: 07
 FORMULACION DECLARADA: (agua natural – jugo de naranja)
 PROCESO TECNOLOGICO: tratamiento eléctrico

RESULTADO:

N° DE MUESTRA	IDENTIFICACION	Recuento de aerobios mesófilos (u.f.c. / ml)
	AGUA NATURAL	
	(u.f.c. / ml)	
01	Sin tratamiento	1700
03	T-4	300
04	T-8	560
05	T -10	460
	JUGO DE NARANJA	
06	Sin tratamiento	2500
08	T-4	1000
10	T-10	1300

PARAMETRO	METODOLOGIA
Aerobios	Recuento estándar en placa

Atentamente

 Dr. Javier Carsaguano
 ANALISTA

ANEXO 6.4



RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO

Datos del cliente		Referencia
Cliente :	Sr. Franklin Tuapaxi/Diego Castillo	Número Muest.:
Tipo muestra:	Leche Entera	Fecha Ingreso: 19 de febrero del 2010
Identificación:		Impreso : 11 de marzo del 2010
No. Laboratorio: Desde: 000 1	Hasta:	Fecha entrega: 12 de marzo del 2010

BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETereo	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	89,51	0,26	3,49			
Seca	0,00	2,50	3,50			

MINERALES											pH	Acidez
MATERIA SECA (%)						ppm				%		
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn		%	
0,56			1,42	0,11							6,6	0,16

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca


 Dra. Luz Maria Martinez
 LABORATORISTA
 AGROLAB



Dirección:
 Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-607 Cel.: 093 095 309 / 099 164 889

M&J

ANEXO 6.5



RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sr. Franklin Toapaxi/Diego Castillo	Número Muest.:	
Tipo muestra:	Jugo de Naranja	Fecha Ingreso:	19 de febrero del 2010
Identificación:		Impreso :	11 de marzo del 2010
No. Laboratorio: Desde: 000 1	Hasta:	Fecha entrega:	12 de marzo del 2010

BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETereo	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	92,75	0,07				
Seca	0,00	0,90				

MINERALES											
MATERIA SECA (%)						ppm				pH	Acidez
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	%	
0,14	0,15	0,55	1,02	0,11	0,09	3,00	12,0	14,00	5,00	3,00	

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca


 Dra. Luz María Martínez
 LABORATORISTA
 AGROLAB



Dirección:
 Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-607 Cel.: 093 095 309 / 099 164 889

M&J

ANEXO 6.6

CUADRO N. 1

Análisis Físico Químico y Bacteriológico en Leche de Bovinos Realizado en el laboratorio de la U.T.E. Sede Sto. Dgo.

SITIO DE MUESTREO : MERCADO MUNICIPAL
 FECHA DE MUESTREO : 21,22,23,24 DE FEBRERO DEL 2000
 HORA DE TOMA DE MUESTRA : 8:30 - 10:30

TABLA 1	PARÁMETRO	MERCADO	MERCADO	MERCADO	MERCADO	PROMEDIO	DESVIACION ESTÁNDAR
		1 21-Feb	2 22-Feb	3 23-Feb	4 24-Feb		
P. FRESCURA	pH	6,75	6,72	6,58	6,74	6,70	0,08
	P. ALCOHOL	NEGATIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	-	-
	P. ALIZARINA	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	-	-
	P. ACIDEZ (%)	0,17	0,16	0,26	0,18	0,19	0,05
P. GENUINIDAD	DENSIDAD (%)	1,0272	1,0270	1,0281	1,0248	1,027	0,001
	SOLIDOS TOTALES (%)	11,80	10,60	14,80	10,70	11,93	1,86
	GRASA (%)	3,70	3,60	3,80	2,90	3,50	0,41
	PROTEÍNA (%)	2,70	2,52	2,66	2,35	2,56	0,16
P. HIGIÉNICAS	REDUCTASA	3-7 Hrs.	3-7 Hrs.	2,5 Hrs.	3-7 Hrs.	-	-
	R. BACTERIAS TOTALES (UFC/ml.)	2.500.000	2.200.000	6.800.000	2.400.000	3.475.000	2.220.173
	R. COLIFORMES (NMP/100 ml)	160	240	460	240	275	129
OBSERVACIONES:		AUSENCIA DE ALMIDÓN					
		E IMPUREZAS					

TIPO DE MUESTRA : Leche Cruda
 TIPO DE ANÁLISIS : Físico Químico/Microbiológico
 EGRESADA : Srta. Doris Pérez

* UFC : Unidades Formadoras de Colonias por ml de leche.

* NMP: Número Mas Probable de Coliformes por cada 100 ml de leche.

