

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELECTRICA Y ELECTRÓNICA**



**“SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN SOLAR Y SU APLICACIÓN EN
LAS ZONAS RURALES DEL PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
INGENIERÍA BIOMÉDICA**

CARLOS AUGUSTO SÁNCHEZ MÁRQUEZ

Callao, 2017

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

MG. : HUGO FLORENCIO LLACZA ROBLES	PRESIDENTE
MSc. : JACOB ASTOCONDOR VILLAR	SECRETARIO
DR. : SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ	MIEMBRO
MSc. : NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA	MIEMBRO
MSc. : RICARDO RAÚL RODRÍGUEZ BUSTINZA	ASESOR

N° DE LIBRO	: 01
FOLIO	: 056
FECHA DE APROBACIÓN	: julio 20, 2017
RESOLUCIÓN DIRECTORAL	: 016-2017-UPG-FIEE

Este trabajo de tesis lo dedico:

A mi madre Zenobia
quien es como
la luz del sol
que ilumina mi camino.

A mi esposa Miriam,
por su apoyo desmedido
e incondicional.

A mis hermanos Yolanda y Jaime
por su apoyo y aliento
Y, a los estudiantes de Perú.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido desarrollar y sustentar esta tesis.

A todos los miembros de mi familia que me apoyaron de manera incondicional

A todos los profesores que me encaminaron para obtener el grado de maestro.

Y, a la Universidad Nacional del Callao por darme la oportunidad de crecer profesionalmente.

INDICE	1
Lista de Figuras	7
Lista de Gráficos	14
Lista de Tablas	15
Lista de Símbolos	16
Lista de Abreviaturas	18
Resumen	19
Capítulo I: Planteamiento del problema	21
1.1. Identificación del problema	21
1.2. Formulación del problema	23
1.2.1. Problema general	23
a. Problemas específicos	23
1.3. Objetivo de la investigación	24
1.3.1. Objetivo General	24
a. Objetivos específicos	24
1.4. Justificación de la Investigación	25
1.5. Limitaciones y facilidades	26
Capitulo II: Fundamento Teórico	28
2.1. Antecedentes similares relacionados con el tema de investigación	28
2.2. Bases epistemológicas	39
2.3. Bases históricas y contextuales	40
2.4. Bases Científico Tecnológicas	41
2.4.1. Introducción	41
2.4.2. Concepto de esterilización	41
2.4.3. Eficiencia de la Esterilización	41
2.4.4. Términos técnicos relacionados a la esterilización	42
2.4.5. Indicadores de esterilización	45
2.4.6. Principios de la esterilización por calor	46

a. Esterilización por calor seco	47
a.1. Esterilizadores eléctricos por calor seco	47
b. Esterilización por vapor o Autoclave	48
2.4.7. Resistencia al calor de los microorganismos	52
2.4.8. Efecto de la radiación solar en los microorganismos	52
2.4.9. Energías renovables	52
2.4.10. Sensores de Temperatura	55
2.4.11. Microcontroladores	62
a. El microcontrolador PIC 16F628A	63
2.4.12. Principios de Termodinámica	66
c.1. Ley cero de la termodinámica	66
c.2. Primera ley de la termodinámica	67
c.3. Segunda ley de la termodinámica	67
c.4. Tercera ley de la termodinámica	68
2.4.13. Procesos termodinámicos	69
2.4.14. Rendimiento termodinámico o eficiencia	69
2.4.15. Teorema de Carnot	70
2.4.16. Sistemas termodinámicos	70
2.4.17. Transferencia de calor	71
a. Transferencia de calor por convección	71
b. Transferencia de calor por conducción	73
b.1. Ley de Fourier de la conducción de calor	73
c. Transferencia de calor por radiación	75
2.4.18. Espectro de radiación térmica	76
2.4.19. Radiación Térmica	76
a. Radiación incidente en una superficie	77
a.1. Reflectancia, absortancia y transmitancia	77
2.4.20. ¿Qué es el Cuerpo negro?	80
2.4.21. Poder emisivo total	81
2.4.22. Ley de Kirchhoff	82
2.4.23. Ley de Planck	82

2.4.24. Ley de Stefan-Boltzmann	82
2.4.25. Intercambio de energía radiante en cavidades negras cerradas	83
2.4.26. Factor de forma	83
2.5. Aislamiento térmico	84
2.6. Radiación Solar	85
2.7. Aplicaciones de los concentradores solares	88
2.7.1. Clasificación de los concentradores de calor como horno solar o como cocina solar	88
a. Concentrador solar como cocina tipo panel	88
b. Concentrador solar como horno solar	89
c. Concentrador solar en forma de parábola	91
d. Concentrador solar como cocina con colector de energía	92
e. Concentrador solar cilíndrico parabólico, CCP	93
2.7.2. Comparación entre concentradores solares en forma de cocina solar	93
2.7.3. Características que influyen en el funcionamiento del concentrador solar	94
2.8. Normas técnicas para concentración de calor solar aplicadas a cocina solar	97
2.8.1. La Norma Americana, ASAE	97
2.8.2. La Norma India, Bureau of Indian Standards Testing Method	97
2.8.3. La Norma Europea, European Committee on Solar Cooking Research Testing Standard	98
2.9. Descripción funcional del Esterilizador Solar Biomédico	99
2.9.1. Etapa de alimentación DC con panel solar	100
2.9.2. Etapa Indicadora de medición de temperatura	101
2.9.3. Etapa indicadora de tiempo de esterilización	103

a. Programa para el control de tiempo de esterilización	104
b. Simulación de medición del tiempo de esterilización	105
2.9.4. Circuitos eléctricos y electrónicos del sistema	107
a. Diagrama general de la etapa de Control	107
b. Diagrama del circuito de control del Sistema	108
c. Sub-etapas de la Etapa de Control del Sistema	109
d. Equipo final de la Etapa de Control del Sistema	111
e. Diagrama del PCB	116
f. Diagrama del circuito del indicador de tiempo	116
g. Circuito electrónico del indicador de tiempo, forma física	117
2.9.5. Etapa de indicación química-biológica	120
2.9.6. Etapa de concentración de energía solar en forma de calor	120
a. El modelo 5 del concentrador	123
2.9.7. Análisis matemático del comportamiento del concentrador solar	125
2.9.8. Evolución del desarrollo tecnológico del modelo de concentrador de calor	131
a. Desarrollo del modelo 1	131
b. Desarrollo del modelo 2	136
c. Desarrollo del modelo 3	140
d. Desarrollo del modelo 4	147
e. Desarrollo del modelo 5	153
2.9.8. Etapa de refrigeración	157
2.9.9. Etapa mecánica funcional	158
2.10. Glosario de términos	158

Capítulo III: Variables e Hipótesis	161
3.1. Relación entre las variables de la investigación	161
3.2. Operacionalización de las variables	161
3.3. Hipótesis	164
Capítulo IV: Metodología de la Investigación	165
4.1. Tipo de investigación	165
4.2. Planteamiento o diseño de la investigación	166
4.3. Etapas de la investigación	166
4.4. Población y muestra	167
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	170
4.6. Procedimiento estadístico y análisis de datos	172
4.7. Observaciones	176
Capítulo V: Resultados	177
5.1. Medición de temperatura de esterilización	177
5.2. Proceso de esterilización por calor seco	178
5.2.1. Proceso con el modelo 1 del esterilizador	178
5.2.2. Proceso con el modelo 2 del esterilizador	179
5.2.3. Proceso con el modelo 3 del esterilizador	180
5.2.4. Proceso con el modelo 5 del esterilizador	192
5.3. Análisis microbiológico	203
Capítulo VI: Discusión de los Resultados	217
6.1. Contrastación de resultados	217
6.1.1. La contrastación de la Hipótesis con los Resultados	218
6.1.2. La contrastación de los Resultados con otros Resultados similares	225
Capítulo VII: Conclusiones	230

Capítulo VIII: Recomendaciones	231
Capítulo IX: Bibliografía	232
ANEXOS	235
Matriz de consistencia	235
Anexo 1 Eficiencia de la esterilización	236
Anexo 2 Normas de esterilización	239
Anexo 3 Microbiología general	247
Anexo 4 Impacto de la radiación solar	253
Anexo 5 Norma USA	254
Anexo 6 Norma India	256
Anexo 7 Norma Europea	257
Anexo 8 Estadísticas de equipos	258
Anexo 9. Análisis de costos	261
Anexo 10. Equipo convencional	266

LISTA DE FIGURAS

N° Descripción	pg.
2.1. Esterilizador de Calor Seco 36-81R	48
2.2. Esterilizador de Autoclave	50
2.3. El sol	54
2.4. Paneles solares	55
2.5. Termistores NTC de Thermik	57
2.6. Termistores PTC de Thermik	58
2.7. RTD digitales	59
2.8. Remote Mount Industrial RTD Assembly Type TR15	60
2.9. Termocupla tipo K	61
2.10. Sensor LM35	62
2.11. Encapsulado PIC 16F628A	64
2.12. Arquitectura PIC 16F628A	65
2.13. Conducción del calor	74
2.14. Espectro electromagnético	77
2.15. Espectro radioeléctrico térmico	77
2.16. Reflexión, absorción, transmisión	78
2.17. Reflexión especular y difusa	79
2.18. Absorción y reflexión de la radiación	80
2.19. Cuerpo negro	80
2.20. Posición del Sol y sus parámetros	86
2.21. Concentrador de panel	88
2.22. Horno solar	91
2.23. Concentrador parabólico	92
2.24. Cocina indirecta con colector solar	93
2.25. Colector cilíndrico parabólico	94
2.9.1. Diagrama de las etapas del esterilizador solar	99
2.9.2. Panel solar utilizado	100
2.9.3. Diagrama de alimentación de energía DC	101
2.9.4. Termómetro Digital de Lutron, modelo TM-902C	102

2.9.5. Simulación en PROTEUS de cuenta de tiempo de esterilización a 18 segundos	106
2.9.6. Simulación de cuenta de tiempo de esterilización a 22 minutos con 27 segundos	106
2.9.7. Esquema del diagrama de bloques	108
2.9.8.A. Diagrama del circuito de Control del Sistema	108
2.9.8.B. Prototipo del concentrador y etapa de control	108
2.9.9. Circuito general del sistema	109
2.9.10. Batería recargable de 9 v DC	109
2.9.11. Circuito del Microcontrolador PIC 16F628A	110
2.9.12. Panel de control de 9 v DC/ 3 W	110
2.9.13. Indicador de Temperatura en °C	111
2.9.14. Circuito de control de temperatura	111
2.9.15. Arquitectura interna de la Etapa de Control	112
2.9.16.A. Equipo final del Sistema de Control	112
2.9.16.B. Equipo final del Sistema de Control	113
2.9.17.A. Los instrumentos de medición encendidos	113
2.9.17.B. Los instrumentos de medición encendidos	114
2.9.18. Variable, tiempo de esterilización	114
2.9.19. Variable, Temperatura de esterilización	115
2.9.20. Equipo de Control encendido	115
2.9.21. Tarjeta PCB del circuito de Control	116
2.9.22. Diagrama del circuito del Indicador de Tiempo	116
2.9.23. Circuito indicador de tiempo de esterilización, en protoboard	117
2.9.24. Circuito regulador a 5v dc	117
2.9.25. Control de contraste del LCD	118
2.9.26. Indicador de tiempo encendido, mostrando hh:mm:ss	118
2.9.27. Indicador de tiempo encendido, mostrando segundos	119
2.9.28. Indicador de tiempo encendido, mostrando 3:13 minutos.	119

2.9.29. Indicadores químicos-biológicos de esterilización por calor seco	120
2.9.30. Silueta del concentrador de calor	121
2.9.31. Bandeja negra para absorción de calor	122
2.9.32. Forma física del absorbedor	123
2.9.33. Forma física y medida de la sexta parte del concentrador	124
2.9.34. Plantilla del prototipo	131
2.9.35. Trazos sobre bloque de tecknopor	132
2.9.36. Construcción de las paredes del modelo 1	132
2.9.37. Avances en la construcción	133
2.9.38. Refuerzo de las paredes del modelo 1	133
2.9.39. Culminación del reforzamiento de las paredes del modelo 1	134
2.9.40. Envolviendo el borde con papel aluminio	134
2.9.41. Avanzamos con la envoltura	135
2.9.42. Culminando la envoltura con papel aluminio	135
2.9.43. Modelo 1 del concentrador terminado	136
2.9.44. Concentrador de calor solar Modelo 2	137
2.9.45. Construcción de las paredes con tecknopor y láminas de espejos	137
2.9.46. Acabado de las paredes	138
2.9.47. Avance de la construcción del modelo 2 del concentrador solar	138
2.9.48. Sellando el concentrador con papel, silicona y cinta adhesiva	139
2.9.49. Cubierta de cartón	139
2.9.50. Modelo 2 del concentrador solar terminado	140
2.9.51. Concentrador de calor Modelo 3	141
2.9.52. Lana de roca	141
2.9.53. Lana de roca desplegada	142
2.9.54. Construcción en base al bloque de tecknopor	

y láminas de espejos	142
2.9.55. Efectuando medidas para recubrir con lana de roca	143
2.9.56. Tomando la medida perfecta para el recubrimiento	143
2.9.57. Efectuando cortes en las esquinas para mayor exactitud	144
2.9.58. Ajustando el recubrimiento con lana de roca	144
2.9.59. Sellando el recubrimiento con cinta adhesiva de aluminio	145
2.9.60. Asegurando el recubrimiento en la base	145
2.9.61. Efectuando lo últimos ajustes con cinta de aluminio	146
2.9.62. Construcción terminada del modelo 3	
del concentrador solar	146
2.9.63. Trozos de cartón para el modelo 4	
del concentrador solar	147
2.9.64. Más bloques de cartón para el modelo 4	
del concentrador solar	148
2.9.65. Bloques de espejos para el modelo 4	
del concentrador solar	148
2.9.66. Planchas de aluminio brillante para el modelo 4	
del concentrador solar	149
2.9.67. Receptáculo del modelo 4	
del concentrador solar	149
2.9.68. Ajustes del receptáculo, del modelo 4	
del concentrador solar	150
2.9.69. Receptáculo del modelo 4 desde otro ángulo	150
2.9.70. Sellado externo de las aristas del modelo 4	
del concentrador solar	151
2.9.71. Recubrimiento de capa de cartón del modelo 4	
del concentrador solar	151
2.9.72. Recubrimiento de lana de roca del modelo 4	
del concentrador solar	152
2.9.73. Concentrador solar modelo 4 terminado	152
2.9.74. Recubriendo con lana de roca y cartón, el modelo 5	153

2.9.75. Asegurando las paredes del concentrador del modelo 5	154
2.9.76. Últimos retoques del modelo 5	154
2.9.76. Ajuste final del modelo 5	155
2.9.78. Concentrador del modelo 5 terminado y recubierto con tapa de vidrio	155
2.9.79. Cinta pega_ pega para asegurar los reflectores	156
2.9.80. Concentrador modelo 5, con reflectores de aluminio	156
2.9.81. Esterilizador final puesta al sol	157
2.9.82. Lamina de refrigeración	157
2.9.83. Estructura de soporte del equipo	158
5.1. Termómetro Digital de Lutron, modelo TM-902C	177
5.2. Inicio de la prueba a 25 °C	179
5.3. Concentrador 1 a plena luz solar	179
5.4. Concentrador 1 a 51 °C	180
5.5. Concentrador 1 a 62 °C	180
5.6. Concentrador 1 a 71 °C	181
5.7. Concentrador 1 a 80 °C	181
5.8. Concentrador 2 a plena luz solar	183
5.9. Concentrador 2 a 47 °C	183
5.10. Concentrador 2 a 68 °C	184
5.11. Concentrador 2 a 84 °C	184
5.12. Concentrador 2 a 91 °C	186
5.13. Concentrador a 94 °C	186
5.14. Concentrador 3 a plena luz solar	188
5.15. Concentrador 3 a 45 °C	189
5.16. Concentrador 3 a 93 °C	189
5.17. Concentrador 3 a 101 °C	190
5.18. Concentrador 3 a 114 °C	190
5.19. Concentrador 3 a 115 °C	191
5.20. Concentrador 3 a 119 °C	191
5.21. Concentrador 5 a plena luz solar	194

5.22. Concentrador 5 a 120 °C	194
5.23. Concentrador 5 a 122 °C	195
5.24. Concentrador 5 a 138 °C	195
5.25. Concentrador 5 a 139 °C	196
5.26. Concentrador 5 a 140 °C	196
5.27. Concentrador 5 con instrumento a esterilizar	197
5.28. Recipiente de cristal (Instrumento a esterilizar)	198
5.29. Concentrador 5 con láminas receptoras de aluminio	198
5.30. Concentrador 5 a plena luz, con carga	199
5.31. Concentrador 5 a plena luz solar, con carga	199
5.32. Concentrador 5 a 143 °C, con carga	200
5.33. Concentrador 5 a 159 °C, con carga	200
5.34. Concentrador 5 a 160 °C, con carga	201
5.35. Concentrador 5 a 161 °C, con carga	201
5.36. Instrumental 1 dentro del concentrador solar	204
5.37. Proceso de esterilización con instrumental 1	204
5.38. Proceso de esterilización con instrumental 2	206
5.39. Instrumental 3 dentro del concentrador solar	207
5.40. Proceso de esterilización con instrumental 3	208
5.41. Proceso de esterilización por calor seco con indicador físico	211
5.42. Instrumental 4 etiquetado con indicador físico de esterilización	211
5.43. Indicador físico cambia de color al finalizar la esterilización	212
5.44. Recipiente de esterilización con instrumental esterilizado	212
5.45. Proceso de esterilización por calor seco con indicador físico	213
5.46. Proceso de esterilización a 34 °C, a las 9:23 am. hs.	213
5.47. Proceso de esterilización a 120°C, a las 11:43 am hs.	214
5.48. Proceso de esterilización a 134°C, a las 1:17 pm hs.	214

5.49. Proceso de esterilización a 105 °C, a las 2:44 pm hs.	215
5.50. Proceso de esterilización finalizado	215
5.51. La cinta indicadora presenta un cambio de color	216
5.52. Esterilizador solar en pleno trabajo	216
A. Circuito cerrado con un colector	226

LISTA DE GRAFICOS

N°	Descripción	pg.
2.1.	Curva del NTC	57
2.2.	Curva del PTC	58
2.3.	Ciclo de Carnot	67
2.4.	Potencia emisiva espectral del cuerpo negro	81
2.5.	Factor de forma para radiaciones de cuerpos paralelos	84
2.6.	Distribución espectral de la radiación solar	87
2.7.	Curvas de factor de forma de cuerpos paralelos	125
2.8.	Curva de T1 y T2 vs. Radiosidad del vidrio; $F_{12} = 1$	127
2.9.	Curva de T1 y T2 vs. Radiosidad del vidrio; $F_{12} = 0.27$	128
2.10.	Curva del poder emisivo del absorbedor	130
4.1.	Distribución normal estándar	168
4.2.	Curva T vs. °C, medición 1	175
4.3.	Curva T vs. °C, medición 2	175
5.1.	Curva T vs. °C, modelo 1	178
5.2.	Curva T vs. °C, modelo 2	182
5.3.	Estadísticas Hora vs. Grado de temperatura	183
5.4.	Curva T vs. °C, de la medición 1, modelo 3	188
5.5.	Curva T vs. °C, de la medición 2, modelo 5	193
5.6.	Curva T vs. °C, de la medición 3, modelo5	203

LISTA DE TABLAS

N°	Descripción	pg.
Tabla 2.1.	Métodos de esterilización	47
Tabla 2.2.	Rango de temperatura	60
Tabla 2.3.	Magnitudes del SI utilizadas en transferencia de calor	76
Tabla 2.4.	Absortancias de materiales para la radiación solar y la radiación a baja temperatura	87
Tabla 2.5.	Comparación de los modelos de concentrador solar	95
Tabla 2.6.	Características técnicas del medidor digital de temperatura	103
Tabla 4.1.	Distribución normal	171
Tabla 4.2.	Mediciones de Temperatura (Medidas superiores a los 150 °C)	173
Tabla 4.3.	Parámetros estadísticos	176
Tabla 5.1.	Mediciones de temperatura en intervalos de tiempo, 1	178
Tabla 5.2.	Mediciones de temperatura en intervalos de tiempo, 2	182
Tabla 5.3.	Mediciones de temperatura en intervalos de tiempo, 3	187
Tabla 5.4.	Mediciones de temperatura en intervalos de tiempo, 4	192
Tabla 5.5.	Mediciones de temperatura con modelo 5 y cinta Indicadora	202
Tabla 6.1.	Contrastación Hipótesis vs. Resultados	219
Tabla A:	Temperaturas de entrada y salida del colector, el 19-2-2010	228
Tabla B:	Temperaturas de entrada y salida del colector el, 23-2-2010.	229

LISTA DE SIMBOLOS

Kwh/m^2 : Kilowatt-hora por metro cuadrado de radiación solar

ΔU : Incremento de energía interna del sistema

Q: Calor cedido al sistema

W: Trabajo cedido por el sistema a sus alrededores

J: Joule

Cal: Caloría

$\frac{dS}{dt}$: Variación de la entropía en el tiempo

T_e : Tiempo de esterilización

$^{\circ}\text{C}$: Nivel de temperatura en grados Celsius

$^{\circ}\text{K}$: Nivel de temperatura en grados Kelvin

ρ : Peso específico del material

E: Este geográfico

O: Oeste geográfico

$f(t)$: Función del tiempo

$f(T)$: Función de la temperatura

n: Tamaño de la muestra inicial

N: Población en estudio

z: Límite de confianza para generalizar los resultados.

p: Campo de variabilidad de aciertos ó éxitos.

q: Campo de variabilidad de desaciertos o fracasos

E_d : Poder emisivo del cuerpo

q_i/A : Perdida de calor por área

J_i : Radiosidad del cuerpo

J: Joule

S: Entropía

T_s : Temperatura de la pared sólida que entrega calor y

T_{∞} : Temperatura del fluido adyacente.

h_c : Coeficiente de transferencia de calor convectivo o coeficiente pelicular

K: una constante característica del material denominada conductividad térmica.

σ : constante de proporcionalidad de Stefan-Boltzman cuyo valor es de $5,669 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

T: Temperatura absoluta del cuerpo

Te: Tiempo de esterilización

A: Área de una superficie.

A1: es el área de la superficie 1

F12: factor de forma

Eb1: poder emisor de la superficie 1

Ebi: poder emisor de la superficie i

I: Intensidad de corriente

V: Voltaje

Ω : ohmio

Pe: Peso específico del material

Cal: Número de calorías

Rm: Resistencia del material

a: Angulo de desplazamiento

LISTA DE ABREVIATURAS

ANSI = American National Standard Institute

AAMI = Association for the Advancement of Medical Instrumentation

ASAE = American Society of Agricultural Engineers Standard

AC = Corriente Alterna

BISTM = Bureau of Indian Standards Testing Method

DC = Corriente Continua

ECSCRTS = European Committee on Solar Cooking Research Testing Standard

E = Este geográfico

IEC = International Electrotechnical Commission

INEI = Instituto Nacional de Estadística e Informática

NTC = Coeficiente Negativo de Temperatura

LM35 = Sensor de temperatura de estado sólido

MINSA = Ministerio de Salud de Perú

O = Oeste geográfico

OMS = Organización Mundial de la Salud

OPS = Organización Panamericana de la Salud

PIC = Procesor Interface Controller – Microcontrolador de Microchip

PTC = Coeficiente Positivo de Temperatura

RAM = Memoria de Acceso Aleatorio

RISC = Conjunto de instrucciones reducidas

RTD = Termo resistencia

TDE = Tiempo de esterilización

UV = Rayos ultravioletas

VDP = Verificación del Procedimiento

RESUMEN

Este trabajo de tesis, trata del desarrollo de un sistema de esterilización solar orientado a instrumental biomédico, y cuya aplicación está dirigida a los centros de salud de las zonas rurales de Perú, buscando reemplazar a los equipos convencionales, dado el escaso número de unidades y los altos costos operativos de los mismos.

Los instrumentales biomédicos, son los accesorios que ayudan a realizar los procedimientos médicos, y son utilizados tanto en las áreas de laboratorio clínico, como en otras áreas de salud, y que, en algunos casos, al ser esterilizados pueden ser reutilizados.

En nuestro prototipo, la energía solar es concentrada sobre una lámina metálica oscura, dentro de una caja cerrada con forma hexagonal. Una tapa de vidrio, produce el efecto invernadero, incrementando la temperatura interna dentro del ambiente. En otro recipiente los instrumentales absorben el calor hasta un nivel de temperatura superior a los 150 °C, y sumado a la incidencia de los rayos UV, se logra eliminar los microorganismos. Los datos se toman de las etapas de control de temperatura, de tiempo de exposición, y de los indicadores físico-químicos. Un panel solar proporciona voltaje continuo que sirve para alimentar a los circuitos electrónicos.

Las zonas rurales, de la sierra y selva de Perú, tienen sol radiante casi todo el año, y este equipo ha de ser muy útil en los centros de salud de dichas zonas.

A partir de ahora, pasamos del acostumbrado uso eléctrico al uso ecológico, es decir, al modo solar. El sistema estará encendido cuando haya un claro día de sol (ON) y estará apagado (OFF) en los días nublados, y una cosa muy importante, es el bajo costo operativo.

Palabras clave: Radiación solar, transferencia de calor, absorbedor, esterilización

ABSTRACT

This dissertation deals with the development of a solar sterilization system oriented to biomedical instruments, whose application is directed at health centers in rural Peru, seeking to replace conventional equipment, given the small number of units and The high operational costs of them.

Biomedical instrumentals are accessories that help perform medical procedures and are used both in clinical laboratory areas and in other areas of health and that in some cases, when sterilized, can be reused.

In our prototype, the solar energy is concentrated on a dark metallic sheet, inside a closed box with hexagonal form. A glass lid, produces the greenhouse effect, increasing the internal temperature inside the environment. In another vessel the instruments absorb the heat to a temperature level higher than 150 ° C, and in addition to the incidence of UV rays, it is possible to eliminate microorganisms. Data are taken from the temperature control, exposure time, and physical-chemical indicators. A solar panel provides continuous voltage that serves to power electronic circuits.

The rural areas of the sierra and jungle of Peru have sunshine almost all year round, and this equipment has to be very useful in health centers in these areas. From now on, we go from the usual electrical use to ecological use, that is, to solar mode. The system will be on when there is a clear sunny day (ON) and it will be OFF on cloudy days, and one very important thing is the low operating cost.

Keywords: Solar radiation, heat transfer, absorber, sterilization

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

El problema de la presente investigación, se resume, en el alto costo de los esterilizadores eléctricos convencionales, así como en los costos operativos que implican la utilización de los mismos, además de contar con un escaso número de unidades, en las zonas rurales, en donde existen postas médicas y hay cobertura de la red de energía eléctrica. Por esta razón, buscando una alternativa de solución a esa demanda, es que nos avocamos al estudio, diseño y construcción de un prototipo de esterilización, que trabaje sin la ayuda de la energía eléctrica alterna. Mi mayor deseo, es que este prototipo conlleve a esterilizaciones estandarizadas de instrumental biomédico, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso, Me estoy refiriendo al "Sistema de esterilización solar y su aplicación en las zonas rurales de Perú".

Las estadísticas del INEI y MINSA muestran claramente, los costos de los equipos y el escaso número de esterilizadores convencionales. Hemos hecho un análisis de costos, que implican los costos operativos de los equipos médicos, el consumo de energía eléctrica, y los costos de mantenimiento eléctricos. Los datos están en los ANEXOS 8 y 9.

Podemos observar también, que aparte de los costos por el consumo de energía, se suma el costo de mantenimiento en caso de falla, y como algunas postas médicas, están alejadas de las grandes ciudades, generalmente se alarga el tiempo de la reparación, dado la lejanía que ello representa. Como vemos, estos son problemas que podrían agravar el estado de salud de los pobladores de las zonas rurales del país.

Además, podemos decir que disponiendo de un equipo de esterilización solar, este sería una pieza fundamental para la implementación de postas médicas, en las zonas en donde aún no existe cobertura de la red de energía eléctrica.

En consecuencia, como alternativa de solución surge el "Sistema de esterilización solar y su aplicación en las zonas rurales de Perú". Este prototipo, hace uso de la energía solar, de dos modos: uno, mediante el efecto fotoeléctrico se genera voltaje DC a través de un pequeño panel solar, que acumula la energía en una batería y este, a su vez, alimenta a los circuitos eléctricos. El otro modo, es en forma de concentración de calor, sobre un receptáculo cerrado denominado concentrador de calor, donde se concentra eficientemente la energía solar en forma de calor.

Como sensor de temperatura, el equipo tiene instalada una termocupla tipo K. Este dispositivo pertenece a un medidor digital de temperatura, en cuyo display LCD se muestran los valores de las mediciones. Existe también un circuito electrónico indicador de tiempo de esterilización, que es alimentado con la energía acumulada en la batería de 9 v dc, y regulada a 5 v dc. Los elementos de las diferentes etapas que conforman el prototipo, hacen posible efectuar una esterilización estandarizada del instrumental biomédico por el método de calor seco.

En nuestro sistema existen los siguientes parámetros fundamentales a considerar: Nivel de temperatura de esterilización (NTE), Tiempo de exposición de esterilización (TEE), Indicador de esterilización (IDE), y ellos nos permiten monitorear una esterilización eficiente del instrumental biomédico. En cuanto a la estructura física, podemos decir que es adecuada y segura para su utilización por el personal técnico que realiza los procedimientos médicos en las postas de salud.

Indico a continuación los siguientes parámetros, accesorios, y materiales que se han utilizado o tenido en cuenta:

- Nivel de temperatura de esterilización
- Tiempo de exposición de esterilización.

- Voltaje de alimentación del panel solar.
- Láminas de aluminio brillante del reflector de energía solar.
- Lámina de aluminio negro o cuerpo negro absorbedor de energía solar.
- Vidrio templado para la tapa.
- Lana de roca o lana mineral.
- Espejos rectangulares
- Sensor de temperatura
- Estructura física del equipo, entre otros.

Después de haber ensayado con varios modelos y después de haber efectuado muchas mediciones y observaciones, finalmente con el prototipo final optimizado se han hecho las pruebas de esterilización del instrumental biomédico en tiempo real, siendo verificados cada uno de los procedimientos. Todo ello, nos ha generado nuevos parámetros de estandarización, así como nuevos conocimientos referentes a este campo, dentro del ámbito de las energías renovables.

1.2. Formulación del problema

Nuestro trabajo de investigación busca solucionar, la siguiente interrogante:

1.2.1. Problema general

¿Es posible desarrollar un sistema de esterilización solar y aplicarlo en las zonas rurales de Perú?

a. Problemas específicos

¿Son costosos, escasos y generan costos operativos altos, los equipos de esterilización eléctricos convencionales, en las zonas rurales de Perú?

¿Es posible implementar un prototipo de esterilizador solar, que sea económico, seguro y funcional, y en el cual se puede verificar el proceso de esterilización, haciendo uso de herramientas tecnológicas para tal fin?

¿Es posible incrementar el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un esterilizador solar y aplicarlo en las zonas rurales de Perú.

a. Objetivos específicos

El desarrollo de esta tesis conlleva a los siguientes objetivos específicos:

Diseñar un esterilizador solar a bajo costo, seguro y fácil de usar, y que pueda ser aplicado en las zonas rurales de Perú.

Implementar un prototipo final de esterilizador solar, que sea económico, seguro y funcional. Con su uso, se debe verificar el proceso de esterilización, haciendo uso de herramientas tecnológicas para tal fin.

Incrementar el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.

1.4. Justificación de la Investigación

En la mayoría de los casos, los altos costos operativos por el consumo de la energía eléctrica por los equipos convencionales, y en otro caso la escases de los equipos, aumentan la demanda de equipos médicos que en lo posible presenten bajos costos operativos, con lo cual se puede asegurar el número de procedimientos médicos de los servicios de salud de las postas médicas de las zonas rurales. Las unidades de esterilización, contribuyen con el mejoramiento del estado de salud de los pobladores en general, pues muchas veces, el diagnóstico médico va acompañado de los análisis clínicos de los pacientes. Para hacer un estudio de laboratorio, es muy importante contar con un equipo de esterilización de instrumental biomédico.

Sumado todo ello, al afán de efectuar investigaciones científicas con miras al desarrollo del país, justifican la necesidad del estudio y desarrollo de una alternativa para alcanzar este fin.

1.4.1. Justificaciones para las aplicaciones de este diseño

a. Por su Naturaleza

Los profesionales médicos y auxiliares presentan mayor eficiencia profesional con equipos disponibles para la prestación de los servicios de salud de los centros médicos de nuestro país.

b. Por su Magnitud

En las postas médicas de las zonas rurales de Perú se carece muchas veces de los dispositivos para la reparación de los equipos de esterilización de instrumental biomédico. En muchos casos, tardan algunos meses en solucionarse.

c. Trascendencia

Un equipo de esterilización de instrumental biomédico conduce al mejoramiento del estado de salud de las personas.

d. Vulnerabilidad

El problema de investigación es vulnerable, es decir, puede ser investigado. El investigador tiene los conocimientos suficientes y los recursos necesarios para obtener resultados rigurosos.

e. Efectos de los resultados

Los resultados de la investigación han tenido los siguientes efectos:

- **Físicos:** El paciente, ahora tiene la oportunidad de ser examinado con mayores y mejores referencias médicas gracias a las pruebas de laboratorio realizadas, por el esterilizador de instrumental biomédico.
- **Sociales:** El paciente que es sometido a los análisis de laboratorio clínico siente una motivación y esperanzas en cuanto su salud, incluso puede mejorar sus relaciones sociales.
- **Psicológico:** El paciente se siente mejor psicológicamente, al estar protegido en cuanto a su salud, por una entidad prestadora de salud.
- **Tecnológico:** El diseño del esterilizador ha implicado realizar nuevos diseños, adecuados a las tecnologías de las energías renovables.

1.5. Limitaciones y facilidades

Como hemos visto existen muchos factores que conducen a la búsqueda de una alternativa de solución a los altos costos operativos de los equipos médicos, por el consumo de energía eléctrica en algunos casos, como se dijo, y por otro lado, el escaso número de unidades de los mismos en las postas médicas. A todos los pacientes rurales, para darles un diagnóstico médico más preciso, generalmente se les solicita una prueba de laboratorio, ya sea este de sangre u otros fluidos orgánicos, y al no contar con un área de laboratorio clínico que tenga necesariamente un

esterilizador de instrumental biomédico, se perjudica directamente el estado de su salud. En otro caso, cuando un médico otorrino desea revisar los oídos o realizar algún procedimiento quirúrgico local a un determinado paciente, y no cuenta con el instrumental biomédico esterilizado, para su aplicación, en el caso que sea reutilizable, no podrá efectuar dicho procedimiento. Podemos agregar que existen un sin número de posibles procedimientos, con mayor demanda como por ejemplo en el área de tóxico.

Por otro lado, al no contar con postas médicas en las zonas rurales, cuya implementación resultan muy caros, este prototipo es una alternativa que contribuye en su implementación a bajo costo, con un equipo eficiente y seguro. Podemos resumir que con el desarrollo de este equipo orientado al área médica se podrá solucionar en parte este problema y por un lado, disminuir los costos operativos y por otro lado disminuir la baja cobertura de prestaciones de los servicios de salud en dichas zonas.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los esterilizadores biomédicos eléctricos o convencionales, generalmente ya se encuentran normalizados internacionalmente y cuentan con un respaldo y confiabilidad muy grande para su uso. Cuentan con manuales de usuario, manuales de seguridad y un plan de mantenimiento en muchos casos. El único problema resulta ser el pago mensual que se tiene que hacer por el consumo de energía eléctrica, los costos de mantenimiento y reparación y en el caso de que por algún motivo, se corte la energía, este equipo ya no se podría utilizar. En este trabajo de tesis ha sido necesario cumplir con la verificación de los procedimientos y alcanzar o al menos aproximarnos a los estándares internacionales que exigen la eficiencia, calidad y la seguridad del equipo esterilizador solar con orientación en procesos de esterilización de instrumental biomédico.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO

2.1. Antecedentes similares relacionados con el tema de investigación

Esta investigación es nueva en el campo de las aplicaciones de las energías renovables, casi no encontramos investigaciones anteriores en cuanto a una aplicación en ingeniería biomédica. Sin embargo, para poder desarrollar nuestro proyecto nos valemos de recursos materiales y tecnológicos ya desarrollados, probados y estandarizados que encontramos en el mercado común y corriente, tales como láminas de aluminio, vidrio, silicona, cartón, lana de roca, cinta adhesiva de aluminio, sensores de temperatura, termómetro bimetálico, reloj digital, circuitos electrónicos, paneles solares, acumuladores de voltaje, estructura metálica, entre otros.

Asimismo, observamos que existen trabajos relacionados con nuestro proyecto, como son las centrales fotovoltaicas solares, las termas solares, hornos solares, etc. A continuación trataremos del resumen de dichos trabajos que hacen uso de tecnologías con energía solar, exponiéndolas a continuación:

2.1.1. La arquitecta, Virginia Miranda Gassull [1], estudiante de la IX Maestría en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible, de la Universidad Internacional de Andalucía, para obtener el grado de Magister, presentó la siguiente tesis:

**"Sistema de calentamiento de agua sanitaria solar,
reutilización de elementos plásticos descartados"**

Del resultado de sus estudios, se desprenden las siguientes conclusiones:

"Luego dos años de trabajo realizado en el CCT-Conicet-Mendoza y una pasantía de investigación, de un mes de estancia en el Instituto Técnico Agrícola en Guadalajara de Buga, Colombia, se concluye la Tesis de Maestría cuyo tema de investigación es: Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria Solar "Reutilización de elementos plásticos descartados". El trabajo realizado consistió en distintas instancias tales como Etapa de Investigación: estudio energético nacional – provincial, situación de los RSU y RSP, búsqueda de antecedentes tecnológicos, análisis de materiales, metodología de investigación; sumando la Etapa Experimental de trabajo que consistió en armado de prototipos, pruebas y mediciones en plataforma solar en taller solar, rediseño y optimización de tecnología y comparación de sistemas de iguales características. Se concluye en la última etapa que corresponde al análisis de resultados obtenidos.

Resumen concluyente

El producto tecnológico propuesto surge como una posible solución a las problemáticas planteadas en el capítulo 1.1 y 1.2:

En Argentina, desde el 2004 se ha manifestado una crisis energética nacional inducida en gran parte por una neta conformación de energía no renovable en el consumo de la energía primaria, cabe aclarar que el 87 por ciento de la energía primaria proviene de combustibles fósiles.

Los valores expuestos resultan excesivos, teniendo como epicentro de la crisis, el consumo de gas natural (GN) que representa el 49 por ciento de la energía primaria que consume la Argentina.

Esta situación energética se traduce al resto del país, y por lo tanto el área de estudio de investigación: Área Metropolitana de Mendoza (AMM) no escapa de la realidad nacional, como se detalla en el capítulo 1.2.

El AMM, los últimos años ha tenido aumentos considerables de la población acrecentando las desigualdades socio-económica de sus habitantes. El territorio habitado ha crecido considerablemente, los cuales se han densificado incrementando el consumo de recursos naturales y energéticos. Esta situación se suma a la actual crisis energética

provincial del Gas Natural, ya que Mendoza no depende de su propio GN para el abastecimiento de la creciente demanda local, sino que solo abastece el 12% de dicha demanda, el 88% restante proviene de otra provincia.

Si a la situación crítica del gas, le sumamos los potenciales consumidores de este recurso, encontramos que el sector residencial (los que acceden al servicio, ya que existe un porcentaje alto de población que no tiene la posibilidad de acceso a este servicio por red) depende casi exclusivamente del gas natural para la cocción y calentamiento de agua, representando el 37 % de consumo total consumido en la provincia en las épocas invernales (época de aumento del consumo de este recurso).

El sector residencial (incluyendo a los sectores vulnerables que no acceden al servicio de gas), su consumo y dependencia del GN, es el tomado como punto de partida para proponer una alternativa energética para el ACS.

Otra problemática que suma a la crisis energética por la degradación ambiental de los recursos naturales es la creciente generación de residuos sólidos urbanos (RSU), y su deficiente disposición final.

En el AMM, el 75 % de los residuos domiciliarios recolectados se disponen en vertederos incontrolados, de los cuales los valores de los residuos sólidos plásticos (RSP) resultan altos y preocupantes. El 10,3% del valor total de los RSU generados en la provincia, corresponden a los RSP, donde el 4,5% le corresponden al PET, siendo aproximadamente 166 T/mes. Al año se estima una generación de 2000 Toneladas de envases PET, donde sólo el 40% se recicla (800 t) y el restante 60% queda en los canales, basurales, etc.

Su acumulación en los canales y acequias constituye un serio problema ya que obstruye la circulación del agua, siendo éstos indispensables para la irrigación del oasis artificial del AMM. Además impiden la evacuación del agua de lluvia durante las tormentas en Mendoza. Por lo tanto, es especialmente interesante de eliminarlo de la vía pública y reciclar,

considerando la posibilidad de utilizar este material, que hoy no tiene valor económico y contamina el medio ambiente.

Entendiendo que las alternativas energéticas son fundamentales para satisfacer la creciente demanda de energía, además de reducir la degradación del ambiente, se propone un sistema de calentamiento de agua sanitaria solar. En la elección de materiales para el armado de los prototipos se consideró utilizar materiales que fueran asequibles para el sector residencial de estudio.

En conclusión, el sistema de calentamiento de agua sanitaria solar propuesto se construye reutilizando materiales plásticos descartados. Los objetivos planteados tienen como objeto responder a parámetros ambientales, económicos y sociales, por lo que las conclusiones de resultado se diferencian en estos términos.

Conclusión ambiental

Para determinar un prototipo tecnológico que sea una solución factible, que brinde condiciones óptimas de utilización, duración, un rendimiento tal que proponga una alternativa energética viable y a la vez una reducción del impacto ambiental provocado los residuos sólidos plásticos descartados se desarrolla el sistema propuesto.

El sistema se compone con su totalidad de materiales plásticos, que podrían ser reciclados, de modo de disminuir el impacto de los mismos y a la vez, constituirse en un producto útil. Consta de un circuito de agua de Polipropileno (PP), adaptado para resistir las temperaturas que pudieran producirse en el sistema, una cámara de aire para disminuir el efecto convectivo que enfría al agua que circula por los caños con botellas de PET; un sistema de redirección de la radiación solar por reflexión con papel reflejante para mejorar la performance óptica y finalmente térmica del sistema. La cubierta transparente se confeccionó de botellas de PET de la recolección de la vía pública.

Se confeccionaron 2 prototipos de prueba, los cuales tienen equivalentes características de dimensionamiento. Cada unidad de estudio tiene una

superficie colectora de 0,75 m. Su diferencia radica en la cubierta transparente de envases PET descartados. Además, se propone un sistema rediseñado y optimizado a partir de los resultados obtenidos en el proceso experimental. La figura 99 muestra los 3 sistemas ensayados y esquemáticamente sus diferencias: **Sistema de ACS a**, con cubierta transparente de conformado por 2 botellas de PET, **Sistema de ACS b**, con cubierta transparente de 1 botella de PET. **Sistema de ACS a', optimizado** con cubierta transparente de conformado por 2 botellas de PET. Cualquiera sea el sistema a utilizar se obtiene:

Este sistema brinda valores de energía ahorrada al año que resultan atractivos, demostrando ser una alternativa energética factible de ser utilizada. En el caso de aplicarlo a Mendoza se concluye que:

Es mayor el ahorro energético del colector **ACS b** que del ACS a, ya que para el primero se necesitan 5 colectores, mientras que para el segundo se necesitan 6 colectores para llegar a un rendimiento equivalente que permita el 80% de ahorro energético (7956,3 KW h/año).

El colector **ACS b** provee energía solar que cubre el 80 % de las necesidades anuales utilizando 5 colectores, esto se traduce en el ahorro de 7956,3 Mj/año y en 446347 kg de CO₂, 39,78 kg de NH₄ y 0,80 kg N₂O no emitidos a causa del ahorro energético. Estos valores disminuyen la necesidad de dependencia a la red de gas natural y/o leña brindando una posibilidad accesible.

Al disminuir el consumo en 80 % podemos enfrentar este consumo reducido con biomasa, sin generar desertificación dado que podemos alentar a que se crezca y se reponga los ejes planos. (o al utilizar Algarrobo permitimos usar la madera que este árbol entrega anualmente)"

[1].

2.1.2. El ingeniero Pedro Serrano Rodríguez [2], profesor de la Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, con estudios en la Maestría en Gestión y Promoción del Desarrollo Local, con Especialidad

en Promoción de la Innovación Tecnológica e Integral, para optar el grado de magister, presento la siguiente tesis:

"Uso de cocinas solares y sus impactos en la comunidad de Villaseca"

Del resultado de sus estudios, se desprenden las siguientes conclusiones en el contexto energético:

"Las conclusiones que se desprenden del análisis de datos capturados, indican que en efecto las cocinas solares impactaron inicialmente la calidad de vida en las casas de la gente local, muchos advirtieron una disminución del consumo de leña al usar las cocinas en sus casas hasta los entornos del 2006, donde la mitad de la población abandonó sus cocinas solares domésticas y debido a su mejora socioeconómica local y las mejoras del acceso caminero, en esas fechas comenzaron a usar en mayor cantidad Gas

licuado envasado. Sin embargo, al impacto de la energía solar en la cocción de alimentos continuó hasta el día de hoy en los restaurantes solares, herederos totales de la tecnología transferida en 1998 y 1999, vale decir todos admiten un impacto energético constatable de las cocinas solares.

De la entrevista complementaria las familias que usan aun leña como combustible, admiten que usan ahora sarmientos y podas de los viñedos, vale decir residuos leñables que resultan gratuitos por lo que ya no se recurre ya a la cosecha de leña en esos áridos parajes.

Desde el punto de vista netamente tecnológico, la metodología del aprender haciendo o colocar las manos en el conocimiento, logró para varios ciudadanos y ciudadanas de Villaseca la transferencia de conocimientos, que permitió en los 23 años, reproducir locamente la tecnología, perfeccionarla y hasta emprender negocios con ella. Si se mira el contexto del Valle del Río Elqui y sus decenas de pequeñas comunidades, esta es la única comunidad donde las cocinas solares, y los restaurantes, han surtido los efectos energéticos descritos en el análisis.

Por supuesto, ha habido programas de cocinas solares en otras partes del Valle de Elqui, Rio Hurtado y otras, pero esta es la única comunidad donde se hizo un esfuerzo educativo y participativo tan largo (3 años), de modo que en los 20 años restantes la tecnología ha perdurado y mejorado en manos de la localidad.

La tecnología energética de por si no genera desarrollo, lo genera su apropiabilidad y los procesos organizativos y educacionales que acompañan este tipo de proyectos. Es más, el enfoque de género que acompañó al proyecto desde sus orígenes, que intentaba mejorar en forma igualitaria las capacidades tecnológicas de las familias ayudó de todas formas a tejer la realidad actual en la Villa. El primer modelo de la fotografía de arriba fue desarrollado por un hombre y las dos cocinas de al lado son desarrollos de las propias artesanas solares del restaurant número 1" [2].

2.1.3. El ingeniero mecánico José Beltrán Adán [3], del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Coordinación de Mecatrónica, Cenidet, Cuernavaca, Morelos, para obtener el grado de Maestro, presento la siguiente tesis:

"Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos"

Del resultado de sus estudios, se desprenden las siguientes conclusiones: *"En el presente trabajo de investigación se diseñó y construyó un prototipo funcional de un sistema fotovoltaico para su aplicación como fuente de energía para procesos electroquímicos, con la adición al sistema de un seguidor solar para mejorar su eficiencia.*

Se realizó el análisis de los módulos fotovoltaicos para determinar de manera teórica la mejora que se obtendría con un seguidor solar y la cantidad de energía que produciría el sistema.

Se analizaron los diferentes tipos de seguidores en el mercado obteniendo características de cada una para su análisis, se obtuvo la trayectoria aparente que dibujan en el espacio, además de que se analizó la trayectoria de seguimiento de cada seguidor de acuerdo a su eje de rotación para obtener una idea del algoritmo de control que se debe seguir.

La simulación de la ganancia obtenida con cada tipo de seguidor solar, el análisis de su trayectoria y eje de rotación, el entendimiento de las ecuaciones para obtener la trayectoria aparente del Sol y la obtención del algoritmo de control en los seguidores solares permitieron desarrollar un seguidor solar controlado por cálculos astronómicos con una resolución que se encuentra dentro de las especificadas en los seguidores solares comerciales.