ANEXO 6.7

Análisis Bromatológico Jugo de Naranja



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS

SOLICITANTE: SE MIGUEL TUFIÑO
TIPO DE MUESTRA: JUGO DE NARANJA
DIRECCIÓN: SANTO DOMINGO
IDENTIFICACIÓN: 1036
FECHA DE INGRESO: 14-Abr-08
FECHA DE ENTREGA: 21-Abr-08

PARAMETROS BROMATOLÓGICOS

IDENTIFICACIÓN	HUMEDAD %	S.TOTALES %	pH	ACIDEZ %	DENSIDAD g/ml	*BRIX
JUGO DE NARANJA	82.90	17.10	3.28	*0.24	1.01	12.00

*% Acidez como ácido cítrico

CONTENIDO DE MINERALES

FOSFORO ppm	POTASIO %	CALCIO %	MAGNESIO %	COBRE ppm	HIERRO ppm	MANGANESO ppm
37.00	0.14	0.32	0.04	2.50	4.50	0.50


 LABORATORIO DE QUÍMICA
 CAMPUS SANTO DOMINGO

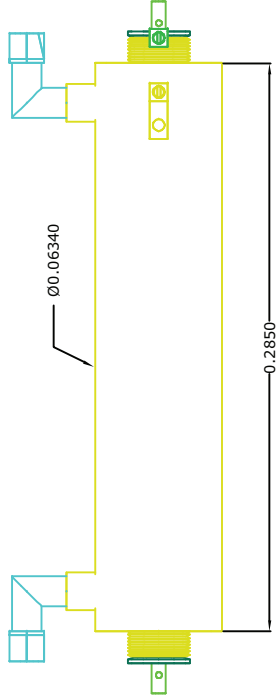

ING. ELSA BURBANO
 LABORATORIO DE QUÍMICA

Resultados válidos para la muestra analizada

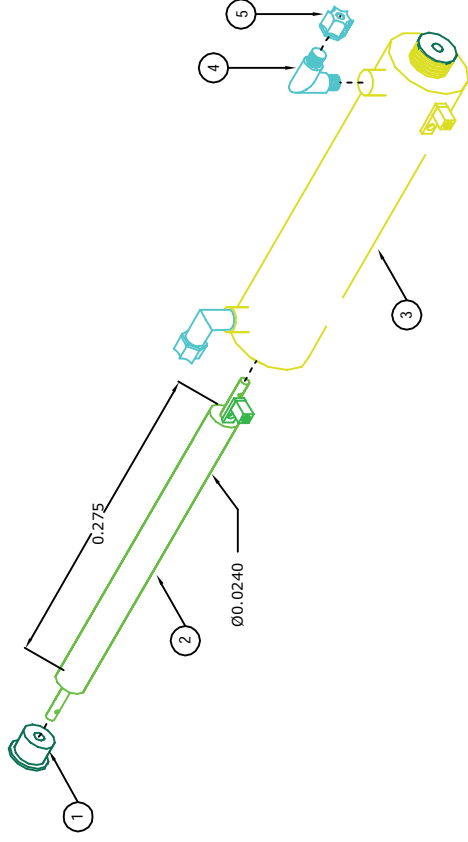
UTE Santo Domingo

PLANOS

VISTA FRONTAL



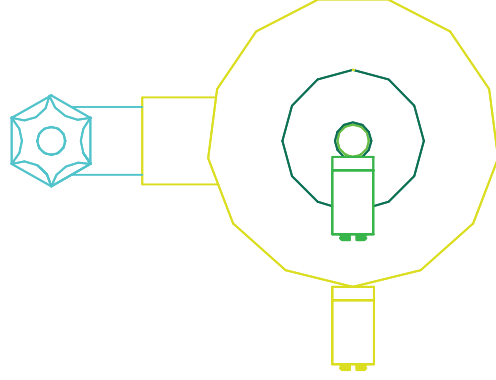
DETALLE SOPORTE



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL DERECHA



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
5	CONECTOR HEMBRA PLASTICO 1/4 "	2
4	CODO MACHO PLASTICO 90*	2
3	CAMARA DE ESTERILIZACION	1
2	ELECTRODO DE ALTO VOLTAJE	1
1	SEPARADOR DE ELECTRODO DE ALTO VOLTAJE Ø19,80mm	2

UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL

Esc.: ING. ELECTROMECHANICA

Fecha: ENERO 2010

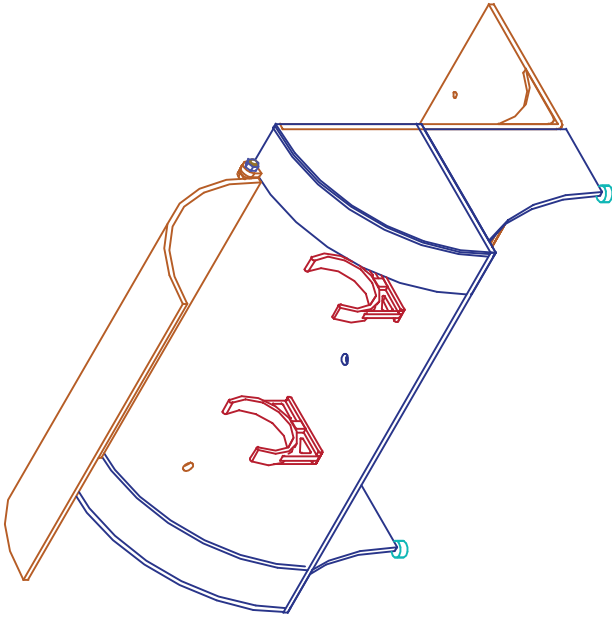
CAMARA DE ESTERILIZACION
PROTOTIPO A

Elaborado por:
- FRANKLIN TOAPAXI
- DIEGO CASTILLO

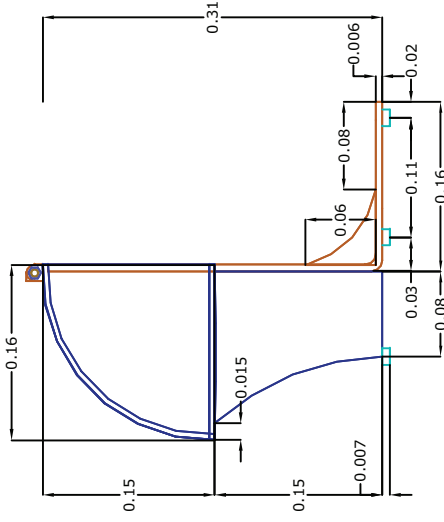
Lamina: M-1

Escala: 1:100

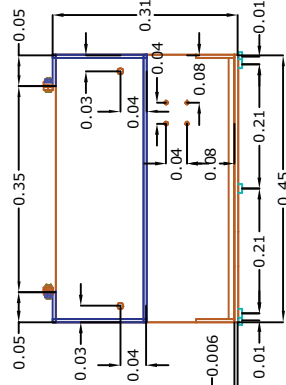
VISTA ISOMETRICA



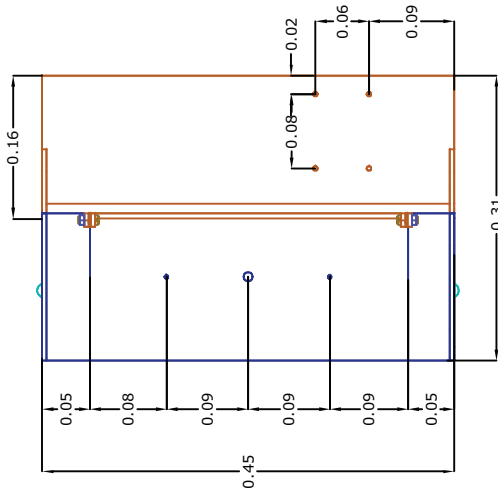
VISTA LATERAL DERECHA



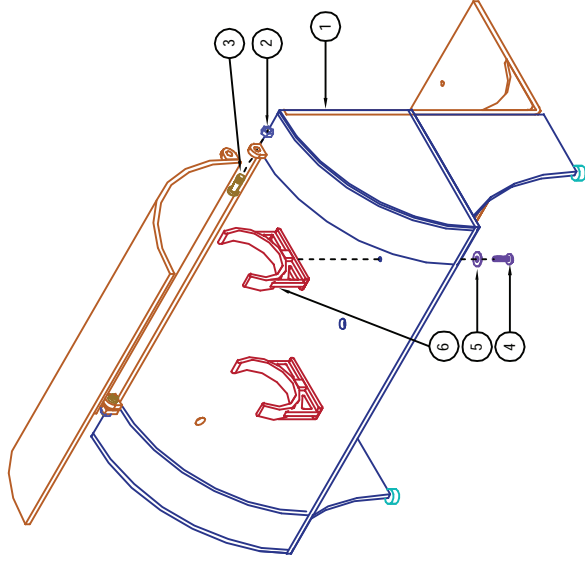
VISTA POSTERIOR



VISTA SUPERIOR



DETALLE SOPORTE



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
6	CLIP 184 (SOPORTE)	2
5	ARANDELA PLANA 1/8"	2
4	TORNILLO TRIPA DE PATO 1/8" x 3/4"	2
3	TORNILLO 1/8" x 3/4"	2
2	TUERCA HEXAGONAL 1/8"	2
1	ESTRUCTURA DE LA CAMARA DE ESTERELIZACION (ACRILICO)	1

UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL

Esc.: ING. ELECTROMECANICA

Fecha: ENERO 2010

ALOJAMIENTO DE LA CAMARA DE ESTERELIZACION

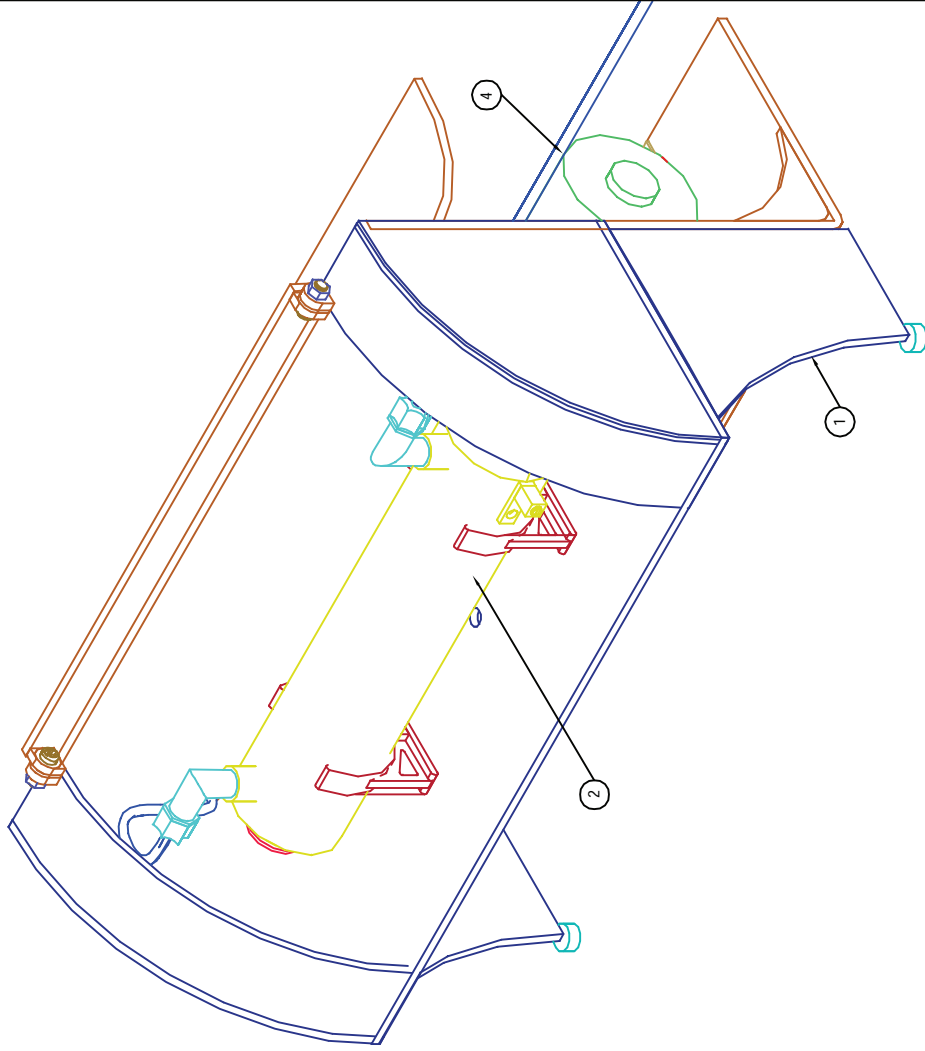
Elaborado por:
- FRANKLIN TOAPAXI
- DIEGO CASTILLO

Plano: M-2

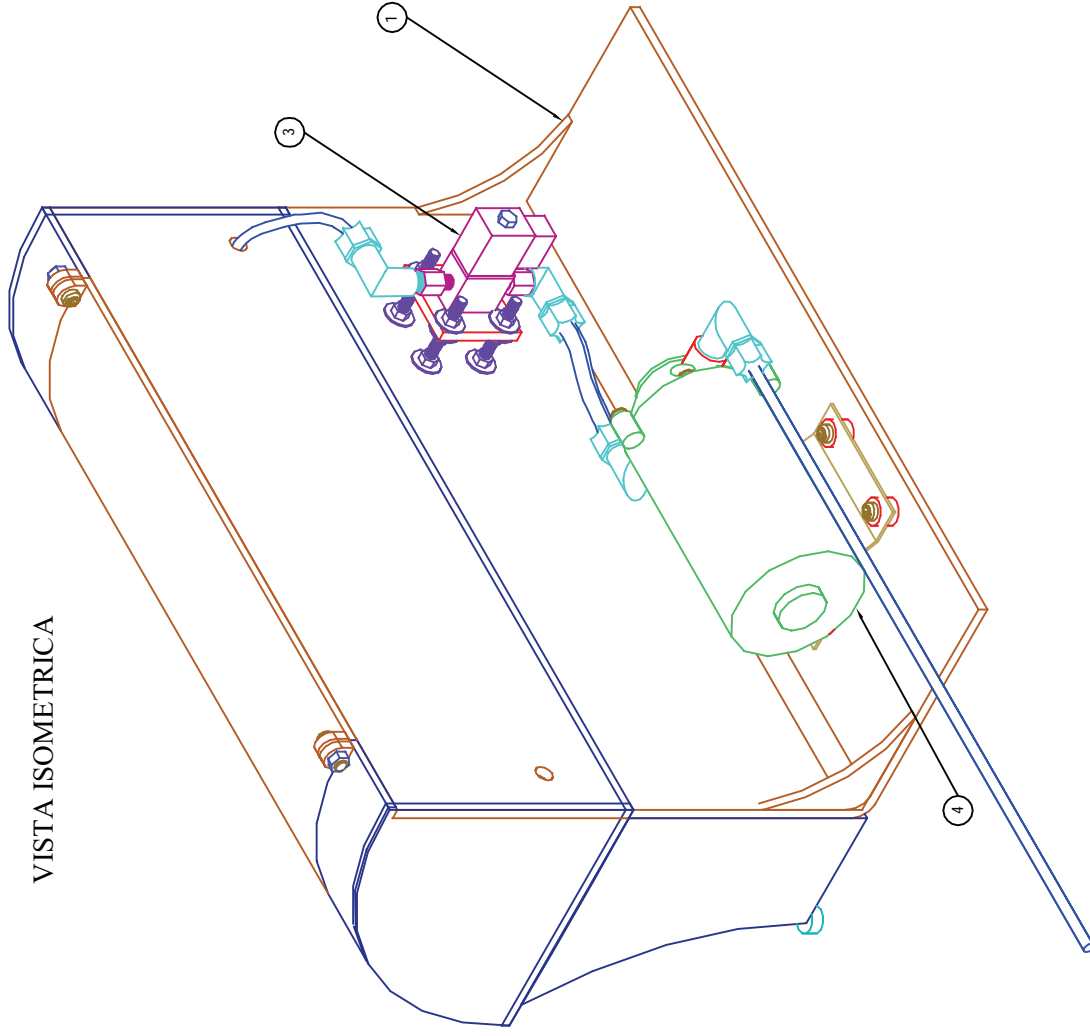
Escala: 1:100

Nota: TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN METROS (m.)