Las pruebas del sistema y la simulación realizada permiten obtener un panorama general del funcionamiento de los módulos fotovoltaicos bajo diferentes condiciones de operación. Su uso y aplicación puede entonces diseñarse de manera más objetiva para garantizar el funcionamiento del sistema sin problemas de abastecimiento, tomando en cuenta los factores que afectan su rendimiento.

Con base en los resultados obtenidos, aun con estas consideraciones del rendimiento del sistema, se puede proveer energía a los procesos que actualmente se realizan en el CIICAp con solo la energía producida en los módulos, siendo sólo necesario el uso de las baterías en condición de lluvia cuando los módulos presentan su menor rendimiento.

Se analizó la ganancia que se obtiene en la producción de energía a través de módulos fotovoltaicos con el uso de un seguidor solar, con lo que se puede concluir:

- Se cumplió la hipótesis planteada al inicio de este proyecto, obteniendo un rendimiento mayor de 26% con el uso del seguidor solar.*
- Las condiciones meteorológicas suponen una disminución considerable en el rendimiento del sistema proporcional a la densidad de las nubes o*

lluvia presentada, la caída en potencia llega hasta 60% de acuerdo a la densidad de la nube.

- La suciedad en la superficie de los módulos afecta el rendimiento de los mismos, es recomendable limpiar la superficie de manera periódica para evitar la acumulación de polvo, se observó un aumento del 0.5% después de limpiar la superficie de los módulos.
- La adición de un segundo eje en un seguidor solar aporta una ganancia adicional de 5%, que no justifica su adición.
- Entre los seguidores solares de un eje el que reporta un mejor rendimiento a lo largo del año es el seguidor solar polar.
- El método de seguimiento por cálculos astronómicos presenta una buena resolución que puede incluso disminuirse acortando los tiempos de ajuste, en las pruebas el error fue menor a 3°.
- Al no utilizar sensores el seguidor solar no es afectado por las condiciones climatológicas.
- El incremento de la eficiencia en la generación de energía con el uso de seguidores solares supone tener un área menor instalada en instalaciones fotovoltaicas, que redundaría en un menor costo inicial de las instalaciones" [3].

2.1.4. El ingeniero Pablo Alejandro Haim [4], de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Mecánica, Medrano 951 (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental, presento la siguiente tesis:

"Estudio para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en la Argentina"

Del resultado de sus estudios, se desprenden las siguientes conclusiones:
"En la tesis se ha analizado y justificado: la utilización de la energía solar para la generación de energía eléctrica analizando las distintas

tecnologías termo solares. Como se ha visto, la tecnología cilindro parabólica y de torre central son las más confiables. No obstante, la tecnología de torre central presenta mayores ventajas técnicas y económicas que la de los cilindros parabólicos.

Además analizaron los parámetros más importantes que determinan las posibles zonas para instalar una planta solar termoeléctrica de torre; dada la carencia de datos al respecto, se realizó un mapa de radiación solar directa normal de la República Argentina ya que actualmente el país no cuenta con una red de pirheliómetros que midan irradiación solar directa. El área de estudio quedó delimitada por las zonas de irradiación directa normal admisibles para la instalación de plantas, analizando los parámetros de recursos hídricos, rutas, sistema interconectado nacional y pendientes menores al 5%. Se utilizaron herramientas de Sistemas de Información zonas que cumplen con todos los parámetros y mediante una matriz de decisión se determinó cuáles son las provincias más propicias para la instalación de la planta, primero San Juan, seguida de La Rioja, Mendoza y San Luis, en orden de importancia. para la instalación de plantas solares termoeléctricas es recomendable instalar primeramente para la planta y medir valores de los distintos instrumentos, durante 12 meses consecutivos, para validar los datos meteorológicos existentes en la región seleccionada, especialmente los valores de radiación solar directa normal" [4].

2.1.5. El ingeniero Eliseo Sebastián Tames [5], de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, Perú, con estudios en la Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales, para obtener el grado de Magister, presento la siguiente tesis:

"Estudio de electrificación con energía solar plaza pública distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho"

Del resultado de sus estudios, se desprenden las siguientes conclusiones:

"La electrificación con energía solar de la plaza pública del distrito de Llauta, Provincia de Lucanas, Departamento de Ayacucho, Perú, es una propuesta viable por las razones expuestas en el capítulo anterior y porque se sostiene en sus aspectos técnicos, sociales y medio ambientales, teniendo como perspectiva futura el desarrollo de un proyecto masivo de electrificación rural a nivel regional a partir de la energía solar y sea éste el inicio para que nuestros pueblos aislados y pobres, jóvenes y niños no permanezcan inactivos, por lo contrario usen tanta tecnología moderna visualizando un futuro positivo de evolución continua para mejor calidad de vida.

2. El dimensionamiento de los postes solares de iluminación pública se sustenta en la información técnica proporcionada por los fabricantes, las que garantizan la calidad de los productos (lámpara, panel, regulador y batería). Asimismo, se han logrado los datos de vital importancia y el conocimiento de los niveles de irradiación e irradiancia, duración del día con sol y demás parámetros meteorológicos de la zona a desarrollarse el proyecto. Ello garantiza aún más, la factibilidad de la presente propuesta.

3. La lámpara de baja presión de sodio LPS de 35W es la más eficiente para su empleo en el poste solar diseñado: flujo = 4 800 lm, iluminación = 10,6 lux y cuenta con un área de cobertura de 15m x 15m. Sus características están dentro de las especificadas en la norma técnica sobre iluminación de parques y otras áreas.

*4. Desde el punto de vista técnico-económico, el sistema diseñado para la iluminación solar de la plaza de Llauta, cada uno de los cinco postes, estará compuesto básicamente por una LPS indicado arriba, un panel fotovoltaico de 100Wp, una batería de 198Ah, un regulador de 8A y otros componentes electrónicos que garantizarán un funcionamiento eficiente dentro de los parámetros del diseño. La inversión por poste es de **US\$ 2 235**, equivalente a S/. 6 705 (US\$ 1 = S/. 3,00 a diciembre del 2008).*

5. El proyecto contempla 5 postes, uno de ellos estará ubicado al centro de la Plaza y constará de componentes adicionales para una mayor

*iluminación. Este poste central llevará dos paneles de 50 Wp, 2 baterías de 99Ah y otros componentes que incrementan el costo del proyecto en US\$ 1 645, equivalente a S/. 4 935, siendo la inversión total de los materiales para el presente proyecto la suma de **US\$ 12 820**.*

*6. Se estima un 5% como porcentaje de imprevistos; además, los costos de ingeniería de instalación (15% del costo de material), el proyecto asciende a la cifra de **US\$ 15 384** aproximadamente equivalente a **S/. 46 000**.*

7. Aprobado el presente proyecto, inmediatamente se acelerará la tramitación de los representantes de cada uno de los actores para el presente proyecto a fin de organizar la misión y visión e iniciar con las gestiones urgentes para hacer realidad la iluminación de la plaza de Llauta en mención.

8. Este estudio permitirá crear un puente técnico para que el crecimiento económico de los campesinos permita una mejor calidad de vida y cuenten con tecnologías de nuestro siglo. Ya no utilizarán la energía más cara que es la no renovable" [5].

2.2. Bases epistemológicas

La investigación se ha realizado a través de un diseño transversal. Para tal efecto, se ha utilizado el método cuantitativo y el cualitativo, los que a su vez significan mucho más que unas técnicas específicas para la recolección de datos.

Resumiendo, el modelo cuantitativo emplea un modelo cerrado, de razonamiento lógico-deductivo desde la teoría a las proposiciones, la formación de concepto, la definición operacional, la medición de las definiciones operacionales, la recogida de datos, la comprobación de hipótesis y el análisis. El paradigma cualitativo constituye un intercambio dinámico entre la teoría, los conceptos y los datos con retroinformación y modificaciones constantes de la teoría y de los conceptos, basándose en los datos obtenidos.

En resumen, los métodos cualitativos proporcionan una base para entender el significado sustantivo de las relaciones estadísticas que se descubren. Esta base fenomenológica para el conocimiento resulta esencial al proceso de evaluación del impacto de los programas de intervención social.

Podemos sostener entonces, que el método cuantitativo tiene un fundamento epistemológico positivo lógico, mientras que el cualitativo su marco es fenomenológico.

2.3. Bases históricas y contextuales

El desarrollo de este trabajo, se ha llevado a cabo por etapas, y cada una de las cuales tanto en mi taller de reparaciones ubicado en la ciudad de Lima, a inmediaciones del Jr. Paruro y cuyos ensayos han sido efectuados y comprobados por el Centro de Control Analítico, Laboratorio de Investigación en Microbiología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a cargo del Dr. Jorge García. Luego de haber desarrollado los cinco modelos de prototipo, estos han sido probados en los ambientes de los locales antes mencionados, incluido en muchos casos, la azotea de mi domicilio, y en áreas rurales de Cieneguilla. En cada ensayo se han tomado notas tanto del tiempo de exposición como del nivel de temperatura de esterilización, y luego se ha verificado los resultados con indicadores químicos. Asimismo, se han tomado fotografías respectivas de los procedimientos. Podemos agregar a todo ello, que la información ha sido extraída de una lista muy grande de fuentes bibliográficas, tales como libros especializados en termodinámica, radiación solar, transferencia de calor, energías renovables, hornos solares; que en su conjunto se pueden hallar en la Biblioteca Nacional, UNMSM, UNI y UNAC. Así como la información que disponemos en Internet, de investigaciones de instituciones serias como Universidades y centros de investigación a nivel mundial. También he utilizado la información técnica y estadística tanto del INEI como la del MINSA, entre otros.

2.4. Bases Científico Tecnológicas

2.4.1. Introducción

Para el desarrollo de este trabajo de tesis, se han hecho uso de manuales técnicos de equipos médicos de esterilización biomédica eléctrica, así como de catálogos de los estándares internacionales de esterilización de instrumental biomédico por calor seco. Se han efectuado las pruebas, con la asesoría de profesionales médicos y técnicos en procedimientos de esterilización.

Todos los aportes técnicos y científicos han sido fiables, gracias al aporte de la información confiable y del criterio y conocimientos de los especialistas.

Pasamos a describir cada uno de los temas relacionados dentro de nuestra investigación:

2.4.2. Concepto de esterilización

Según el Manual de Desinfección y Esterilización elaborado por el MINSA de Perú, se define como: “La **ESTERILIZACIÓN** es un proceso por medio del cual se logra la eliminación de todo microorganismo (incluyendo las esporas bacterianas) y puede obtenerse a través de una diversidad de métodos.

La esterilización debe ser aplicada a los instrumentos o artículos clasificados como críticos.

Los métodos de esterilización utilizados actualmente en el ámbito hospitalario pueden clasificarse en físicos y químicos” [6].

2.4.3. Eficiencia de la Esterilización

Una óptima esterilización de instrumental biomédico, garantiza un diagnóstico más preciso y como consecuencia un mejor tratamiento de los problemas de salud de los pobladores de las zonas rurales del país. En ese sentido se hace necesario conseguir una buena

eficiencia en el proceso de esterilización, cuyo objetivo fundamental es eliminar todo tipo de microorganismos que puedan afectar y contaminar a los pacientes, empeorando su situación. En el ANEXO 1, se describe detalladamente este aspecto.

2.4.4. Términos técnicos relacionados a la esterilización [8]

- **Ácido peracético:** agente químico capaz de esterilizar los objetos.
- **Antisepsia:** proceso que destruye la mayoría de los organismos patógenos ubicados sobre superficies animadas.
- **Antiséptico:** agente químico que inhibe el desarrollo de los microorganismos, o los destruye, y que es usado sobre tejido vivos.
- **Área de recepción y limpieza:** donde los elementos reusables (instrumental, equipos, etc.) son recibidos, registrados y sometidos a un proceso de limpieza.
- **Área de apoyo:** baño, duchas, office y demás facilidades para el personal.
- **Áreas de preparación y empaque:** donde los elementos limpios y secos son inspeccionados, armados en juegos o en cajas, y envueltos o empacados adecuadamente para el proceso de esterilización seleccionado.
- **Área de preparación de textiles:** donde los textiles limpios reusables (lencería quirúrgica) y los diferentes materiales hidrófilos (gasas, vendas, etc.) son inspeccionados, armados y empacados en sus embalajes de proceso.
- **Área de esterilización:** donde se ubican las autoclaves por vapor, por óxido de etileno (ETO), estufas de calor seco y todo otro equipo esterilizador: formaldehído, plasma de peróxido de hidrógeno; incluido el espacio para carga y descarga de los carros.

- Área de almacenamiento de material esterilizado: donde los materiales ya esterilizados son estacionados previamente a su distribución.
- Área de depósito de materia prima: un ambiente para almacenar insumos textiles, materiales de embalaje y demás productos limpios.
- Bactericida: método o agente químico capaz de matar o destruir bacterias.
- Bacteriostático: método o agente químico capaz de inhibir el crecimiento bacteriano, pero no necesariamente de matarlas.
- Cavitación: proceso por el cual los bolsillos de aire implosionan (revientan hacia adentro) liberando partículas de suciedad o restos de tejidos.
- Contaminado: se refiere a toda superficie, animada o inanimada, que se sabe aloja microorganismos.
- Control biológico: método que determina la presencia de bacterias patógenas en objetos sometidos a un proceso de esterilización.
- Descontaminación: es el proceso de remoción de los microorganismos patógenos, de los objetos y equipos, haciéndolos a éstos seguros para su manipulación.
- Desinfección: es el proceso por el cual se mata o se destruye la mayoría de los microorganismos patógenos, con la excepción de los esporos bacterianos. Los desinfectantes son usados sobre objetos inanimados.
- Desinfección de Alto Nivel: proceso de desinfección que mata bacterias vegetativas, bacilos tuberculosos, hongos, virus, pero no necesariamente un alto número de esporos bacterianos.
- Desinfección de Nivel Intermedio: proceso de desinfección que mata bacterias vegetativas, la mayoría de los hongos, los bacilos tuberculosos, y la mayoría de los virus. No mata esporos bacterianos resistentes.

- Desinfección de Bajo Nivel: proceso que mata la mayoría de las bacterias vegetativas, algunos hongos, algunos virus, pero no mata Mycobacterias ni esporos bacterianos.
- Desinfección terminal: proceso mediante el cual un área u objeto se desinfecta luego de que ha ocurrido alguna contaminación.
- Desinfectante de amplio espectro: desinfectante que tiene actividad contra una amplia variedad de microorganismos.
- Esporicida: agente químico capaz de matar esporas, especialmente esporas bacterianas.
- Esterilización: proceso por el cual se destruye todo tipo de microorganismos.
- Esterilizadora de alto vacío: tipo de esterilizadora de vapor que moviliza el aire en la cámara de vacío.
- Esterilizadora de vapor: esterilizadora que expone los objetos a vapor bajo alta presión.
- Esterilizadora por desplazamiento gravitacional: tipo de esterilizadora que moviliza aire por acción de la gravedad.
- Fungicida: agente químico capaz de matar hongos.
- Gas de óxido de etileno: gas tóxico altamente inflamable capaz de esterilizar un objeto.
- Germicida: un agente químico que destruye microorganismos. Puede ser que destruya microorganismos patógenos, pero no necesariamente esporos bacterianos resistentes. Puede ser usado sobre tejidos vivos (antisépticos) o sobre objetos inanimados (desinfectantes).
- Glutaraldehído: agente químico capaz de esterilizar objetos.
- Inanimado: no viviente.
- Lavador–desinfectador: equipo que lava y esteriliza el instrumental quirúrgico después de una operación.
- Limpiador ultrasónico: equipamiento para limpieza del instrumental por cavitación.

- Limpieza: proceso que elimina la suciedad orgánica e inorgánica, o cualquier otro material extraño.
- Saneamiento: proceso que resulta en una reducción de la población microbiana sobre una superficie inanimada a un nivel seguro o relativamente seguro.
- Tuberculocida: agente químico capaz de matar *Mycobacterium tuberculosis*.
- Verificador de control de esterilización: método que determina si un proceso ha sido completado; no indica si los objetos sometidos a este método están estériles.
- Vida de estante o anaquel: período de tiempo que un objeto empaquetado permanecerá estéril después que ha sido sometido a un proceso de esterilización.
- Virucida: agente químico capaz de matar virus.

2.4.5. Indicadores de esterilización

Son instrumentos que nos indican si el procedimiento de esterilización ha cumplido su objetivo, el de eliminar la mayor cantidad posible de microorganismos adheridos en el instrumental biomédico, es decir, cuando obtenemos un instrumental estéril. Los indicadores se clasifican en:

- a) Físicos
- b) Químicos
- c) Biológicos

a) Indicadores físicos

Son los instrumentos con los que el fabricante diseña el esterilizador, que monitorizan y además deben de registrar el proceso por medio de la impresión de graficas y/o curvas

b) Indicadores químicos

Son dispositivos que contienen sustancias químicas que cambian de color o estado cuando se exponen a una o más variables críticas del proceso de esterilización como temperatura-humedad o temperatura-concentración del agente esterilizante.

c) Indicadores biológicos

Los Indicadores biológicos son dispositivos preparados de esporas no patógenas y altamente resistentes (*Bacillus stearothermophilus* y *Bacillus subtilis*) a los procesos de esterilización y por lo tanto son útiles y eficaces para establecer la capacidad del ciclo de esterilización para destruir microorganismos específicos, que se sabe que son más resistentes al proceso que se está probando.

Las esporas utilizadas provienen de *Bacillus subtilis* variedad Níger como control biológico de la esterilización por calor seco y óxido de etileno y de *Bacillus stearothermophilus* para la esterilización por vapor a presión, plasma de peróxido de hidrogeno y formaldehído.

Una información complementaria la podemos tener en la pg. N° 120, sub capítulo 2.9.5.

2.4.6. Principios de la esterilización por calor

Se considera que el calor es el método más confiable, más accesible y más económico para esterilizar siempre que los materiales a esterilizar sean estables a temperaturas por encima de 121 °C en calor húmedo y por encima de 160 °C en calor seco. El tiempo requerido para la esterilización disminuye a medida que se aumenta la temperatura y muchas combinaciones de tiempo y temperatura son equivalente en su efecto letal.

a. Esterilización por calor seco

Asimismo, según el Manual de Desinfección y Esterilización del MINSA Perú, se define la Norma como:

“NORMA: Todo material resistente al calor e incompatible con la humedad, debe ser esterilizado por calor seco”.

Se agrega al mismo:

“Este sistema elimina microorganismos por coagulación de las proteínas de los microorganismos. Su efectividad depende de:

- La difusión del calor,
- La cantidad de calor disponible y
- Los niveles de pérdida de calor” [6].

Es necesario indicar que las Normas de esterilización de instrumental y equipos biomédicos por calor seco y los conceptos referentes a la esterilización en general, se encuentran completamente detallados en el **ANEXO 3** de este trabajo de investigación.

Tabla N° 2.1

METODOS DE ESTERILIZACION

Fuente: MINSA PERU

MÉTODO	MEDIO	TECNOLOGÍA
FISICOS Alta Temperatura	Calor húmedo Calor seco.	<ul style="list-style-type: none">• Autoclave a vapor saturado.• Pupinel.
QUÍMICOS Baja Temperatura	Líquido.	<ul style="list-style-type: none">• Inmersión en Glutaraldehído.• Inmersión en Peróxido de Hidrógeno estabilizado al 6 %.• Inmersión en Ácido Peracético 0.2% al 30%.
	Gas.	<ul style="list-style-type: none">• Gas de óxido de etileno.• Gas vapor de formaldehído.• Dióxido de cloro gas.• Vapor de Peróxido de hidrógeno.
	Plasma.	<ul style="list-style-type: none">• Plasma de Peróxido de hidrógeno.

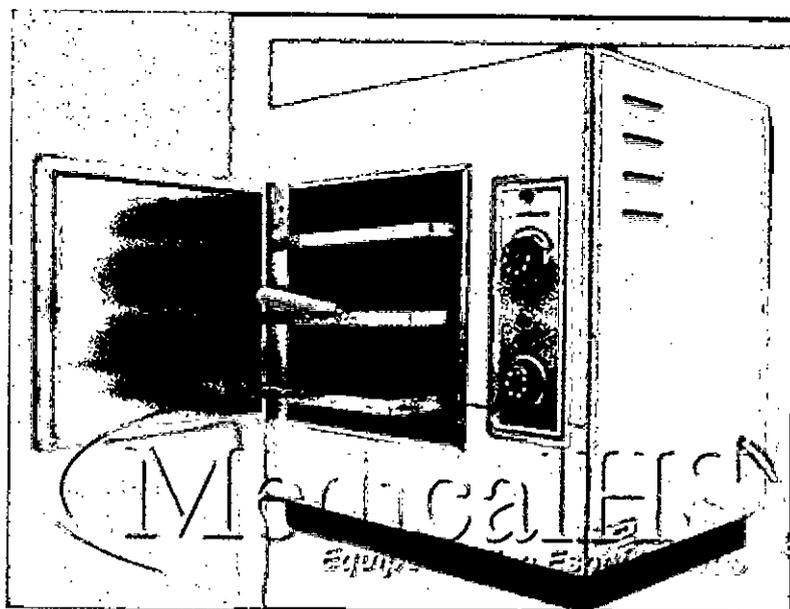
a.1. Esterilizadores eléctricos por calor seco

Estos equipos hacen uso básicamente de elementos resistivos eléctricos para producir calor, y de esa manera elevar a una altísima temperatura la parte interna de la cámara interna, en donde existen rendijas metálicas de acero inoxidable para alojar los instrumentos. El calor dentro de la cámara interna se transfiere y distribuye mediante convección natural o convección forzada (estufa con ventiladores internos).

Una explicación más detallada es la de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), quienes nos dicen: "La estufa de secado es un equipo que se utiliza para secar y esterilizar recipientes de vidrio y metal en el laboratorio. La esterilización que se efectúa en la estufa se denomina de calor seco y se realiza a 160 °C durante 2 horas; la cristalería, al ser calentada por aire a alta temperatura, absorbe la humedad y elimina la posibilidad de que se mantenga cualquier actividad biológica debido a las elevadas temperaturas y a los tiempos utilizados".

Figura N° 2.1

ESTERILIZADOR DE CALOR SECO 36-81R



Fuente: www.medicalhs.com/autoclaves/esterilizadores/

"La estufa moderna se controla mediante un módulo con microprocesadores desde el cual es posible seleccionar los parámetros de operación del equipo y sus alarmas, y programar la realización de ciclos o procesos térmicos, mediante los cuales se controlan no solo las temperaturas, sino también la forma como las mismas deben variar en el tiempo, a través de fases o etapas de calentamiento/enfriamiento –natural– o sostenimiento de la temperatura dentro de ciertos límites de tiempo. Las estufas operan normalmente desde condiciones de temperatura ambiente hasta los 350 °C. Algunos fabricantes disponen de modelos con rangos no tan amplios de operación. Las estufas antiguas disponen simplemente de un conjunto de resistencias cuya operación es controlada mediante un termostato" [9].

a.1.1. Partes de un esterilizador por calor seco

Gran capacidad para instrumental de mayores dimensiones, apropiado para unidades médicas, hospitales y laboratorios. Actualmente se le ha otorgado confianza en laboratorios de la industria alimenticia, fábricas cerveceras y vitivinícolas.

Características Técnicas Generales:

- Esterilización a base de calor seco
- Precalentamiento automático integrado
- Dos focos piloto que indican temperatura y tiempo.
- Termostato graduado de 50 °C a 300 °C
- Timer de control de tiempo graduado de 0 a 60 minutos.
- Resistencia oculta que evita el calor directo en el material.
- Consumo eléctrico de 1100 Watts.
- Terminado interior en aluminio anticorrosivo.
- Terminado exterior en lámina de acero en frío, con esmalte horneado.

a.2. Esterilización por vapor o Autoclave

Una autoclave de laboratorio es un equipo que sirve para esterilizar material de laboratorio, utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura, evitando con las altas presiones que el agua llegue a ebullición a pesar de su alta temperatura.

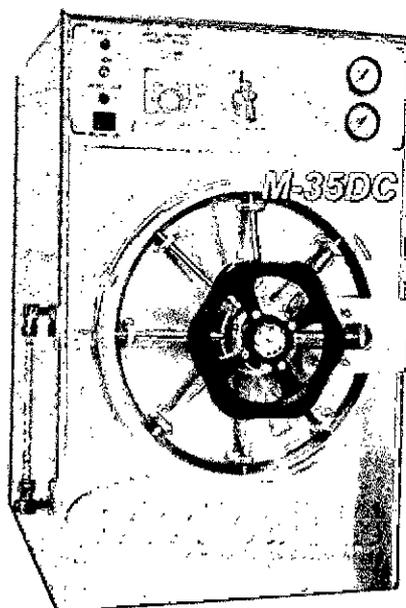
El fundamento de la autoclave es que coagula las proteínas de los microorganismos debido a la presión y temperatura.

Este equipo de esterilización se aplica en los grandes laboratorios privados y de investigación, en fábricas y en la agroindustria.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), la define como "El autoclave es el equipo que se utiliza para esterilizar. Por esterilizar se entiende la destrucción o eliminación de toda forma de vida microbiana, incluyendo esporas presente en objetos inanimados mediante procedimientos físicos, químicos o gaseosos. La palabra *esterilizador* proviene de la palabra latina *sterilis* que significa no dar fruto" [9].

Figura N° 2.2

ESTERILIZADOR AUTOCLAVE



Fuente: www.medicalhs.com/autoclaves/esterilizadores/

a.2.1. Principios de operación

En un equipo autoclave, se aprovecha las propiedades termodinámicas del agua, considerándose esta última como una sustancia pura. El agua en fase líquida, a nivel del mar y con una presión atmosférica de 1 atmósfera hierve y pasa a la fase gaseosa convirtiéndose en vapor, a 100 °C. Pero, se observa que si la presión disminuye, esta hierve a una menor temperatura, y si la presión aumenta, esta hierve a mayor temperatura. En ese sentido, este equipo, en un receptáculo sellado, puede lograr temperaturas superiores a los 100 °C mediante el control de la presión del vapor de agua, o inversamente, si se controla la temperatura, se logran presiones superiores a la atmosférica.

Partes frontales que conforman las autoclaves de vapor:

- Piloto indicador de falta de agua.
- Piloto línea.
- Apagador.
- Piloto termostato.
- Manómetro lector de presión en cámara.
- Manómetro lector de presión en camisa.
- Control central de operaciones.
- Puerta.
- Sistema de cerrado.
- Volante giratorio para abrir y cerrar la puerta.
- Termómetro lector de temperatura en cámara.
- Nivel de agua.
- Entrada de agua.
- Drenaje.

2.4.7. Resistencia al calor de los microorganismos [10]

Los microorganismos microbianos están presentes en el ambiente, en los alimentos, en el agua y obviamente en los utensilios, instrumentos biomédico, incluso en los equipos. En ese sentido, a lo largo del tiempo, las investigaciones en cuanto a encontrar los modos eficientes de eliminación de dichas bacterias, han sido variadas, y van desde el tratamiento con materiales químicos, pasando por sistemas de calor húmedo, e incluso radiación ultravioleta. Uno de los métodos más eficientes para la eliminación de microorganismos es la aplicación de calor, y hay muchos estudios que nos permiten entender dicho procedimiento, en el sentido del comportamiento de dichos microorganismos ante la aplicación de un nivel de calor específico. Esta información la presentamos detalladamente, en los ANEXO 3.

2.4.8. Efecto de la radiación solar en los microorganismos [11]

La radiación solar también es una fuente de eliminación de microorganismos, especialmente del efecto que produce los rayos ultravioletas (UV), que consiste en la anulación de la capacidad de multiplicación de los microorganismos, como ocurre por ejemplo a los que tienen los ácidos nucleicos dañados. En ese sentido el efecto germicida de la radiación UV es un punto muy importante de estudio ya que fundamentalmente hace variar el ADN de los microorganismos, haciendo que estas no puedan reproducirse. Este tema está mucho más detallado en el ANEXO 4.

2.4.9. Energías renovables

En comparación a las energías no-renovables que se producen a partir del petróleo y sus derivados, la electricidad, la energía nuclear, entre otros, las energías renovables resultan las que más se desean utilizar, dado sus reducidos costos operativos, nos referimos a los

accesorios o equipos que permiten su utilización. Las energías renovables, son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables junto al desarrollo de la humanidad. Por ello, son la única alternativa viable para llevar a cabo un desarrollo sostenible. Constituyen una opción eficiente que garantiza la oferta energética a largo plazo. Su desarrollo y el fomento de su uso nos conduce al desarrollo del sector industrial.

Algunas de las energías renovables más conocidas son: La solar, eólica, hidráulica, mareomotriz, undimotriz, geotérmica y biomasa.

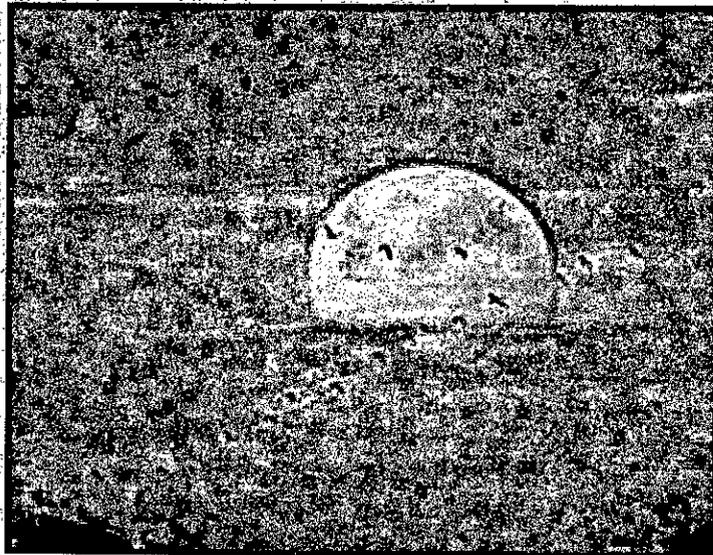
a. Energía solar

La energía solar se presenta de dos formas diferentes en la naturaleza, mediante la luz y mediante calor. Es así que en este campo encontramos diferentes tecnologías de recepción y generación de electricidad, en un caso por medio de motores de calor (térmica) y en el otro por módulos fotovoltaicos (fotovoltaica). Las diferencias entre ambos modelos son importantes. La energía solar térmica va a utilizar la reflexión de rayos como principio de funcionamiento básico. Los rayos procedentes de las placas reflectantes instaladas se van a concentrar todos ellos en un mismo punto común, alcanzando temperaturas muy elevadas en ese punto. Gracias a estas temperaturas tan altas, estos dispositivos ponen en funcionamiento los ciclos termodinámicos convencionales, y así permiten la generación de energía eléctrica mediante un alternador. A diferencia de esto, encontramos la energía solar fotovoltaica, donde la instalación presenta paneles fotovoltaicos orientados al Sol. Estos paneles no utilizan reflexión alguna, sino todo lo contrario. Su color oscuro hace posible la captación de la radiación procedente del Sol y crear en su interior una diferencia de potencial entre los extremos de la placa. Esta

diferencia de potencial la producen la excitación de los diodos que se encuentran en el interior de la misma.

Figura N° 2.3

EL SOL



Fuente: www.google.com.pe

a.1. Paneles solares

Son tecnologías cuyo principio fundamental es el famoso efecto fotovoltaico, es decir, cuando el sol incide sobre la masa del panel solar este desprende electrones que representan niveles de voltaje. Este voltaje a su vez es dirigido a unos acumuladores, en los cuales permanece hasta poder ser utilizados en algún proceso, tal como iluminación, alimentación de un motor, entre otros.

Para comprender mejor la tecnología relacionada con los paneles solares, como una tecnología que nos sirve para obtener energía eléctrica renovable, a continuación precisamos los siguientes conceptos de los accesorios:

Arreglo solar: Es un grupo de paneles solares conectados entre sí, configurando una conexión eléctrica.

Panel solar o celda fotovoltaica: Es el cuerpo que transforma la energía solar (fotones) en electricidad. Es el alimentador de los acumuladores DC.

Acumulador DC: Almacenador de voltaje DC entregado por los paneles solares.

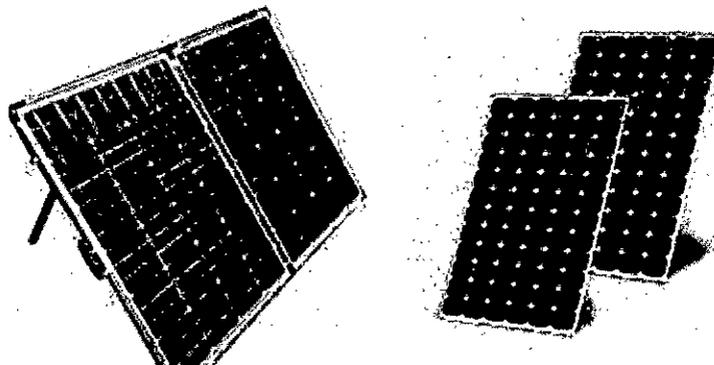
Paneles de película delgada: Son fabricadas con películas del orden de los micrones con material sensible a la radiación solar.

Condiciones de prueba estándar: En las cuales se prueban los paneles solares en el laboratorio (1 Kwh/m² de radiación solar, 25 °C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1.5)

Constante solar: Es la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m² / seg., cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1.36 Kw/m².

Figura N° 2.4

PANELES SOLARES



Fuente: www.globalsources.com

2.4.10. Sensores de Temperatura

Tratar acerca de estos sensores, es tratar de unos dispositivos que se aplican en una serie de procesos industriales, tales como control de

hornos, calderos, termómetros clínicos, esterilizadores, entre otros. A continuación describimos los siguientes sensores de temperatura:

a. Termistores

Estos sensores no tienen un comportamiento lineal pero son mucho más sensibles. Están compuestos de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos, es decir, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico". Existen dos tipos bien diferenciados: Los NTC (Negative Temperature Coeficient) y los PTC (Positive Temperature Coeficient). En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1 °C de aumento de temperatura. Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, teniendo aplicaciones de control y compensación en el rango de 150 °C a 450 °C.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar.

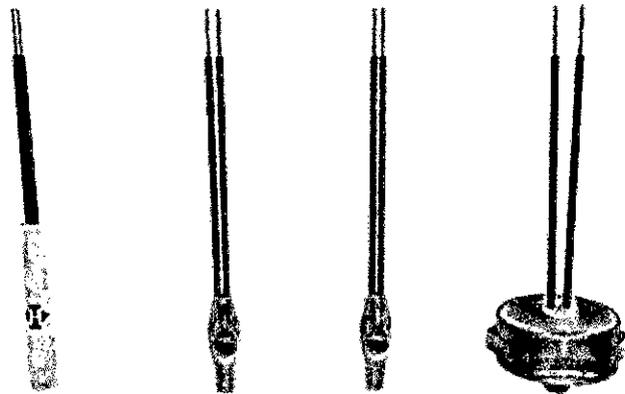
Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos.

a.1. NTC (Negative Termal Coefficient)

Estos sensores son fabricados con una mezcla de óxidos de Mn, Ni, Co, Cu, Fe y están moldeados en un cuerpo cerámico de varios tamaños, típicamente tienen una resistencia entre 50Ω y 1MΩ a 25 °C y una sensibilidad del 4 °C a 25 °C. El efecto de

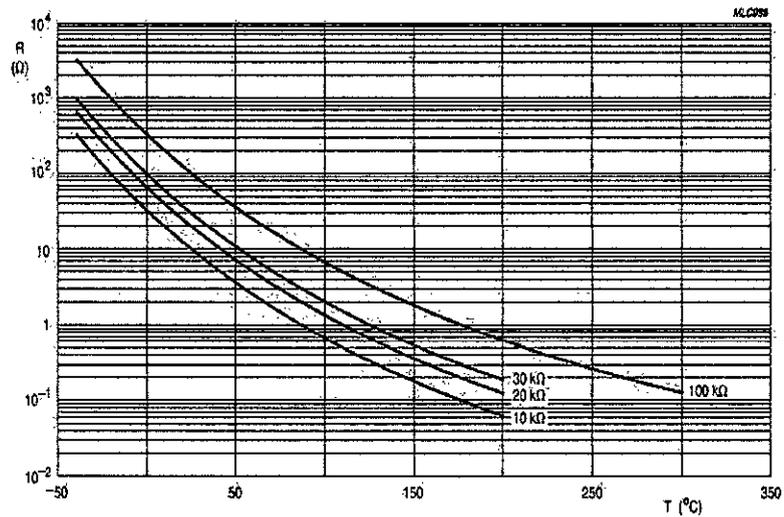
Coeficiente Negativo con la Temperatura puede resultar de un cambio externo de la temperatura ambiente o un calentamiento interno debido al efecto Joule de una corriente que fluye a través del termistor. En ese sentido, este disminuye su valor resistivo al aumentar el nivel de temperatura. La curva del termistor se puede linealizar con una resistencia conectada en paralelo con la NTC.

Figura N° 2.5
TERMISTORES NTC DE THERMIK



Fuente: www.Thermik.de

Grafico N° 2.1
CURVA DEL NTC



Fuente: www.ifent.org/lecciones/ntc/ntc.htm

a.2. PTC (Positive Temperature Coefficient)

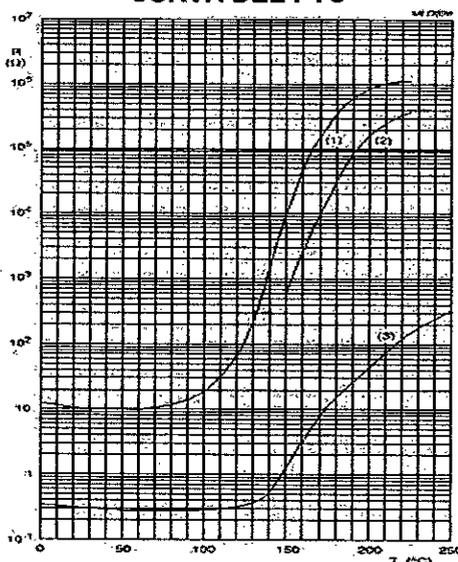
Son sensores que están compuestas de bario y estroncio con titanio. La adición de elementos dopantes hace que la componente semiconductora tenga una característica de resistencia con respecto a la temperatura, es decir, en este caso, aumenta el valor de la resistencia al aumentar la temperatura.

Figura 2.6
TERMISTORES PTC DE THERMIK



Fuente: www.Thermik.de

Grafico N° 2.2
CURVA DEL PTC



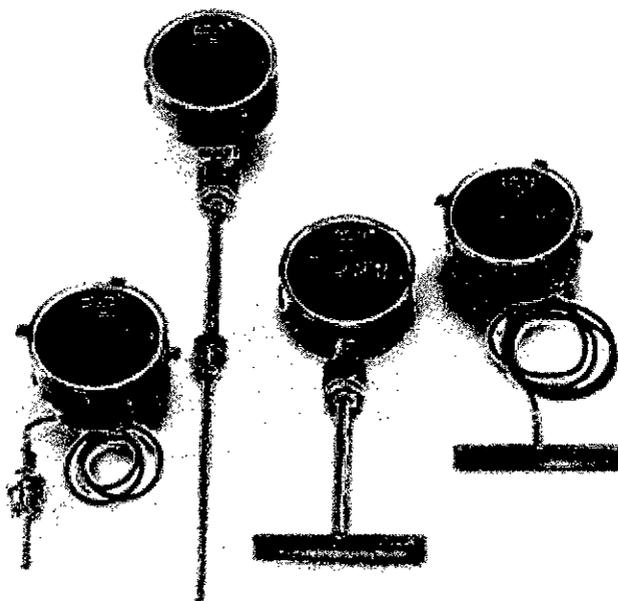
Fuente: www.ifent.org/lecciones/ptc/ptc.htm

b. Termoresistencia o RTD

En este sensor, la resistencia varía de manera proporcional al valor de la temperatura. Esta variación de la resistencia se puede medir con un circuito eléctrico, enseriado con una resistencia eléctrica, una fuente de tensión y un instrumento de medida.

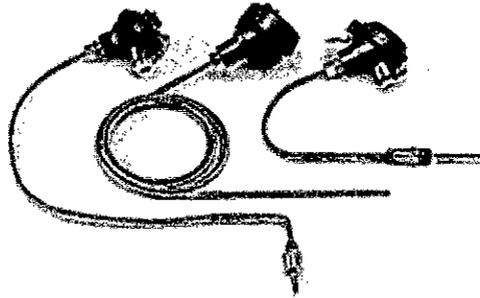
Los sensores RTD más comunes están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, es el material más estable y exacto. La relación resistencia vs temperatura correspondiente al alambre de platino se resume en la estandarización de su rango de temperaturas que van desde -260 °C hasta 630 °C. También se utilizan otros materiales fundamentalmente níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno. Típicamente tienen una resistencia entre 20 Ω y 20k Ω . La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre -200 °C y 850 °C.

Figura N° 2.7
RTD DIGITALES



Fuente: www.wika.com

Figura N° 2.8
RTD INDUSTRIAL TIPO TR15



Fuente: www.wika.com

Tabla N° 2.2
RANGO DE TEMPERATURA

Material	Rango de temperatura (°C)	Variación coef (%/°C a 25°C)
Platino	-200 a + 850	0.39
Niquel	-80 a 320	0.67
Cobre	-200 a +260	0.38
Niquel-acero	-200 a +260	0.46

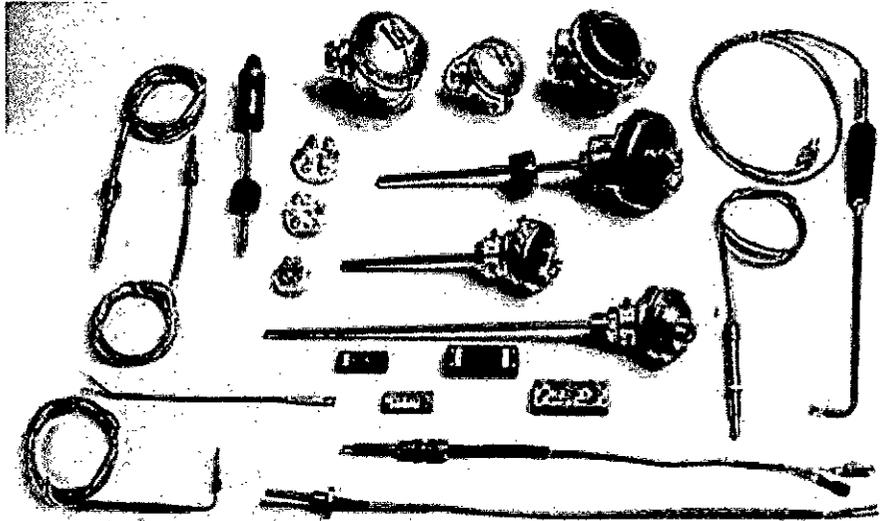
Fuente: www.wika.com

c. Termocupla K

El trabajo de este sensor se basa en el efecto Seebeck, es decir, gracias a la unión de dos alambres de diferente material, se puede producir un nivel de voltaje en los extremos de cada uno de ellos, cuando la unión de ambos es previamente calentada. Este sensor, no tiene un comportamiento lineal, requiere de tablas para poder ser verificado. Sin embargo, para modelos de control on/off, se puede utilizar como un excelente sensor, dado su alta sensibilidad. En casos de procesos de control más complicados como es el caso de control PID, fuzzy, entre otros si, se podrían aplicar las tablas de manera más precisa. En el caso de las termocuplas K, estas tienen un rango de temperatura entre -200

°C a 1300 °C, y por cada grado de calor entregan proporcionalmente voltajes en el orden de los mili voltios, que de todas maneras deben ser amplificados para su acondicionamiento y tratamiento.

Figura N° 2.9
TERMOCUPLA TIPO K

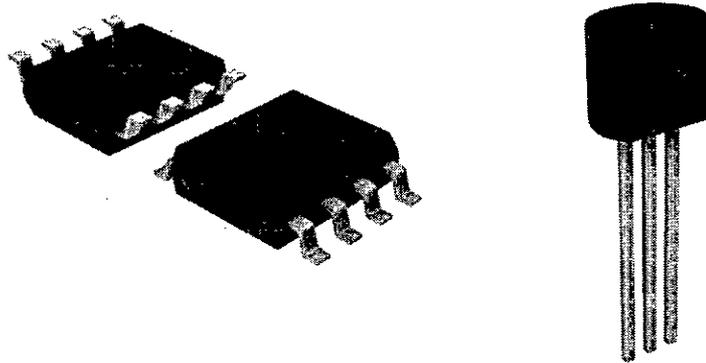


Fuente: www.diamoresa.com.ar

d. Sensor de temperatura de estado sólido LM35

Este sensor es un circuito integrado de tres pines. Uno es la entrada de alimentación positiva, la otra la puesta a tierra y la tercera, la salida de voltaje proporcional a la temperatura sensada. Por cada grado que sensa, este entrega 10 mV. Seguidamente se hace recomendable una conexión a un circuito de instrumentación o acondicionamiento para la amplificación o mejoramiento de la señal. El rango de medida de temperatura es desde los -55 °C hasta los 150 °C. El dispositivo tiene un comportamiento lineal.

Figura N° 2.10
SENSOR LM35



Fuente: www.digikey.com/catalog

2.4.11. Microcontroladores

Son circuitos integrados construidos bajo los principios de la nanotecnología, es decir, que dentro de una capsula o chip, existen millones de dispositivos electrónicos tales como transistores, diodos, condensadores, compuertas lógicas, mosfets, entre otros. Un microcontrolador generalmente está construido con una arquitectura Harvard, es decir, cuenta con dos tipos de memoria, una es la memoria de datos y la otra es la memoria de programa, y para cada caso se tienen buses de comunicaciones diferentes, hacen uso de un juego de instrucciones denominadas RISC, para el caso de los microcontroladores de la marca Microchip, de la gama media, se cuenta con 35 instrucciones para la programación en assembler. Los microcontroladores efectúan trabajos similares a las computadoras, solo que en este caso, con una dimensiones muy pequeñas. En ese sentido, un microcontrolador cuenta en su estructura con puertos de entrada y salida I/O, bancos de memorias de datos, memoria eeprom, memoria rom, cpu, registros de desplazamientos, contador de programa, temporizadores internos conocidos como los timers, convertidores analógicos digitales y digitales analógicos, puerto de

comunicaciones rs232 o usb, entre otros. Un microcontrolador puede ser utilizado para fines de control de procesos industriales, tales como control de temperatura, control de nivel de liquido, control de velocidad, entre otros, así mismo puede ser utilizado para aplicaciones de audio y video, instrumentación, equipos militares, proyectos aeroespaciales, entre otros.

a. El microcontrolador PIC 16F628A

Este microcontrolador es fabricado por MICROCHIP, cuyas características técnicas son las siguientes:

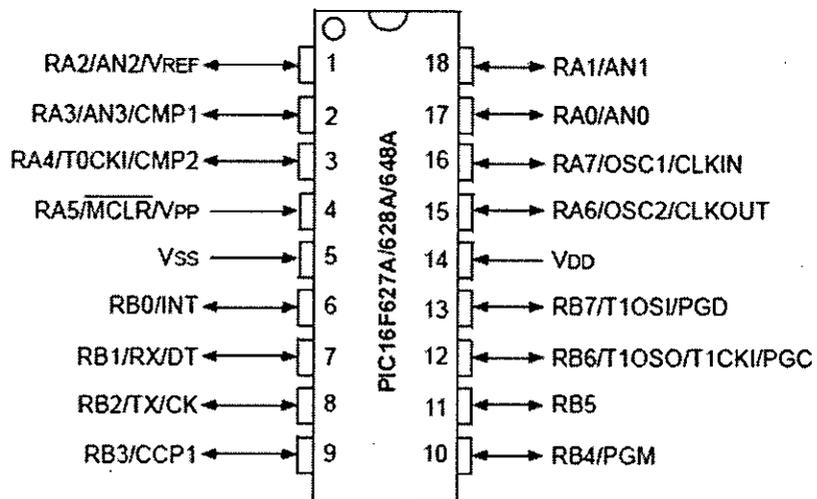
- Procesador de arquitectura RISC avanzada.
- Juego de solo 35 instrucciones de 14 bits de longitud.
- Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan 2.
- Hasta 8Kbytes de 14 bits para la Memoria de programa, tipo FLASH.
- Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Pines de salida compatibles para el PIC 16C73/74/76/77.
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Pila de 8 niveles.
- Modos de direccionamiento directo e indirecto.
- Power-on Reset.
- Temporizador Power-on y Oscilador Temporizador Star-Up.
- Perro Guardián.
- Código de protección programable.
- Debugger In-Circuit
- Modo Sleep de bajo consumo.
- Programación serie en circuito con dos pines.
- Solo necesita 5v para programarlo en este modo.

- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 a 5.5 V.
- Bajo consumo: <2mA valor para 5V y 4 Mhz; 20uA para 3V y 32 Mhz; <1uA en standby.

b. Encapsulado

El circuito integrado consta de dieciocho pines, como se observa en la siguiente figura:

Figura N° 2.11
ENCAPSULADO PIC 16F628A



Fuente: www.Microchip.com

c. Diagrama de bloques de su arquitectura interna

Dispositivos periféricos.

Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits.

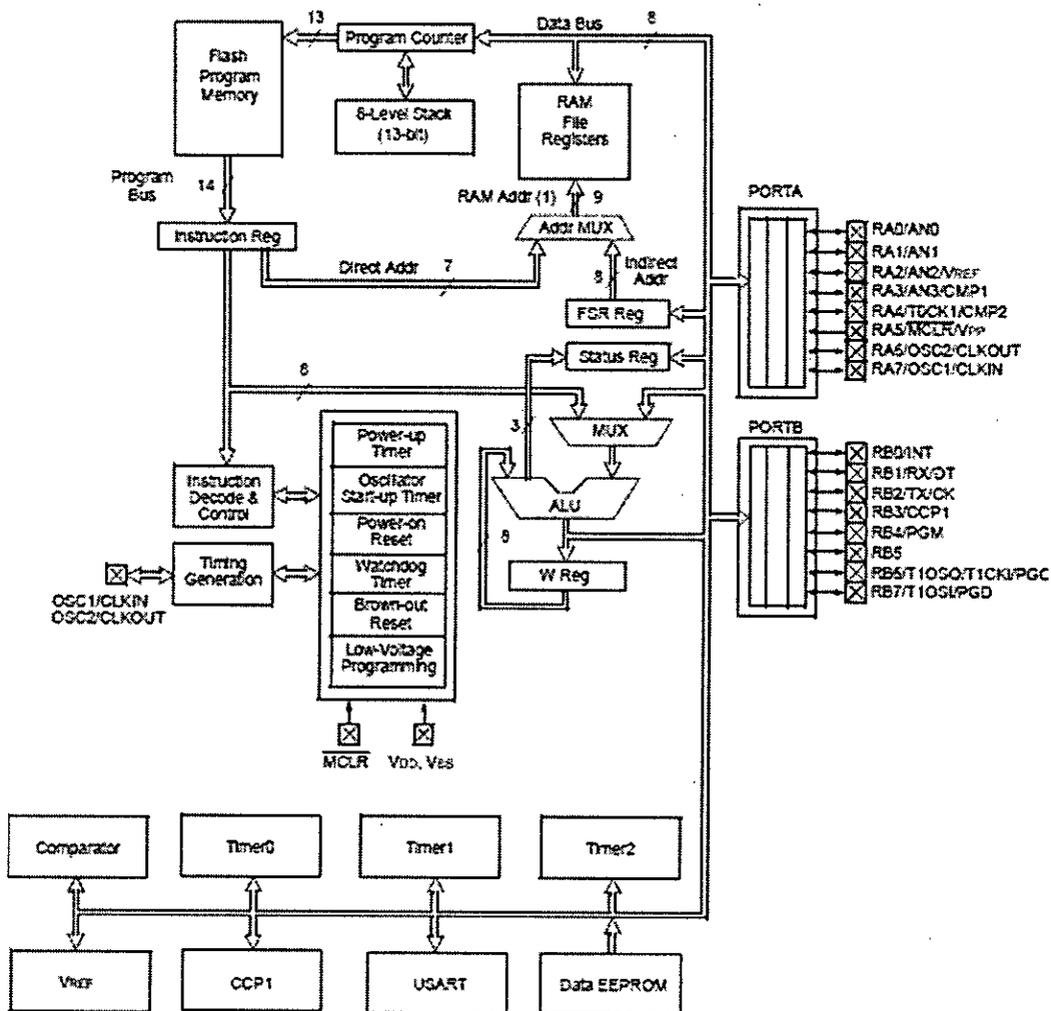
Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.

Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.

Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).

Figura N° 2.12

ARQUITECTURA DEL PIC 16F628A



Fuente: www.Microchip.com

Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I²C (Master/Slave).

USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bits.

Puerto Paralelo esclavo (PSP).

2.4.12. Principios de Termodinámica

La Termodinámica estudia los efectos que se producen debido a los cambios de la temperatura, presión y volumen de los sistemas físicos a un nivel macroscópico.

Podríamos decir que el significado de calor se refiere a la energía en tránsito y la dinámica al movimiento. En ese sentido, la termodinámica estudia la circulación la energía y su efecto el movimiento. A lo largo de su evolución como rama de la física, la termodinámica se fue desarrollando desde su punto de partida que fue la necesidad de aumentar la eficiencia de las primeras máquinas de vapor, durante la primera revolución industrial.

a. Ley cero de la termodinámica

Se resume en que el equilibrio termodinámico de un sistema está condicionado por las variables empíricas que definen el estado del sistema, tales como presión, volumen, campo eléctrico, polarización, magnetización, tensión lineal, tensión superficial, entre otras, y que no son dependientes del tiempo.

A las variables empíricas o experimentales de un sistema, se les conoce con el nombre de coordenadas termodinámicas del sistema.

b. Primera ley de la termodinámica

Esta ley es una aplicación de la ley universal de la conservación de la energía en la termodinámica y considera el calor como una transferencia de energía. Se enuncia como:

"La variación de la energía interna de un sistema termodinámico es igual a la diferencia entre el nivel de calor transferido a un sistema y el trabajo realizado por el sistema en su entorno"

$$\Delta U = Q - W \quad (2.6.1)$$

donde:

ΔU : es el incremento de energía interna del sistema

Q : es el calor cedido al sistema

W : es el trabajo cedido por el sistema a sus alrededores

Esta ley empírica no puede demostrarse teóricamente.

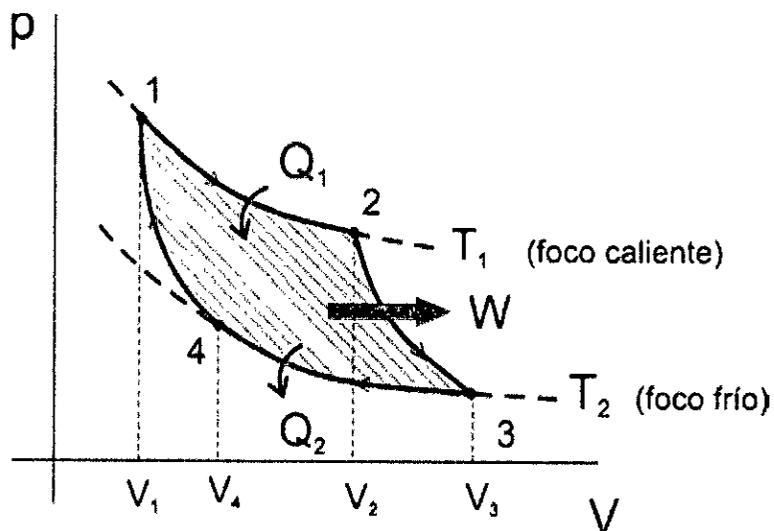
Unidades de calor: Joule (J) o Caloría (Cal).

c. Segunda ley de la termodinámica

Se enuncia como: "El nivel de entropía de cualquier sistema aislado termodinámicamente tiende a incrementarse con el tiempo".

Esta ley de la termodinámica nos hace ver que sistemas diferentes en contacto tienden a igualarse.

Grafico N° 2.3
CICLO DE CARNOT



Fuente: <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica>

Gráficamente se puede expresar imaginando una caldera de un barco de vapor. Esta no podría producir trabajo si no fuese porque

el vapor se encuentre a temperaturas y presión elevadas comparados con el medio que la rodea. Matemáticamente, se expresa como:

$$\frac{dS}{dt} \geq 0 \quad (2.6.2)$$

donde S es la entropía y el símbolo de igualdad sólo existe cuando la entropía se encuentra en su valor máximo (en equilibrio).

c.1. Entropía (S)

La entropía S, es una magnitud física que nos permite determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo y describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. Fue Rudolf Clausius quien le dio nombre y la desarrolló durante la década de 1850 y Ludwig Boltzmann, quien encontró en 1877 la manera de expresar matemáticamente este concepto, desde el punto de vista de la probabilidad, [12].

Supongamos que un gas (en general un sistema termodinámico) ideal absorbe cierta cantidad de calor Q y supongamos que la temperatura T se mantiene constante entonces la variación de la entropía $\Delta S = S_2 - S_1$, se define como:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (2.6.3)$$

d. Tercera ley de la termodinámica

Se enuncia como: "No se puede alcanzar el cero absoluto en un número finito de etapas". Al llegar al cero absoluto (0 °K) cualquier

proceso de un sistema se detiene y la entropía alcanza un valor constante.

Resumiendo, esta ley indica que la entropía de una sustancia pura en el cero absoluto es cero, en este sentido, provee de un punto de referencia absoluto para la determinación de la entropía. La entropía relativa en este punto es la entropía absoluta.

2.4.13. Procesos termodinámicos

Un sistema pasa por un proceso termodinámico, o transformación termodinámica, cuando al menos una de las coordenadas termodinámicas no cambia. Los procesos más importantes son:

- **Procesos isotérmicos:** en los cuales la temperatura no cambia.
- **Procesos isobáricos:** en los cuales la presión no varía.
- **Procesos isócoros:** en los que el volumen permanece constante.
- **Procesos adiabáticos:** en los que no hay transferencia de calor alguna.
- **Procesos diatérmicos:** dejan pasar el calor fácilmente.
- **Procesos isoentrópicos:** procesos adiabáticos y reversibles, en los que la entropía no varía.

Tomando como ejemplo un proceso adiabático, este ocurre dentro de un termo donde se colocan agua caliente y cubos de hielo, porque que el agua caliente se empezará a enfriar debido al hielo, y al mismo tiempo el hielo se empezará a derretir hasta que ambos estén en equilibrio térmico, sin embargo no existe transferencia de calor del exterior del termo al interior por lo que se trata de un proceso adiabático.

2.4.14. Rendimiento termodinámico o eficiencia

El rendimiento de una máquina térmica se define como:

$$\eta = \frac{|E_{salida}|}{|E_{entrada}|} \quad (2.6.4)$$

Donde, dependiendo del tipo de máquina térmica, estas energías serán el calor o el trabajo que se transfieran en determinados subsistemas de la máquina.

2.4.15. Teorema de Carnot

Carnot demostró en 1824, que el rendimiento de una máquina térmica que tiene la máxima eficiencia posible y que opera entre dos focos con temperatura constante, depende sólo de las temperaturas de dichos focos. Esta máquina es conocida actualmente como Máquina de Carnot.

Por ejemplo, el rendimiento para un motor térmico de Carnot viene dado por:

$$\eta_{mC} = 1 - \frac{T_f}{T_c} \quad (2.6.5)$$

Donde: T_f y T_c son las temperaturas del termostato caliente y del termostato frío, respectivamente, medidas en grados Kelvin.

Este rendimiento máximo corresponde al de una máquina térmica reversible, la cual es sólo ideal, por lo que cualquier máquina térmica construida tendrá un rendimiento menor que el de una máquina reversible operando entre los mismos focos.

$$\eta_{m.t. reversible} > \eta_{m.t. irreversible} \quad (2.6.6)$$

2.4.16. Sistemas termodinámicos

Los sistemas termodinámicos se clasifican en:

a. Sistemas Abiertos

Son los más comunes. Tienen intercambio de materia y energía con el exterior. Un ejemplo: barco (entra combustible, aceite y salen gases de escape, desechos; se produce energía).

b. Sistemas Cerrados

Son sistemas en donde se produce un intercambio de energía con una externa. No existe intercambio de masa. Se clasifica en:

b.1. Sistemas No Aislados: El intercambio de energía se da únicamente con el exterior. Un ejemplo puede ser: el sistema de generación de frío de un refrigerador. El fluido de enfriamiento circula en circuito cerrado y solo existe intercambios de calor con la etapa externa.

b.2. Sistemas Aislados: En la práctica son sistemas abstractos que nos sirven para analizar procesos térmicos. No existe intercambio ni de masa ni de energía con la etapa externa.

2.4.17. Transferencia de calor

Holman ("Transferencia de Calor", Pag. 1, Introducción), la define como: *"La transferencia de calor es la ciencia que trata de predecir el intercambio de energía que puede tener lugar entre cuerpos materiales, como resultado de una diferencia de temperatura"*, [13]. De los resultados de la experimentación científica, podemos decir que existen tres tipos de transferencia, y ellas son por convección, por conducción y por radiación.

a. Transferencia de calor por convección

Según Kern ("Procesos de Transferencia de Calor", Pg. 43): *"La transferencia de calor por convección se debe al movimiento del fluido. El fluido frío adyacente a superficies calientes recibe calor*

que luego transfiere al resto del fluido frío mezclándose con él. La convección libre o natural ocurre cuando el movimiento del fluido no se complementa por agitación mecánica. Pero cuando el fluido se agita mecánicamente, el calor se transfiere por convección forzada. La agitación mecánica puede aplicarse por medio de un agitador, aun cuando en muchas aplicaciones de proceso se induce circulando los fluidos calientes y fríos a velocidades considerables en lados opuestos de tubos. Las convecciones libre y forzada ocurren a diferentes velocidades, la última es la más rápida y por lo tanto, la más común", [14].

Cuando un líquido contenido en un recipiente se ubica sobre una fuente de calor, se produce el siguiente fenómeno, el líquido que se halla al fondo del recipiente se calienta y disminuye su densidad a causa de la expansión térmica, además, es menos denso que el volumen superior frío y este asciende a través de él, y va transmitiendo su calor al ir mezclándose. A este fenómeno se le conoce con el nombre de convección natural o convección libre. En otro caso, si se aplicase alguna agitación manual o de otro tipo, se favorece a la mezcla y en este caso se le conoce con el nombre de convección forzada [15].

a.1. Ley de enfriamiento de Newton

Un modelo de transferencia de calor Q_n por convección, llamado **ley de enfriamiento de Newton**, describe el flujo como:

$$q'' = hc (T_s - T_\infty) \quad (2.6.7)$$

Dónde:

T_s : temperatura de la pared sólida que entrega calor y

T_∞ : temperatura del fluido adyacente.

h_c : coeficiente de transferencia de calor convectivo o coeficiente pelicular, se expresa en $W/(m^2K)$. Es una función de las condiciones de flujo, las propiedades de transporte del fluido y la geometría de la pared.

Debe observarse que dicho coeficiente no es una propiedad del fluido, sino su valor no solo depende de las propiedades del fluido, también depende de los cambios de velocidad del flujo y /o de la geometría de la pared, se debe notar que puede haber cambios drásticos de h_c aún cuando las propiedades del fluido se mantengan constantes [16].

b. Transferencia de calor por conducción

Es un proceso de propagación de la energía en medios sólidos, líquidos o gaseosos mediante comunicación molecular directa o entre cuerpos a distintas temperaturas, sin producir desplazamiento ente ellas [15].

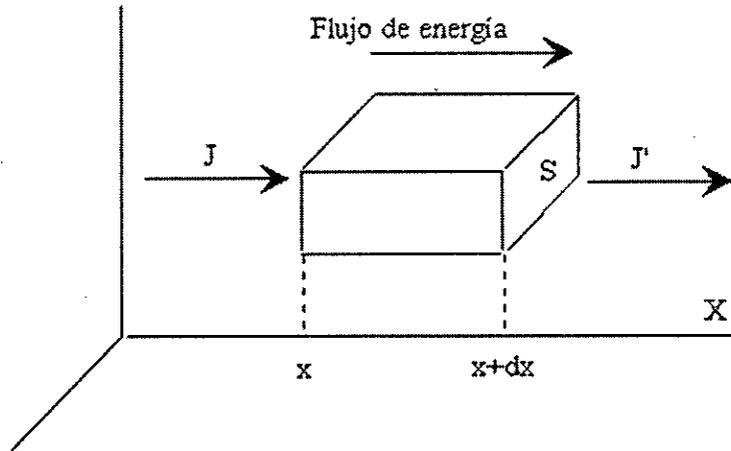
b.2.1. Ley de Fourier de la conducción de calor [17]

Sea J la densidad de corriente de energía (energía por unidad de área y por unidad de tiempo), que se establece en la barra debido a la diferencia de temperaturas entre dos puntos de la misma. La ley de Fourier afirma que hay una proporcionalidad entre el flujo de energía J y el gradiente de temperatura:

$$J = K \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.6.8)$$

Siendo K una constante característica del material denominada conductividad térmica.

Figura N° 2.13
CONDUCCION DEL CALOR



Fuente: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica>

Consideremos un elemento de la barra de longitud dx y sección S . La energía que entra en el elemento de volumen en la unidad de tiempo es JS , y la que sale es $J'S$. La energía del elemento cambia, en la unidad de tiempo, en una cantidad igual a la diferencia entre el flujo entrante y el flujo saliente.

$$JS - J'S = -\frac{\partial J}{\partial x} S dx \quad (2.6.9)$$

Esta energía, se emplea en cambiar la temperatura del elemento. La cantidad de energía absorbida o cedida (en la unidad de tiempo) por el elemento es igual al producto de la masa de dicho elemento por el calor específico y por la variación de temperatura.

$$(pSdx)c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.6.10)$$

Igualando ambas expresiones, y teniendo en cuenta la ley de Fourier, se obtiene la ecuación diferencial que describe la conducción térmica

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (2.6.11)$$

Entonces:

$$\alpha = \frac{K}{\rho c} \quad (2.6.12)$$

c. Transferencia de calor por radiación

Según Holman, ("Transferencia de Calor", Pag. 8): *"El calor puede también transferirse a través de zonas en las que exista un vacío perfecto. En este caso el mecanismo es la radiación electromagnética"*, [13].

Y agrega en la misma página: *"un radiador térmico ideal, o cuerpo negro, emitirá energía de forma proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo y directamente proporcional al área de su superficie"*, [13]. Así tenemos que el calor emitido, q emitido, (Ley de Stefan-Boltzman, aplicado a cuerpos negros):

$$q \text{ emitido} = \sigma AT^4 \quad (2.6.13)$$

Dónde:

σ : constante de proporcionalidad de Stefan-Boltzman cuyo valor es de $5,669 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

T : Temperatura absoluta del cuerpo

A : Área de la superficie.

Según Welty_Wicks, ("Transferencia de Calor por Radiación", Pag. 493): *"La transferencia de energía por radiación tiene varias*

características únicas en comparación con la conducción o la convección. Primero: no se necesita materia para transferir calor por radiación; más aún, la presencia de un medio impide la transferencia de radiación. Un segundo aspecto único de la radiación es que, tanto la cantidad de radiación como la calidad de ésta, dependen de la temperatura”, [18].

Tabla N° 2.3

MAGNITUDES DE SI EN TRANSFERENCIA DE CALOR

Material	Abreviatura de la unidad
Fuerza	N (newton)
Masa	kg (kilogramo masa)
Tiempo	s (segundo)
Longitud	m (metro)
Temperatura	°C o K
Energía	J (julio)
Potencia	W (vatio)
Conductividad térmica	W/m · °C
Coefficiente de transferencia de calor	W/m ² · °C
Calor específico	J/kg · °C
Flujo de calor	W/m ²

Fuente: Transferencia de Calor, Holman [13]

2.4.18. Espectro de radiación térmica

El espectro de radiación térmica se extiende desde aproximadamente 0.1 μm hasta 100 μm . El intercambio radiactivo de calor entre cuerpos tiene lugar en esta banda espectral que incluye parte del espectro ultravioleta, el espectro visible y el espectro infrarrojo.

2.4.19. Radiación Térmica

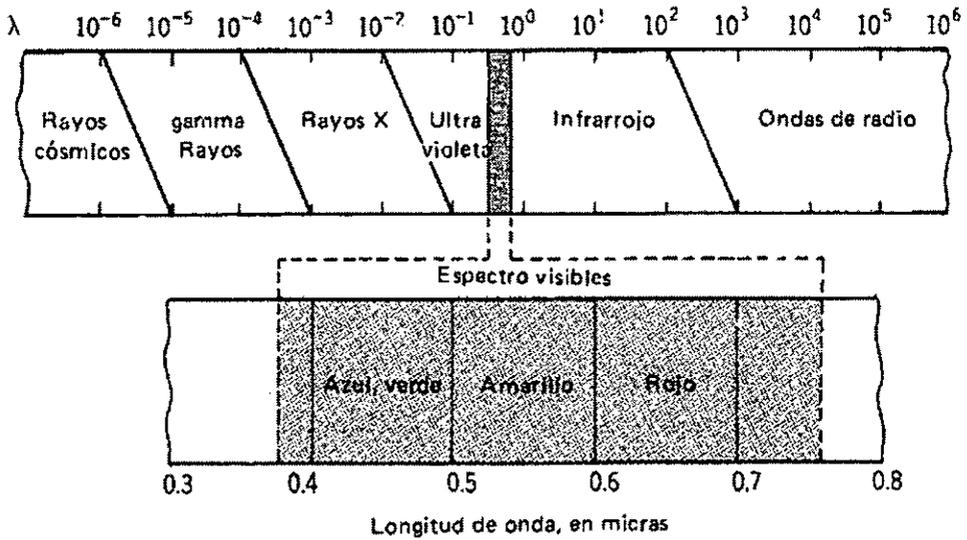
Como lo describen Welty_Wicks (*"Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa"*): "La radiación térmica principalmente tiene las mismas propiedades ópticas que uno de sus subgrupos: la luz

visible, así que se usarán las propiedades ondulatorias de la radiación térmica más que sus propiedades corpusculares.

La radiación térmica incidente sobre una superficie, como en la figura 2.19 puede ser: o absorbida, o reflejada, o transmitida” [18].

Figura N° 2.14

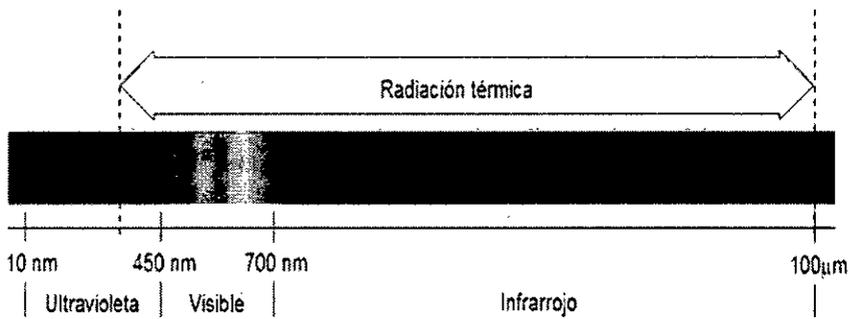
ESPECTRO ELECTROMAGNETICO



Fuente: Transferencia de calor por radiación, Welty, pg. 494

Figura N° 2.15

ESPECTRO RADIOELECTRICO TERMICO



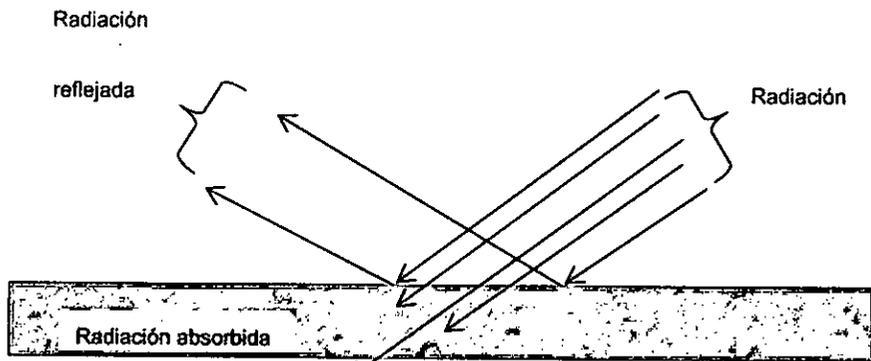
Fuente: http://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/82429/mod_resource/content/1/

a. Radiación incidente en una superficie

La radiación térmica que incide en una superficie, como en la siguiente figura puede ser: absorbida, reflejada, o transmitida.

Figura N° 2.16

REFLEXION, ABSORCION Y TRANSMISION



Fuente: <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/>

a.1. Reflectancia, absortancia y transmitancia

Al momento que una energía radiante incide sobre la superficie de un material, parte de esa radiación se refleja, otra parte se absorbe y otra parte se transmite, este fenómeno se observa en la Figura 8.2. En ese sentido, se define la reflectancia ρ como la fracción reflejada, la absortancia α como la fracción absorbida, y la transmitancia τ como la fracción transmitida. Así tenemos la fórmula:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (2.6.14)$$

La mayoría de los cuerpos sólidos no transmiten la radiación térmica, por lo que en muchas aplicaciones se puede considerar la transmitancia τ igual a cero. Entonces la fórmula queda:

$$\rho + \alpha = 1 \quad (2.6.15)$$

a.2. Fenómenos de la reflexión

Cuando la radiación incide sobre una superficie, se pueden observar dos tipos de fenómenos de reflexión.

a.2.1. Reflexión especular

Si el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

a.2.2. Reflexión difusa

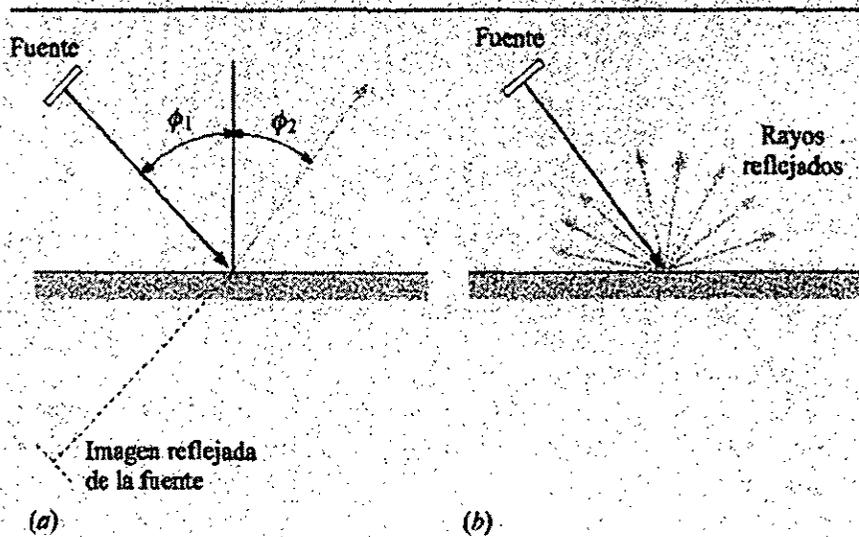
Cuando un rayo incidente se distribuye uniformemente en todas direcciones después de la reflexión.

Sin embargo, podemos afirmar que ninguna superficie real es ni especular ni difusa.

Figura N° 2.17

REFLEXION ESPECULAR Y DIFUSA

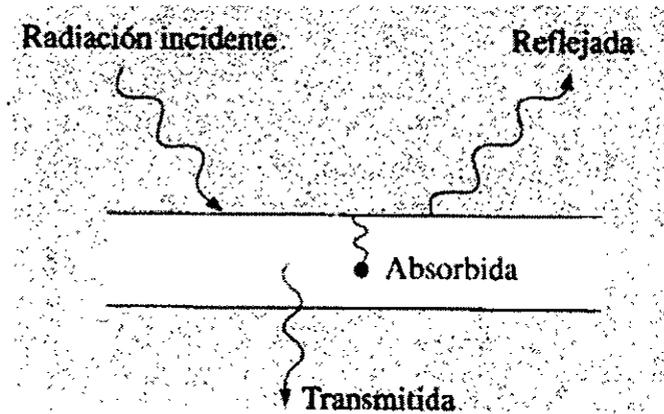
(a) Reflexión especular ($\phi_1 = \phi_2$) y (b) difusa.



Fuente: Transferencia de calor, Holman [13]

En un sistema equilibrado, la energía absorbida por el cuerpo debe ser igual a la energía emitida; de otro modo, habría un flujo de energía hacia dentro o hacia fuera del cuerpo que elevaría o disminuiría la temperatura.

Figura N° 2.18
ABSORCION Y REFLEXION DE LA RADIACION



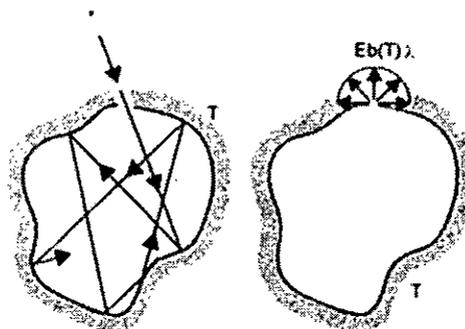
Fuente: Transferencia de calor, Holman [13]

2.4.20. ¿Qué es el Cuerpo negro?

Es una superficie radiante ideal con las siguientes características:

- Absorbe toda la radiación incidente, (cualquier λ y cualquier dirección).
- Para temperatura T y longitud de onda λ , ninguna superficie puede radiar más que un cuerpo negro.
- La radiación emitida es difusa (es decir, no direccional).

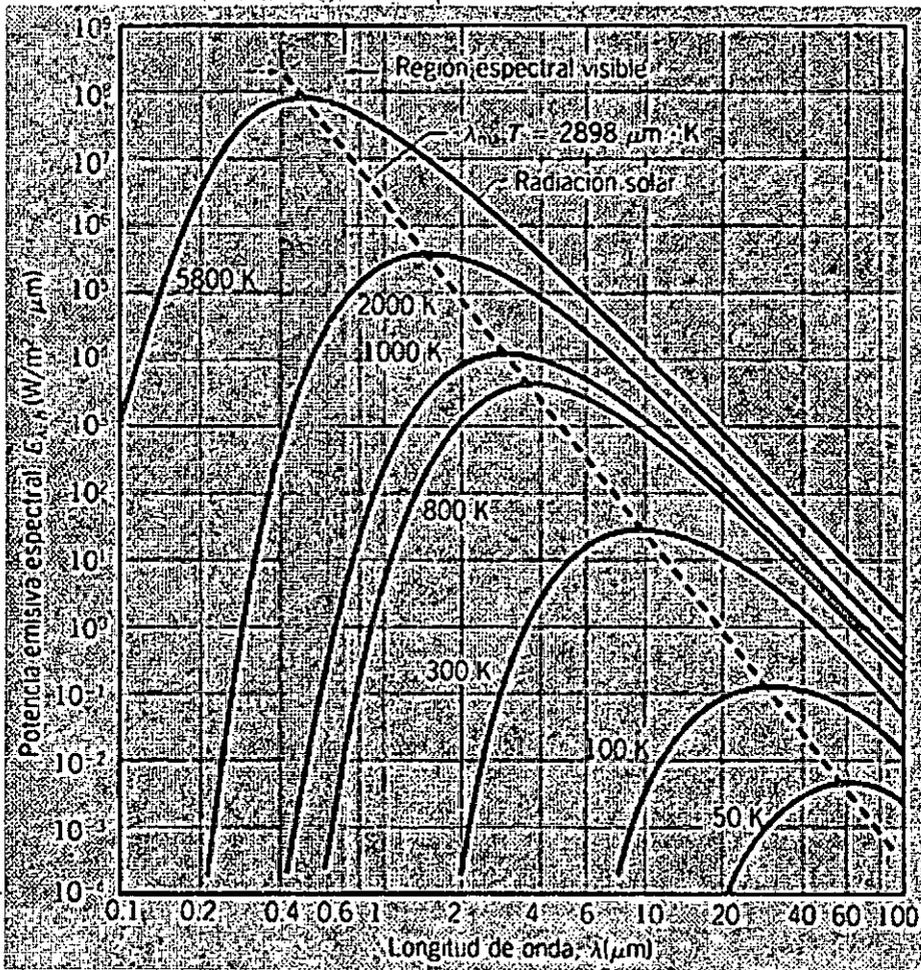
Figura N° 2.19
CUERPO NEGRO



Fuente: www.fing.edu.uy/if/cursos/fister/modulos/tcalor/clases/tc4.pdf

Grafico N° 2.4

POTENCIA EMISIVA ESPECTRAL DEL CUERPO NEGRO



Fuente: Radiación, procesos y propiedades. Pg. 648. F. Incropera_D.DeWitt [19]

2.4.21. Poder emisivo total

Welty y Wicks ("Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa") dicen: "El poder emisivo total, E , de una superficie se define como la rapidez total de energía térmica emitida por medio de radiación, desde una superficie en todas las direcciones y longitudes de onda por unidad de área. El poder total emisivo también se designa con los nombres de emitividad o intensidad hemisférica total. La emitancia se relaciona íntimamente con el poder emisivo", [18].

La emitancia, ϵ , se define como la razón del poder emisivo total de una superficie

sobre el poder emisor total de una superficie radiante ideal a la misma temperatura. La superficie radiante ideal se llama, también, cuerpo negro, así que se puede escribir:

$$\epsilon = \frac{E}{Eb} \quad (2.6.16)$$

Dónde:

E_b : representa el poder emisor total del cuerpo negro, [20].

2.4.22. Ley de Kirchhoff

Esta ley relaciona la absorbencia y la emitancia estableciendo que, en un sistema en equilibrio térmico, se cumple que, [20]:

$$\epsilon_\lambda = \alpha_\lambda \quad (2.6.17)$$

2.4.23. Ley de Planck

Nos dice acerca de la distribución espectral del flujo de radiación de un cuerpo negro a temperatura T , [20]:

$$E_{b,\lambda}(T) d\lambda = C_1 \frac{\lambda^{-5} d\lambda}{e^{C_2/\lambda T} - 1} \quad (2.6.18)$$

2.4.24. Ley de Stefan-Boltzmann

Partiendo de la ley de Planck referida a la radiación, se puede integrar sobre longitudes que varían entre cero e infinito, para la determinación del poder emisor total, E_b . Se obtiene como resultado:

$$Eb = \int_0^\infty E_{b,\lambda} d\lambda = \frac{2\Pi^5\Pi k^4 T^4}{15C^3 h^3} = \sigma T^4 \quad (2.6.19)$$

Dónde:

σ = Constante de Boltzmann = $5.147 \times 10^{-10} \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}^4$, [18]

T = Temperatura del cuerpo o superficie

2.4.25. Intercambio de energía radiante en cavidades negras cerradas

En una cavidad cerrada negra, el intercambio de energía radiante entre una "superficie 1" y cualquiera otra llamada "superficie i", está dado por:

$$q_1 = A_1 F_{1i}(E_{b1} - E_{bi}) \quad (2.6.20)$$

Dónde:

A1 es el área de la superficie 1

F1i el factor de forma

E_{b1} es el poder emisor de la superficie 1

E_{bi} es el poder emisor de la superficie i

La transferencia de calor entre una cavidad en la que la "superficie 1" ve a n superficies, y estas últimas, es, [18]:

$$q_1 - otros = \sum_{i=1}^n q_{1i} = \sum_{i=1}^n A_1 F_{1i}(E_{b1} - E_{bi}) \quad (2.6.21)$$

2.4.26. Factor de forma (F12)

El factor de forma representa la fracción de emisión de calor de un cuerpo a otro y viceversa. Depende de la forma física del cuerpo, es decir de su forma geométrica.

Ejemplo: Para el factor de forma entre el cuerpo 1 (absorbedor, o cuerpo negro), y el cuerpo 2 (lamina de vidrio, como tapa), tenemos que F12:

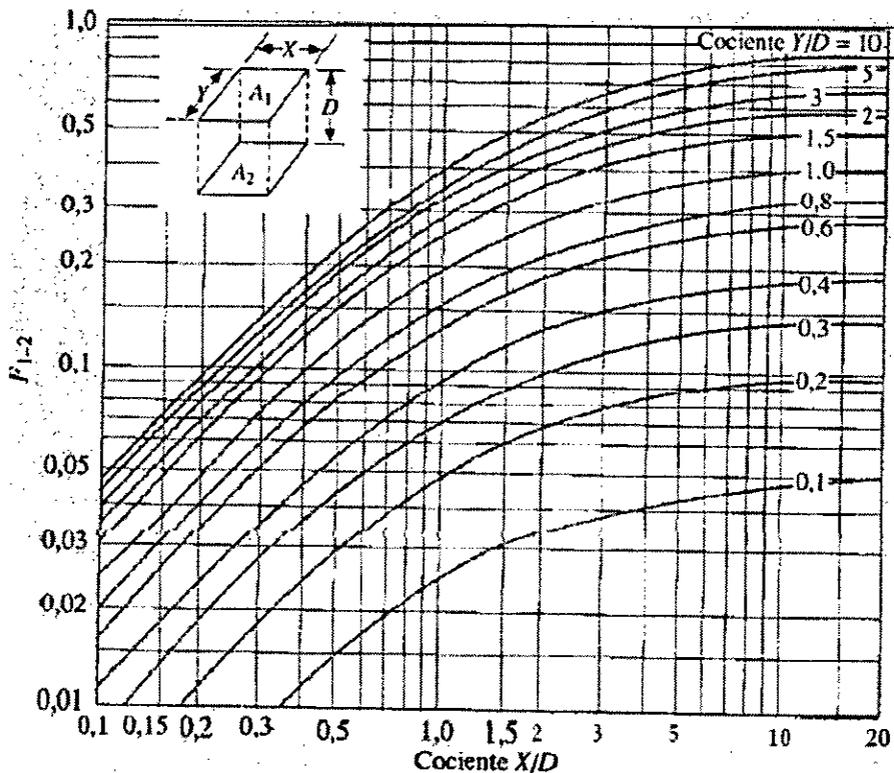
$$X = x/D = 29/20 = 1.45; \quad Y = y/D = 26/20 = 1.30 \quad (2.6.22)$$

Observando en la siguiente tabla de Factor de forma para cuerpos de líneas paralelas, tenemos que:

Factor de forma: $F_{12} = 0.27$

Grafico N° 2.5

FACTOR DE FORMA PARA RADIACION ENTRE CUERPOS PARALELOS



Fuente. Transferencia de calor, Holman, [13]

2.5. Aislamiento térmico

En casi todos los ámbitos de la industria, se presentan problemas de transferencia de calor por conducción por medio de las paredes concéntricas de diversos materiales y cada una de las cuales presenta diferente conductividad térmica. Como ejemplos podemos mencionar problemas en el aislamiento de tuberías, tanque, y equipos en general

que trabajan a temperaturas diferentes a la del medio ambiente, y en los cuales obviamente no deseamos que se produzca pérdida de calor.

El aislamiento térmico se mide en términos de la velocidad de transferencia de calor, por ejemplo el acero transfiere calor a unas 600 veces más rápido que un material aislante. Por ello que muchos materiales que presentan espacios vacíos, o con muchos huecos o celdas de aire, o bien vacíos, retardan el transporte de calor, y pueden clasificarse entre buenos y malos aislantes. Estos materiales pueden ser fibras granuladas, lanas de roca, fibra de vidrio, entre otros, como también estructuras que incorporan espacios con gas como aislante, [15].

2.6. Radiación Solar

Como dice Holman, *"la radiación solar es una forma particular de radiación térmica con una distribución particular de longitudes de onda"*, [13]. La intensidad de dicha radiación depende de: las condiciones atmosféricas, época del año y del ángulo de incidencia de los rayos del sol en la superficie de la tierra.

2.6.1. Constante solar: es el valor de 1.395 W/m^2 , que representa la irradiación total cuando la tierra se encuentra a la distancia media del sol, en la parte más externa de la atmósfera. Este valor puede modificarse, dependiendo del procedimiento de experimentación más preciso.

2.6.2. Los movimientos del Sol y de la Tierra

Nuestro planeta Tierra gira alrededor del Sol efectuando movimientos tanto de rotación sobre su propio eje, como de traslación, alrededor del sol trazando una trayectoria elíptica, tardando un año en recorrerlo por completo.

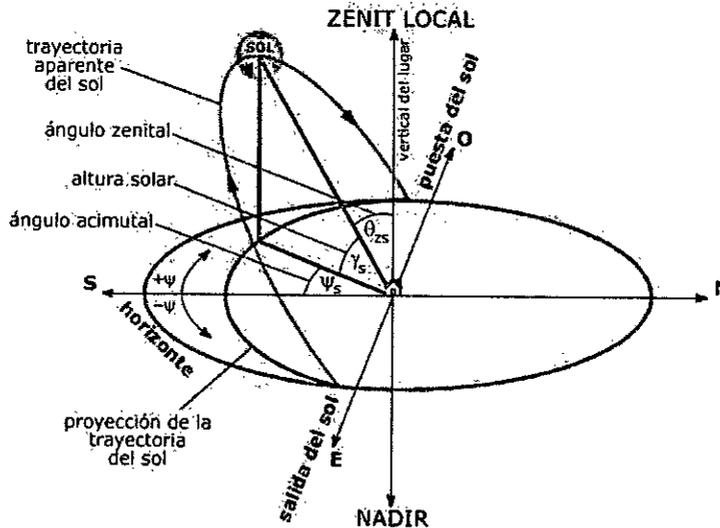
2.6.3. La posición solar

Se debe tener en cuenta la posición solar durante el día para una mejor captación de la energía. Ello implica una posición adecuada de orientación del prototipo.

Se puede definir mediante coordenadas polares, como observamos en la siguiente figura:

Figura N° 2.20

POSICION DEL SOL Y SUS PARAMETROS



Fuente: "Caracterización de la Cocina Solar Primrose", [21]

La posición del Sol se define mediante los siguientes parámetros [21]:

Latitud (λ): Complemento del ángulo formado por la recta que une el zenit y el nadir con el eje polar. Es positivo hacia el Norte y negativo hacia el Sur.

Meridiano: Círculo máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el zenit y por el nadir.

Ángulo Zenital (θ): Ángulo formado por el radio vector punto-Tierra y la vertical del lugar. Es positivo a partir del zenit.

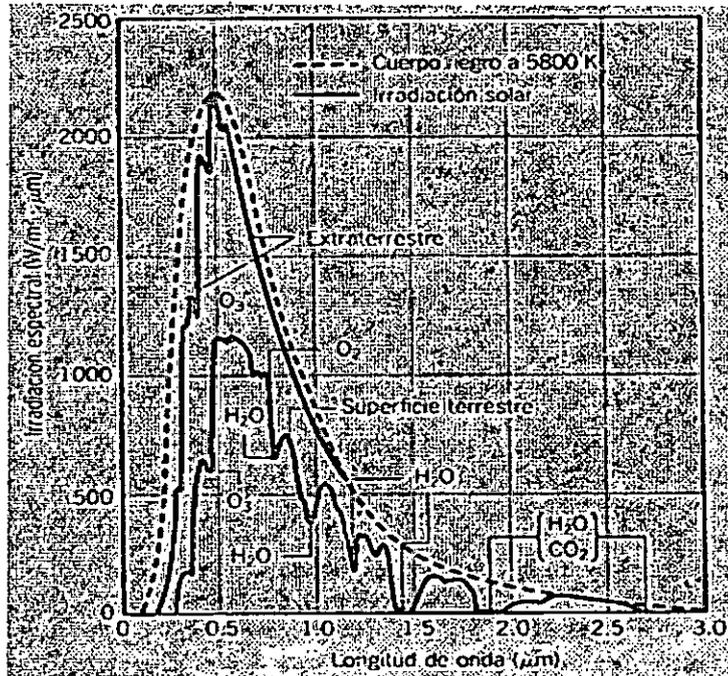
Altura solar (γ_{zs}): Ángulo formado por los rayos solares sobre la superficie horizontal. Ángulo complementario de la distancia zenital.

Ángulo acimutal (ψ): Ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur. Positivo 0° a 180° hacia el Oeste y negativo hacia el Este 0° a -180° .

Horizonte: Lugar geométrico de los puntos con altura 0.

Grafico N° 2.6

DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA RADIACION SOLAR



Fuente: Radiación, procesos y propiedades. Pg. 682. F. Incropera_D.DeWitt, [19]

Tabla N° 2.4

ABSORTANCIAS DE MATERIALES PARA RADIACION SOLAR

Superficie	Absortancia	
	Para radiación solar ($\lambda \sim 0,5 \mu\text{m}$)	Para radiación a baja temperatura $\sim 25^\circ\text{C}$ ($\lambda \sim 10 \mu\text{m}$)
Aluminio, altamente pulido	0,15	0,04
Cobre, altamente pulido	0,18	0,03
Mate	0,65	0,75
Fundición	0,94	0,21
Acero inoxidable, n.º 301, pulido	0,37	0,60
Mármol blanco	0,46	0,95
Asfalto	0,90	0,90
Ladrillo rojo	0,75	0,93
Grava	0,29	0,85
Laca negra lisa	0,96	0,95
Pinturas blancas, varios tipos de pigmentos	0,12-0,16	0,90-0,95

Fuente: "Transferencia de Calor", Holman, [13]

2.7. Aplicaciones de los concentradores solares

El estudio de los concentradores de calor solares, se basan directamente en el estudio de los hornos o cocinas solares, que son apropiadas para zonas geográficas en donde existen mayores niveles de radiación solar. En nuestro país, el Perú, gracias a su geografía existe mucha disponibilidad de poder captar la energía solar en abundantes cantidades, tanto en la sierra como en la selva, así como en el norte del país.

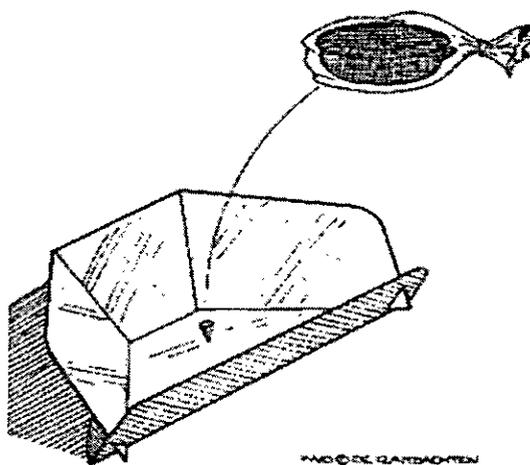
2.7.1. Clasificación de los concentradores de calor como horno solar o como cocina solar

a. Concentrador solar como cocina tipo panel

Los concentradores o cocinas de este tipo son muy sencillos y fáciles de usar. Están construidas bajo una superficie de cartón o madera, recubierta de paneles reflectantes forrada con papel aluminio o laminas de aluminio, que centran en un punto la luz del Sol, este punto de concentración puede ser un recipiente, olla, etc., que recibe la radiación reflejada. De esa manera se produce el calentamiento progresivo que conduce como por ejemplo a la cocción del alimento.

Figura N° 2.21

CONCENTRADOR DE PANEL



Fuente: CEUTA_Encuentro Nacional de Energía Solar. Montevideo. 2006

Ventajas

- Es muy sencilla de implementar
 - Se utilizan materiales baratos para su construcción
 - No son muy sensibles a la nubosidad moderada.
 - No depende mucho de su orientación hacia la trayectoria solar
- Inconvenientes
- Son inestable a los vientos
 - Es de vida útil reducida, por el hecho de usarse materiales baratos y sencillos
 - No se alcanzan niveles altos de temperatura

b. Concentrador solar como horno solar o cocina de caja

Es un equipo con el cual es posible calentar, pasteurizar el agua y cocinar los alimentos utilizando la energía solar. La cocina solar de caja u horno solar, está clasificada en el grupo de las cocinas solares de acumulación. Consta de un espacio interno que está térmicamente aislado, y está diseñado para concentrar la mayor cantidad posible de energía solar en forma de calor. Por ello que puede ser aplicado para cocinar algunos alimentos, es decir, dorar, calentar, hervir, etc.

b.1. Partes de un horno solar

Fundamentalmente, la mayoría de ellos presentan las siguientes partes:

1. Zona de calefacción: Espacio o caja, recubierta de aislante térmico en el fondo y paredes, dentro de ella se acumula el calor, donde se colocan los alimentos a calentar o cocinar.
2. Cubierta transparente: Generalmente de vidrio, por donde ingresan los rayos solares.

3. Placa de absorción: Elemento que transforma la luz solar en energía térmica o calor, deben ser materiales oscuros o de color negro para retener el calor.
4. Reflectores: Colocados alrededor de la tapa de vidrio y ayudan a capturar la energía solar y con ello se aumenta la capacidad de generar calor.