VISTA ISOMETRICA



VISTA ISOMETRICA



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
4	BOMBA DE PRESION MODELO UP-7000 (24 V. DC)	1
3	ELECTROVALVULA 1/4" (110 V. AC)	1
2	CAMARA DE ESTERILIZACION MODELO 186 - 2 G.P.M.	1
1	ESTRUCTURA DE LA CAMARA DE ESTERILIZACION	1

UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL

Esc.: ING. ELECTROMECHANICA

Fecha: ENERO 2010

PROTOTIPO PARA
CONSERVAR ALIMENTOS
LIQUIDOS MEDIANTE
PULSOS DE ALTO VOLTAJE

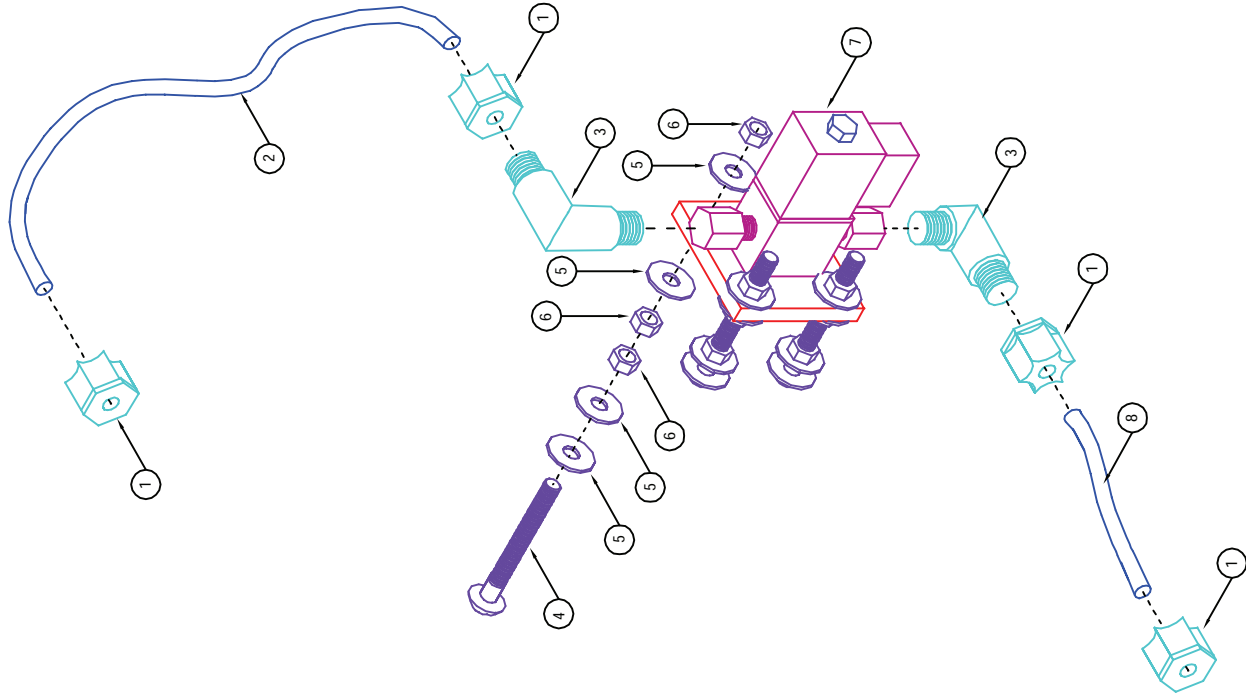
Elaborado por:

- FRANKLIN TOAPAXI
- DIEGO CASTILLO

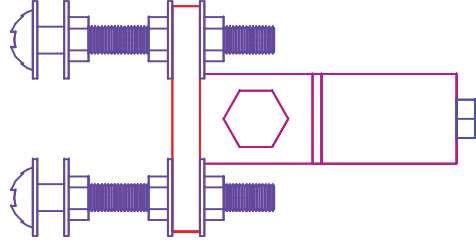
Plano: M-3

Escala: 1:100

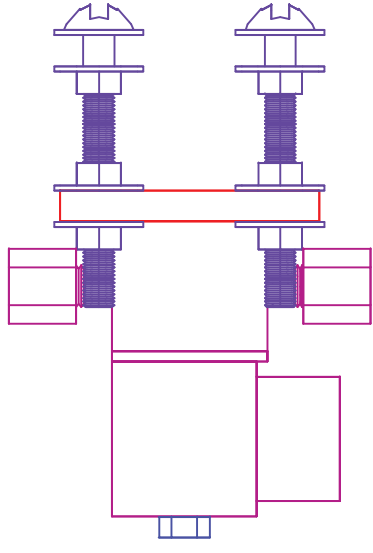
DETALLE SOPORTE



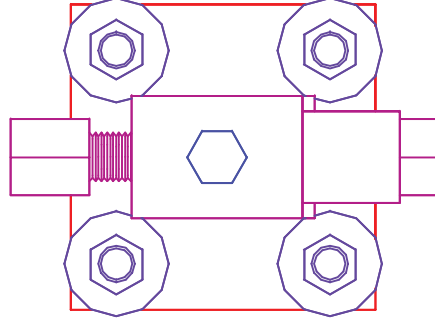
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA FRONTAL