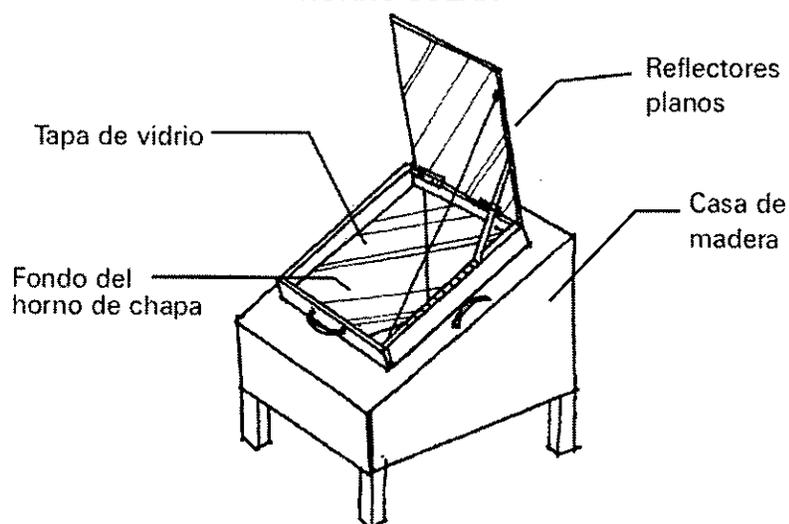
b.1.1. Principio de funcionamiento

El funcionamiento de un horno solar se basa en varios principios físicos, como los siguientes:

- Efecto invernadero: Este fenómeno permite aumentar el calor al interior del horno. La luz del sol atraviesa la tapa de vidrio del horno, la energía que lleva es transformada en calor por la placa de absorción. La energía solar que ingresa tiene una cierta longitud de onda, la cual ingresa sin dificultad a través del vidrio. La energía térmica o calor producido por la placa de absorción tiene una longitud de onda mayor, la cual no puede atravesar el cristal y no puede salir al exterior. Así, el calor queda atrapado y concentrado en el interior del área de cocción del horno.
- Aislamiento térmico: Todo horno solar necesariamente debe tener una capa de aislamiento térmico como por ejemplo con lana metálica, aislantes sintéticos, fibra de vidrio, etc., para poder mantener el calor que se produce por el efecto invernadero. Si el calor se pierde por la base y por las paredes al no tener una capa de aislamiento, será muy difícil cocinar los alimentos [22].

Figura N° 2.22

HORNO SOLAR



Fuente: Fundación Celestina Pérez de Almada, UNESCO, [23]

Ventajas:

- Pueden ser ensamblados por el mismo usuario, por ser sencillos y de bajo costo.
- El agua o la comida se mantiene caliente por su aislamiento.
- Producen baja reflexión de la luz.
- Fácil de manipular. No requiere reorientación para concentrar el calor.

Desventajas:

- El proceso de calentamiento es lento. Depende del diseño y eficiencia térmica.
- Si se calienta agua o se cocina, produce condensación en el interior, afectándose la transferencia de la radiación.

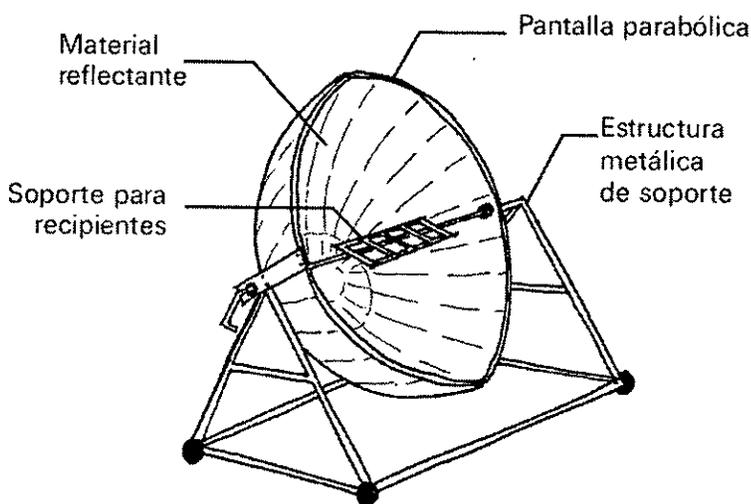
c. Concentrador solar en forma de parábola

Este tipo de concentrador utiliza los principios ópticos. Se concentra la radiación solar en un punto focal en la cual se puede ubicar una olla. Empleando materiales tales como espejos o

lentes, se pueden alcanzar temperaturas muy altas. Su estructura tiene una forma de parábola, por ello que se las conocen con el nombre de concentradores o cocinas parabólicas. Dentro de esta categoría, existen diversos tipos: poco profundos, profundos, asimétricos, plegables, cilindro-parabólicos. Sin embargo también existen con otras geometrías, cilíndricas, esféricas, con espejo, o las que utilizan como reflectores los lentes de Fresnel.

Figura N° 2.23

CONCENTRADOR PARABOLICO



Fuente: Fundación Celestina Pérez de Almada, UNESCO, [23]

d. Concentrador solar como cocina con colector de energía

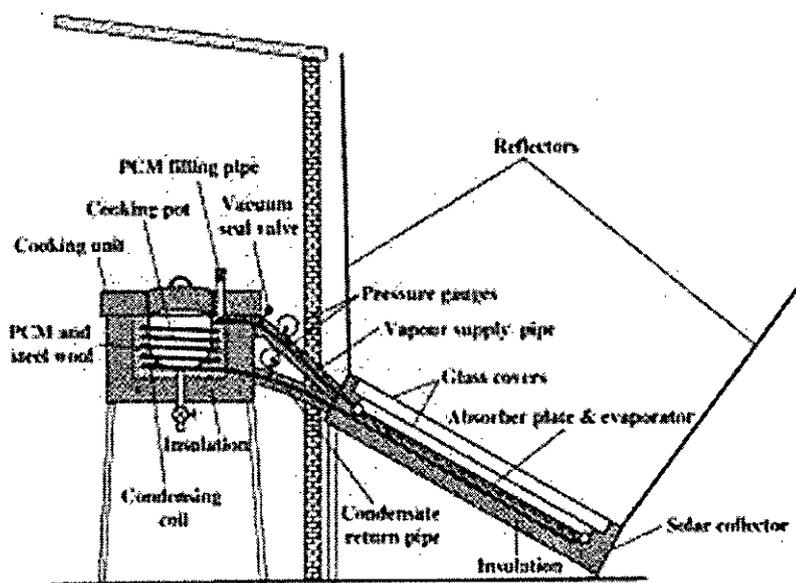
Está compuesto por los colectores solares que se encargan de la recepción de la radiación solar y la transferencia de calor, y una parte de la cocina. El usuario no se ve afectado por la radiación y del calor, debido a que la parte de cocina está separada y protegida de la radiación.

En esta cocina la olla está aislada de la recepción de la radiación y se basa en transferencia de calor para transmitir a la olla de cocción. El vapor es producido por los colectores planos o concentradores, y transferido a una cámara que contiene la olla.

Las cocinas sin embargo, pocas veces alcanzan temperaturas superiores a los 100 ° C y existe el problema de la condensación en el interior del colector de vidrio.

Figura N° 2.24

COCINA INDIRECTA CON COLECTOR SOLAR



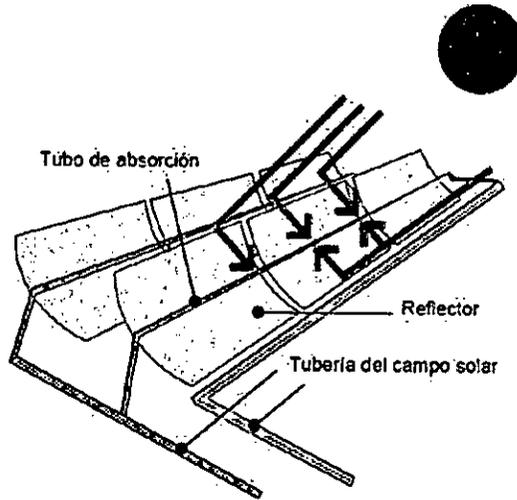
Fuente: <http://www.elsevier.com>

e. Concentrador solar cilíndrico parabólico, CCP

Este modelo está compuesto por reflectores de espejos cilíndricos para concentrar la luz solar en los tubos del receptor que están situados en la línea focal del canal. En los tubos circula un fluido que transfiere el calor, como un aceite térmico sintético. Alcanza un nivel de temperatura de unos 400°C a causa de la concentración de los rayos solares, y se bombea este aceite en una serie de intercambiadores de calor para producir vapor sobrecalentado.

Figura N° 2:25.

COLECTOR CILINDRICO PARABOLICO



Fuente: www.greenpeace.org, [25]

2.7.2. Comparación entre concentradores solares

Los concentradores o cocinas solares que existen en el mercado son muy diferentes en cuanto a su tamaño, modelo, rendimiento y utilidad, y no resulta fácil hacer una comparación muy precisa.

Para analizar las diferencias sustanciales entre un hornos solares y cocinas solares, es muy necesario conocer las aplicaciones y los ambientes en los que el usuario las ha a utilizar. Pueden utilizarse para pasteurizar el agua, para hervirla, para cocinar alimentos, y una serie de aplicaciones más.

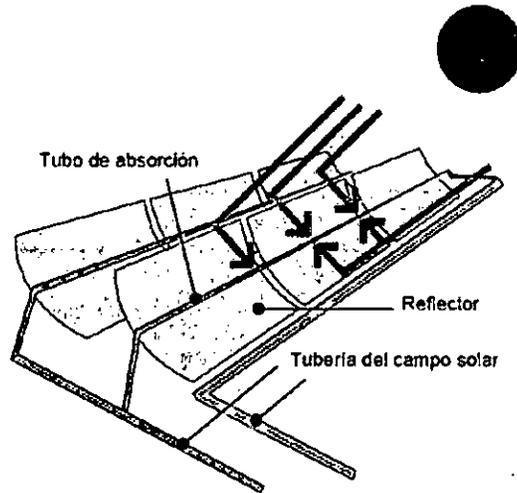
2.7.3. Características que influyen en el funcionamiento del concentrador solar

a. La absorción atmosférica de la radiación

Cada vez que la radiación solar atraviesa la atmósfera, una parte de ella es absorbida y la otra parte se dispersa por acción del ozono, oxígeno, agua y del polvo. Cuando atraviesa la atmósfera

Figura N° 2.25

COLECTOR CILINDRICO PARABOLICO



Fuente: www.greenpeace.org, [25]

2.7.2. Comparación entre concentradores solares

Los concentradores o cocinas solares que existen en el mercado son muy diferentes en cuanto a su tamaño, modelo, rendimiento y utilidad, y no resulta fácil hacer una comparación muy precisa.

Para analizar las diferencias sustanciales entre un hornos solares y cocinas solares, es muy necesario conocer las aplicaciones y los ambientes en los que el usuario las ha a utilizar. Pueden utilizarse para pasteurizar el agua, para hervirla, para cocinar alimentos, y una serie de aplicaciones más.

2.7.3. Características que influyen en el funcionamiento del concentrador solar

a. La absorción atmosférica de la radiación

Cada vez que la radiación solar atraviesa la atmósfera, una parte de ella es absorbida y la otra parte se dispersa por acción del ozono, oxígeno, agua y del polvo. Cuando atraviesa la atmósfera

de manera perpendicular, el flujo solar se reduce entre 15 a 30%, dependiendo del periodo del año.

Tabla N° 2.4

COMPARACION DE LOS MODELOS DE CONCENTRADOR SOLAR

	Mercado	Coste	Tiempo de vida
De panel	Hogares compuestos por familias pequeñas	En Kenya, son fabricadas por "Solar Cookers International" por 5\$US cada una. (Fuente: <i>wikia</i>)	La vida es corta dada la simplicidad y bajo precio de los materiales.
De caja y hornos	El mercado objetivo para los hornos y cocinas de caja son los hogares, generalmente compuestas de entre 2-8 personas.	Puede costar entre 0\$ y 150\$ dependiendo del tipo y calidad del material utilizado.	La vida útil de la cocina solar de caja, depende también del tipo y calidad del material utilizado. Las cocinas caseras, utilizando material reciclado, obviamente, no duran tanto como las cocinas hechas de materiales más caros.
De concentración	Las cocinas solares parabólicas son convenientes para hogares e instituciones pequeñas y normalmente se puede cocinar para 6-20 personas	Son generalmente más caros que los hornos debido a que se utilizan materiales costosos. Una estimación del precio sería de entre 20\$-300\$.	Tienen una larga vida útil, ya que se utilizan generalmente materiales como el aluminio, acero y acero inoxidable, que son resistentes.
Indirectas	Van dirigidas principalmente a pequeñas y medianas instituciones, sino también a los hogares ricos.	En general, cocinas indirectas son más caras debido al coste de los materiales utilizados, así como el aumento de requisitos de los componentes. Una estimación del costo sería de entre 250\$ - 500\$.	La expectativa de vida es larga debido también a la calidad de los materiales así como a las posibilidades de utilización en interiores.

Fuente: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment - Final Report 1 July 2001

Cuando el flujo solar viene de una radiación directa y difusa, que viene desde todos los ángulos oscila alrededor del 5 al 15% en un

día claro. En un día que está muy nublado y el sol no se ve, toda la luz que se ve es difusa.

Los hornos y cocinas solares se diseñan y utilizan generalmente con radiación directa, sin embargo algunos modelos pueden operar con presencia de radiación difusa. De manera experimental se sabe que las cocinas reflectantes alcanzan mayores temperaturas en áreas con cielo despejado (mayor radiación directa), mientras las cocinas de panel, o cocinas de colectores lo hacen en condiciones de nubosidad moderada, y los hornos ante condiciones de elevada nubosidad, es decir tienen un mayor rendimiento. Esto nos lleva a considerar las especificaciones de cada cocina en función de las componentes de las radiaciones directa y difusa.

b. La hora del día

Al girar la tierra sobre su eje hace que la posición relativa del sol varíe durante el día. El tiempo solar se mide desde el mediodía solar.

Por la mañana y al atardecer cuando el ángulo del sol son bajos, la radiación solar tienen una intensidad baja de y , por tanto, no es recomendable utilizar el horno o cocina solar. Pero, la intensidad solar es alta, entre las horas 9.00 am a 4.00 pm, oscilando entre 700 y 1000 W/m^2 , periodo en el cual si se puede utilizar con eficiencia el horno o cocina solar, [24].

c. La latitud

La dirección que siguen los rayos solares será distinta según el ángulo de latitud en el que nos encontremos. En las regiones comprendidas en la zona intertropical, el sol puede incidir perpendicularmente en el medio día, mientras que al norte o al sur

de estas latitudes ($\pm 23,5^\circ$) el sol puede no incidir perpendicularmente en algunos momentos del año, [21].

d. Condiciones meteorológicas

Algunos autores consideran que no son aceptables experimentos realizados con cocinas mientras la radiación incidente sea menor de 450 W/m^2 o superior a las 1100, así mismo la velocidad del viento no debe ser superior a los 2,5 m/s durante más de diez minutos, [21].

2.8. Normas técnicas para concentración de calor solar aplicadas a cocina solar

Para poder construir un sistema solar de concentración de calor aplicado a esterilización biomédica por calor seco, debemos tener en cuenta los estándares internacionales relacionados al mismo. Sin embargo, no existen normas técnicas para tal efecto, dado que este es un desarrollo único y nuevo. Sin embargo, podemos considerar las normas técnicas para concentración de calor solar aplicadas a cocinas solares, dado que los sistemas tienen casi los mismos objetivos, las primeras de cocinar o hervir los alimentos a una alta temperatura (mayor a los 100°C), mientras que nuestro sistema el de esterilizar los instrumentos biomédicos (temperaturas entre 150°C a 200°C).

En ese sentido, el desarrollo no resulta fácil, debido a las diferentes exigencias de cada uno de los distintos modelos de cocina. Cada cocina físicamente tiene unos requerimientos de utilización diferente, y por tanto también son distintos los datos, cálculos, parámetros y consideraciones a tener en cuenta.

Los tres estándares más utilizados para llevar a cabo estos estudios, en diferentes partes del mundo, son los siguientes:

2.8.1. La Norma Americana, ASAE (American Society of Agricultural Engineers Standard), del año 2003.

Esta norma muestra el incremento de la temperatura del agua dentro de la olla, mientras la cocina opera en unas características concretas, dadas en el estándar, para llevar a cabo el proceso, concluyendo con un valor normalizado de su potencia. Puede verse en el ANEXO 5.

2.8.2. La Norma India, Bureau of Indian Standards Testing Method.

Esta norma se basa en un proceso térmico de cálculo del tiempo que se tarda en alcanzar la temperatura de referencia. Temperatura obtenida de forma experimental, y descrita a través del desarrollo de una curva característica. Puede verse en el ANEXO 6.

2.8.3. La Norma Europea, European Committee on Solar Cooking Research Testing Standard.

Esta norma por su parte, evalúa el proceso siguiendo distintas condiciones experimentales, que han sido estipuladas en el estándar, sobre los detalles de medida.

Para efectuar las mediciones de los parámetros, es necesario contar con una serie de instrumentos adecuados y bases de datos, tales como: sensor de temperatura

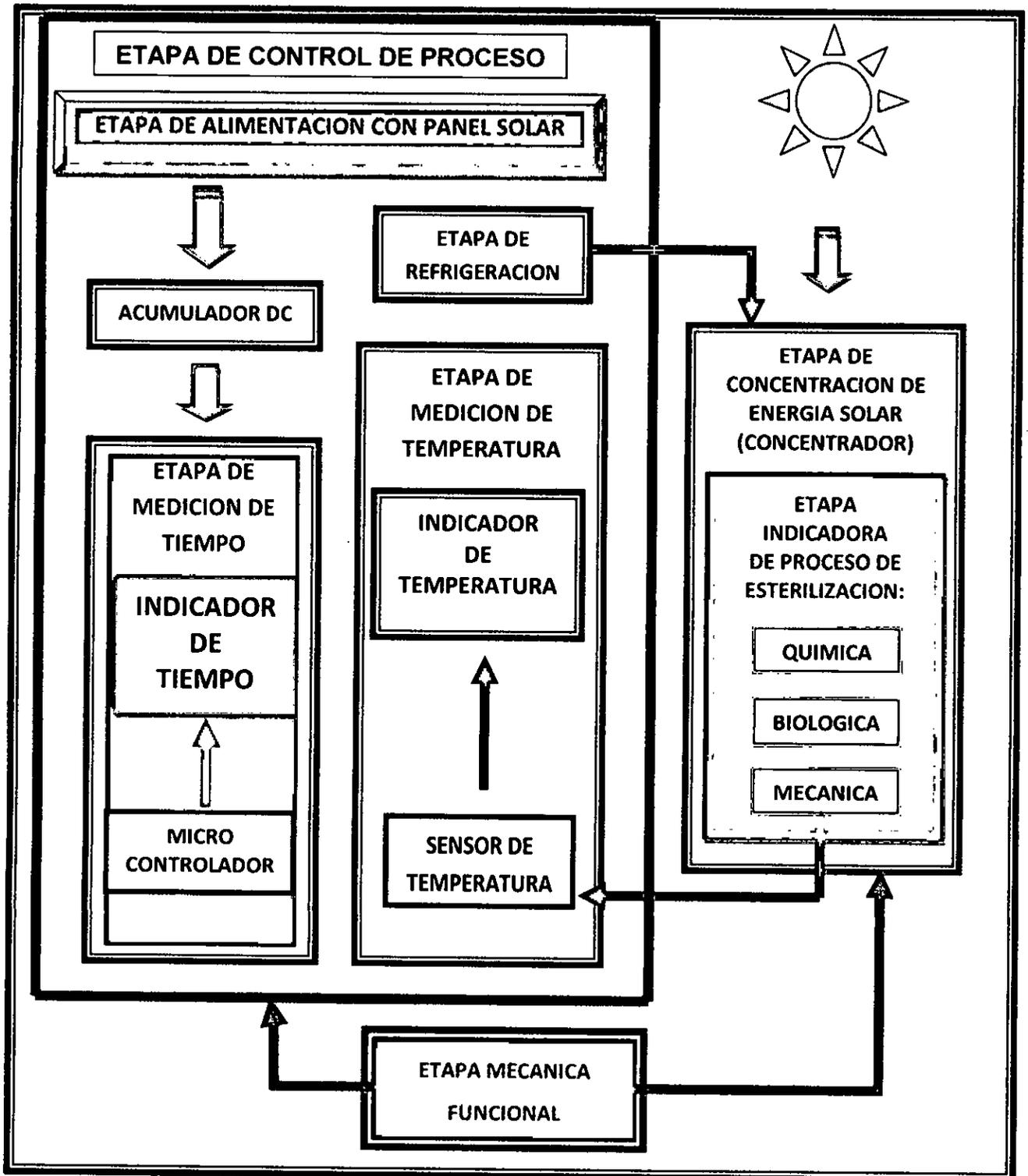
- Piranómetro, para medir la radiación incidente
- Anemómetro, para medir la velocidad del viento
- Termómetro, para medir la temperatura ambiente
- Humedímetro, para medir la humedad relativa del ambiente

El aporte de los datos de una estación meteorológica (medición de la velocidad del viento, la radiación solar global sobre el plano horizontal, la radiación solar global incidente sobre un plano inclinado a 40°, la temperatura y humedad ambientes. Las normas técnicas las podemos encontrar en el ANEXO 7.

2.9. Descripción funcional del Esterilizador Solar

Nuestro sistema ha presentado las siguientes etapas funcionales:

Figura N° 2.9.1. DIAGRAMA DE LAS ETAPAS DEL ESTERILIZADOR SOLAR

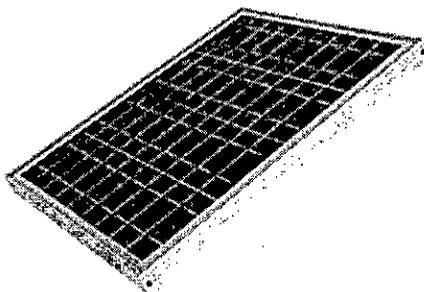


Fuente: elaboración propia

2.9.1. Etapa de alimentación DC con panel solar

Esta etapa está formada por un panel solar instalado en la parte externa del concentrador de calor solar. Estos paneles solares captan la energía del sol en celdas fotoeléctricas, las cuales desprenden gran cantidad de electrones del material del cual están hechos para producir energía eléctrica. Esta energía, después puede ser almacenada en forma de voltaje en un acumulador de corriente continua. Con esta etapa alimentamos el circuito de reloj del sistema, es decir la Etapa indicadora de tiempo de esterilización. Esto se hace a partir de un pequeño panel solar de 36 W, y con un voltaje de salida de 5 v dc. Esta señal de salida, no puede conectarse directamente sobre el circuito, porque la señal de salida puede ser irregular, dado que la radiación solar es variable en el tiempo, en ese sentido, instalamos a la salida del panel solar, un acumulador de 5 v dc., y este elemento si no entrega un nivel de voltaje continuo estable, que nos permite alimentar el circuito de tiempo con más seguridad.

Figura 2.9.2. PANEL SOLAR UTILIZADO



Fuente: www.google.com

a. Características técnicas:

Este panel solar monocristalino, tiene una alta eficiencia de transformación de energía solar tiene una superficie de resina fina y robusta para ambientes al aire libre. Viene terminado con un

conector JST de 2 mm. El voltaje típico de circuito abierto es de alrededor de 5 v, dependiendo del consumo.

En esos días de verano brillante con el cielo claro y el sol grande, el pico de tensión OC puede correr hasta 10 v. Para evitar cualquier daño a las tarjetas que aceptan un estrecho rango de tensión de entrada, es recomendable usar un regulador de tensión o un convertidor DC/DC.

Especificaciones:

Dimensiones: 160x138x2.5(±0.2)mm.

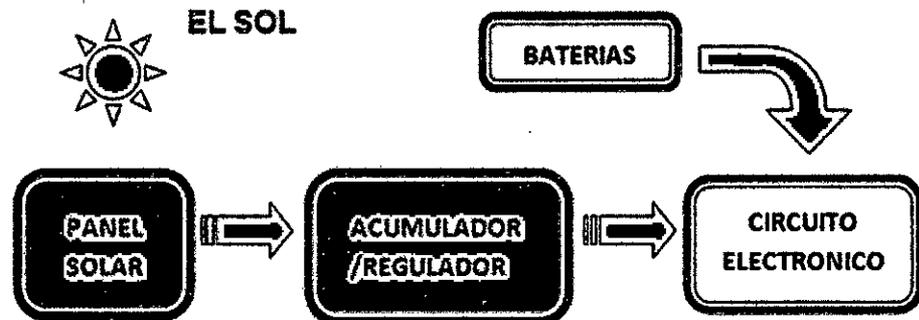
Voltaje: 5.5V

Corriente: 540mA

Voltaje en circuito abierto: 8.2 V

Máximo voltaje con carga: 6.4V

Figura 2.9.3. DIAGRAMA DE ALIMENTACION DE ENERGIA DC

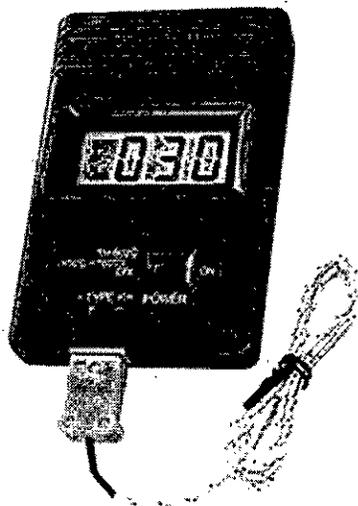


Fuente: Elaboración propia

2.9.2. Etapa Indicadora de medición de temperatura

Esta etapa está conformada por un instrumento medidor digital de temperatura de la marca Lutron y modelo TM-902C como se observa en la figura 2.9.4. Como se observa nuestro instrumento tiene un display LCD y que hace uso de una termocupla K como sensor de temperatura cuyas características se han detallado en líneas anteriores.

Figura 2.9.4. TERMOMETRO DIGITAL DE LUTRON, MODELO TM-902C



Fuente: <http://www.viaindustrial.com.pe>

El objetivo es alcanzar unos 150 °C a 160 °C durante al menos dos horas seguidas para aplicarlas en un proceso de esterilización por calor seco. Como sabemos las temperaturas que mide una termocupla K está en el rango de -100 °C a 1300 °C aproximadamente. El instrumento se ubica y asegura en la parte frontal o lateral de una de las paredes del concentrador, con el objetivo de monitorear el nivel de temperatura en intervalos de tiempo. Mientras que la termocupla K, se ubica dentro del concentrador y muy junto a la placa de absorción de calor, gracias a su conector de unos 60 cm. de largo está y protegida con un aislante para alta temperatura. Sobre la lámina de absorción se colca la caja de esterilización de instrumental. Las características técnicas del termómetro digital se muestran en la tabla 2.5.

Tabla N° 2.6

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL MEDIDOR DIGITAL DE TEMPERATURA

Código	130822
Referencia	TM-902C
Dimensión	105x20mm
Rango	50 - 1200 °C
Tipo de sensor	K
Número de canales	
Señal a PC	No
Exactitud	(+)-3%
Funciones adicionales	Diferencia de temperatura
Resolución	1° C
Accesorios incluidos	Manual
Batería	6F22, 9v
Peso	150 gr
Marca	Lutron

Fuente: <http://www.viaindustrial.com.pe>

2.9.3. Etapa indicadora de tiempo de esterilización

Esta etapa está formada por un circuito electrónico de reloj cuya arquitectura interna básicamente está conformada por un microcontrolador de la Marca Microchip y del modelo 16F628A de la gama media, conocido como PIC, que trabaja complementariamente con un display LCD, el mismo que nos indica el tiempo de esterilización transcurrido, a partir del nivel umbral de temperatura de esterilización (superior a los 150 °C). Luego de hora y treinta minutos, como se ha comprobado experimentalmente, podemos obtener un instrumental esterilizado, a diferencia de los esterilizadores eléctricos, que esterilizan en dos horas a 160 °C.

El microcontrolador PIC, para que pueda cumplir con su función de controlar el tiempo, tiene grabado en su memoria de programa, precisamente un programa en Lenguaje C que hace posible el proceso de control del tiempo, en segundos, minutos, y horas. Simulamos la medición mediante el programa PROTEUS.

a. Programa para el control de tiempo de esterilización

```
//Definiendo los dispositivos y los drivers
#include "16F628A.H" //Librerías del PIC
#FUSES INTRC,NOWDT,NOLVP,MCLR //Habilitación de
//características de trabajo
#define USE_PORTB_LCD TRUE //Definimos el Puerto B
//como salida de datos
#USE DELAY(CLOCK=4M) //Frecuencia base del
//microcontrolador a 4 Mhz
#include "LCD.C" //Librerías de LCD
int cont_int=0,ss=0,mm=0,hh=0; //definimos valores
//enteros
short muestra=1; //la cuenta va de unidad
//en unidad

void main(void) //Programa principal
{
    lcd_init(); //Inicialización del LCD
    lcd_putc("\f"); //Disponible para escribir los
//números
    lcd_gotoxy(9,1); //Ubicación de la posición xy(9,1)
    lcd_putc("hh:mm:ss"); //Escribimos las letras hh:mm:ss
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,249,10); //Configuramos el
//timer2
    set_timer2(0); //Inicializamos en 0
    enable_interrupts(GLOBAL); //Habilitamos la
//interrupción global
    enable_interrupts(INT_TIMER2); //Habilitamos las
//interrupciones para
//timer2
    BUCLE: if (muestra==1) //Inicia lazo de retroalimentación
    {
```

```

lcd_gotoxy(9,2);          //Ubicación de la posición xy(9,2)
printf(lcd_putc,"%02u:%02u:%02u",hh,mm,ss); //se escribe
                               //hh:mm:ss en pantalla
muestra=0;                //la cuenta inicializa en 0
}
goto BUCLE;              //retorno al lazo de retroalimentación
}

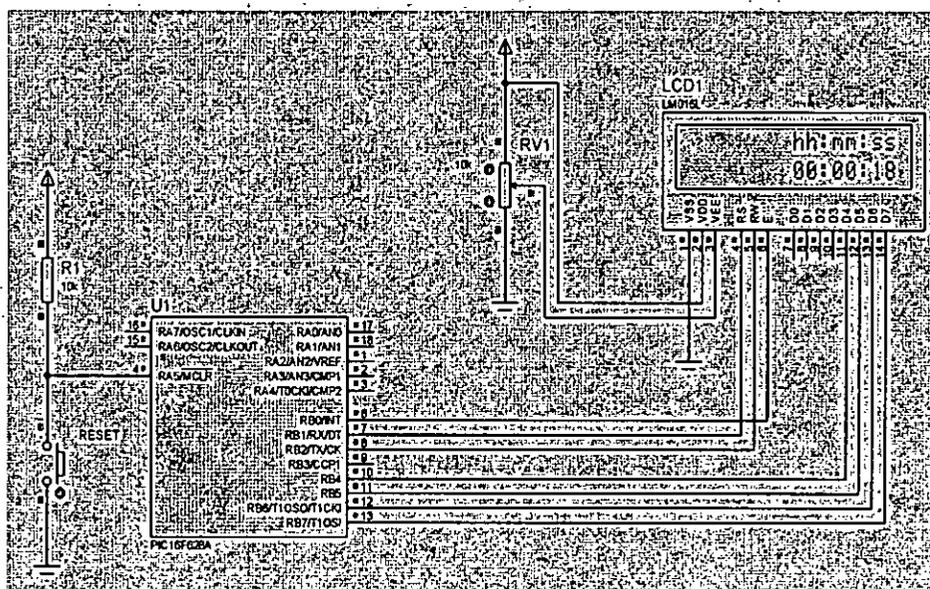
#INT_TIMER2              //Programa de interrupción para timer2
void interrupcion_tmr2(void) //Programa principal
{
    cont_int++;          //conteo incremental
    if(cont_int==25)    //condición de cuenta
    {
        cont_int=0;     //conteo inicia en 0
        muestra=1;       //se repite una cada vez
        ss++;           // incrementa los segundos
        if (ss==60)     //condición igual hasta 60 segundos
        {
            ss=0;mm++;  //incrementa los minutos
        }
        if (mm==60)    //condición igual hasta 60 minutos
        { mm=0;         //inicializan los minutos en 0
          hh++;         //incrementa las horas
        }
    }
}
}

```

a. Simulación de medición del tiempo de esterilización

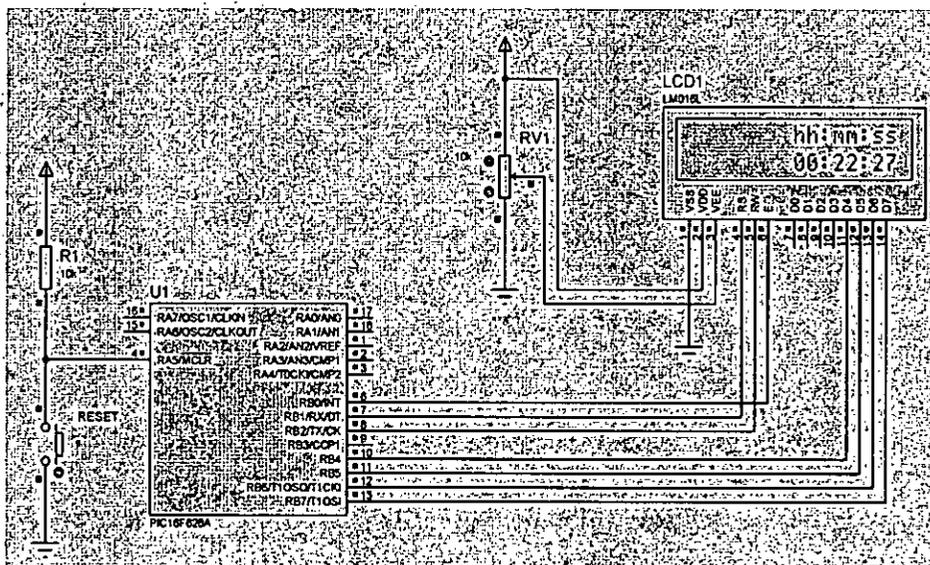
Esta simulación se ha efectuado con el software PROTEUS, y como se verá a continuación, obtenemos el tiempo en horas, minutos y segundos.

Figura 2.9.5. SIMULACION DE TIEMPO DE ESTERILIZACION A 18 segs.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.6 SIMULACION TIEMPO DE ESTERILIZACION A 22:27 min.



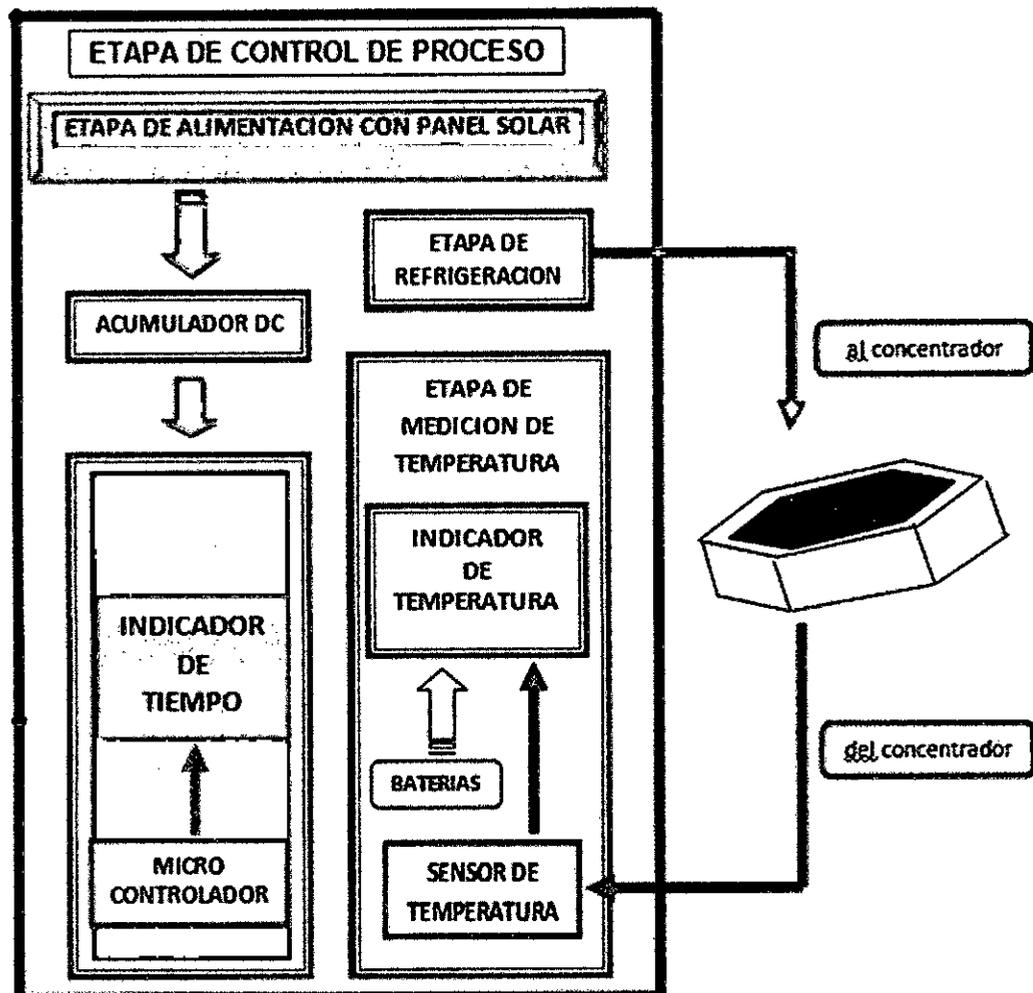
Fuente: Elaboración propia

2.9.4. Circuitos eléctricos y electrónicos del sistema

A continuación presentamos los circuitos eléctricos y electrónicos de las etapas correspondientes, tales como las de la Etapa de Control, y sus sub-etapas: indicadora de tiempo e indicadora de temperatura. Presentamos tanto los esquemas de los circuitos electrónicos, los circuitos físicos y los diagramas de PCB o circuitos impresos.

a. Diagrama general de la etapa de Control

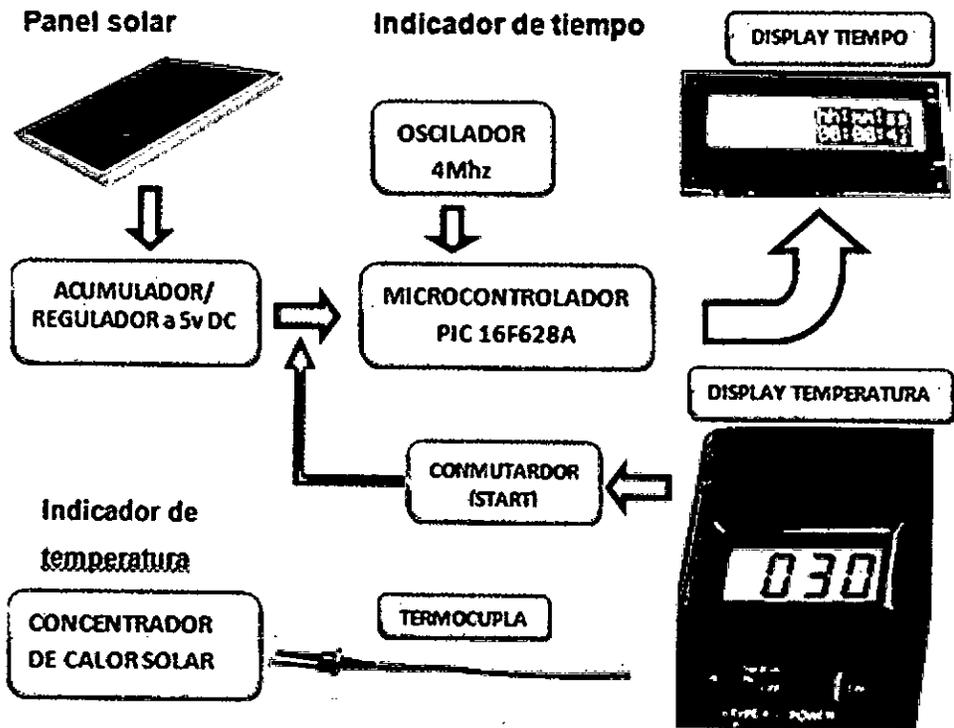
Figura N° 2.9.7. ESQUEMA ETAPA DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

b. Diagrama del circuito de control del Sistema

Figura N° 2.9.8.A. DIAGRAMA DEL CONTROL DE SISTEMA



Fuente: Elaboración propia

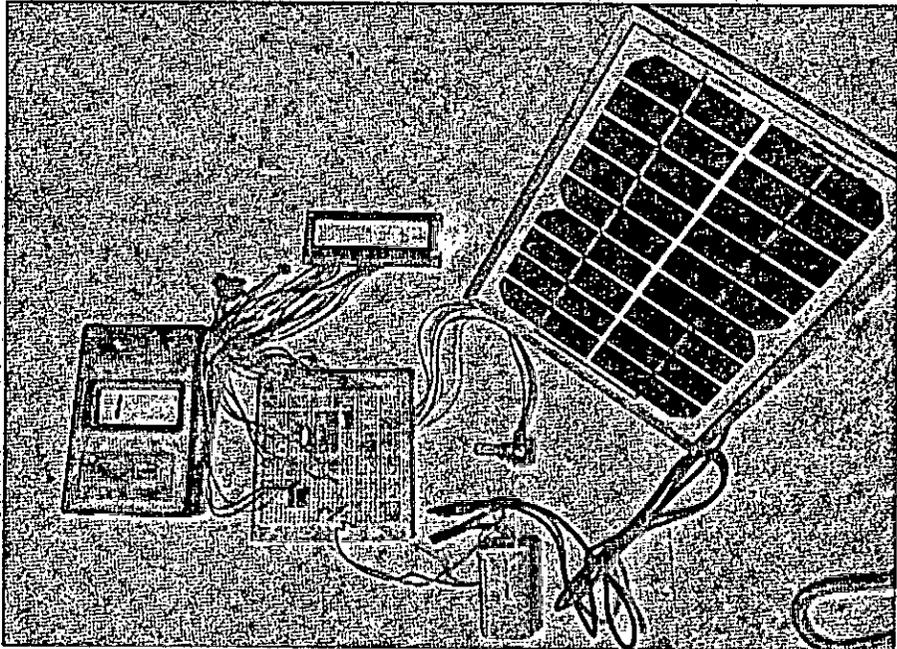
Figura N° 2.9.8.B. PROTOTIPO DEL CONCENTRADOR Y ETAPA DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

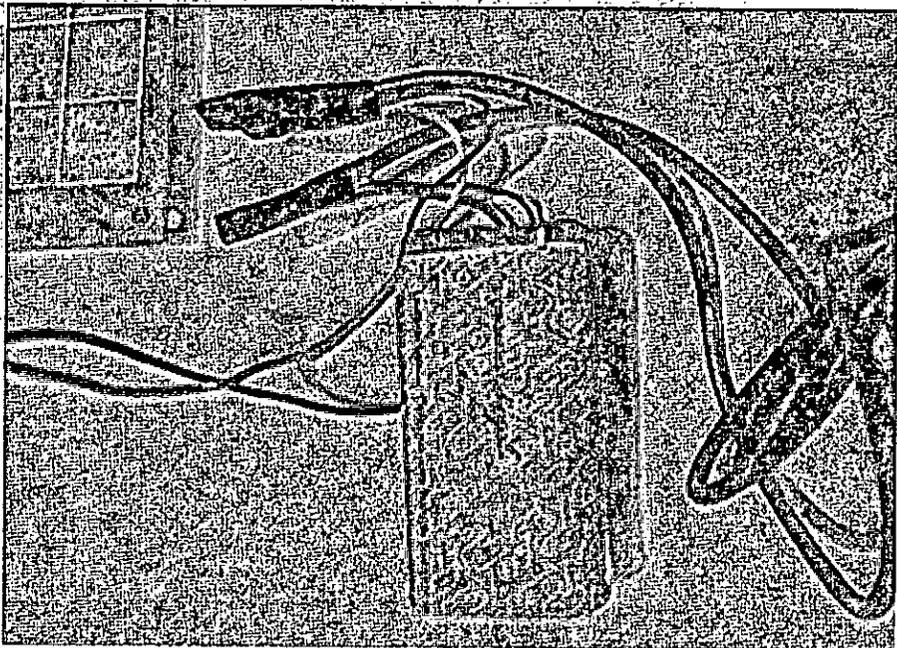
c. Sub etapas de la Etapa de Control del Sistema

Figura N° 2.9.9. CIRCUITO GENERAL DEL SISTEMA



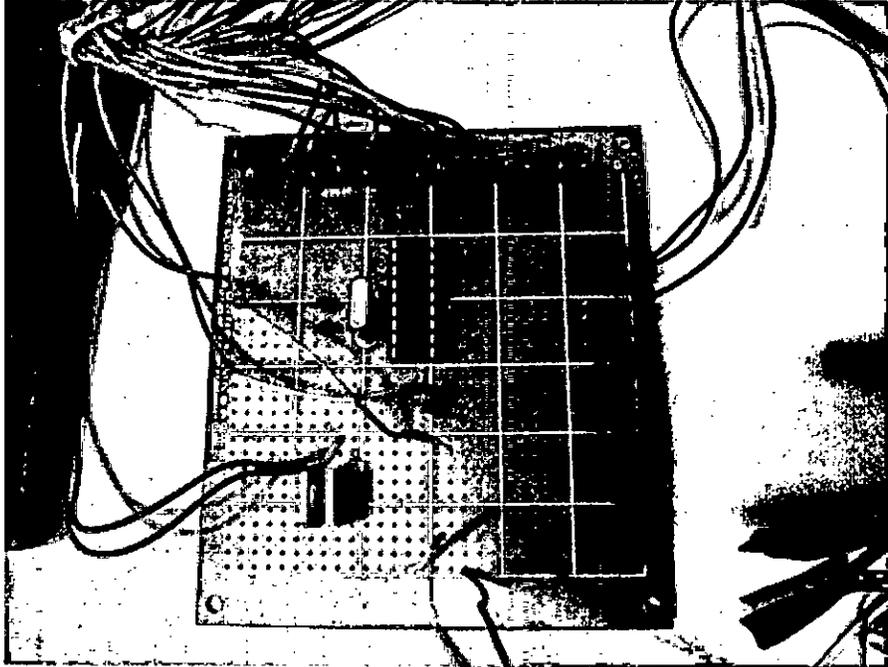
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.10. BATERIA RECARGABLE DE DE 9 V DC



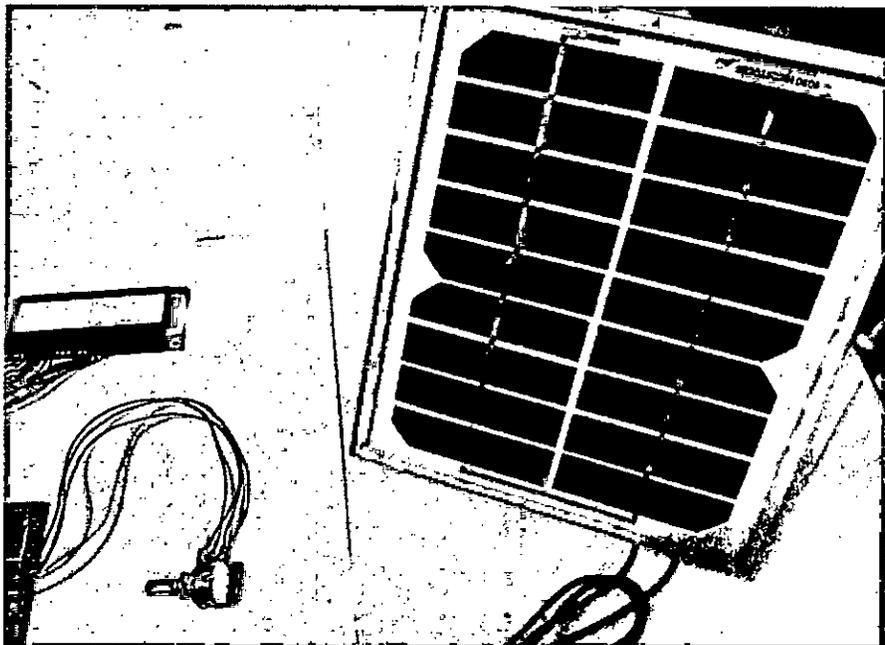
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.11. CIRCUITO DEL PIC 16F628A



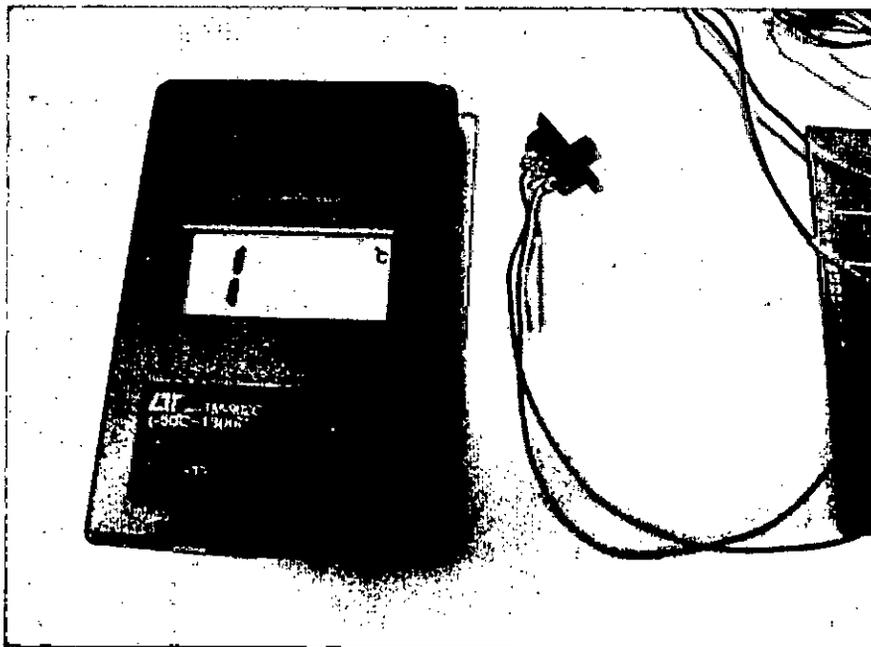
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.12. PANEL DE CONTROL DE 9 V DC/ 3 W



Fuente: Elaboración propia

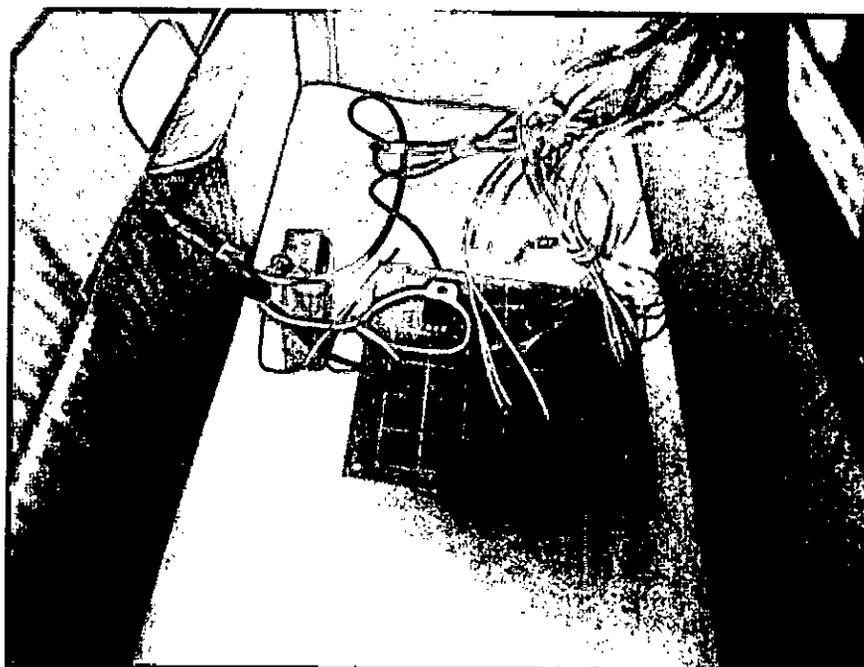
Figura N° 2.9.13. INDICADOR DE TEMPERATURA EN °C



Fuente: Elaboración propia

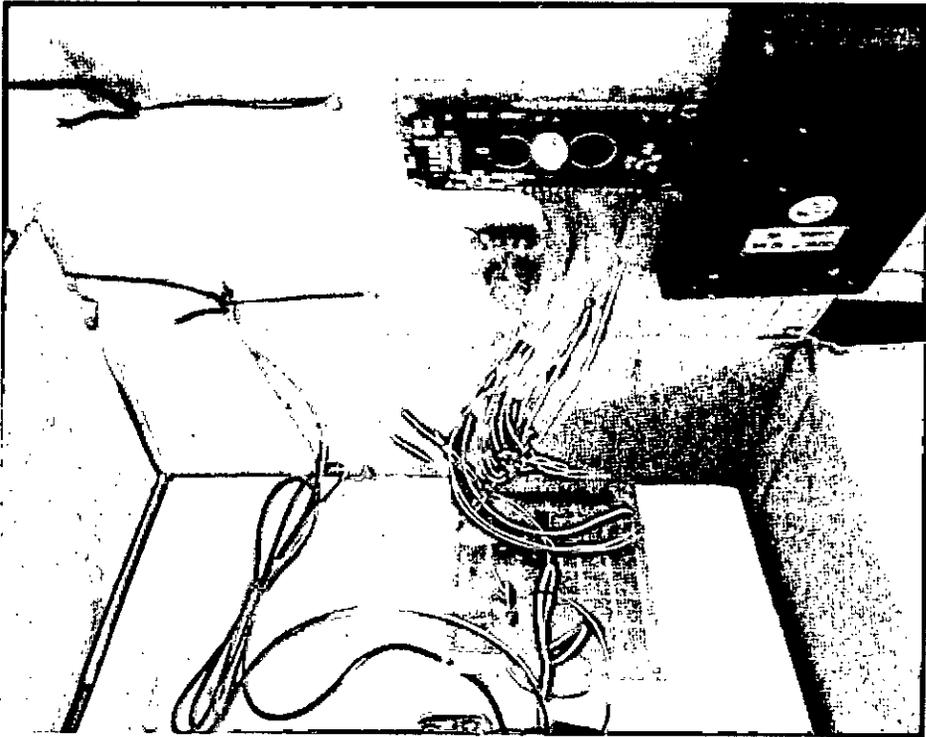
d. Equipo final de la Etapa de Control del Sistema

Figura N° 2.9.14. CIRCUITO DE CONTROL DE TEMPERATURA



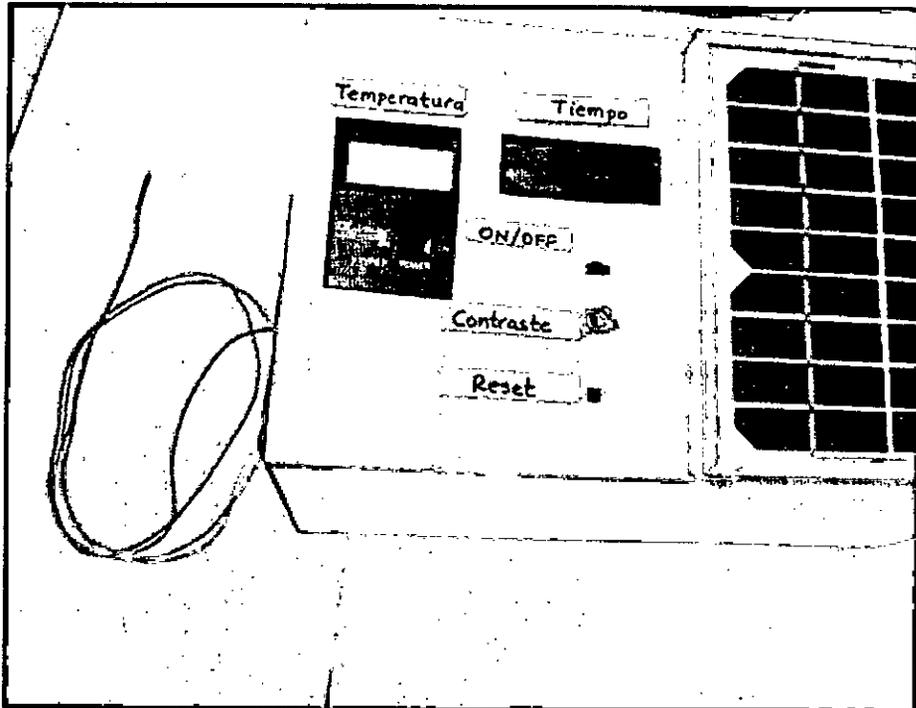
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.15. ARQUITECTURA INTERNA ETAPA DE CONTROL



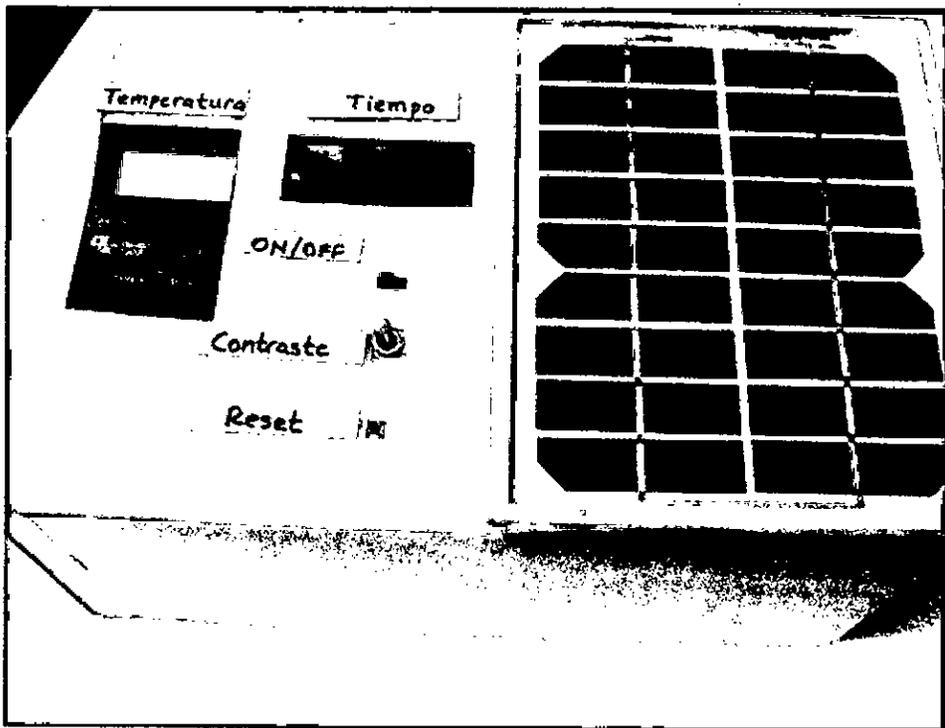
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.16.A. EQUIPO FINAL DE LA ETAPA DE CONTROL



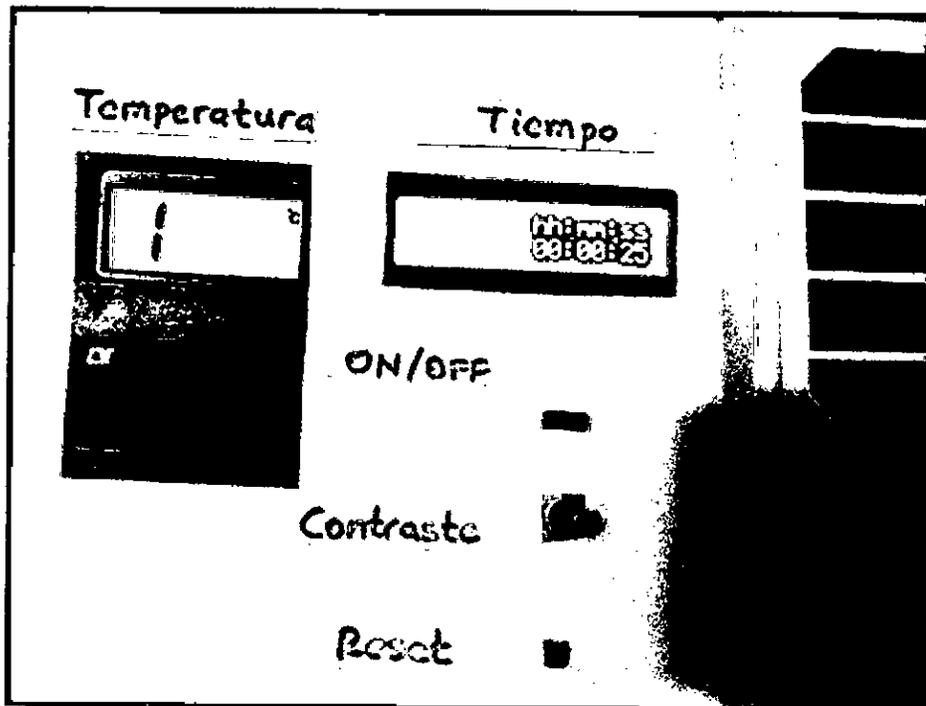
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.16.B. EQUIPO FINAL DE LA ETAPA DE CONTROL



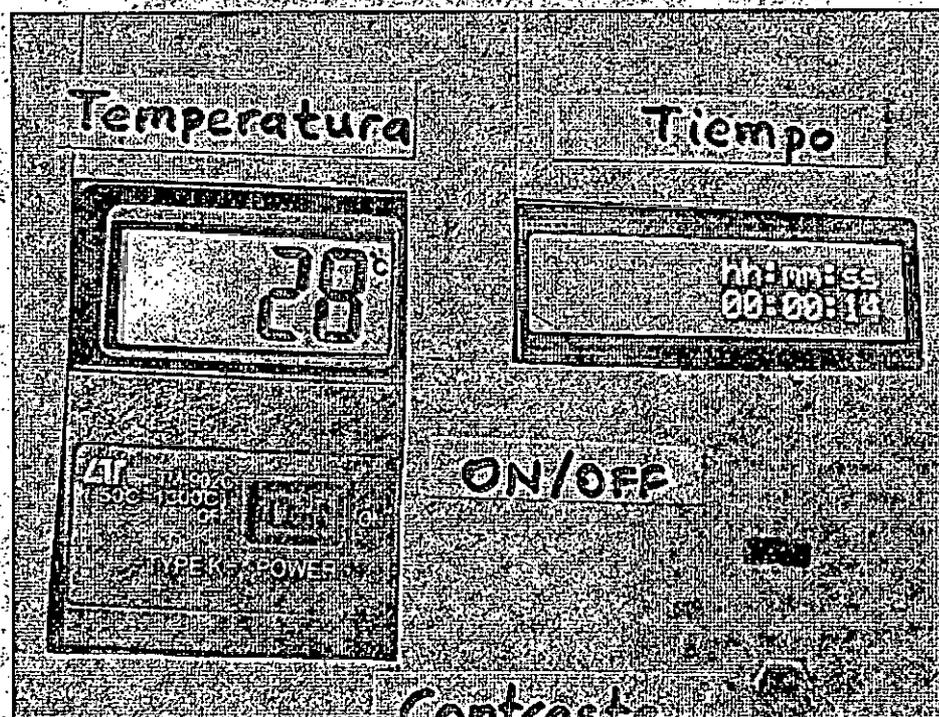
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.17.A. INSTRUMENTOS DE MEDICION ENCENDIDOS



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.17.B. INSTRUMENTOS DE MEDICION ENCENDIDOS



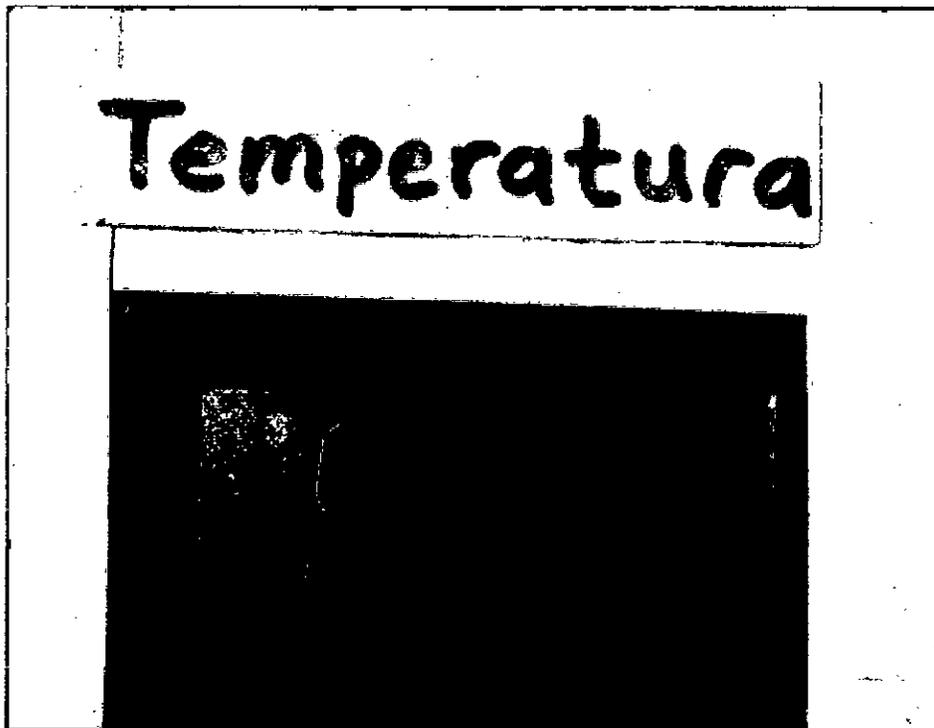
Fuente: Elaboración propia

Figura:N° 2.9.18. VARIABLE TIEMPO DE ESTERILIZACION



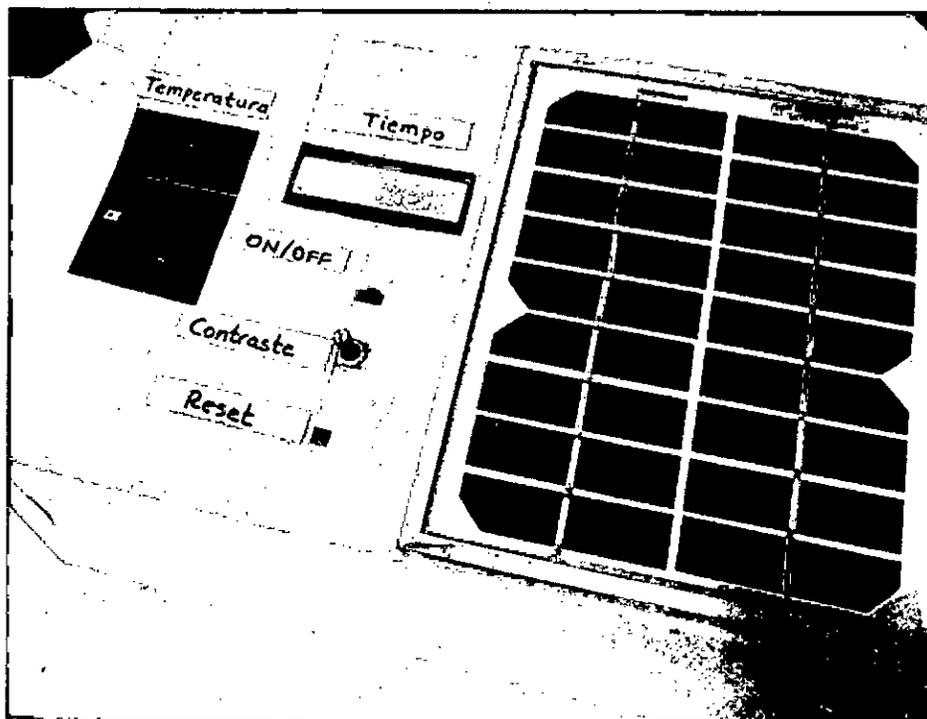
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.19. VARIABLE, TEMPERATURA DE ESTERILIZACION



Fuente: Elaboración propia

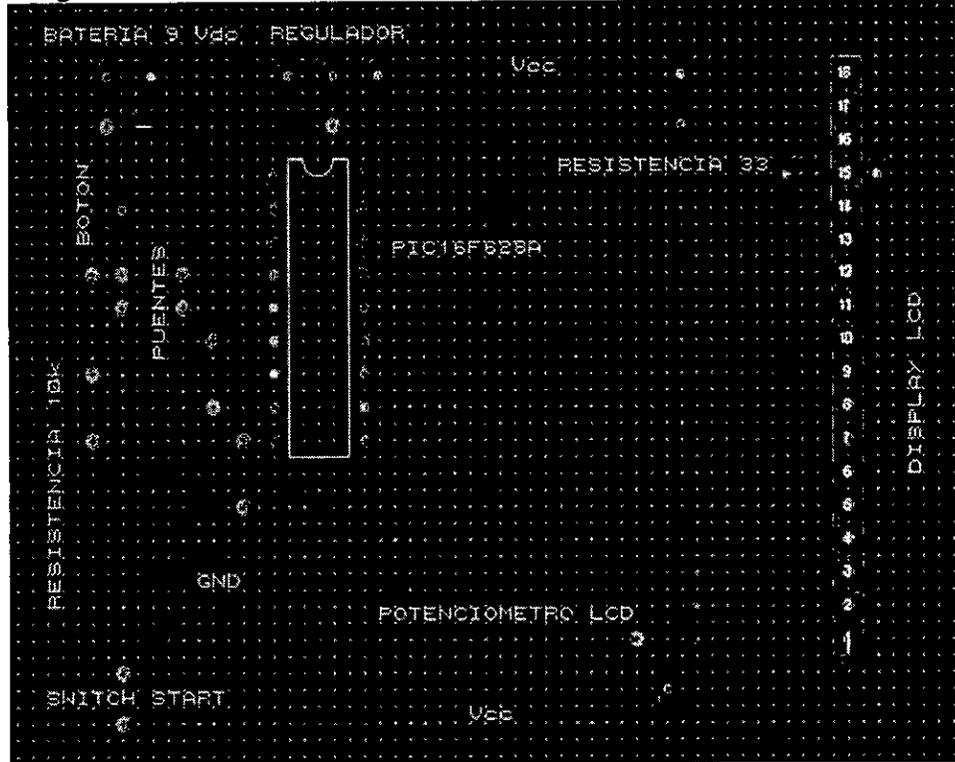
Figura N° 2.9.20. EQUIPO DE CONTROL ENCENDIDO



Fuente: Elaboración propia

e. Diagrama del PCB

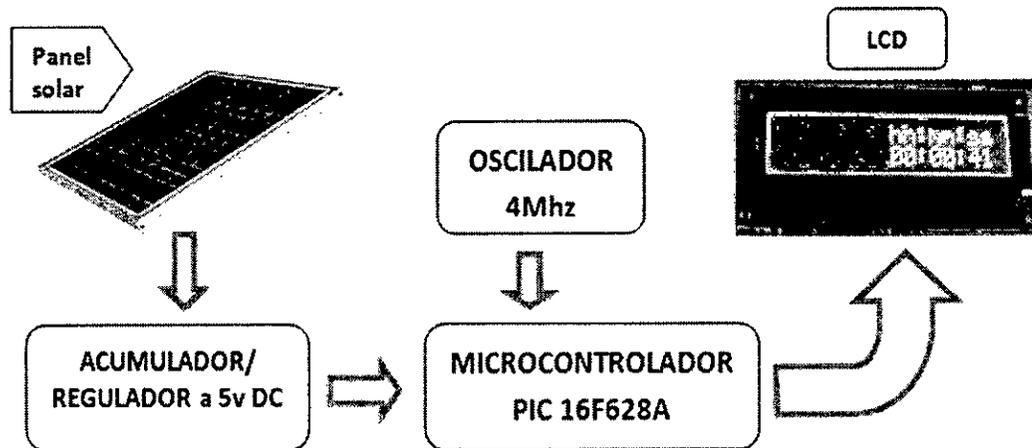
Figura N° 2.9.21. TARJETA PCB DEL CIRCUITO DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

f. Diagrama del circuito del indicador de tiempo

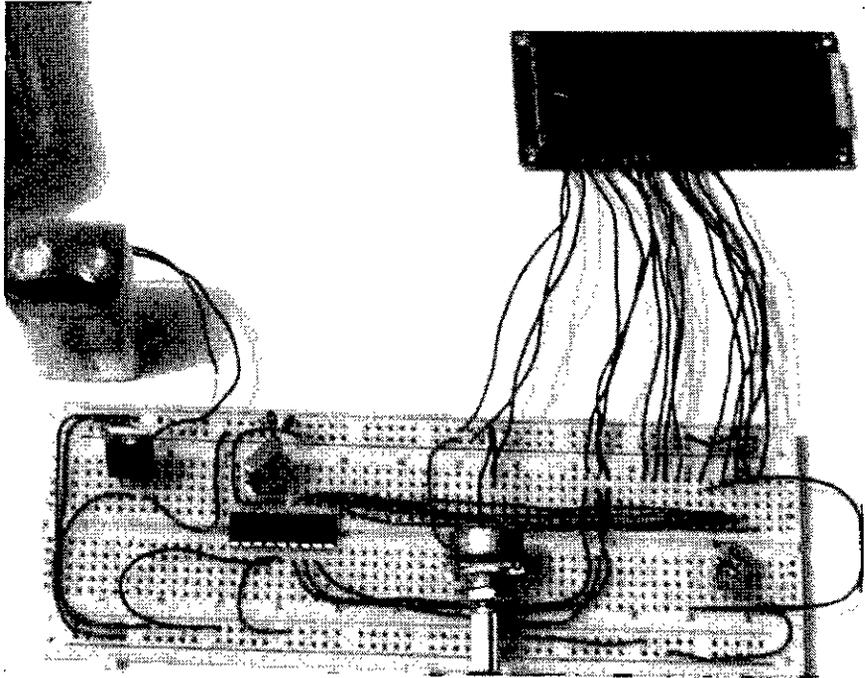
Figura N° 2.9.22. DIAGRAMA DEL INDICADOR DE TIEMPO



Fuente: Elaboración propia

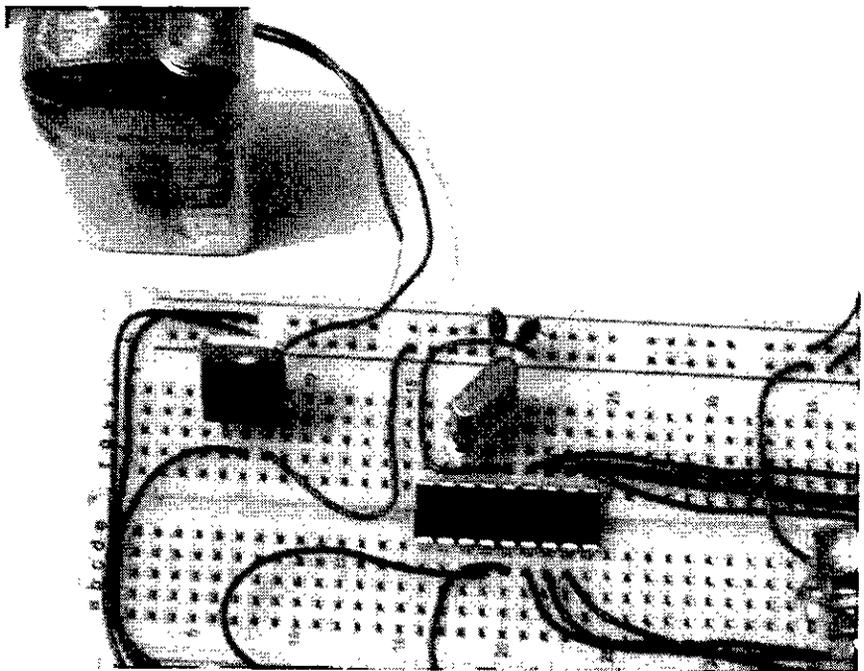
g. Circuito electrónico del indicador de tiempo, forma física.

Figura N° 2.9.23. CIRCUITO INDICADOR DE TIEMPO-PROTOBOARD



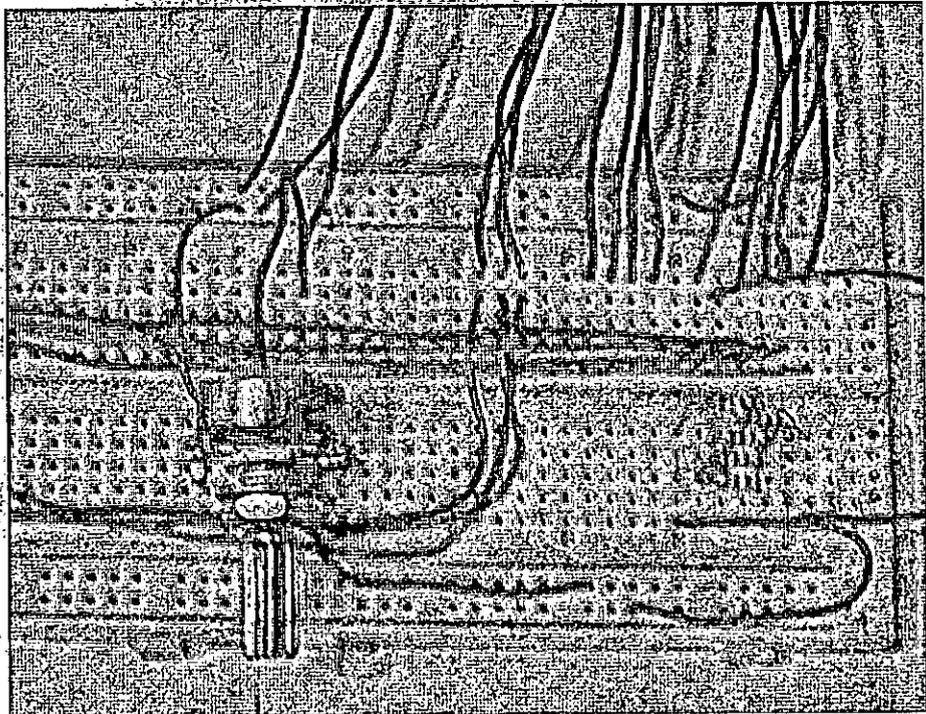
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.24. CIRCUITO REGULADOR A 5 V DC



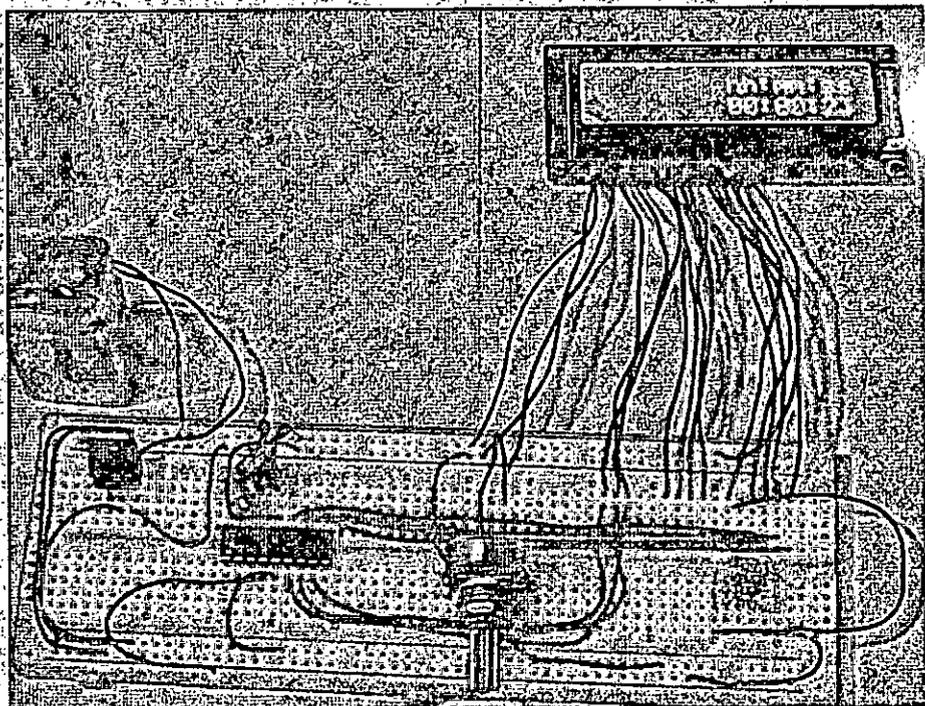
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.25. CONTROL DE CONTRASTE DEL LCD



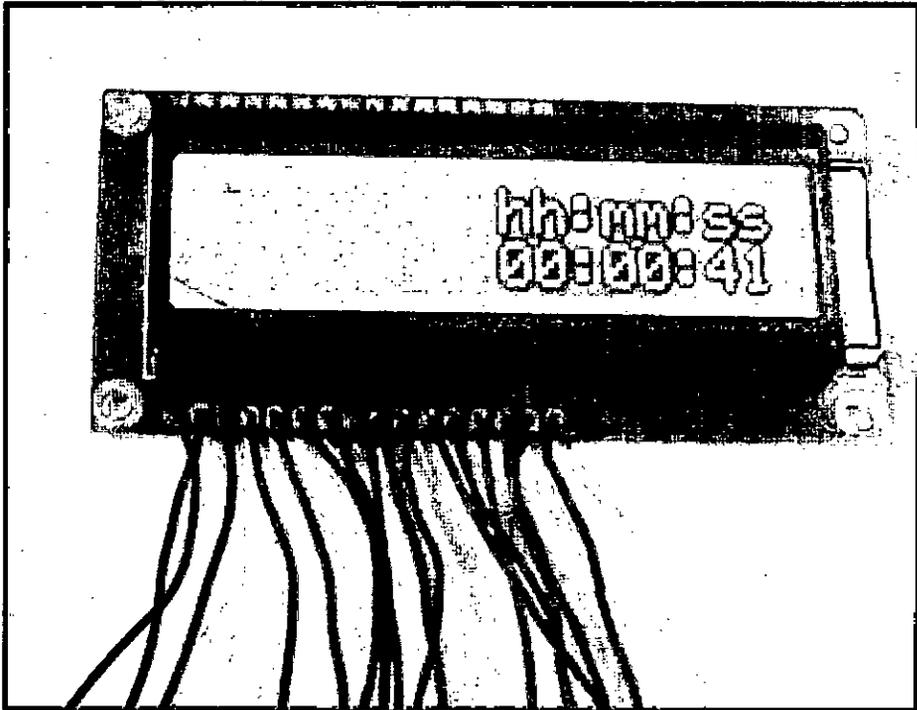
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.26. INDICADOR DE TIEMPO, MOSTRANDO hh:mm:ss



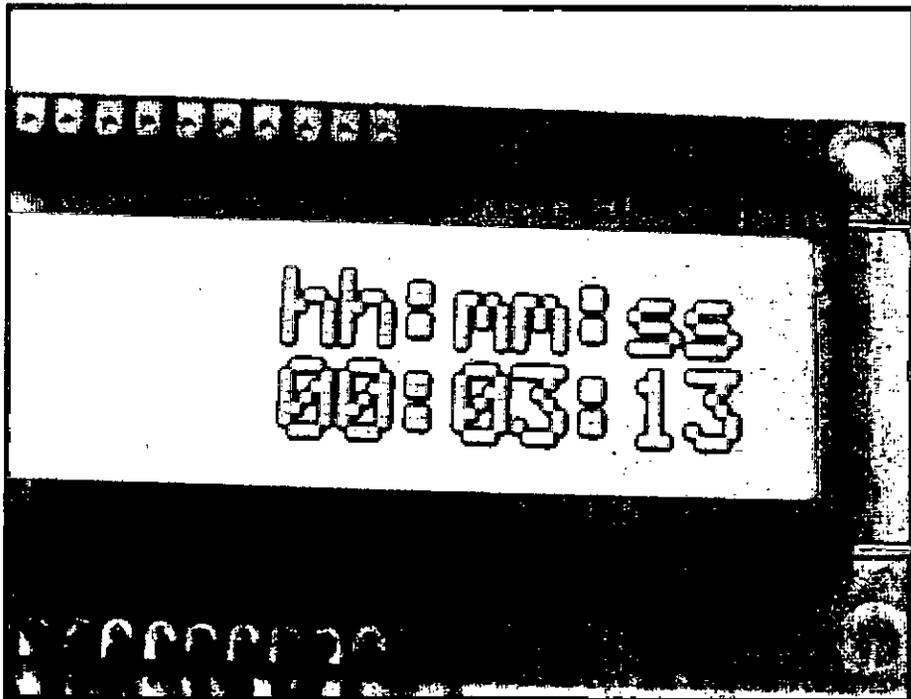
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.27. INDICADOR DE TIEMPO, MOSTRANDO segs.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9.28. INDICADOR DE TIEMPO, MOSTRANDO 3:13 mm:ss



Fuente: Elaboración propia

2.9.5. Etapa de indicación química-biológica-mecánica

Esta etapa es muy importante, ya que es otro método que nos permite determinar si el instrumental ha sido esterilizado o no. En general se clasifican como sigue:

- Químicos: Cinta indicadora de calor seco.
- Biológicos: Ampollas de esporas inocuas.
- Mecánica: El instrumento de medición de temperatura: el termómetro bimetálico.

Figura N° 2.9.29. INDICADORES DE ESTERILIZACION QUIMICOS-BIOLOGICOS



Fuente: Elaboración propia

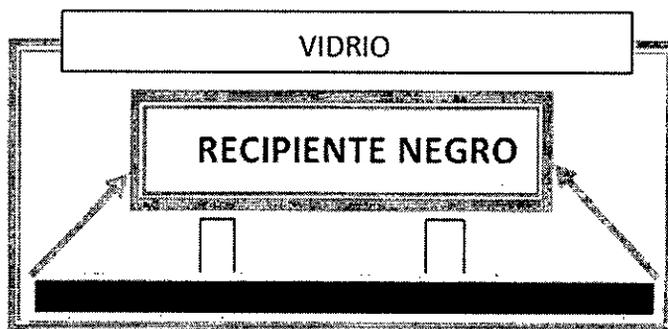
2.9.6. Etapa de concentración de energía solar en forma de calor

Esta etapa está formada por un concentrador de energía en forma de calor, que proviene de la energía solar incidente. En el desarrollo de nuestra investigación se han estudiado, diseñado, desarrollado y ensayado con varios modelos de concentradores de calor elaborados con diferentes materiales con el único objetivo de alcanzar temperaturas mayores a los 150°C, en ese sentido, he desarrollado hasta cinco modelos de concentradores.

El modelo 1, es básicamente desarrollado en base a láminas de tecknopor y papel aluminio, con una bandeja negra que sirve como concentrador de calor, este modelo es de doce lados de 12 x12 cm y un diámetro de unos 48 cm, además tiene una tapa de vidrio templado que deja pasar la radiación solar y sella la cavidad interna, como se

observa en la figura 2.9.44. Un segundo modelo, modelo 2, es un concentrador construido igualmente con láminas de tecknopor de pulgada y cuarto de ancho, pero en este caso utilizamos como paredes reflectantes seis espejos de 27 x18 cm. y como siempre una lámina negra de absorción de calor, cuyas características describo líneas abajo. Este modelo, tiene un mejor aislamiento térmico, pues tiene un sellado de contactos y uniones con silicona y goma, además de estar forrado en la parte externa de las paredes con papel periódico y una capa de cartón, que incluye la base, con lo cual alcanzamos mayores niveles de temperatura (observar datos en el Capítulo de Resultados). El tercer modelo, o modelo 3, está mejor elaborado, además de tener un mejor sistema de aislamiento de calor, pues se utiliza lana de roca y cinta de aluminio para el sellado, con lo cual podemos alcanzar altas temperaturas, además, utiliza el mismo sistema de absorción de calor mediante una bandeja negra, de Dyflon. Dentro del concentrador hay un recipiente de aluminio de color negro, con una tapa de vidrio que lo aísla del entorno, en la cual se coloca el instrumental biomédico a ser esterilizado. Este recipiente, es de aluminio con material igualmente de antiadherente Dyflon de color negro, que le permite concentrar mayores niveles de calor. Dentro de este recipiente el instrumental queda totalmente protegido de la contaminación externa, como se observa en la figura 2.9.30.

Figura N° 2.9.30. SILUETA DEL CONCENTRADOR DE CALOR



Fuente: Elaboración propia

Como se ha dicho, la base donde se encuentra la bandeja negra es de aluminio extra resistente de 2.5 mm de espesor, con antiadherente Dyflon de triple capa, base diseñada para distribuir el calor uniformemente, como se observa en la figura 2.9.31.

Figura N° 2.9.31. BANDEJA NEGRA PARA LA ABSORCION DE CALOR



Fuente: elaboración propia

Este material se ha instalado, con el fin de conseguir un mayor nivel de absorción de calor de la energía solar, ya que los cuerpos negros son los que mejor acumulan calor, y luego las nuevas ondas de calor son reflejadas hacia la tapa de vidrio, pero en este caso con una longitud de onda mayor que ya no pueden atravesarla, produciéndose un “efecto invernadero”, como se observa en la figura 2.9.30.

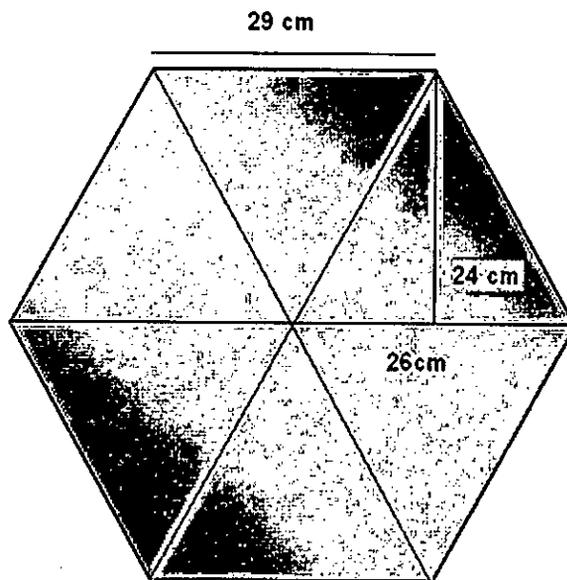
Como se ha indicado en líneas anteriores, el contorno del concentrador es el material aislante que permite que no se produzca la fuga de calor, además de estar forrado con una capa de cartón herméticamente sellada, con silicona y cinta maskintek, como se observa en las imágenes.

El modelo 4, ya no tiene paredes de tecknopor, sino láminas de cartón, y otra lámina negra como absorbedor de calor, superpuesta sobre el "cuerpo negro" antes utilizado, en este caso la nueva lámina cubre toda la base de manera hexagonal. Con este modelo se alcanzan mayores niveles de temperatura, superiores a los 150 °C, que son propicios para la esterilización del instrumental biomédico.

El modelo 5 del concentrador representa el concentrador más optimizado y por ende más eficiente. Con él se ha alcanzado más de 160 °C, que es la temperatura de esterilización. Este modelo está basado en el modelo 4, donde el tecknopor de las paredes ha sido reemplazado por láminas de cartón selladas con silicona y cinta de aluminio. En las seis paredes internas tiene adheridas seis espejos que cubren la totalidad de las paredes, selladas también con silicona y pintura negra. En este modelo se ha adherido como aislante otra capa delgada de lana de roca en la parte externa, recubriendo el prototipo, y es sellada con una capa de cartón, que finalmente le ha dado la forma hexagonal.

a. Forma física del absorbedor

Figura N° 2.9.32. FORMA FISICA DEL ABSORBEDOR



Fuente: elaboración propia

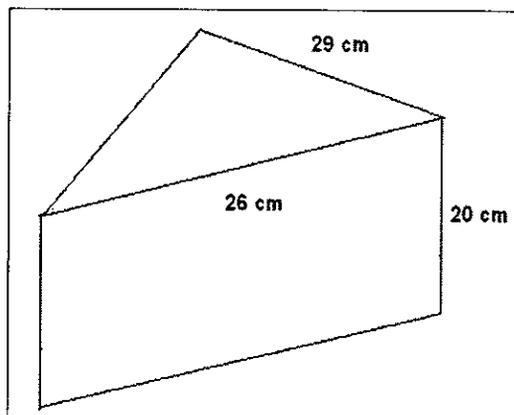
El área total del absorbedor es: $A = 0.4032 \text{ m}^2$

Este modelo cuenta además con reflectores de luz tanto de aluminio como de láminas de cartón forradas con papel aluminio, que han ayudado a obtener mayores niveles de temperatura.

b. Factor de forma (F12, F21)

El factor de forma representa la fracción de emisión de calor de un cuerpo a otro y viceversa. Depende de la forma física del cuerpo, es decir de su forma geométrica. En nuestro caso, analizamos una de las seis partes con forma de triángulo, y como el concentrador es simétrico, se cumplirá en las otras cinco partes.

Figura N° 2.9.33. FORMA FISICA Y MEDIDAS DE UNA SEXTA PARTE DEL CONCENTRADOR



Fuente: elaboración propia

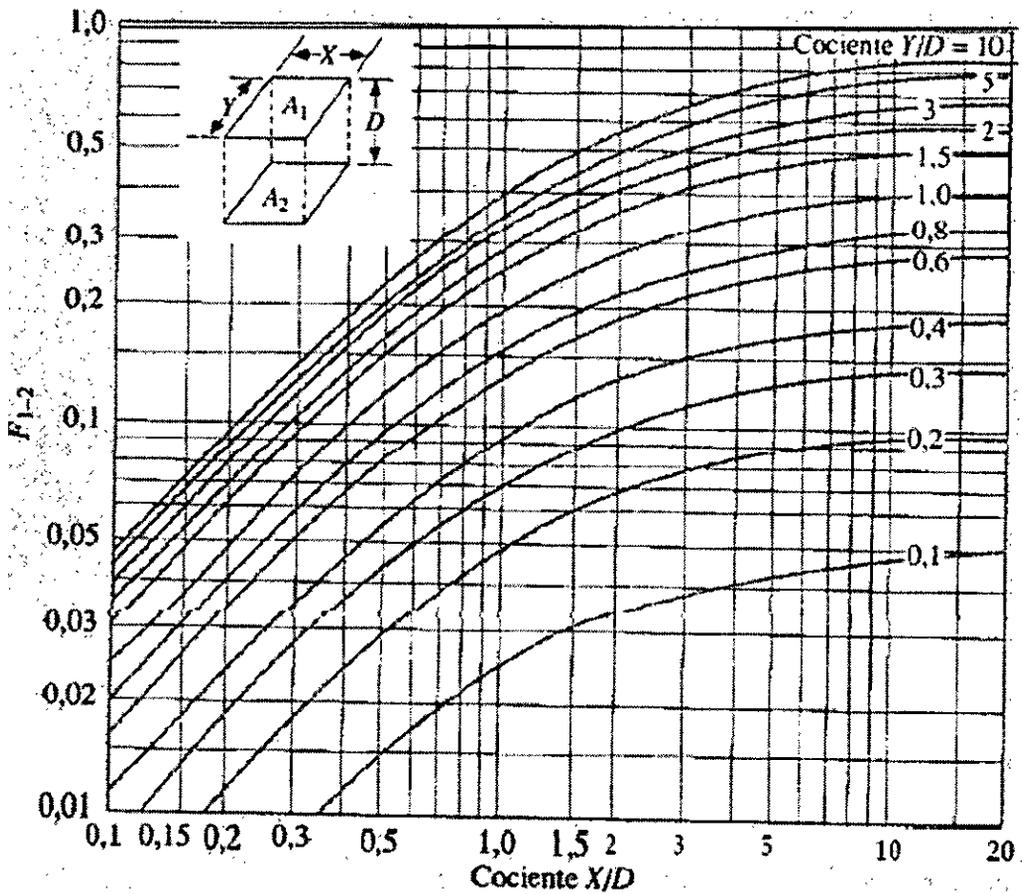
Para el factor de forma entre el cuerpo 1 (absorbedor, o cuerpo negro), y el cuerpo 2 (lamina de vidrio, como tapa), tenemos que $F_{12}:X = x/D = 29/20 = 1.45$

$$Y = y/D = 26/20 = 1.30$$

Observando en la siguiente tabla de Factor de forma para cuerpos de líneas paralelas, tenemos que:

Factor de forma: $F_{12} = 0.27$

Grafico N° 2.7. CURVAS DE FACTOR DE FORMA – CUERPOS PARALELOS



Fuente. Transferencia de calor, Holman [13]

2.9.7. Análisis matemático del comportamiento del concentrador solar

A continuación presento las ecuaciones matemáticas relacionadas con la respuesta de la radiación solar sobre un concentrador de calor. Analizamos en base a un concentrador de forma poliédrica hexagonal, en la cual tomamos en cuenta el comportamiento de la radiosidad interna del vidrio (tapa del concentrador) en función de la temperatura del absorbedor y de la misma lámina de vidrio, asimismo del comportamiento de los poderes emisivos del sistema, en función de la temperatura. Estas ecuaciones que representan el balance energético del sistema de concentración de calor se han considerado en base a

los estudios de Holman (Transferencia de Calor, 1998), y los he evaluado, para este modelo de concentrador, mediante Matlab. Presento a continuación el análisis que he efectuado.

a. Comportamiento de la radiosidad interna del vidrio en función de la temperatura T1 (absorbedor) y de T2 (del vidrio, tapa del concentrador)

La temperatura T1, del absorbedor, aumenta a medida que recibe la energía solar que atraviesa el vidrio, hasta llegar a 160 °C, que representa la temperatura de esterilización. La temperatura T2, del vidrio, se acerca a la T1, con una diferencia de 16 °C para mantener positiva la radiosidad interna del vidrio J2i, cuyo umbral es de 750 W/m², nivel máximo de flujo solar para este ensayo.