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	CONECTOR 1/4"	4
2	MANGUERA PLASTICA 1/4" x AA m	1
3	CODO PLASTICO 90°	2
4	TORNILLO 1/4" x 2"	4
5	ARANDELA PLANA 1/4"	16
6	TUERCA HEXAGONAL 1/4"	12
7	ELECTROVALVULA 1/4" (110 V. AC)	1
8	MANGUERA PLASTICA 1/4" x 10"	1

UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL

Esc.: ING. ELECTROMECHANICA

Fecha: ENERO 2010

ELECTROVALVULA
1/4"

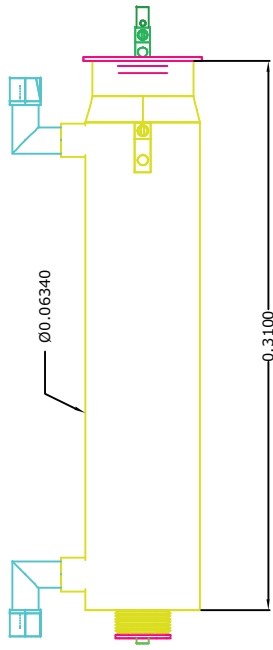
Elaborado por:

- FRANKLIN TOAPAXI
- DIEGO CASTILLO

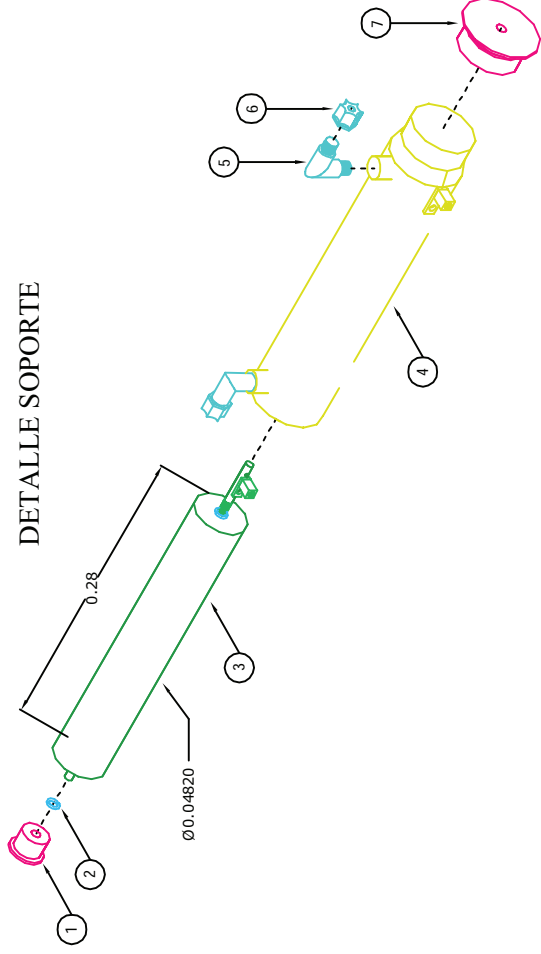
Plano: M-4

Escala: 1:100

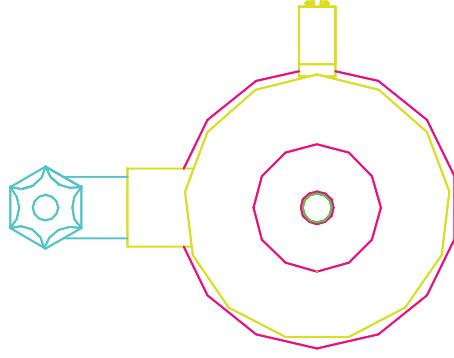
VISTA FRONTAL



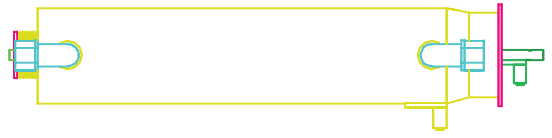
DETALLE SOPORTE



VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA SUPERIOR



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
7	SEPARADOR DE ELECTRODO DE ALTO VOLTAJE GRANDE Ø54,20 mm	1
6	CONECTOR HEMBRA PLASTICO 1/4 "	2
5	CODO MACHO PLASTICO 90*	2
4	CAMARA DE ESTERELIZACION	1
3	ELECTRODO DE ALTO VOLTAJE	1
2	RETENEDOR DE CALUCHO Ø8 mm	2
1	SEPARADOR DE ELECTRODO DE ALTO VOLTAJE PEQUEÑO Ø19,80 mm	1

UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL

Esc.: ING. ELECTROMECHANICA

Fecha: ENERO 2010

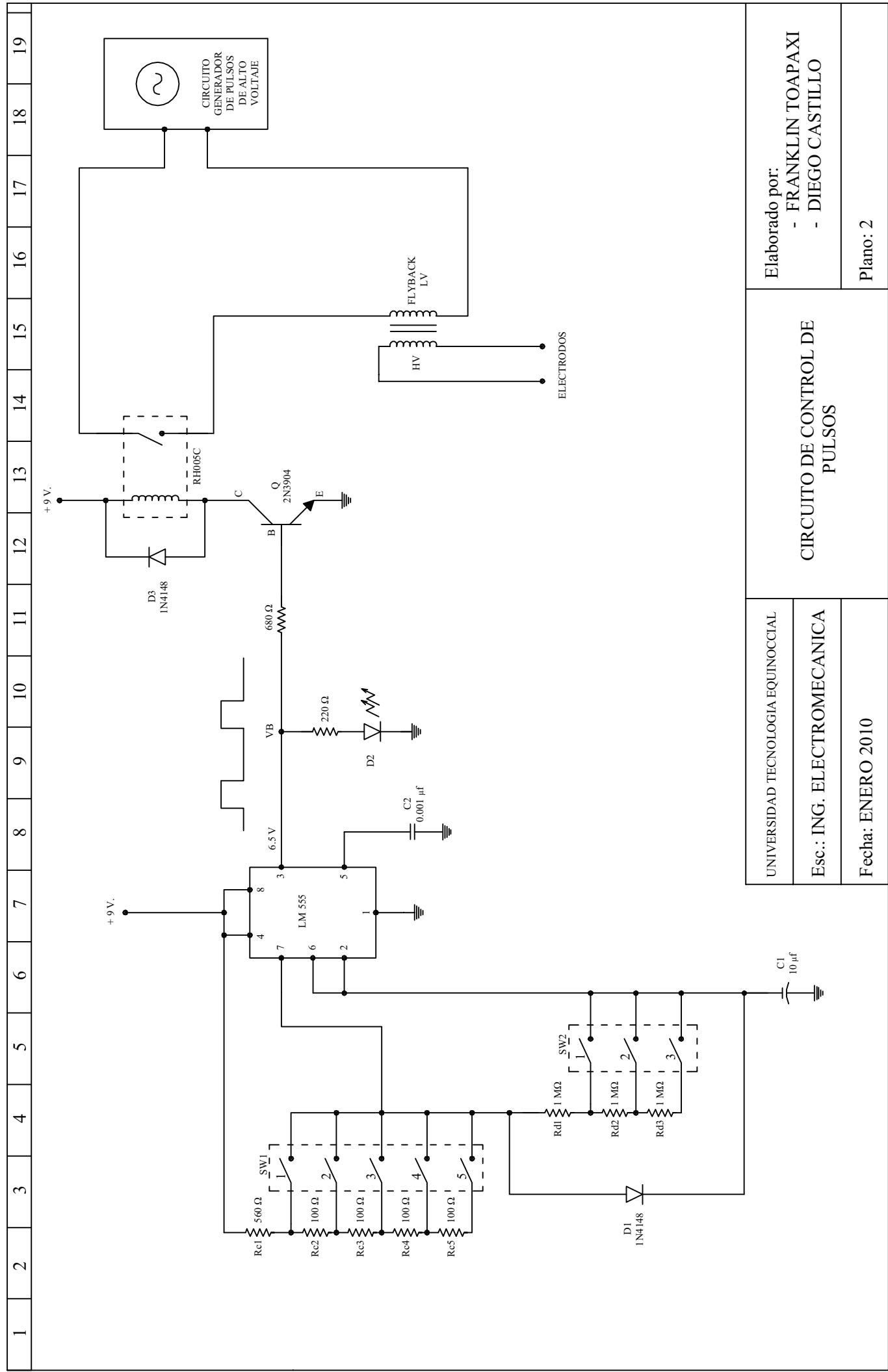
CAMARA DE ESTERELIZACION

Elaborado por:
- FRANKLIN TOAPAXI
- DIEGO CASTILLO

Plano: M-5

Escala: 1:100

Nota: TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN METROS (m.)

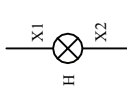

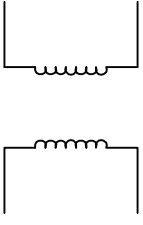
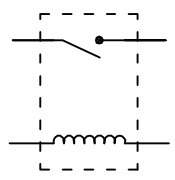
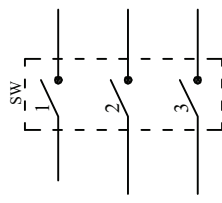




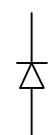
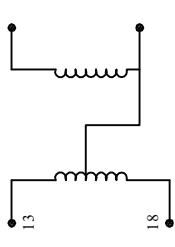
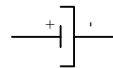

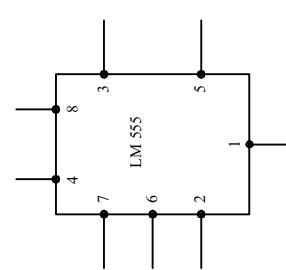

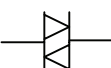
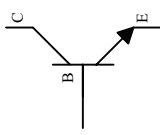