Evaluación en Matlab:

%EVOLUCION DE LAS TEMPERATURAS, EN FUNCION DE LA %RADIOSIDAD INTERNA DEL VIDRIO

% T2 = temperatura del vidrio (°C = °K - 273.15)
 % T1 = temperatura del absorbedor (°C = °K - 273.15)
 % J2i = radiosidad interna del vidrio (W/m²)
 % q = perdida de calor en forma de flujo radiante (W)
 % Eb = Poder emisor del cuerpo (W/m²)
 % A = Área del absorbedor (m²)
 % Lx = Altura del concentrador (m)
 % K = Conductividad térmica (W/m*°C)
 % Ke = Conductividad térmica efectiva en espacios cerrados (W/m*°C)
 % h = Coeficiente de transferencia de calor (W/m²*°C)
 % F12 = Factor de forma entre superficie 1 y 2 (entre 0 y 1)
 % r = constante de Boltzman = (5.669+10⁻⁸) W/m²*K⁴
 % Eb1 = F12*J2i; Para: F12 = 1
 % Ecuación de la radiosidad interna del vidrio:
 % Eb1 = J2i = Ke/Lx*(T2 - T1) + q/A

T1 = 160 %Temperatura de esterilización
 J2i = 0:0.1:820

$$K_e = 7.35$$

$$K = 0.03$$

$$L_x = 0.16$$

$$q = 302.4$$

$$A = 0.4032$$

$$\% F_{12} = 1, E_{b1} = F_{12} \cdot J_{2i}$$

%Factor de forma

$$\% K_e/L_x = 7.35/0.16 = 45.93$$

$$\% J_{2i} = 45.93 \cdot (T_2 - T_1) + q/A$$

%Fórmula de Radiosidad
%interna del vidrio

% Despejando T_2 , tenemos:

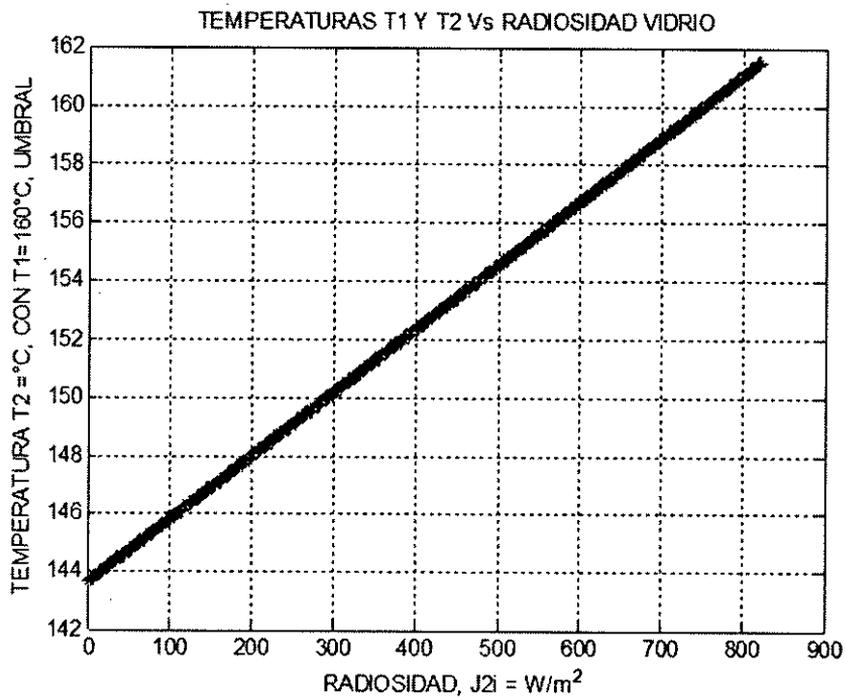
$$T_2 = 0.0218 \cdot (J_{2i} - q/A) + T_1$$

%Temperatura del vidrio,
%varía entre 25 a 160°C

plot(J_{2i}, T_2)

grid on

Gráfico N° 2.8. CURVA DE T_1 y T_2 vs. RADIOSIDAD DEL VIDRIO



Fuente: elaboración propia

% Ecuación de la radiosidad interna del vidrio:

$$\% E_{b1} = F_{12} \cdot J_{2i} = K_e/L_x \cdot (T_2 - T_1) + q/A$$

% Para Factor de forma $F_{12} = 0.27$

$$\% E_{b1} = 0.27 \cdot J_{2i} = K_e/L_x \cdot (T_2 - T_1) + q/A$$

```

T1 = 170
J2i = 0:1:820
Ke = 28
Lx = 0.16
q = 302.4
A = 0.4032
s = A*0.27
% F12 = 0.27, Eb1 = F12*J2i
% Ke/Lx = 28/0.16 =175
% J2i = 45.93*(T2 - T1)/0.27 + q/A*0.27
% J2i = 170.11*(T2 - T1) + q/s
T2 = 0.0059*(J2i - q/s) + T1
plot(J2i,T2,'*')

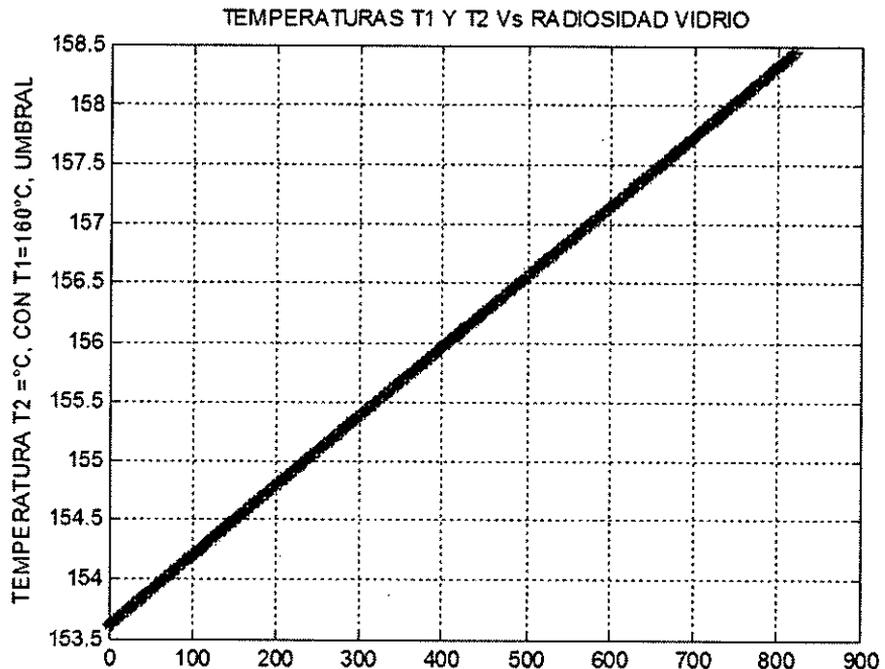
```

```

title('TEMPERATURAS T1 Y T2 Vs RADIOSIDAD VIDRIO')
xlabel('RADIOSIDAD, J2i = W/m^2')
ylabel('TEMPERATURA T2 =°C, CON T1=160°C, UMBRAL')
grid on

```

Grafico N° 2.9. CURVA T1 y T2 vs. RADIOSIDAD DEL VIDRIO, F12 = 0.27



Fuente: elaboración propia

b. Comportamiento de los poderes emisivos del sistema, en función de la temperatura.

El poder emisivo del absorbedor aumenta conforme va recibiendo la energía solar que atraviesa la tapa de vidrio, generándose como consecuencia el aumento progresivo de la temperatura en el absorbedor, hasta alcanzar la temperatura de esterilización que es aproximadamente de 160°C.

Evaluación en Matlab:

**%BALANCE ENERGETICO GLOBAL EN LA SUPERFICIE
ABSORVEDOR_VIDRIO**

**%PODER EMISIVO DEL ABSORVEDOR, EN FUNCION DE LA
TEMPERATURA**

% e1 = emisividad del absorbedor

% e2 = emisividad del vidrio

% T2 = temperatura del vidrio (°C = °K - 273.15)

% T1 = temperatura del absorbedor (°C = °K - 273.15)

% T3 = temperatura del ambiente (°C = °K - 273.15)

% J2i = radiosidad interna del vidrio (W/m²)

% J2e = radiosidad externa del vidrio (W/m²)

% q = perdida de calor en forma de flujo radiante (W)

% Eb1 = Poder emisor del absorbedor (W/m²)

% Eb2 = Poder emisor del vidrio (W/m²)

% A = Área del absorbedor (m²)

% Lx = Altura del concentrador (m)

% K = Conductividad térmica (W/m*°C)

% Ke = Conductividad térmica efectiva en espacios cerrados
(W/m*°C)

% h = Coeficiente de transferencia de calor (W/m²*°C)

% F12 = Factor de forma entre superficie 1 y 2 (entre 0 y 1)

% r = constante de Boltzman = (5.669*10⁻⁸) W/m²*K⁴

r = 5.669*10⁻⁸ % W/m²*K⁴

e2 = 0.9 % emisividad del vidrio

e1 = 1.0 %emisividad del absorbedor

T1 = 25+273.15:1:170 + 273.15 %temperatura del absorbedor

T2 = 150 + 273.15 % temperatura del vidrio

T3 = 30 + 273.15 %temperatura del ambiente

Ke = 28

Lx = 0.16 %altura del concentrador

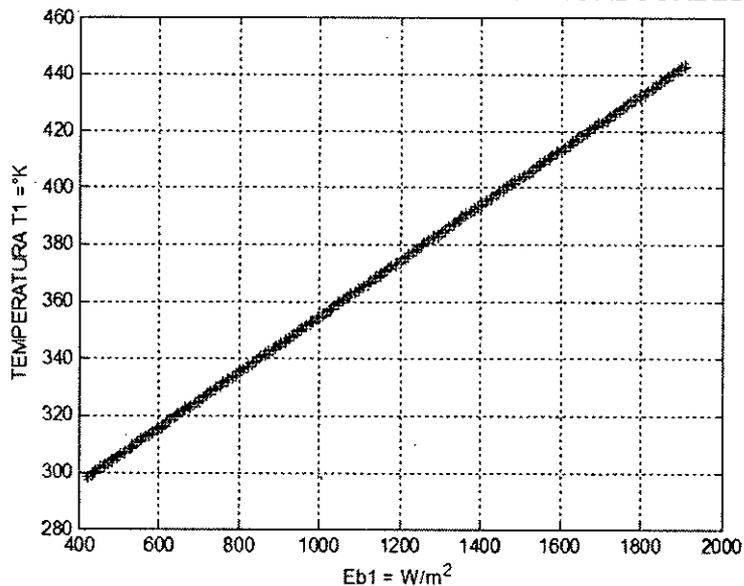
```

q = 302.4
A = 0.4032 % área del concentrador
s = A*0.27
h = 20
Eb2 = r*T2^4 % poder emisor del vidrio
F21 = 0.27 % Factor de forma; % Eb2 = F21*J2e ;
Eb3 = r*T3^4 % poder emisor hacia el ambiente
%J2e = e2*Eb2 + (1-e2)*Eb3
% Ecuación de balance energético:
% e2/(1-e2)[2*Eb2 - Eb1 - J2e] = (Ke/Lx)*(T1-T2) + h(T3-T2)
%
% e2/(1-e2)[2*Eb2 - Eb1 - (e2*Eb2 + (1-e2)*Eb3)] = (Ke/Lx)*(T1-
% T2) + h(T3-T2)
%
% e2/(1-e2)[(1+e2)*Eb2 - Eb1 - (1-e2)*Eb3] = (Ke/Lx)*(T1-T2) +
% h(T3-T2)

% Haciendo Eb2 = r*T2^4 y despejando Eb1, tenemos:
% r*T2^4 = (((Ke/Lx)*(T1-T2) + h*(T3-T2))*(1-e2)/(e2) + Eb1 + (1-
% e2)*Eb3)/(1+e2)
Eb1 = (((Ke/Lx)*(T1-T2) + h*(T3-T2))*(1-e2)/(e2) + (1-
e2)*Eb3)/(1+e2) + r*T2^4
plot(Eb1,T1,'*') % Poder emisor del absorbedor en función de la
% temperatura
title('PODER EMISIVO DEL ABSORBEDOR')
xlabel('Eb1 = W/m^2')
ylabel('TEMPERATURA T1 = °C')
grid on

```

Grafico N° 2.10. CURVA DEL PODER EMISIVO DEL ABSORBEDOR



Fuente: elaboración propia

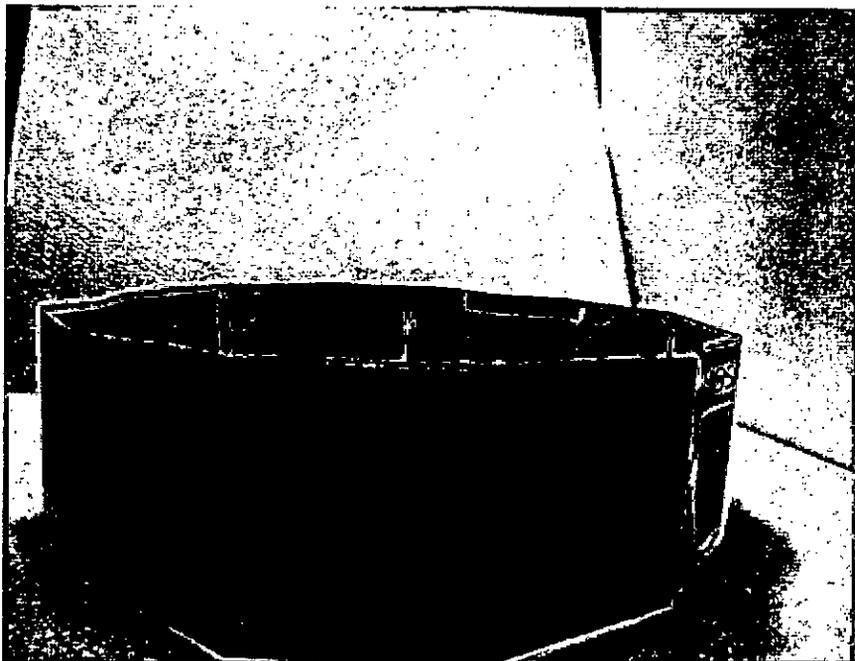
2.9.8. Evolución del desarrollo tecnológico del modelo de concentrador de calor

A continuación presento mediante imágenes, la evolución del desarrollo tecnológico del concentrador de calor. Inicialmente, tenemos un concentrador muy elemental, cuya arquitectura está conformada por tecnopor, papel aluminio, silicona líquida, cinta aislante, papel periódico, entre otros. A medida que vamos teniendo experiencia, y mediante la investigación y los ensayos, vamos mejorando haciendo uso de mejores materiales, que incluso nos hacen obtener temperaturas superiores a los 150°C.

a. Desarrollo del modelo 1

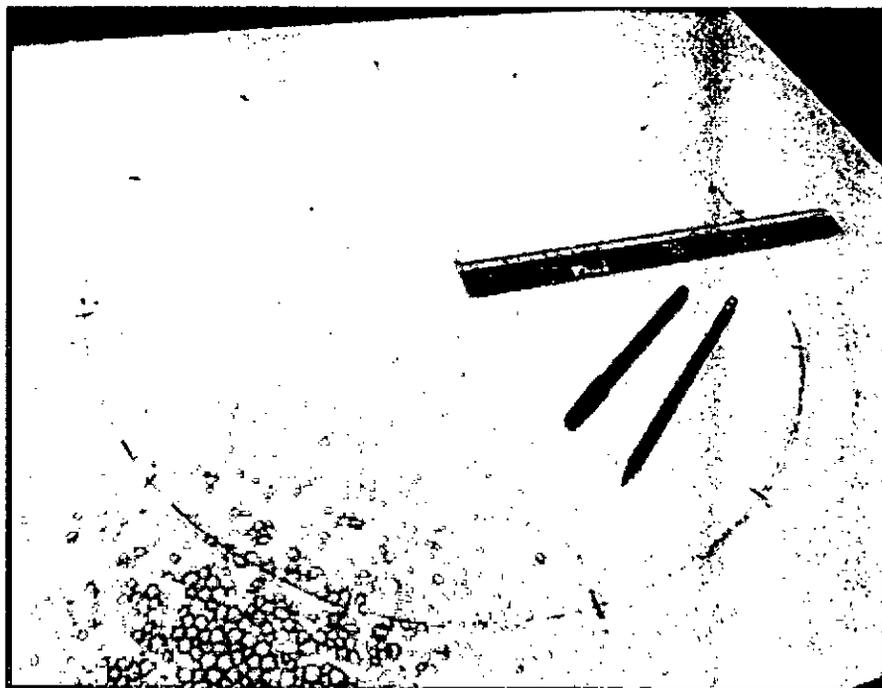
Describimos a continuación el desarrollo paso por paso, del modelo 1 del concentrador de calor:

Figura N° 2.9.34. PLANTILLA DEL PROTOTIPO



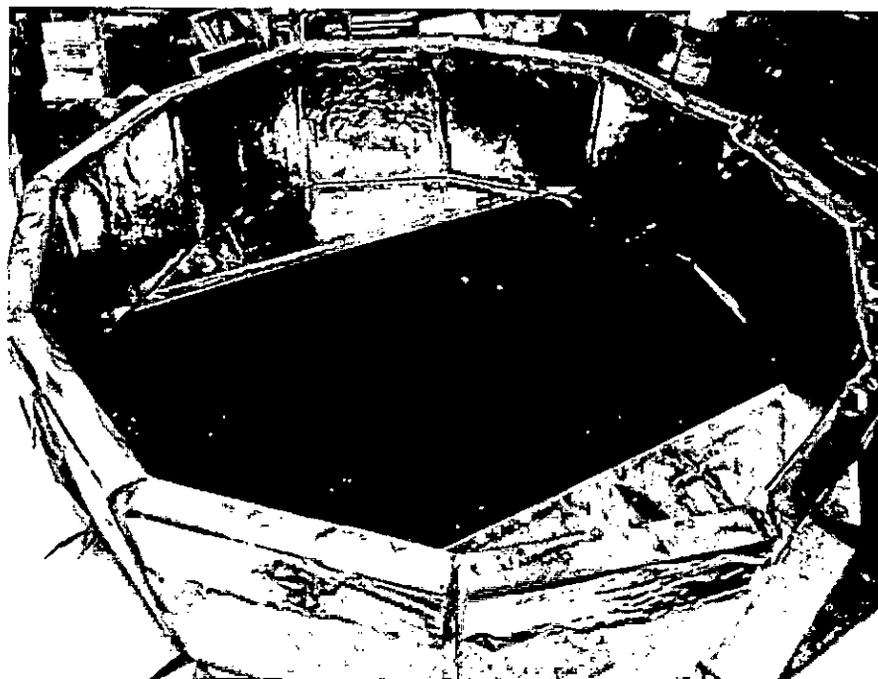
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.35. TRAZOS SOBRE PLANCHA DE TEKNOPOR



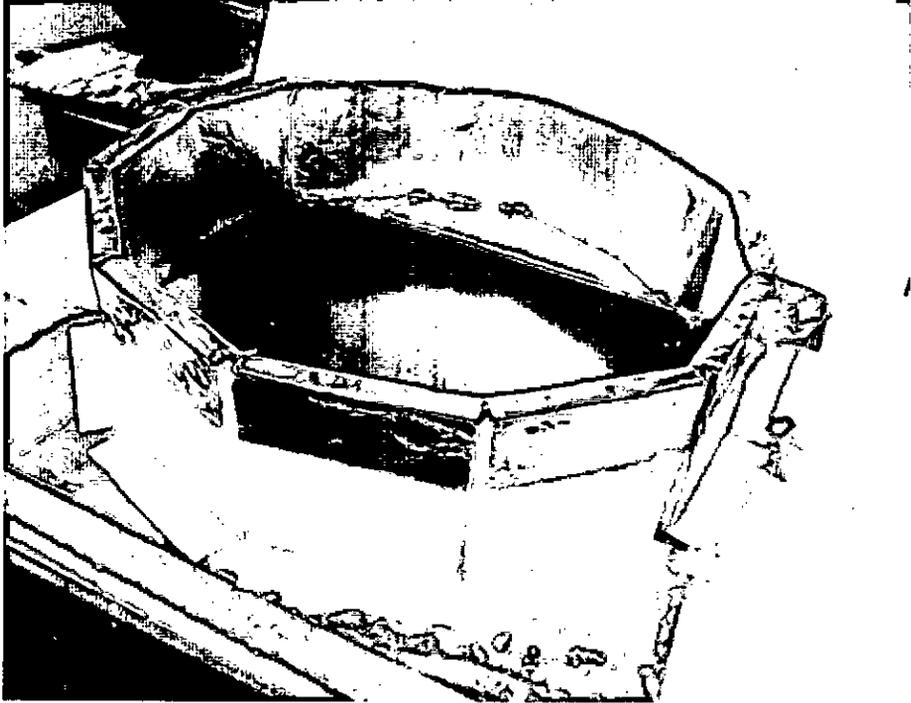
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.36. CONSTRUCCION DE PAREDES DEL MODELO 1



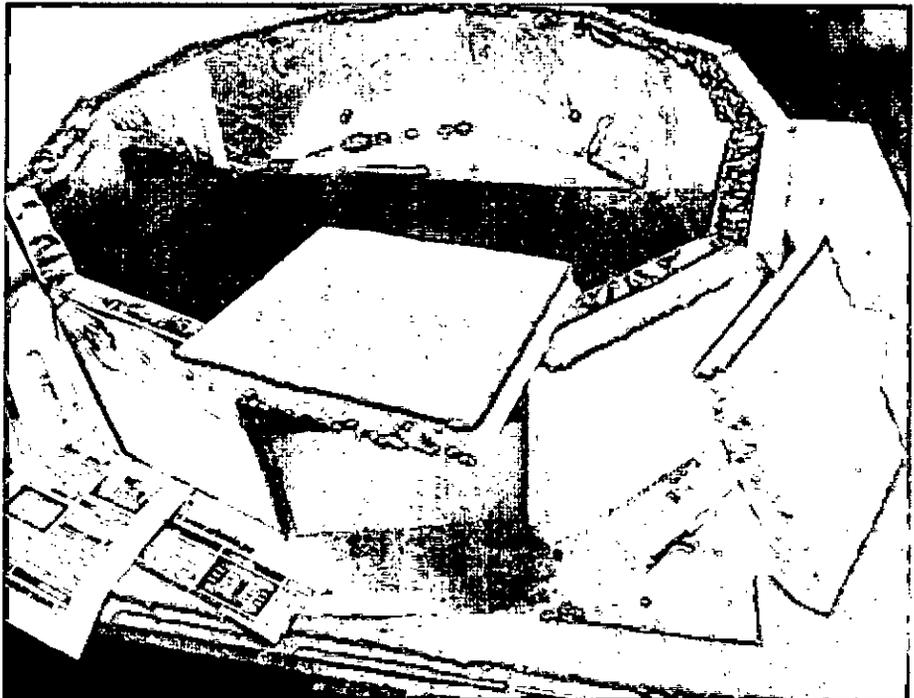
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.37. AVANCES EN LA CONSTRUCCION



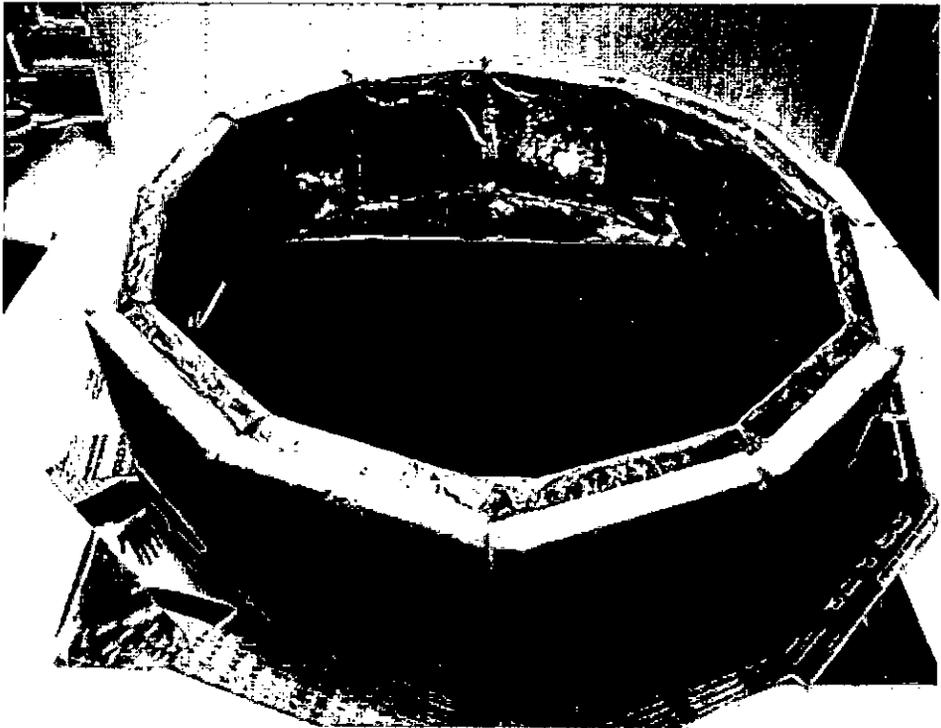
Fuente e aboración propia

Figura N° 2.9.38. REFUERZO DE PAREDES DE MODELO 1



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.39. CULMINACION DEL REFORZAMIENTO DEL MODELO 1



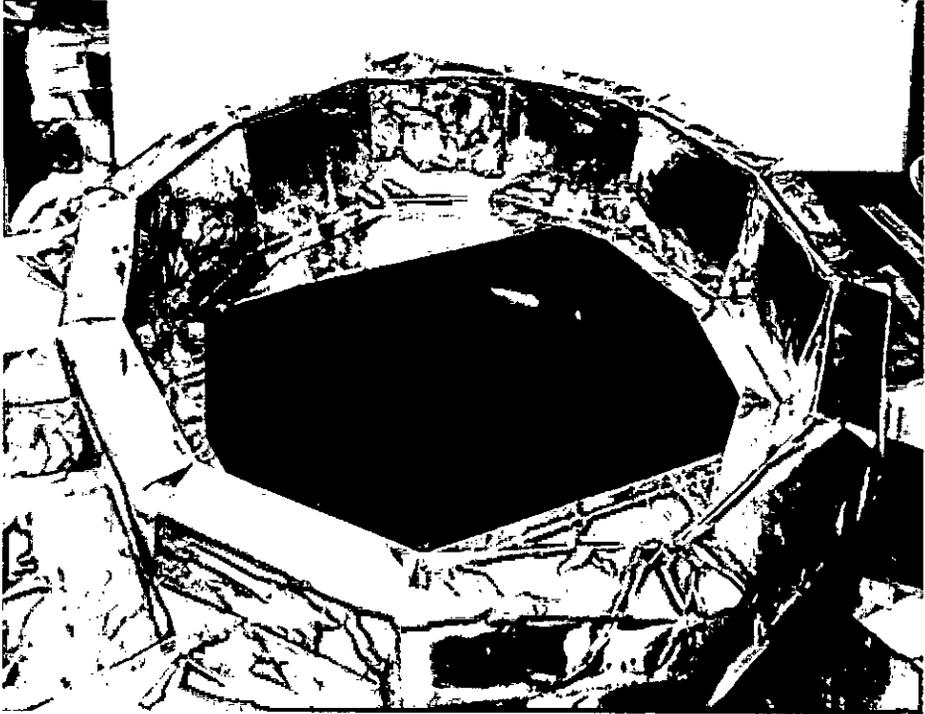
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.40. ENVOLVIENDO EL BORDE CON PAPEL ALUMINIO



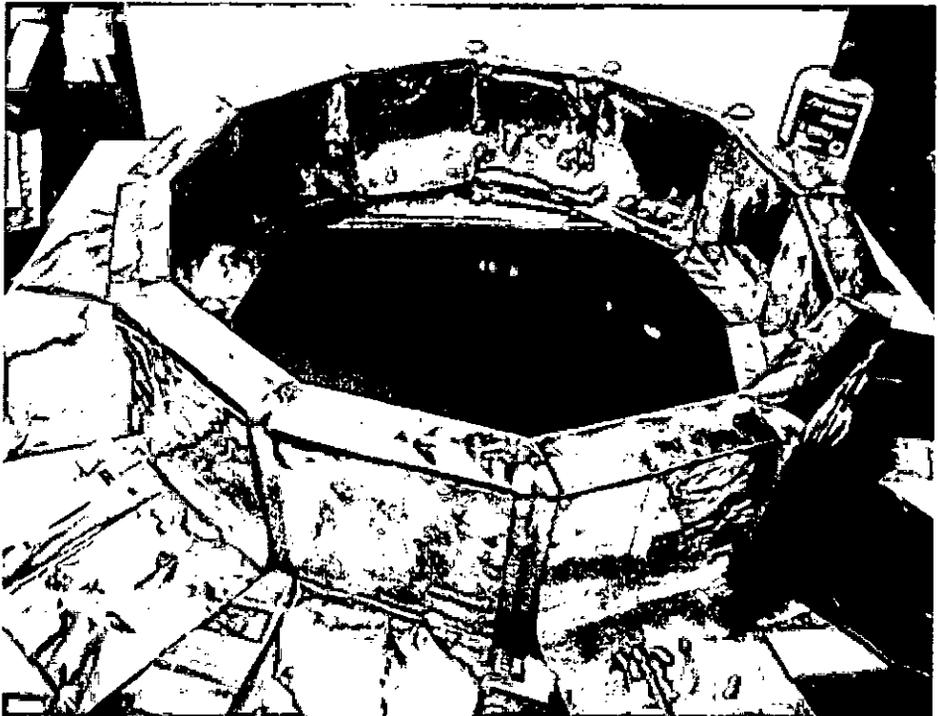
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.41. AVANZAMOS CON LA ENVOLTURA



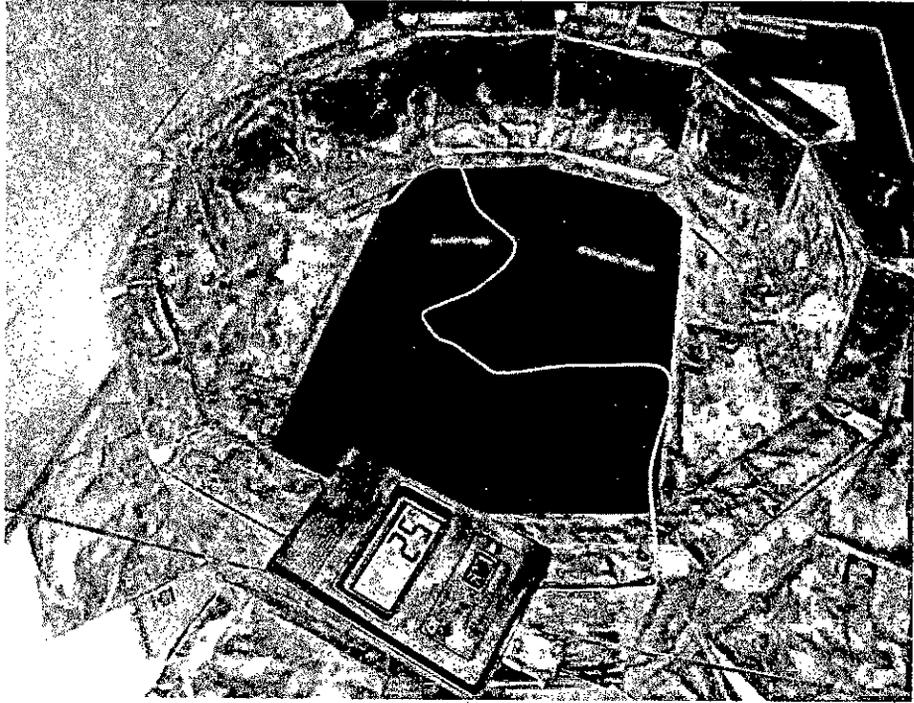
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.42. CULMINAMOS LA ENVOLTURA CON PAPEL ALUMINIO



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.43. MODELO 1 DEL CONCENTRADOR CULMINADO

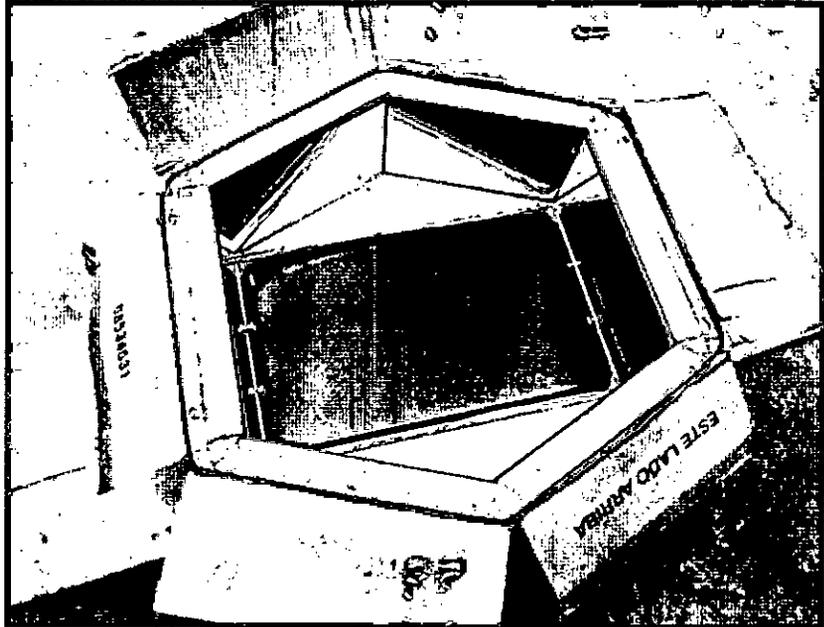


Fuente: elaboración propia

b. Desarrollo del modelo 2

Un segundo modelo, modelo 2, es un concentrador construido igualmente con láminas de tekpor de pulgada y cuarto de ancho, pero en este caso utilizamos como paredes reflectantes seis espejos de 27x18 cm. y como siempre una lámina negra de absorción de calor, cuyas características describo líneas abajo. Este modelo, tiene un mejor aislamiento térmico, pues tiene un sellado de contactos y uniones con silicona y goma, además de estar forrado en la parte externa de las paredes con papel periódico y una capa de cartón, que incluye la base, con lo cual alcanzamos mayores niveles de temperatura (observar datos en el Capítulo de Resultados).

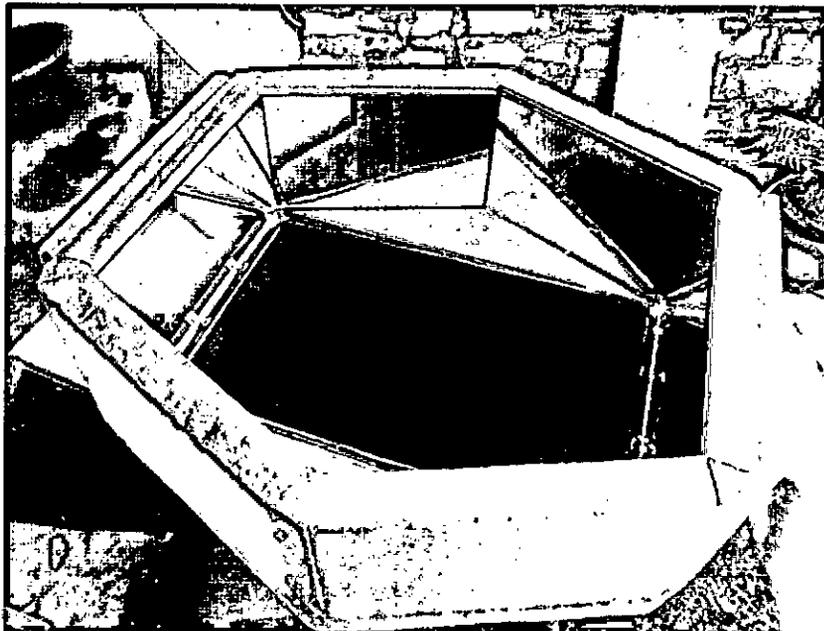
Figura N° 2.9.44. CONCENTRADOR DE CALOR SOLAR MODELO 2



Fuente: elaboración propia

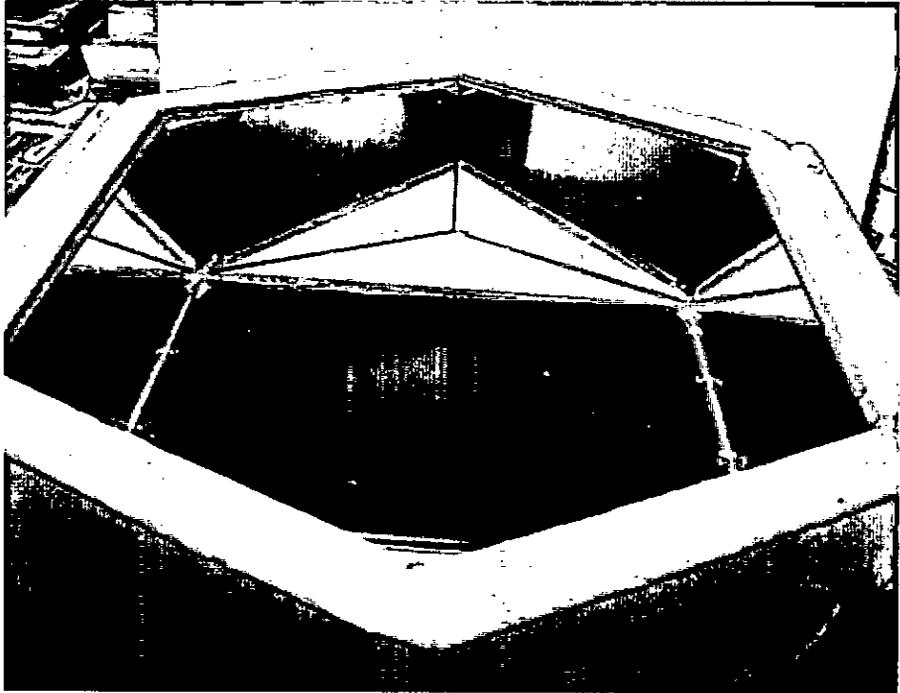
Describimos a continuación el desarrollo paso por paso, del modelo 2, del concentrador de calor.

**Figura N° 2.9.45. CONSTRUCCION DE PAREDES CON
TEKNOPOR Y LAMINAS DE ESPEJOS**



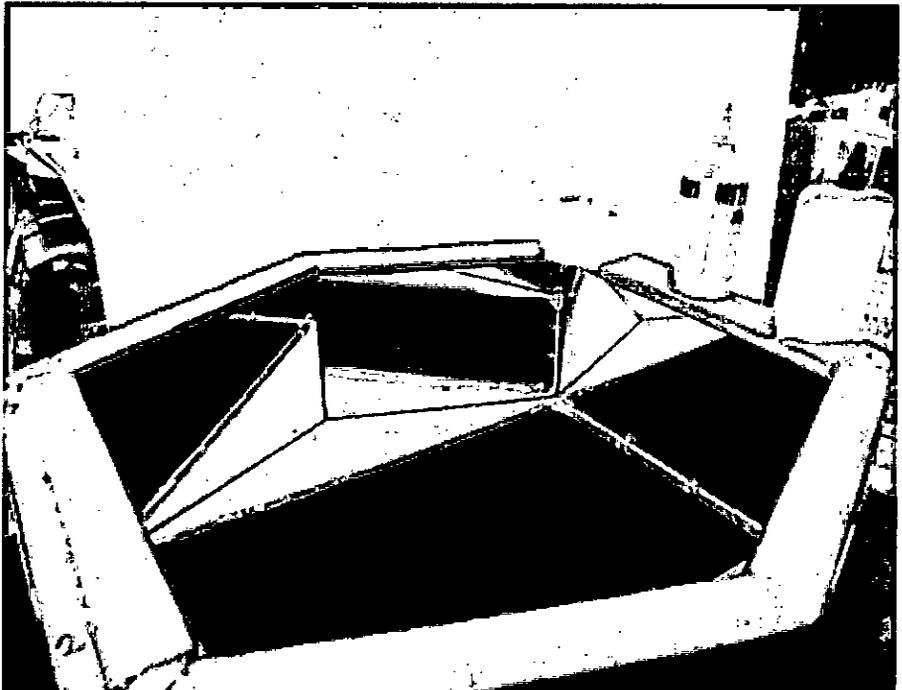
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.46. ACABADO DE LAS PAREDES



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.47. AVANCE DE LA CONSTRUCCION DEL MODELO 2



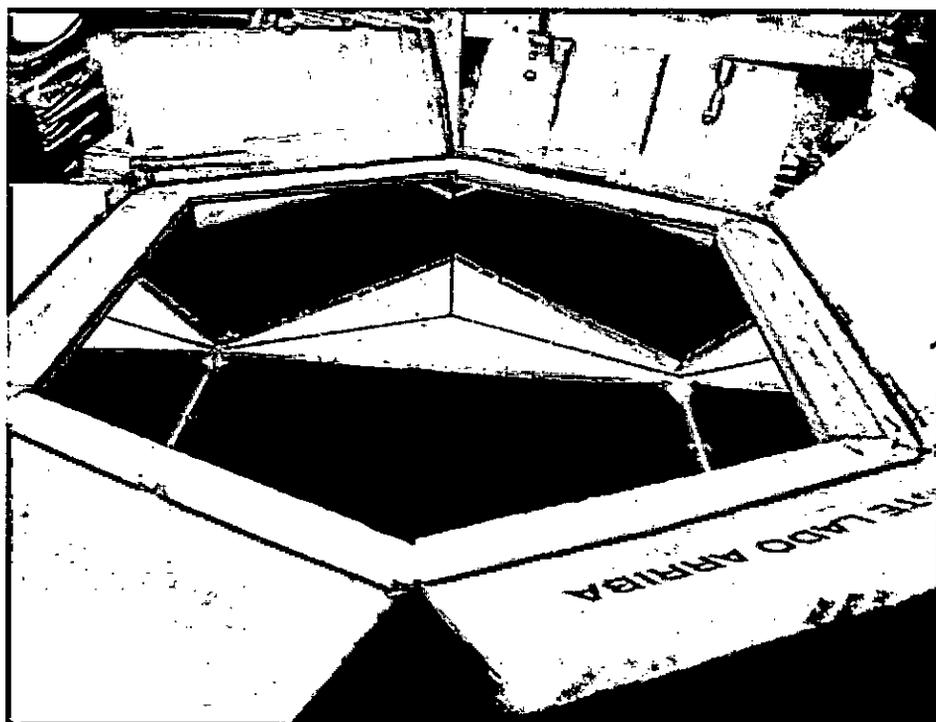
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.48. SELLANDO EL CONCENTRADOR CON PAPEL, SILICONA Y CINTA ADHESIVA



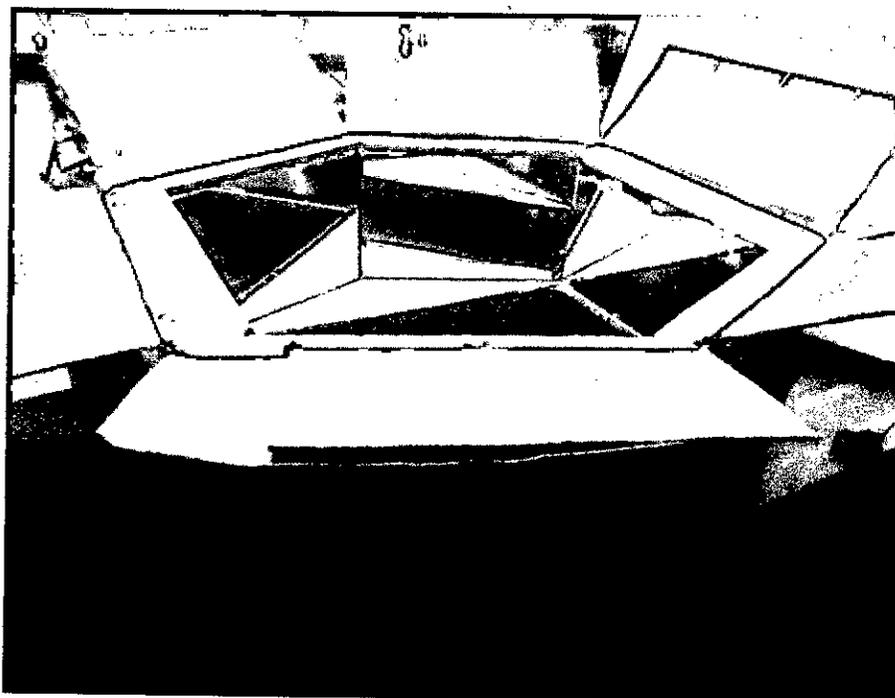
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.49. CUBIERTA DE CARTON



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.50. MODELO 2 DEL CONCENYRADOR TERMINADO



Fuente: elaboración propia

c. Desarrollo del modelo 3

El modelo 3, está mejor elaborado, porque tiene un mejor sistema de aislamiento de calor. Hemos utilizado lana de roca y cinta de aluminio para el sellado, con ello hemos alcanzado altas temperaturas. Hemos utilizado el mismo sistema de absorción de calor mediante una bandeja negra.

c.1. Aislamiento térmico mejorado

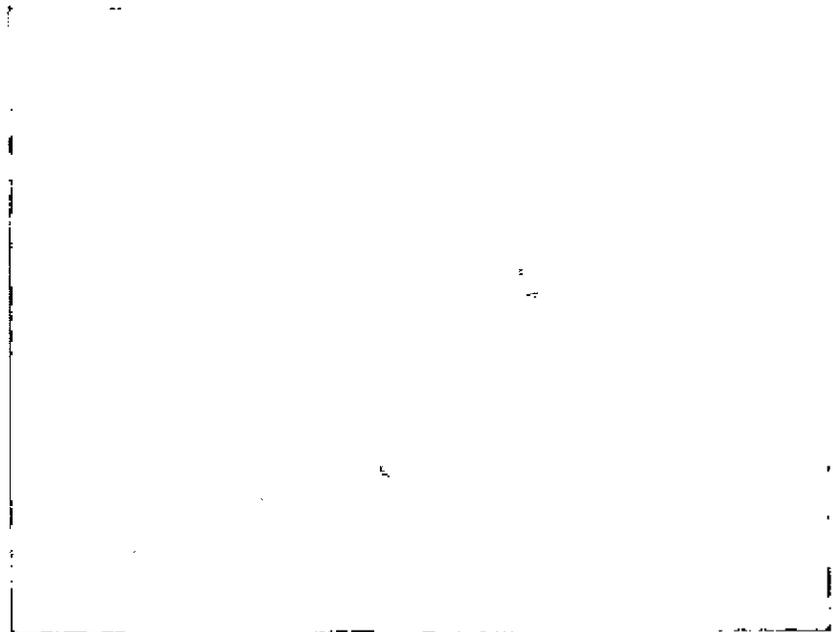
Para obtener mayores niveles de temperatura, superiores a los 100 °C es necesario utilizar materiales de mejores prestaciones, especialmente en para el aislamiento térmico. En ese sentido, es que se ha utilizado lana de roca, y cintas de aluminio para sellar las partes. Las características de estos materiales se explican en el Capítulo II.

Figura N° 2.9.51. CONCENTRADOR DE CALOR MODELO 3



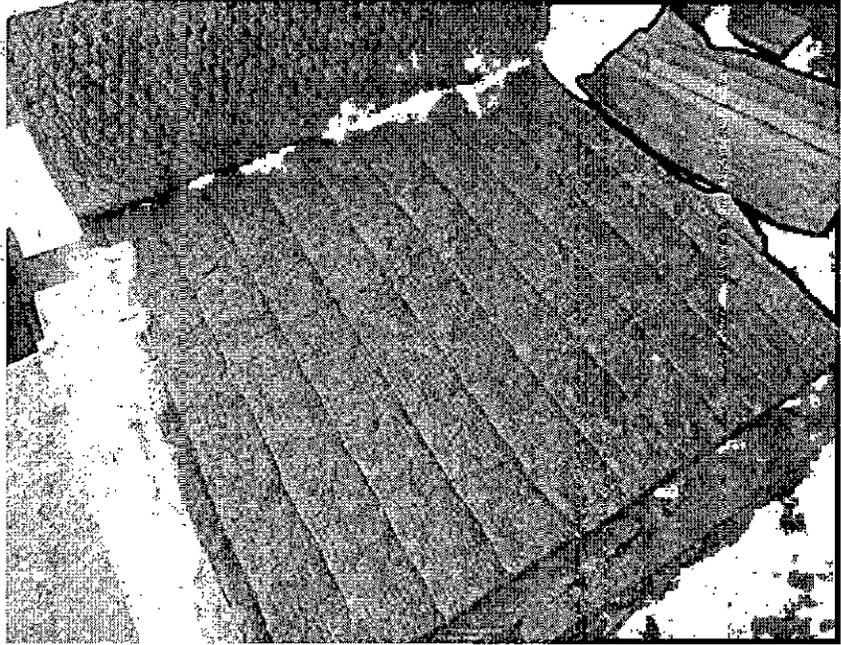
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.52. LANA DE ROCA



Fuente: elaboración propia

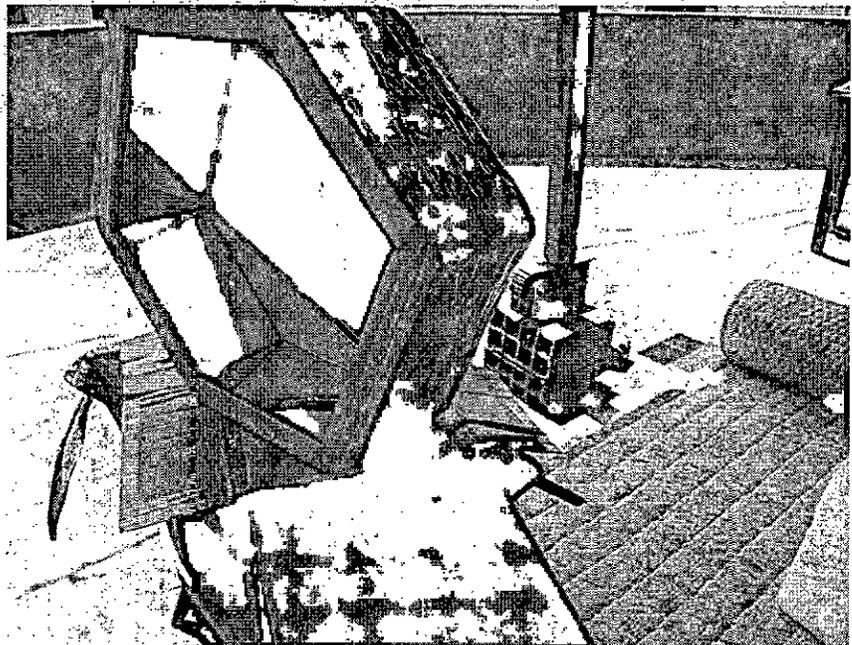
Figura N° 2.9.53. LANA DE ROCA DESPLEGADA



Fuente: elaboración propia

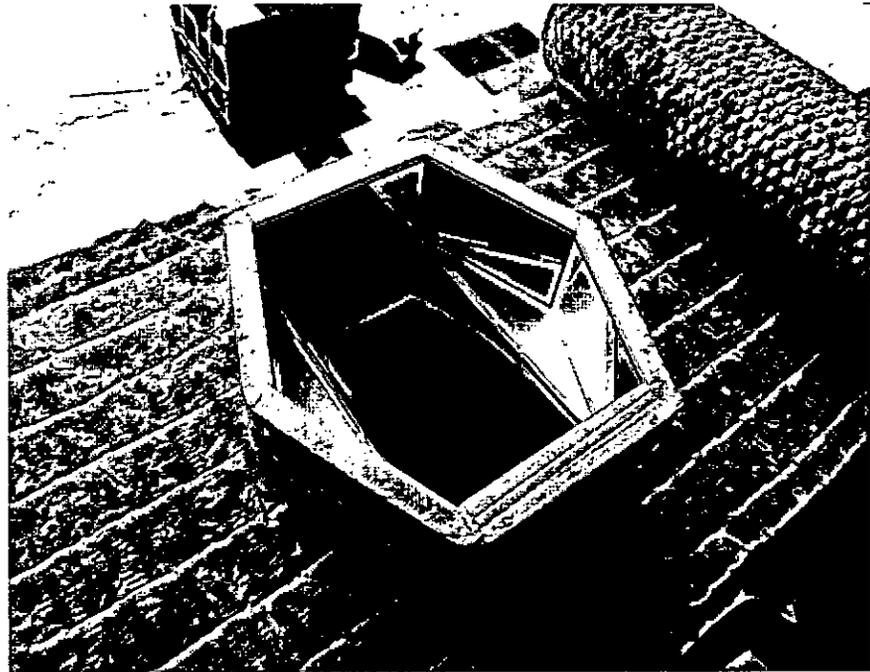
Describimos a continuación el desarrollo paso por paso, del modelo 3, del concentrador de calor.

Figura N° 2.9.54. CONSTRUCCION CON TEKNOPOP Y ESPEJOS



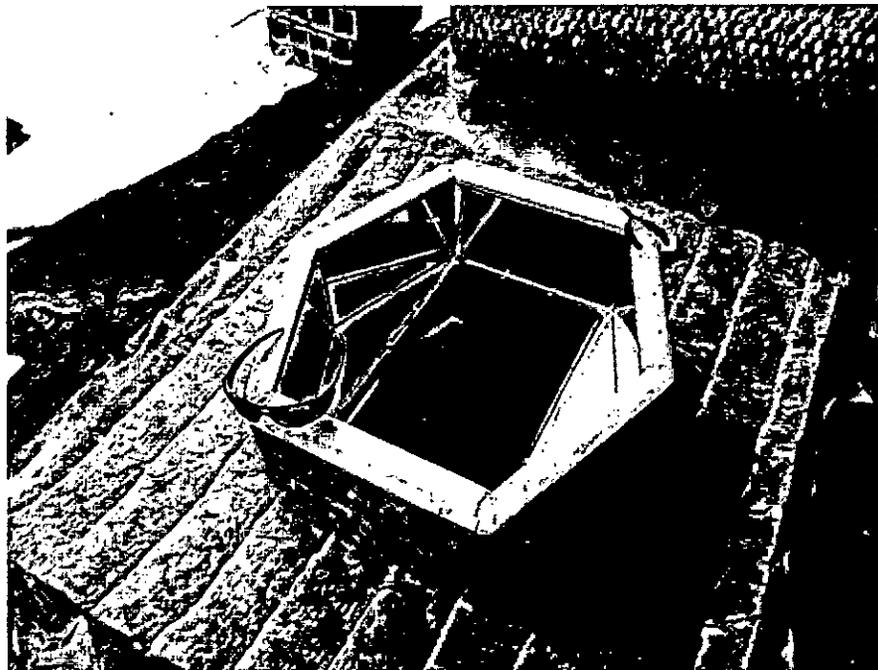
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.55. EFECTUANDO MEDIDAS PARA EL RECUBRIMIENTO



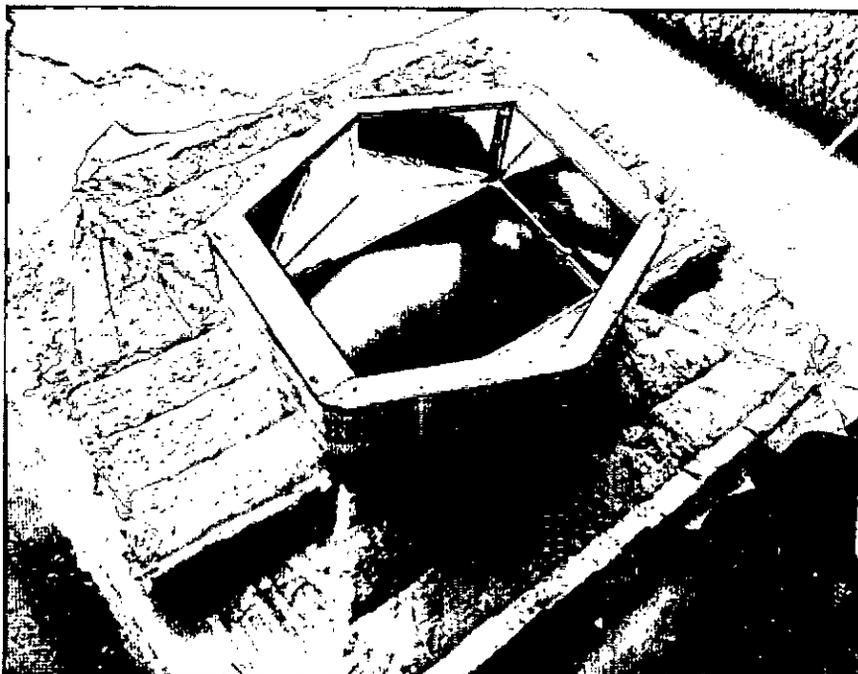
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.56. TOMANDO LA MEDIDA PERFECTA PARA EL RECUBRIMIENTO



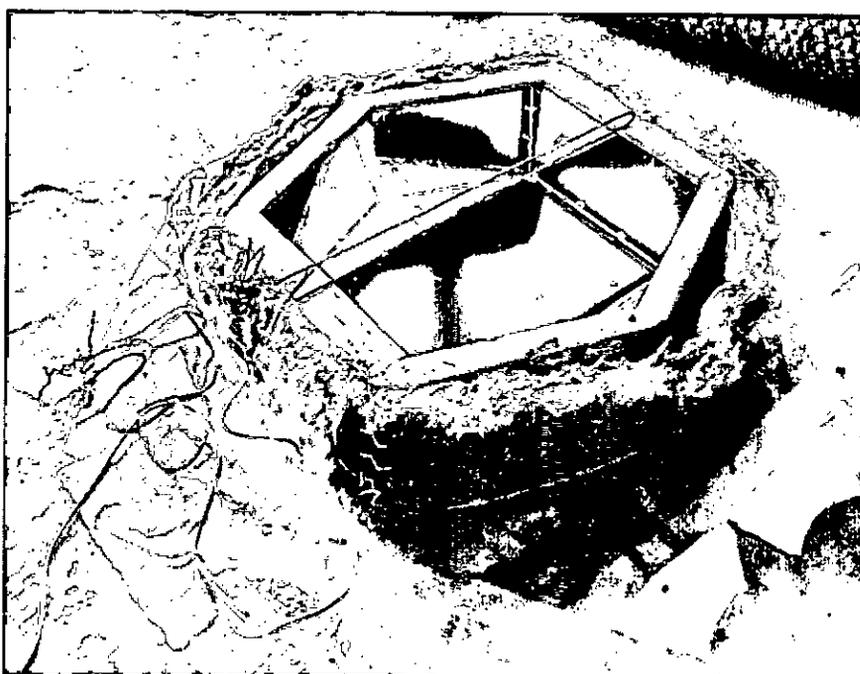
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.57. EFECTUANDO RECORTES EN LAS ESQUINAS



Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.58. AJUSTANDO EL RECUBRIMIENTO CON
LANA DE ROCA**



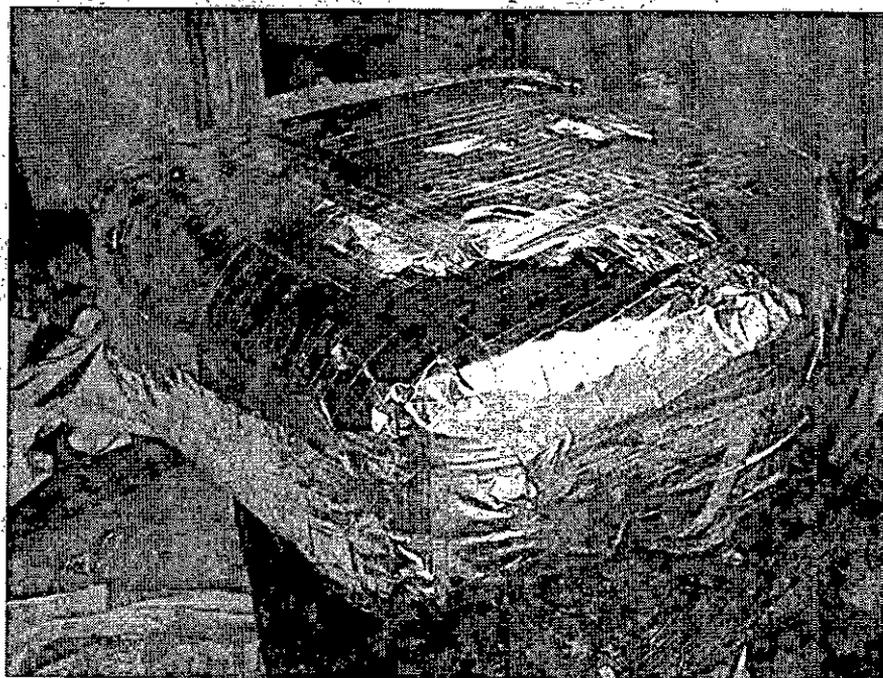
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.59. SELLADO DEL RECUBRIMIENTO CON CINTA ADHESIVA Y DE ALUMINIO



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.60. ASEGURANDO EL RECUBRIMIENTO EN LA BASE



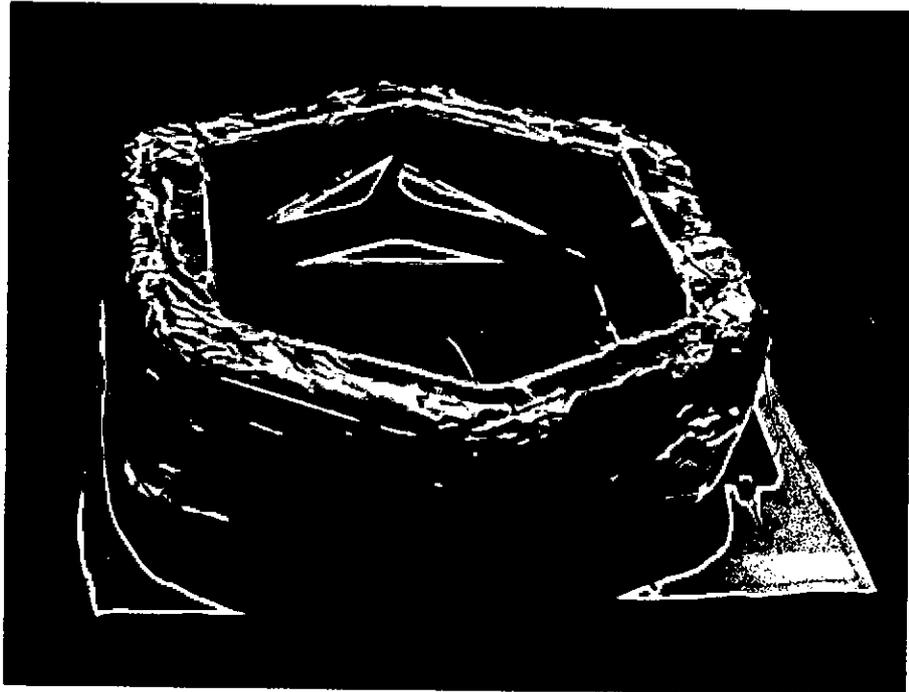
Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.61. EFECTUANDO LO ÚLTIMOS AJUSTES CON
CINTA DE ALUMINIO**



Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.62. CONSTRUCCIÓN TERMINADA DEL MODELO 3 DEL
CONCENTRADOR SOLAR**



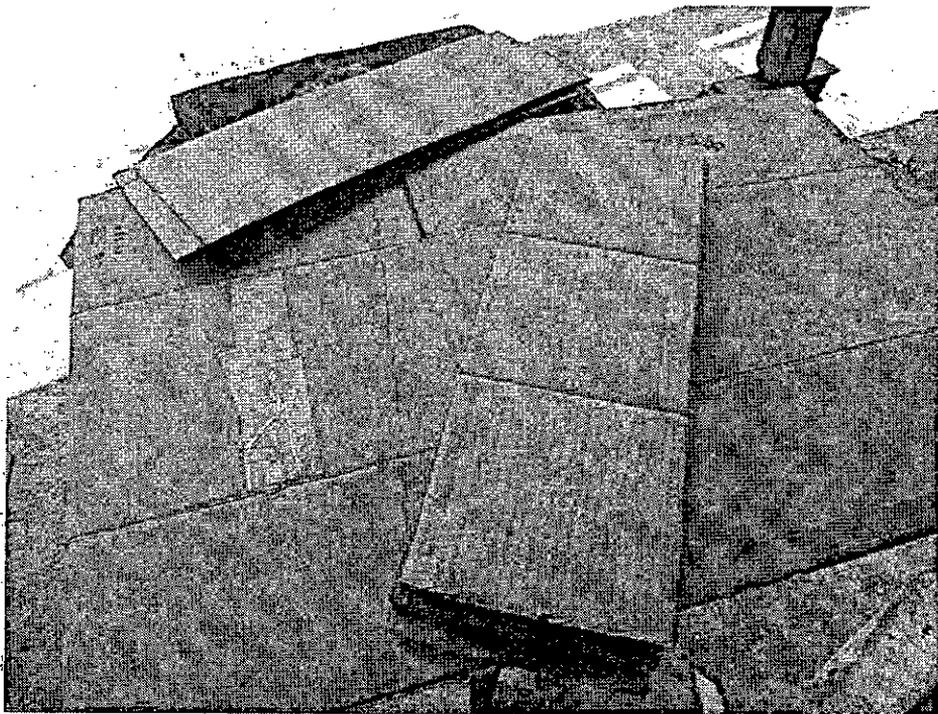
Fuente: elaboración propia

d. Desarrollo del modelo 4

Ahora obtenemos el modelo 4, el mismo que ya no utiliza paredes de teknopor, sino láminas de cartón, y otra lámina negra o cuerpo negro como absorbedor de calor, superpuesta sobre el cuerpo negro antes utilizado, en este caso la nueva lámina cubre toda la base de manera hexagonal. Con este modelo logramos alcanzar mayores niveles de temperatura para poder esterilización del instrumental biomédico.

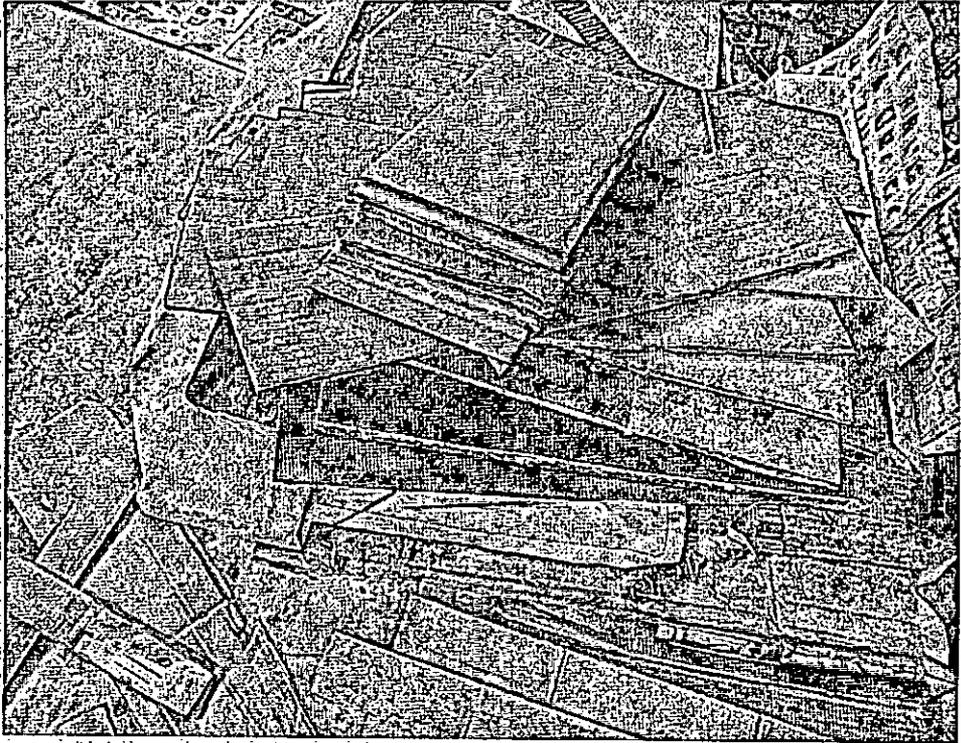
Describimos a continuación el desarrollo paso por paso, del modelo 4, del concentrador de calor.

**Figura N° 2.9.63. TROZOS DE CARTÓN PARA EL MODELO 4 DEL
CONCENTRADOR SOLAR**



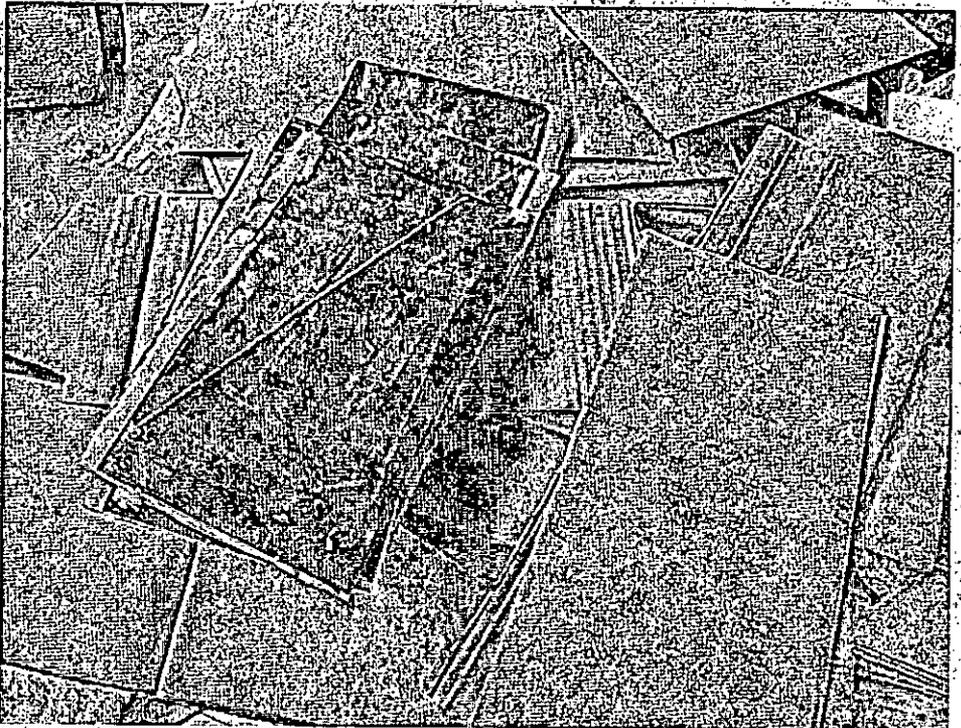
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.64. MAS BLOQUES DE CARTÓN PARA EL MODELO 4



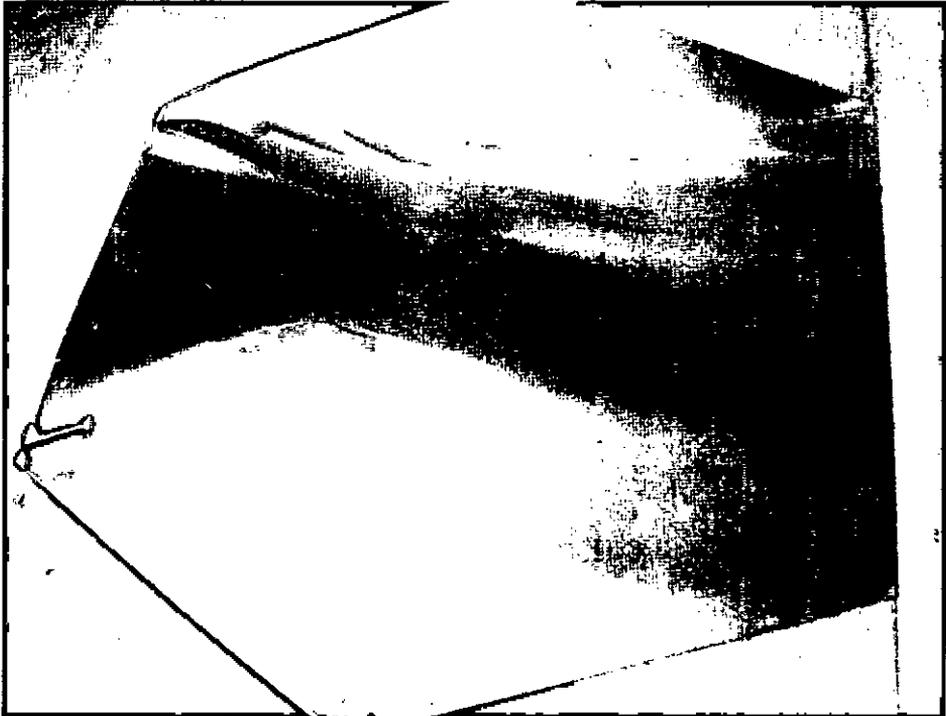
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.65. BLOQUES DE ESPEJOS Y CARTONES PARA EL MODELO 4



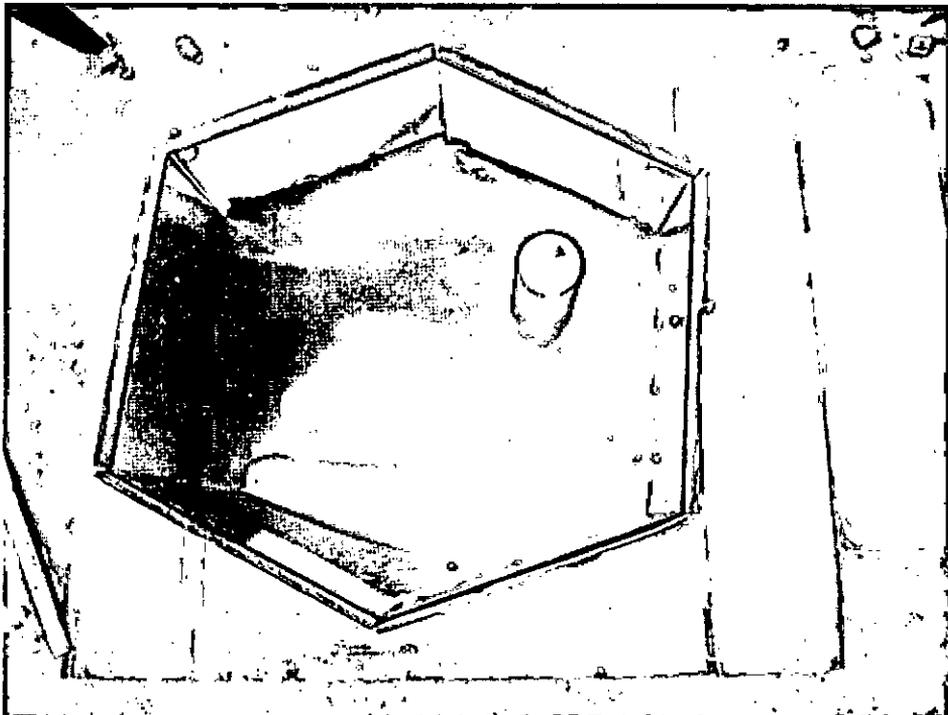
Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.66. PLANCHA DE ALUMINIO BRILLANTE PARA EL MODELO 4
DEL CONCENTRADOR SOLAR**



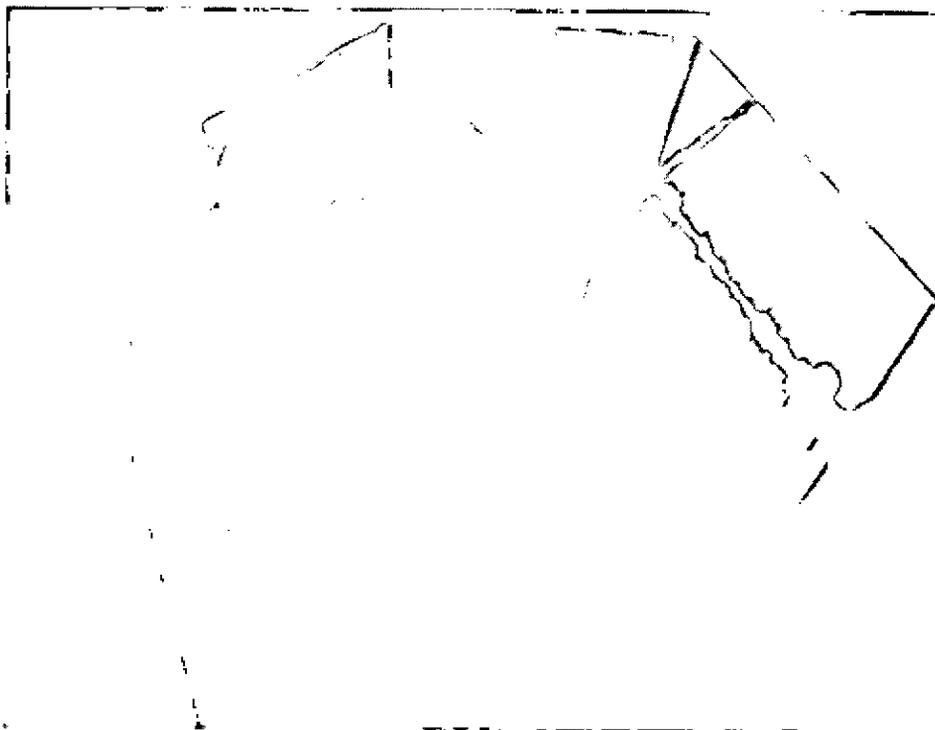
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.67. RECEPTÁCULO DEL MODELO 4



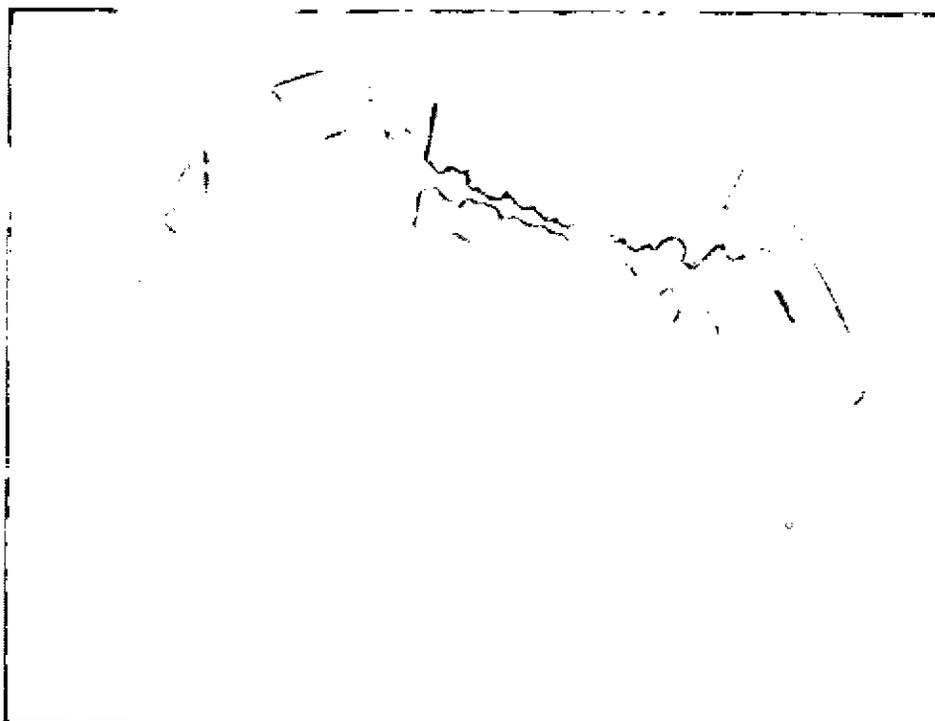
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.68. AJUSTES DEL RECEPTACULO DEL MODELO 4



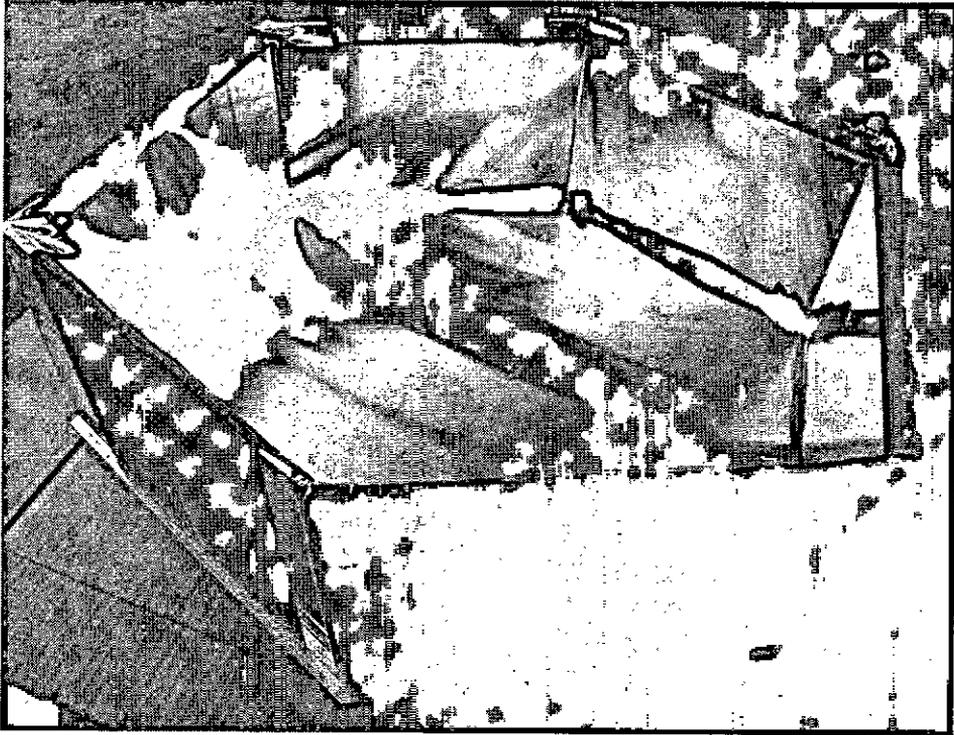
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.69. RECEPTÁCULO DEL MODELO 4 DESDE OTRO ÁNGULO



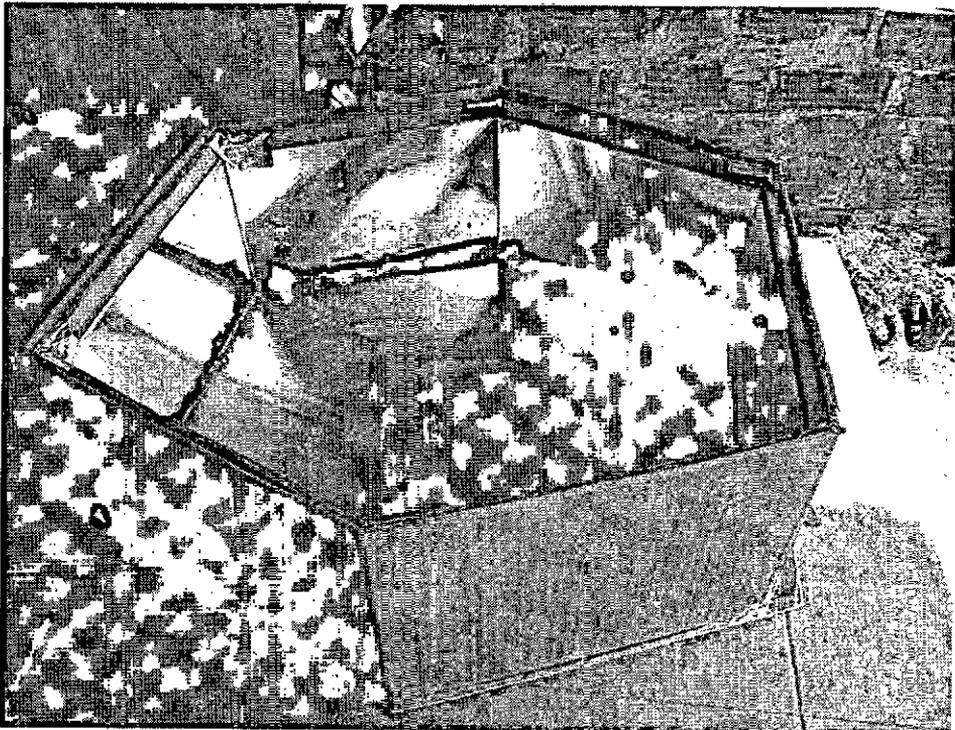
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.70. SELLADO EXTERNO DE LAS ARISTAS DEL MODELO 4



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.71. RECUBRIMIENTO DE CAPA DE CARTON DEL MODELO 4



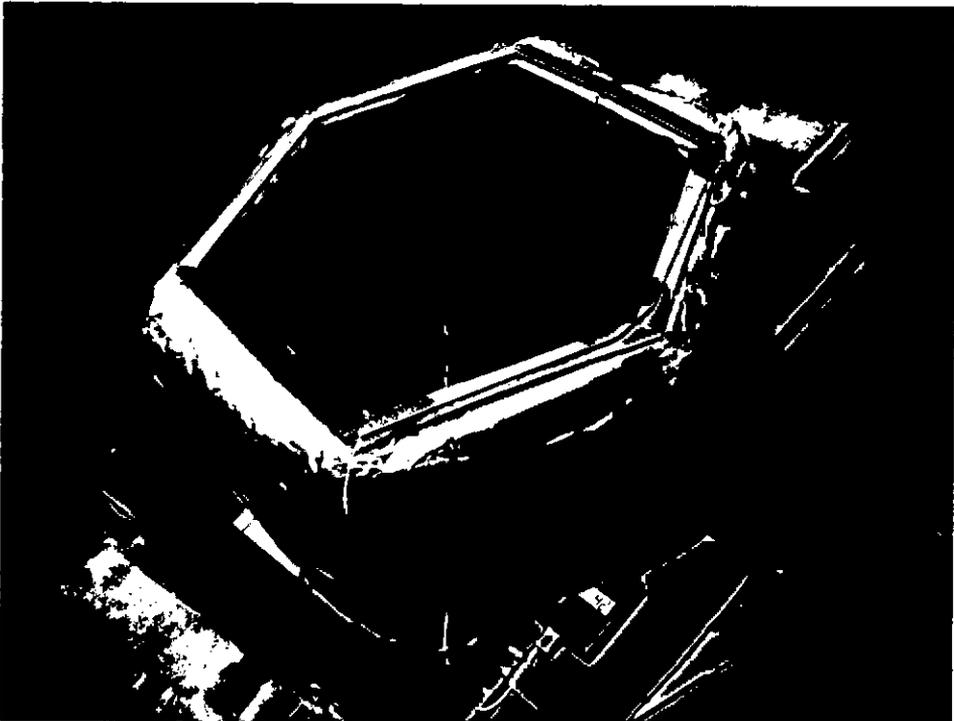
Fuente: elaboración propia

Figura 2.9.72. RECUBRIMIENTO CON LANA DE ROCA DEL MODELO 4



Fuente: elaboración propia

Figura 2.9.73. CONCENTRADOR SOLAR DEL MODELO 4 TERMINADO

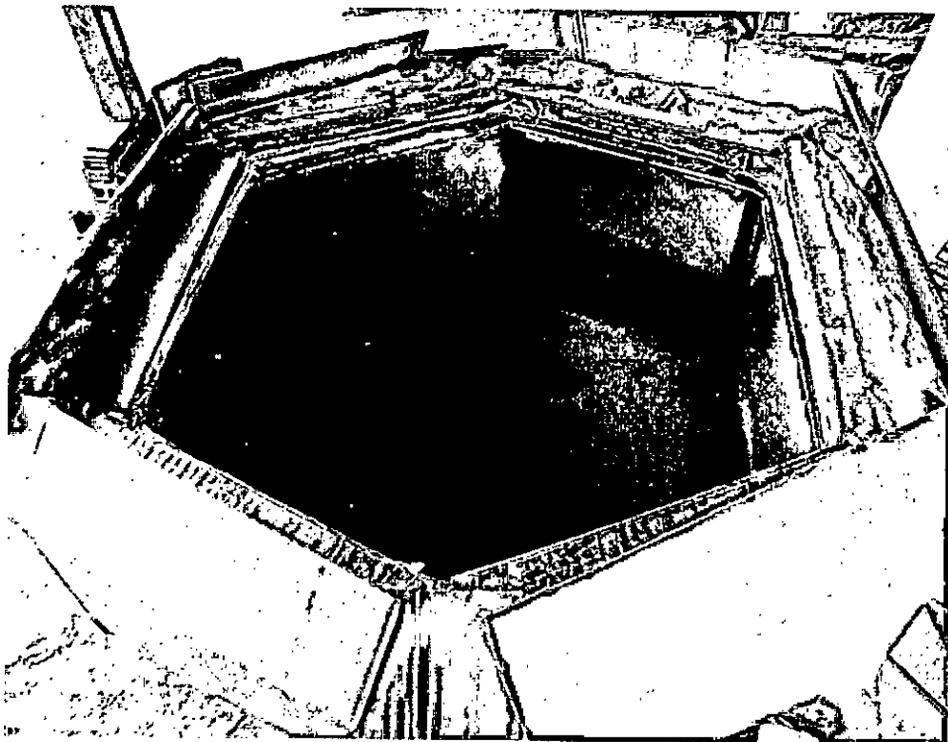


Fuente: elaboración propia

e. Desarrollo del modelo 5

Finalmente obtenemos el modelo 5, el mismo que ya no utiliza paredes de tekpor, sino láminas de cartón. Además tiene dos láminas negras (cuerpo negro, como absorbedor de calor), superpuestas, una de las cuales cubre toda la base del concentrador. Con este modelo se logra alcanzar niveles de temperatura superiores a los 150 °C, que son propicios para la esterilización del instrumental biomédico. Tiene adheridas reflectores de aluminio para optimizar los niveles de temperatura. Presento a continuación mediante imágenes, el desarrollo del modelo:

Figura N° 2.9.74. RECUBRIENDO CON LANA DE ROCA Y CARTÓN
EL MODELO 5



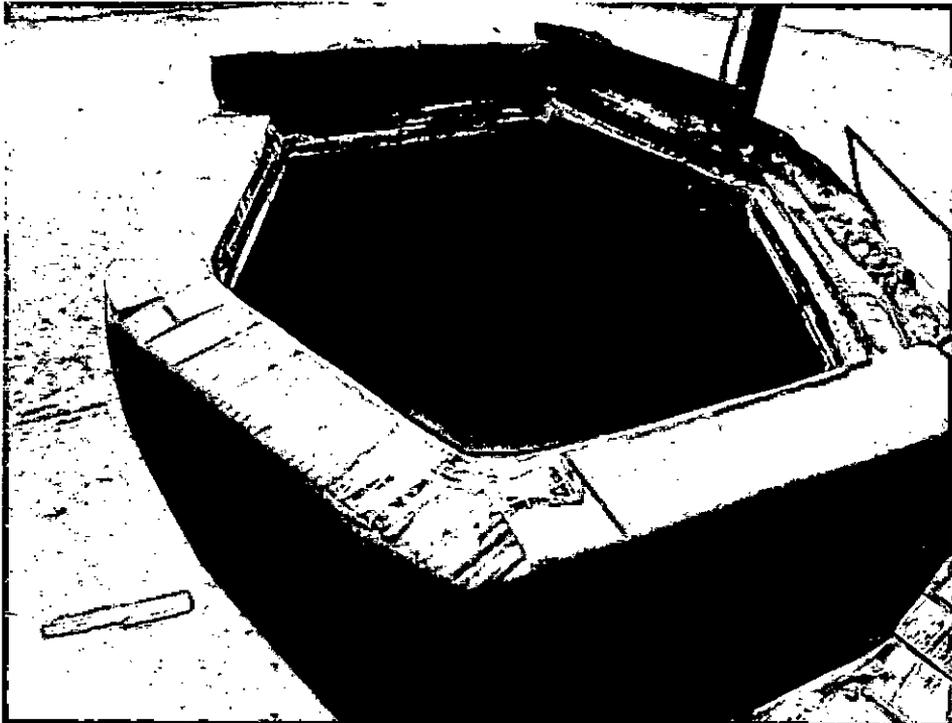
Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.75. ASEGURANDO LAS PAREDES DEL CONCENTRADOR
DEL MODELO 5**



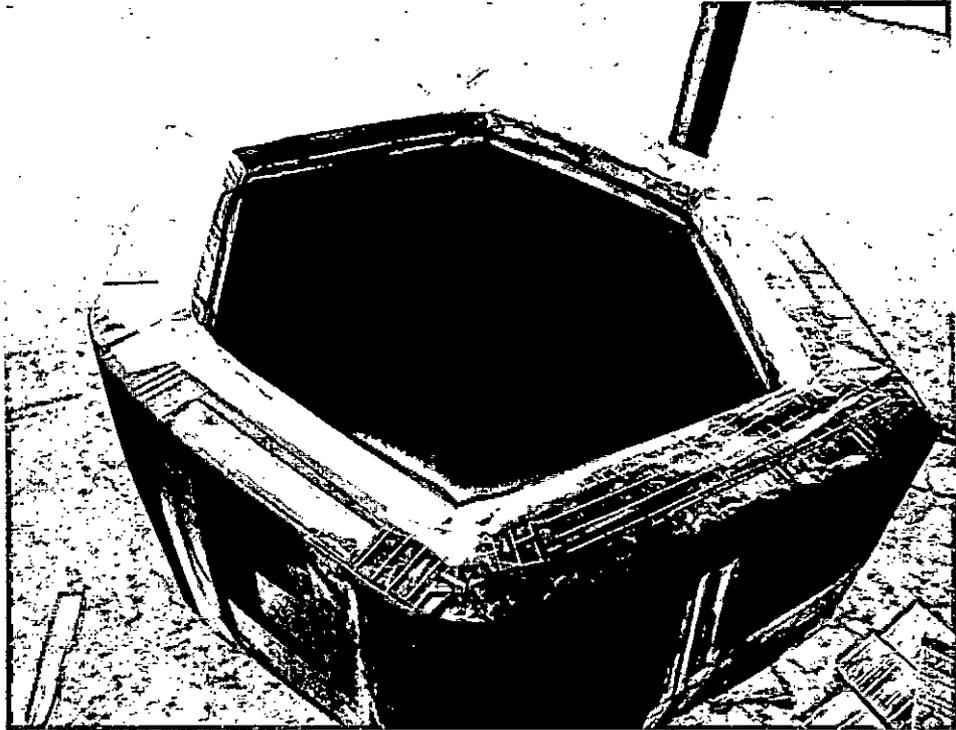
Fuente elaboración propia

Figura 2.9.76. ÚLTIMOS RETOQUES DEL MODELO 5



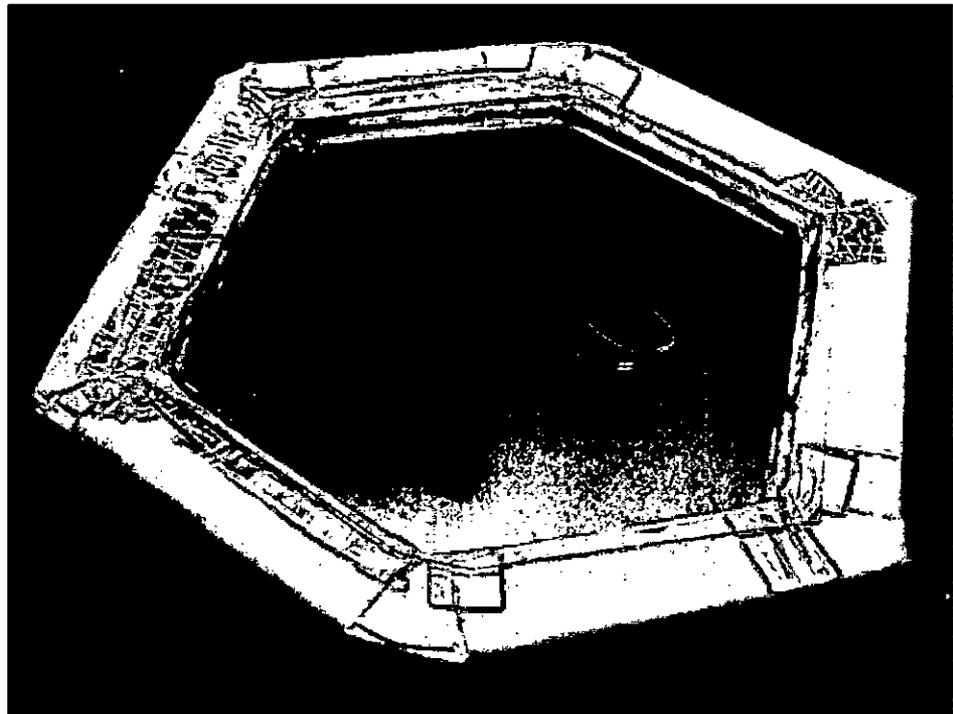
Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.77. AJUSTE FINAL DEL MODELO 5