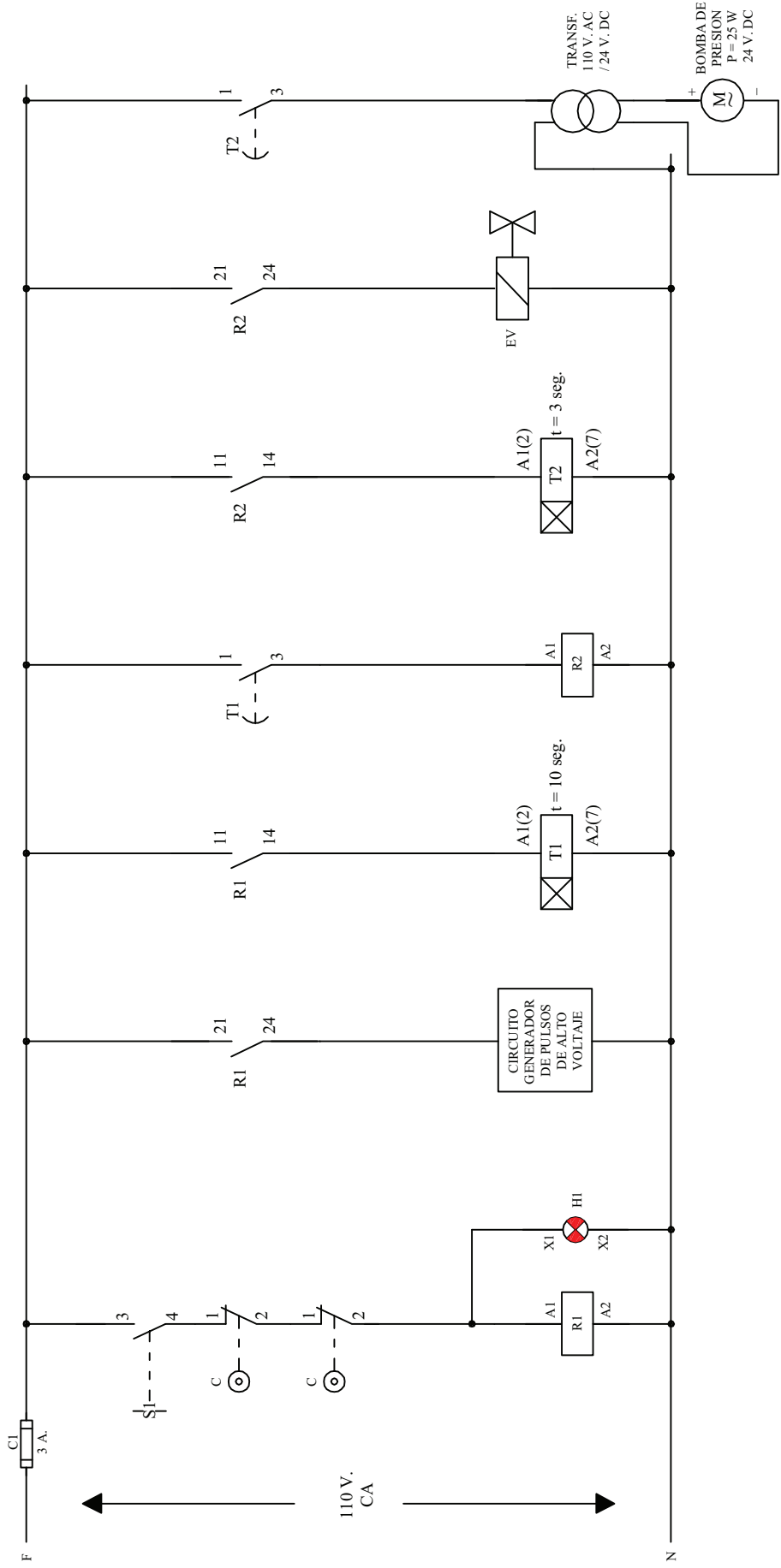
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL
 Esc.: ING. ELECTROMECHANICA
 Fecha: ENERO 2010

CIRCUITO DE CONTROL DE PULSOS

Elaborado por:
 - FRANKLIN TOAPAXI
 - DIEGO CASTILLO
 Plano: 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	 <p>LAMPARA O LUZ PILOTO</p>				 <p>CAPACITOR ELECTROLITICO</p>			 <p>TRANSFORMADOR DE ACOPLAMIENTO</p>	 <p>RELE</p>	 <p>INTERRUPTOR TIPO DIP</p>									
	 <p>PORTA-FUSIBLE C1 = 1 AMPERIO</p>			 <p>CAPACITOR DE CERAMICA</p>				 <p>BOBINA</p>	 <p>VARISTOR</p>	 <p>DIODO</p>	 <p>FLYBACK</p>	 <p>CAPACITOR ELECTROLITICO</p>	 <p>DIODO</p>	 <p>CIRCUITO INTEGRADO LM 555</p>	 <p>DIODO</p>	 <p>DIAC</p>	 <p>TRANSISTOR</p>		
	 <p>CONEXION A TIERRA</p>																		
	 <p>RESISTENCIA</p>																		
UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL												SIMBOLOGÍA DE CIRCUITOS ELECTRONICOS						Elaborado por: - FRANKLIN TOAPAXI - DIEGO CASTILLO	
Esc.: ING. ELECTROMECHANICA																			
Fecha: ENERO 2010																		Plano: 3	



<p>UNIVERSIDAD TECNOLOGIA EQUINOCCIAL</p>	<p>CIRCUITO DE CONTROL DEL PROTOTIPO PARA CONSERVAR ALIMENTOS LIQUIDOS</p>	<p>Elaborado por: - FRANKLIN TOAPAXI - DIEGO CASTILLO</p>
<p>Esc.: ING. ELECTROMECHANICA</p>	<p>Plano: 4</p>	<p>Fecha: ENERO 2010</p>