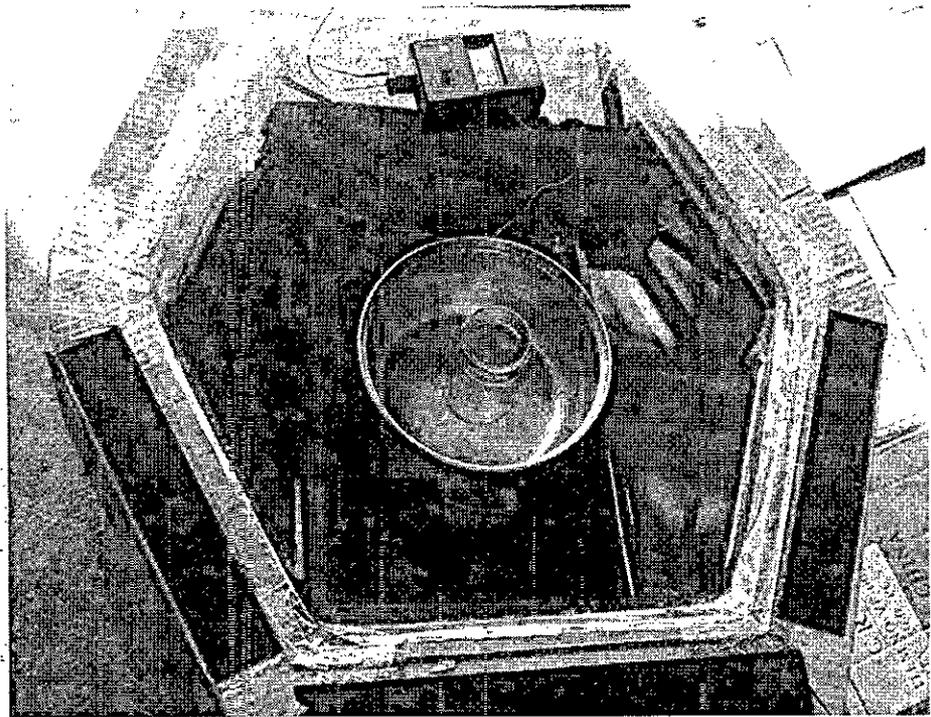
Fuente: elaboración propia

Figura 2.9.78. CONCENTRADOR DE MODELO 5, TERMINADO Y RECUBIERTO CON TAPA DE VIDRIO



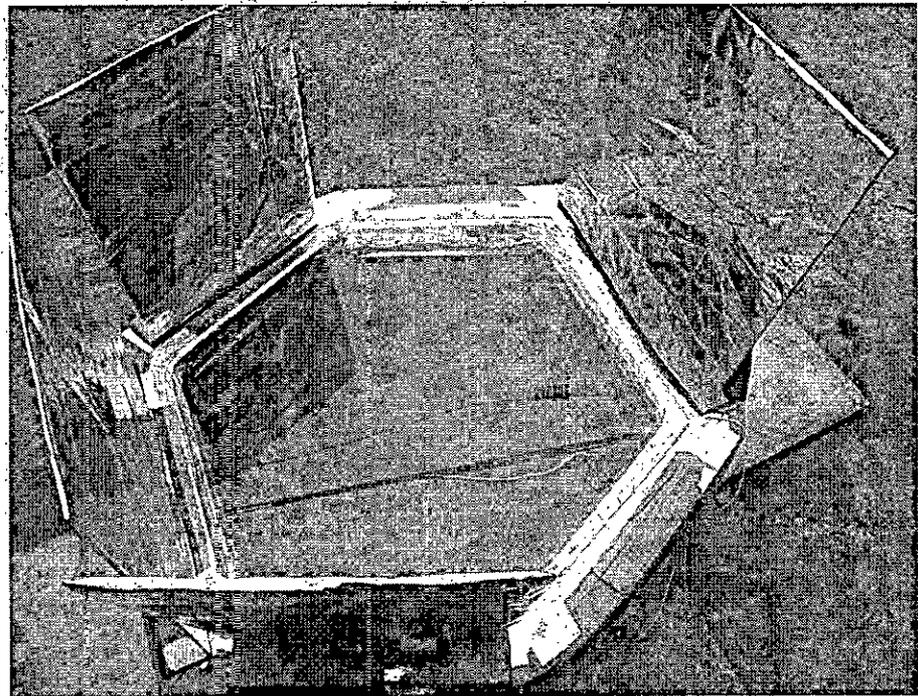
Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.79. CINTA PEGA_PEGA PARA ASEGURAR
LOS REFLECTORES**



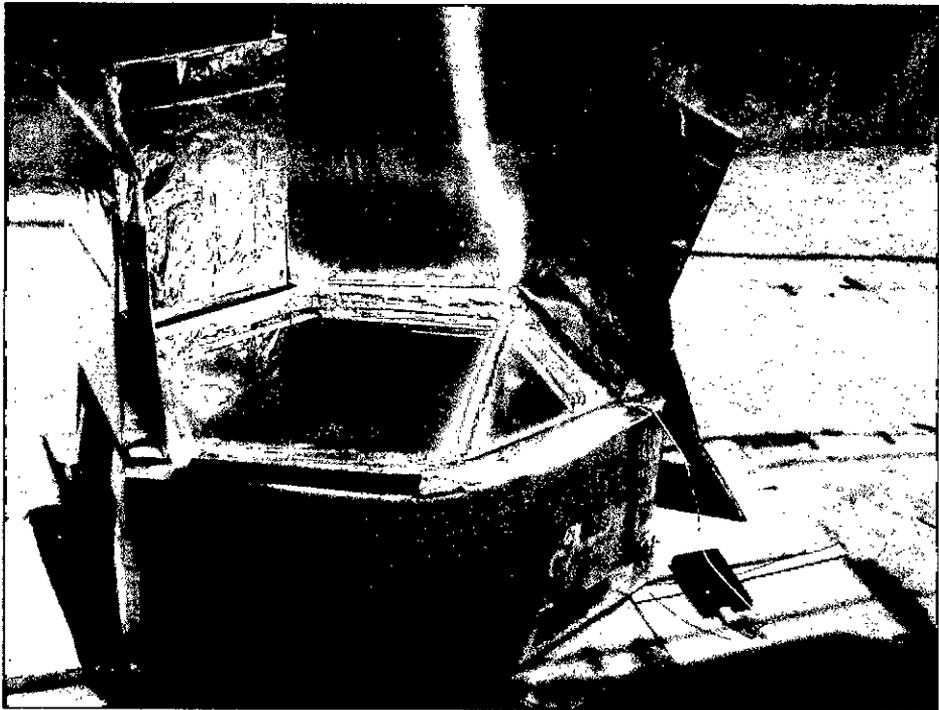
Fuente: elaboración propia

**Figura N° 2.9.80. CONCENTRADOR MODELO 5, CON REFLECTORES
DE ALUMINIO**



Fuente: elaboración propia

Figura N° 2.9.81. ESTERILIZADOR FINAL PUESTA AL SOL

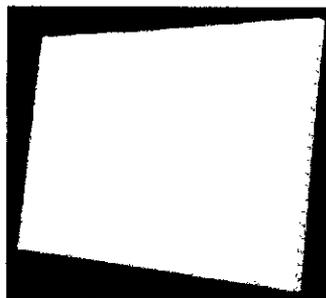


Fuente: elaboración propia

2.9.9. Etapa de refrigeración

Para no producir quemaduras o altos índices de reflexión de luz al usuario, es preciso disminuir esas variables de alguna manera, en ese sentido, hemos aplicado una lámina de triplay o cartón solido de unos 55x60 cm. para cubrir el concentrador. Una vez culminado el proceso de esterilización del instrumental, esperamos entre 3 a 5 minutos para finalmente poder destapar el vidrio y extraer la caja de esterilización.

Figura N° 2.9.82. LAMINA DE REFRIGERACIÓN



Fuente: www.google.com

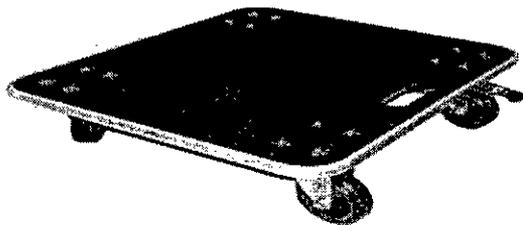
2.9.10. Etapa mecánica funcional

Debemos de tener en cuenta, que nuestro equipo se hallara encendido (ON) al momento que haya luz solar, y estará apagado (OFF) cuando no haya luz solar. Nuestro equipo no requiere de botones para tal fin, y solo depende de si hay un día soleado o no hay.

Desde el momento que hay una disposición de luz solar con muchos días de sol (mañanas y tardes en la sierra o selva), nuestro equipo estará disponible para efectuar el procedimiento de esterilización, contrariamente en la ciudad de Lima, quizá ello no se pueda dar de igual modo puesto que los días de sol son muy escasos, salvo en el verano.

Fundamentalmente, esta etapa la conforma el sistema de soporte del concentrador, el cuerpo del concentrador, los reflectores, la caja de esterilización que antes debe de lavarse con productos químicos que permitan eliminar hasta cierto grado de microbios, y posteriormente pasar a la esterilización solar.

Figura N° 2.9.83. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL EQUIPO



Fuente: Elaboración propia

2.11. Glosario de términos

• **Energía solar.** Energía renovable que se origina por la interacción gaseosa del sol y se considera inagotable.

- **Simulación.** Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital.
- **Modelamiento.** Reproducción ideal y concreta de un objeto o de un fenómeno con fines de estudio y experimentación.
- **Método.** Es la manera de alcanzar los objetivos o el procedimiento para ordenar la actividad. Cabe destacar que el método se desprende de la teoría.
- **Técnicas.** La técnica es un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos que auxilia al individuo en la aplicación de los métodos.
- **Estrategias.** Son acciones propias del investigador para obtener lo que necesita para su investigación.
- **Estandarización.** Normatividad que rige el diseño, la construcción y el uso de un sistema que aplica un determinado proceso.
- **Energías renovables.** Son los tipos de energía que no tienden a acabarse con el tiempo de uso, tales como la energía solar, la energía eólica, la energía magnética, entre otros.
- Panel solar
- Esterilización biológica
- Bacterias
- Calor seco
- Temperatura
- Flujo
- Concentrador

2.12. Abreviaturas utilizadas

Variables electrónicas:

DC	=	Corriente Continua
P	=	Potencia
I	=	Intensidad de corriente
V	=	Voltaje
W	=	Vataje

Variables físicas

Te = Tiempo de esterilización
°C = Nivel de temperatura alcanzado en grados Celsius
pe = Peso específico del material
Cal = Número de calorías
Rm = Resistencia del material

Variables matemáticas:

a = Angulo de desplazamiento
E = Este geográfico
O = Oeste geográfico
f(t) = Función del tiempo
f(T) = Función de la temperatura

Variables estadísticas:

n = Tamaño de la muestra inicial.
z = Límite de confianza para generalizar los resultados.
p = Campo de variabilidad de aciertos ó éxitos.
q = Campo de variabilidad de desaciertos o fracasos.
E = Nivel de precisión para generalizar los resultados.

CAPITULO III

VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Relación entre las variables de la investigación

Relacionando las variables relevantes que intervienen en el presente problema objeto de estudio, que conllevan a la explicación, demostración y probación de la formulada hipótesis, se han identificado las siguientes variables:

Variable X: Los altos costos operativos de los esterilizadores eléctricos de instrumental biomédico y el escaso número de unidades de los mismos, en las zonas rurales de Perú.

Variable Y: Desarrollo de un esterilizador solar, y

Variable Z: Incremento del número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.

3.2. Operacionalización de las variables

El grado más elevado de los referentes empíricos la determinamos operacionalizando las variables que se simbolizan con sus propiedades concretas con las letras X, Y y Z, de igual manera, se obtiene los siguientes indicadores:

Variable X: Los altos costos operativos de los esterilizadores eléctricos de instrumental biomédico y la escases de los mismos, en las zonas rurales de Perú.

Indicadores:

1. Altos costos operativos de los esterilizadores convencionales
 - Costo de consumo de la energía eléctrica X₁
 - Costo de equipo eléctrico convencional X₂
 - Costo de mantenimiento del equipo convencional X₃
2. Costos operativos del esterilizador solar
 - Costo de consumo de energía eléctrica equipo solar X₄
 - Costo del equipo solar X₅
 - Costo de mantenimiento del equipo solar X₆
3. Insuficiencia de unidades de esterilización biomédica X₇

Variable Y: Desarrollo de un esterilizador solar

Indicadores:

1. Conocimientos de circuitos electrónicos, materiales y programación:
 - Dispositivos y circuitos electrónicos digitales Y₁
 - Dispositivos microcontroladores Y₂
 - Sensores de temperatura Y₃
2. Conocimientos de sistemas de energía solar:
 - Sistemas de concentración de calor con energía solar Y₄
 - Sistemas de generación eléctrica con energía solar.
 - Panel solar Y₅
3. Conocimientos del proceso de esterilización de Instrumental biomédico por calor seco:
 - Nivel de temperatura de esterilización Y₆
 - Tiempo útil de exposición del instrumental biomédico Y₇
 - Control de refrigeración Y₈

Indicador de nivel de temperatura	Y ₉
Indicador de tiempo de exposición del instrumental	Y ₁₀
4. Conocimientos de los estándares internacionales para esterilización de instrumental por calor seco:	
Instrumentos de verificación de esterilización por calor seco	Y ₁₁
Niveles de temperatura y tiempos aceptables para una esterilización eficiente	Y ₁₂
Instrumentos de medida de temperatura y tiempo de esterilización por calor	Y ₁₃
5. Conocimientos de las normas técnicas internacionales para la construcción de concentradores de calor, solares:	
Norma hindú	Y ₁₄
Norma europea	Y ₁₅
Norma americana	Y ₁₆

Variable Z: Incremento del número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso

Indicadores:

1. Incremento del número de esterilizadores de instrumental biomédico en las postas médicas de las zonas rurales del país	Z ₁
2. Aumento de las oportunidades de tratamiento de la salud, de los pobladores de las zonas rurales del país.	Z ₂
3. Ahorro de costos por el uso de las energías renovables:	
Costo del equipo eléctrico convencional	
Costo equipo eléctrico convencional y solar	Z ₃
Costo alimentación equipo convencional y equipo solar	Z ₄

Seguridad eléctrica	Z ₆
Seguridad contra alta temperatura	Z ₇
Seguridad contra deslumbración solar	Z ₈
5. Facilidad de uso	Z ₉

3.3. HIPOTESIS

Esta tesis plantea la siguiente hipótesis:

Los altos costos operativos de los esterilizadores eléctricos de instrumental biomédico y el escaso número de unidades de los mismos en las zonas rurales de Perú, disminuye las oportunidades de efectuar procedimientos de salud en los pacientes de dichas zonas, en ese sentido, se hace necesario desarrollar un esterilizador solar de instrumental biomédico a bajo costo, cuya aplicación incrementará el número de unidades y el de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.

3.3.1. Hipótesis específicas:

Los equipos de esterilización eléctricos convencionales, en las zonas rurales de Perú, son escasos, costosos y generan costos operativos altos.

Se puede verificar el proceso de esterilización de instrumental biomédico, haciendo uso de un prototipo de esterilizador solar, desarrollado a bajo costo, y que es seguro y funcional.

El desarrollo y la aplicación del esterilizador solar en las zonas rurales de Perú, incrementa el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos y seguridad.

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1. Tipo de investigación

En este trabajo de tesis se han aplicado los siguientes tipos de investigación:

4.1.1. Experimental

El estudio básicamente ha sido de tipo experimental, el desarrollo se inició con el conocimiento de los conceptos fundamentales referentes al tema de la tesis y que implicaron una posible comprobación de la hipótesis planteada, mediante los ensayos de los diseños previamente elaborados.

4.1.2. Aplicación Transversal

Este estudio también tiene un carácter transversal, ya que han participado diferentes disciplinas para los análisis, comprobaciones, etc. El prototipo final se ha aplicado en procedimientos de esterilización de instrumental biomédico, y se han observado los resultados de los ensayos que implican la verificación del procedimiento (VDP), el tiempo de esterilización (TDE), el grado de temperatura de esterilización (GTE), así mismo, el equipo ha sido evaluado por otros especialistas en el campo de la medicina y de las energías renovables. Los procedimientos se iniciaron el mes de noviembre del año 2014 hasta su culminación en junio del 2015.

4.1.3. Cognitiva deductiva.

Este estudio está basado en los conocimientos previos bien consolidados, por ende una parte deductiva que se antepone a los

resultados y permite la corrección de errores o el mejoramiento de los procesos y con ello la aplicación final con la obtención de los resultados deseados.

4.2. Planteamiento o diseño de la investigación

Se ha basado en los siguientes lineamientos:

1. Búsqueda bibliográfica en bibliotecas, revistas, libros e Internet.
2. Búsqueda de información en empresas de desarrollo y servicios de energía solar y de energías renovables.
3. Búsqueda de información en empresas de venta de instrumental y equipo médico, en hospitales, clínicas e instituciones de salud del estado.
4. Búsqueda de instituciones y de investigadores particulares interesados en el desarrollo de este trabajo de tesis.
5. Estudio de las variables del proceso del instrumento a desarrollar.
6. Estudio y aplicación de paneles solares, circuitos electrónicos y sensores.
7. Estudio y aplicación de materiales para concentración eficiente de calor solar.
8. Ensayos de esterilización en tiempo real.

4.3. Etapas de la investigación

Se ha realizado bajo las siguientes fases:

La primera fase consistió en el estudio y diseño del prototipo final del sistema. En esta etapa, se diseñaron e implementaron varios modelos de concentradores de calor, asimismo se efectuaron mediciones de temperatura en dichos modelos. La mayoría de ellos está conformado por la estructura de soporte del equipo, la etapa de concentración de calor, etapa de medición de temperatura, etapa de medición de tiempo de esterilización, etapa de alimentación solar y la etapa de refrigeración.

La segunda fase consistió en las pruebas del sistema, donde se realizaron varios procedimientos de esterilización de diversos instrumentales biomédicos, tratando de observar los posibles errores. Asimismo, se ha realizado ensayos con varios modelos de concentradores, que nos han permitido optimizar nuestro prototipo biomédico. El trabajo de diseño, implementación y ensayo se efectuó en mi taller de reparaciones, y los ensayos y mediciones fueron verificadas en el Laboratorio de Microbiología del Centro de Control Analítico de la Universidad UNMSM (San Fernando).

4.4. Población y muestra

Para aplicar el prototipo final desarrollado en esta investigación y para poder alcanzar los objetivos de probar, explicar y demostrar la hipótesis formulada; hemos aplicado las técnicas estadísticas, con ello hemos determinado el tamaño de la muestra de la población, en las unidades de medida con los límites de confianza en función de la Distribución Normal Estándar.

4.4.1. El diseño de la muestra probabilística

El diseño de la muestra probabilística se ha basado partiendo de la determinación de una Población, en este caso un número significativo de mediciones de temperatura extraídas de diversas sesiones de procedimientos de esterilización de instrumental, bajo ciertas concisiones (hora de medición y nivel de temperatura), seguidamente de esa población, se ha extraído la Muestra, la misma que se ha ajustado y lógicamente se ha determinado el porcentaje de error.

a. Muestra Numérica

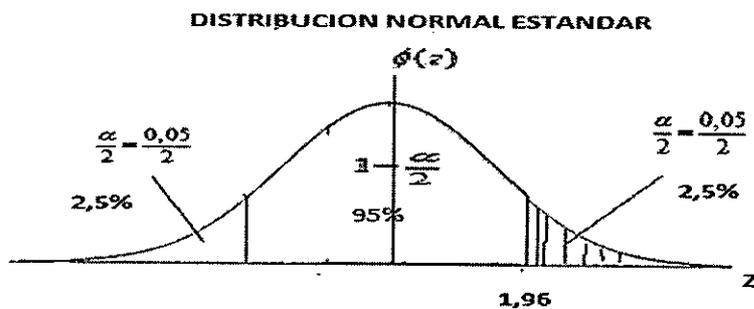
Para determinar la muestra numérica se tomó como universo a 600 mediciones de temperatura tomadas en varias sesiones de esterilización y que están dentro del intervalo superior a los 150°C y que pertenecen a un tiempo superior a las 12:30 pm, hora en

que la incidencia de la radiación solar es más alta. Una observación importante, que se desprende de este estudio, es que el tiempo de esterilización así como el nivel de temperatura de esterilización (160°C) se reducen, debido a la componente ultravioleta (UV) que ayuda a eliminar las bacterias dentro rangos inferiores a los convencionales. Esto lo han confirmado los datos del Capítulo de Resultados.

- b. **Muestra Inicial.** Por ser finita la muestra inicial se ha determinado aplicando la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p q}{e^2} \quad (4.1)$$

Grafico N° 4.1. DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR



Fuente: www.google.com

- c. **Muestra Ajustada:** La muestra inicial se somete al factor de corrección finita para obtener la muestra ajustada mediante la fórmula:

$$n = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}} \quad (4.2)$$

Siendo:

N = población
n = muestra inicial

c.1. Análisis de Población y Muestra

Población: N = 600

(Mediciones de temperatura sobre 150°C tomadas a partir de las 12:30 pm).

Muestra: n = 300

(Mediciones de temperatura, ídem anterior)

Para un Nivel de Confianza del 95%:

p = 0.5 y q = 0.5 (p = probabilidad de estimación)

El valor de la variable Z es: Z = 1.96

(Tomado de la tabla de distribución normal, cuando p=q=0.5)

c.2. Determinación del error "e":

Del valor de la muestra "n":

$$n = \frac{Z^2 p q}{e^2}$$

Tenemos

$$e^2 = \frac{Z^2 p q}{n} \quad (4.3)$$

$$e = 0.0658$$

Que representa en porcentaje:

$$e = 5.65 \%$$

Ajuste de la muestra, tomado a partir de (u):

$$n' = \frac{300}{1 + \frac{301}{600}} = \frac{300}{1.5016} = 199.78 \text{ --- } \textit{aprox: } n' = 200$$

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Hemos trabajado bajo las siguientes técnicas e instrumentos:

4.5.1. General

A través de esta investigación hemos conocido tanto los recursos e insumos tecnológicos, así como el procedimiento del uso de un sistema de esterilización de instrumental biomédico. En ese sentido, sabemos con precisión el trabajo de los transductores, de los instrumentos de medición, de los materiales sensibles a la acumulación de calor, los aislantes de calor, de los circuitos electrónicos, de los tipos de indicadores de esterilización, el trabajo de los paneles solares y de las herramientas de software para el manejo de los datos estadísticos, tales como la hoja de cálculo Excel y la de base de datos como Access.

4.5.2. Específicos

En este estudio, se han aplicado los métodos de investigación que a continuación se indican:

a. Experimental. Durante el proceso de investigación se ha trabajado, captando y acumulado la energía solar de manera directa, dentro del concentrador, en donde dicha energía se transforma en calor y genera una alta temperatura interna. Así, hemos alcanzando niveles estandarizados de temperatura de esterilización por calor seco (160°C), en ensayos de esterilización de instrumental biomédico por calor seco. Se efectuaron ensayos

tanto en días de sol como en días nublados, en los cuales se obtuvieron varias tablas de datos y se observaron las respuestas de los diferentes modelos de concentradores, poniéndose énfasis en el modelo 5, que es más óptimo, pues con el alcanzamos los niveles estandarizados de temperatura de esterilización (160°C) por calor seco.

Tabla N° 4.1
DISTRIBUCIÓN NORMAL

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010

Fuente. www.google.com

b. Experimental. Durante el proceso de investigación se ha trabajado, captando y acumulado la energía solar de manera directa, dentro del concentrador, en donde dicha energía se transforma en calor y genera una alta temperatura interna. Así, hemos alcanzando niveles estandarizados de temperatura de esterilización por calor seco (160°C), en ensayos de esterilización de instrumental biomédico por calor seco. Se efectuaron ensayos tanto en días de sol como en días nublados, en los cuales se obtuvieron varias tablas de datos y se observaron las respuestas de los diferentes modelos de concentradores, poniéndose énfasis en el modelo 5, que es más óptimo, pues con el alcanzamos los niveles estandarizados de temperatura de esterilización (160°C) por calor seco.

c. Matemización. La relación de los parámetros de nivel de temperatura, tiempo de esterilización, calor y radiación, han sido analizadas mediante tablas de aproximación, bajo las leyes generales de la transferencia de calor, que nos han permitido graficar como por ejemplo, las curvas de respuesta tiempo versus temperatura, entre otros, datos que se presentan en el tema: "Nuestro prototipo" del Capítulo II y en Resultados del Capítulo V.

4.6. Procedimiento estadístico y análisis de datos

El procedimiento estadístico aplicado en esta investigación para explicar, demostrar y verificar lo planteado en la hipótesis, ha consistido en el desarrollo y estructuración del instrumento y en dichas unidades (mediante tablas de datos), se han efectuado diversos análisis, como son los siguientes:

4.6.1. Estudio de los Datos Estadísticos

Tabla N° 4.2

MEDICIONES DE TEMPERATURA (MEDIDAS SUPERIORES A LOS 150 °C)

MEDICION N° 1

HORA	°C
10:10	25
10:17	32
10:26	49
10:28	51
10:48	76
10:49	78
11:02	102
11:15	113
11:16	114
11:43	131
12:30	136
12:34	142
12:39	146
12:40	147
12:48	150
13:12	147
13:14	148
13:15	149
13:20	151
13:25	150
13:28	150
13:32	151
13:36	150
13:39	149
13:43	146
13:47	147
13:49	149
13:51	150
13:55	147
13:57	144
14:02	145
14:05	147
14:09	148

MEDICION N° 2

HORA	°C
10:30	25
10:42	38
10:59	64
11:04	89
11:14	96
11:17	100
11:20	104
11:28	112
11:34	116
11:45	118
11:51	125
11:56	134
12:01	137
12:17	138
12:21	142
12:28	144
12:33	146
12:51	144
12:53	145
12:56	147
12:58	148
13:00	149
13:07	151
13:09	152
13:13	151
13:17	152
13:20	153
13:22	153
13:24	150
13:26	148
13:27	146
13:29	155
13:30	158

MEDICION N° 3

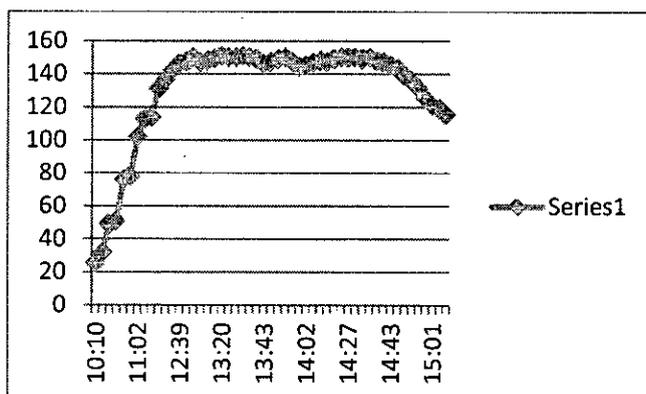
HORA	°C
09:55	25
10:00	35
10:05	45
10:11	56
10:13	60
10:15	64
10:22	77
10:26	83
10:31	89
10:36	95
10:40	98
10:44	101
10:51	107
10:56	112
11:01	116
11:05	119
11:12	121
11:15	124
11:34	131
11:37	132
11:45	135
11:52	136
11:58	137
12:03	138
12:12	139
12:23	140
12:33	146
12:38	149
12:39	151
12:40	152
12:41	153
12:43	154
12:43	155

14:13	147
14:19	149
14:22	150
14:27	150
14:29	150
14:32	149
14:35	150
14:37	148
14:40	147
14:43	145
14:48	143
14:51	139
14:53	136
14:57	131
14:59	125
15:01	121
15:03	119
15:07	115

13:32	158
13:36	157
13:39	158
13:42	157
13:45	156
13:49	153
13:53	155
13:57	156
13:59	156
14:03	155
14:05	158
14:09	157
14:13	156
14:16	155
14:17	157
14:21	155
14:25	156
14:29	155
14:32	153
14:36	150
14:41	148
14:45	145

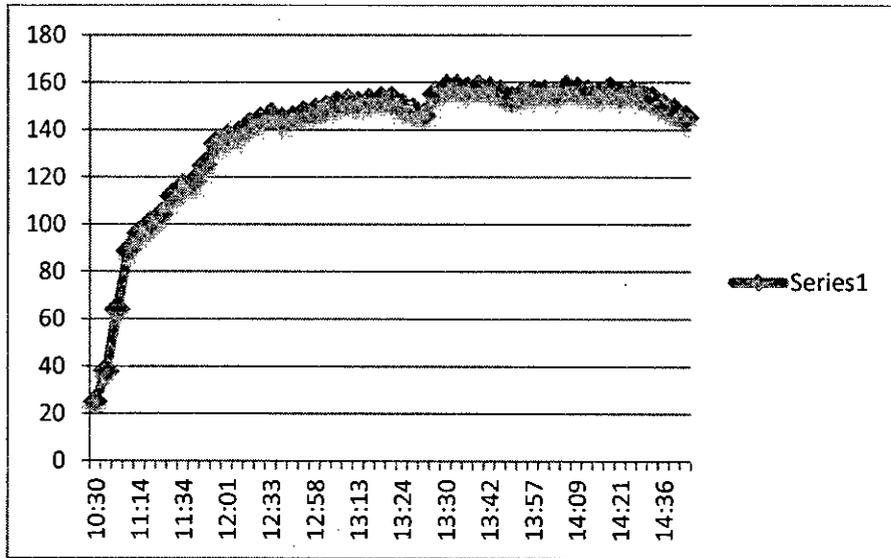
12:45	156
12:48	157
13:03	158
13:06	158
13:09	159
13:16	159
13:20	159
13:24	160
13:31	159
13:35	160
13:37	160
13:38	161
13:39	161
13:42	161
13:45	160
13:48	159
13:52	155
13:55	152
14:05	151
14:07	152
14:08	152
14:10	153
14:14	153
14:17	152
14:20	151
14:23	148
14:25	144
14:26	142

Grafico N° 4.2. CURVA T vs °C, DE LA MEDICION 1



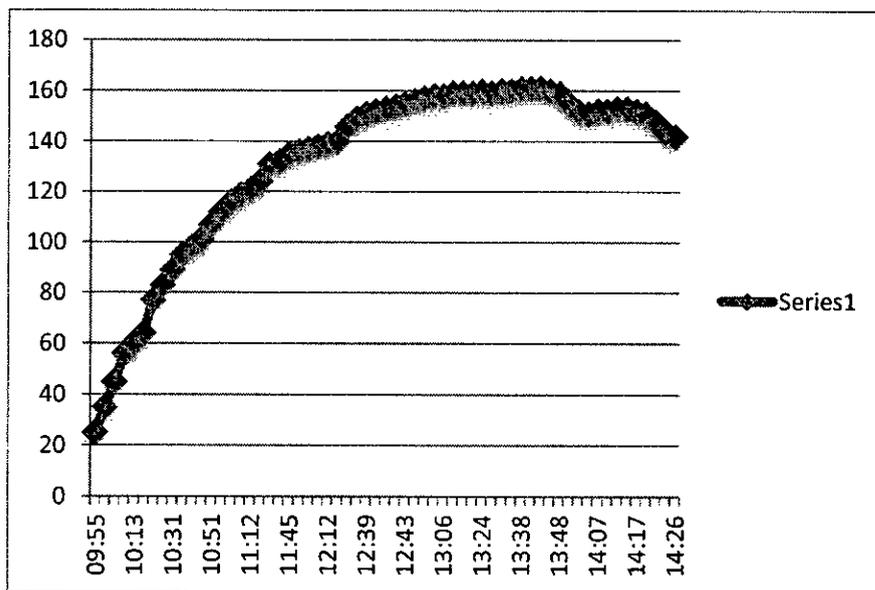
Fuente: elaboración propia

Grafico N° 4.3. CURVA T vs °C, DE LA MEDICION 2



Fuente: elaboración propia

Grafico N° 4.4. CURVA T vs. °C, DE LA MEDICION 3



Fuente: elaboración propia

a.1. Análisis de las Tablas de mediciones 2 y 3

Se consideran mediciones superiores a los 150 °C a tomados a partir de las 12:30 am, que es la hora en la que existe mayor probabilidad de alcanzar este nivel de temperatura.

Tabla N° 4.3
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

N	168	Población
n	61	Muestra (numero de datos)
Media	155.1639344	Media aritmética (Promedio)
σ	3.431676586	Desviación típica poblacional
S	1.776388346	desviación típica muestral
Σx	9465	Suma de los "n" datos
Σx^2	1469345	Suma de cuadrados
Min	146	Valor mínimo
Mediana	155	Mediana
Max	161	Valor Máximo
Moda	155	moda

Fuente: elaboración propia

Observamos que existe una desviación estándar de 1.77 respecto del valor de la mediana, de la toma de temperatura.

4.7. Observaciones

Debemos tener en cuenta que el valor de la temperatura de esterilización estándar para equipos eléctricos es de 160°C, durante dos horas. En nuestro caso, un hecho relevantes es que no es necesario llegar a dicho umbral y no en un intervalo de dos horas, ello debido a que se suma el nivel de radiación ultravioleta por parte del sol, que favorece la eliminación de bacterias bordeando los 150 °C y en un lapso de hora y media. Estos resultados han sido comprobados en laboratorio como se indica en el capítulo de Resultados.

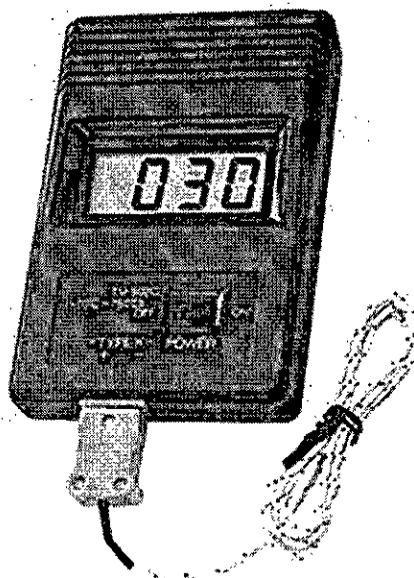
CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Medición de temperatura de esterilización

La medición de temperatura de esterilización se ha efectuado haciendo uso del termómetro digital de la Marca Lutron, modelo TM-902C, cuyas características se han expuesto detalladamente en el capítulo II B.

Figura N° 5.1. TERMÓMETRO DIGITAL DE LUTRON, MODELO TM-902C



Fuente: <http://www.viaindustrial.com.pe>

Es importante indicar que este termómetro hace uso de una termocupla K como sensor de temperatura, y puede soportar entre $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los resultados de las mediciones de temperatura con este instrumento son los siguientes:

5.2. Proceso de esterilización por calor seco

5.2.1. Proceso con el modelo 1 del esterilizador

Durante los ensayos con el concentrador de calor del Modelo 1 (cuyas características se describen detalladamente en el Capítulo II), se obtuvieron los siguientes resultados durante las mediciones de temperatura en diferentes intervalos de tiempo. Ellos se muestran como sigue:

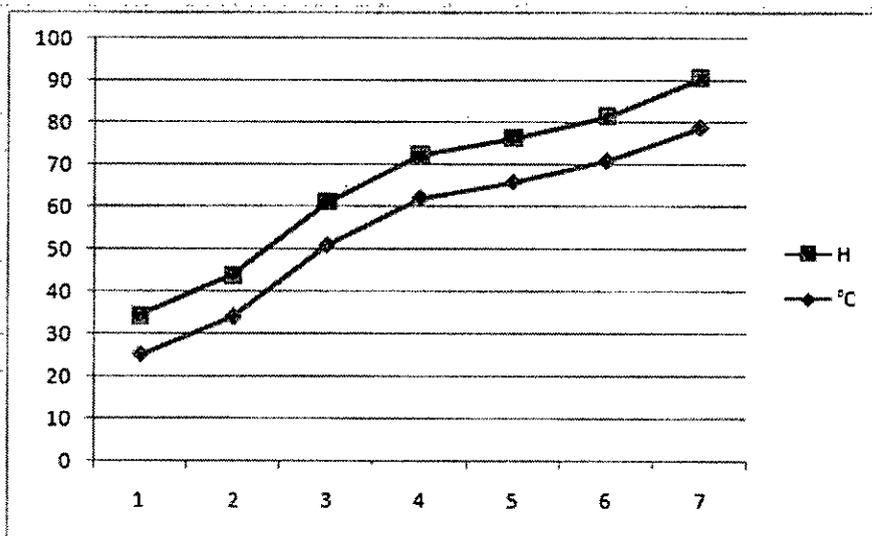
Tabla N° 5.1

MEDICIONES DE TEMPERATURA EN INTERVALOS DE TIEMPO, 1

Fuente: elaboración propia

MEDICIONES MODELO 1		
MEDICION	°C	H
1	25	9.5
2	34	10
3	51	10.12
4	62	10.25
5	66	10.35
6	71	10.45
7	79	11.5

Gráfico N° 5.1. CURVA T VS °C, MODELO 1



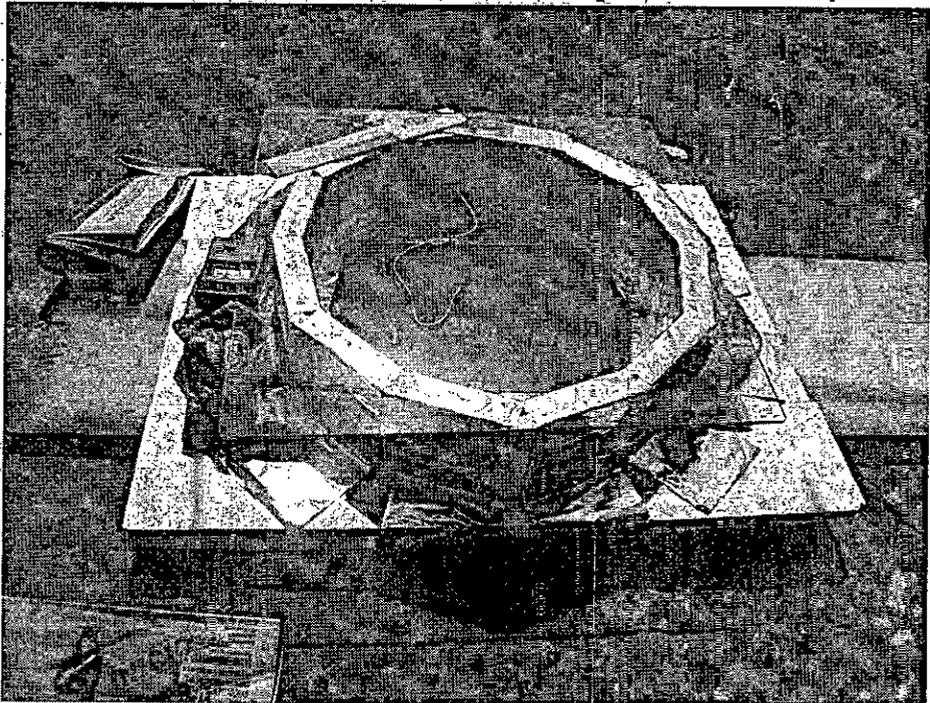
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.2. INICIO DE LA PRUEBA A 25 °C



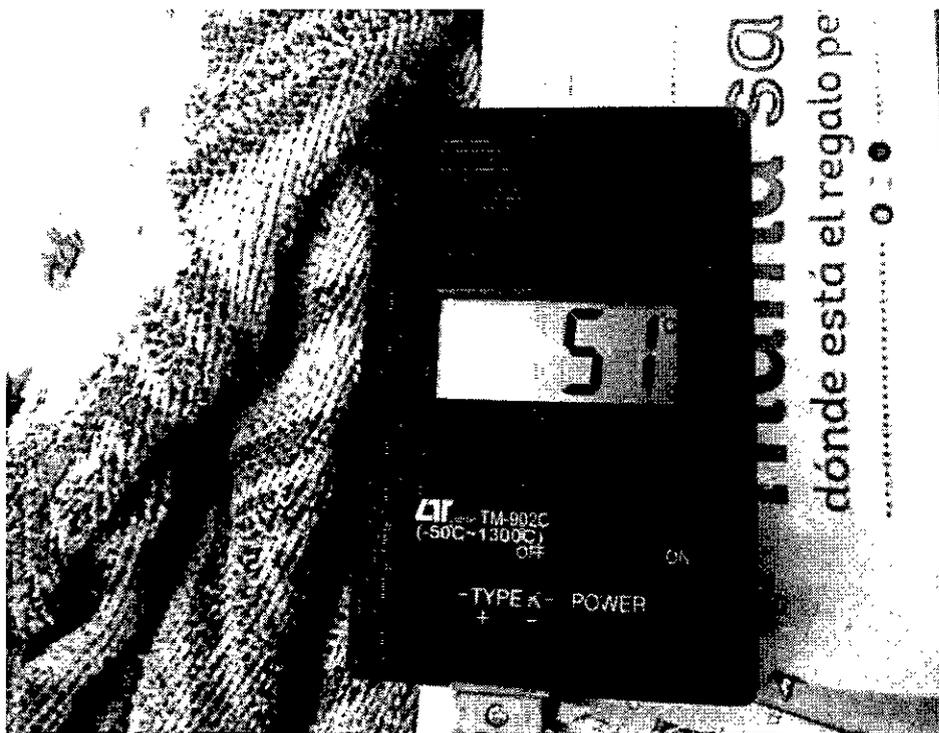
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.3. CONCENTRADOR 1 A PLENA LUZ SOLAR



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.4. CONCENTRADOR A 51 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.5. CONCENTRADOR A 62 °C



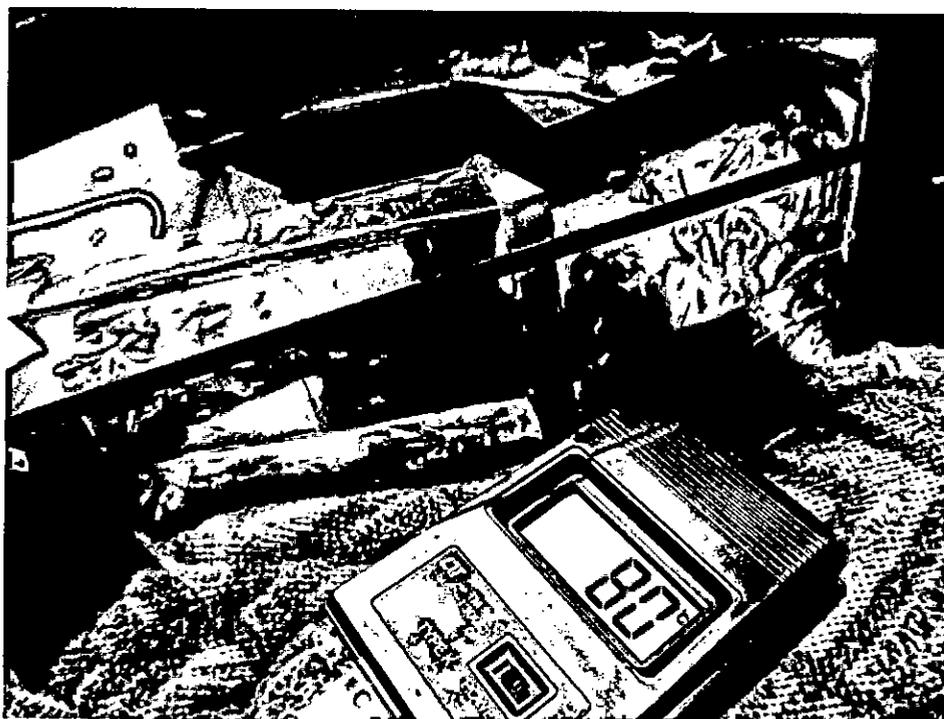
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.6. CONCENTRADOR A 71 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.7. CONCENTRADOR A 80 °C



Fuente: elaboración propia

5.2.2. Proceso con el modelo 2 del esterilizador

Durante los ensayos con el concentrador de calor del Modelo 2 (cuyas características se describen detalladamente en el Capítulo II) se obtuvieron los siguientes resultados durante las mediciones de temperatura en diferentes intervalos de tiempo. Ellos se muestran como sigue:

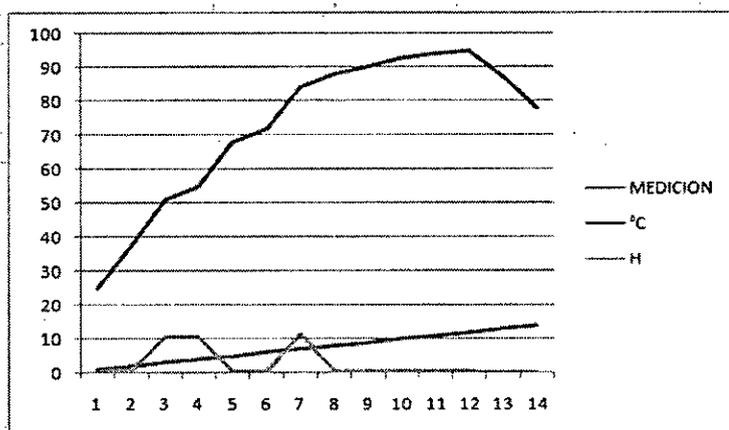
Tabla N° 5.2

MEDICIONES DE TEMPERATURA EN INTERVALOS DE TIEMPO, 2

Fuente: Elaboración propia

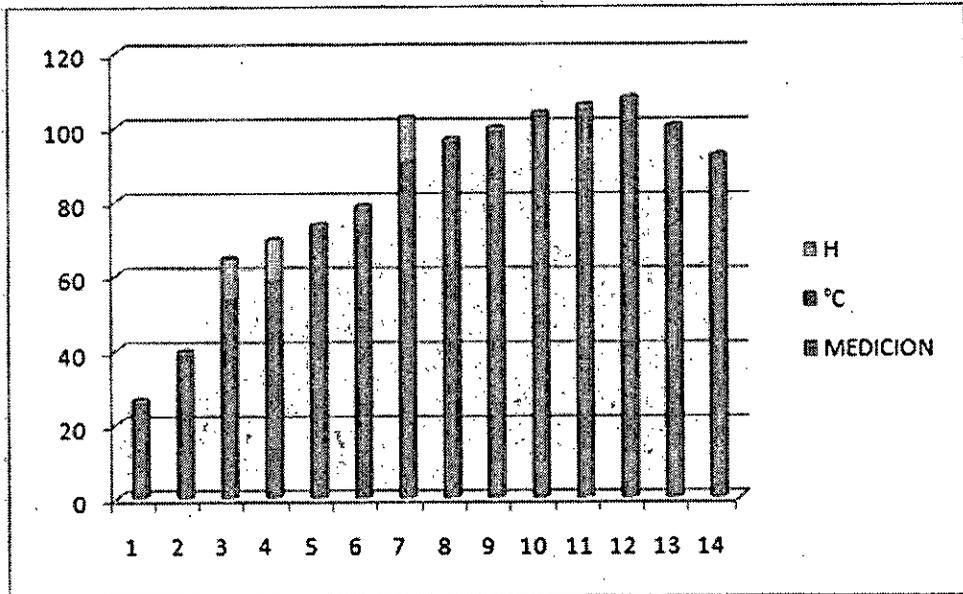
MEDICIONES MODELO 2		
MEDICION	°C	H
1	25	10:37
2	37	10:42
3	51	10:45
4	55	10:49
5	68	10:59
6	72	11:08
7	84	11:23
8	88	11:38
9	90	11:55
10	93	12:05
11	94	12:25
12	95	12:39
13	87	01:11
14	78	02:00

Grafico N° 5.2. CURVA T VS °C, MODELO 2



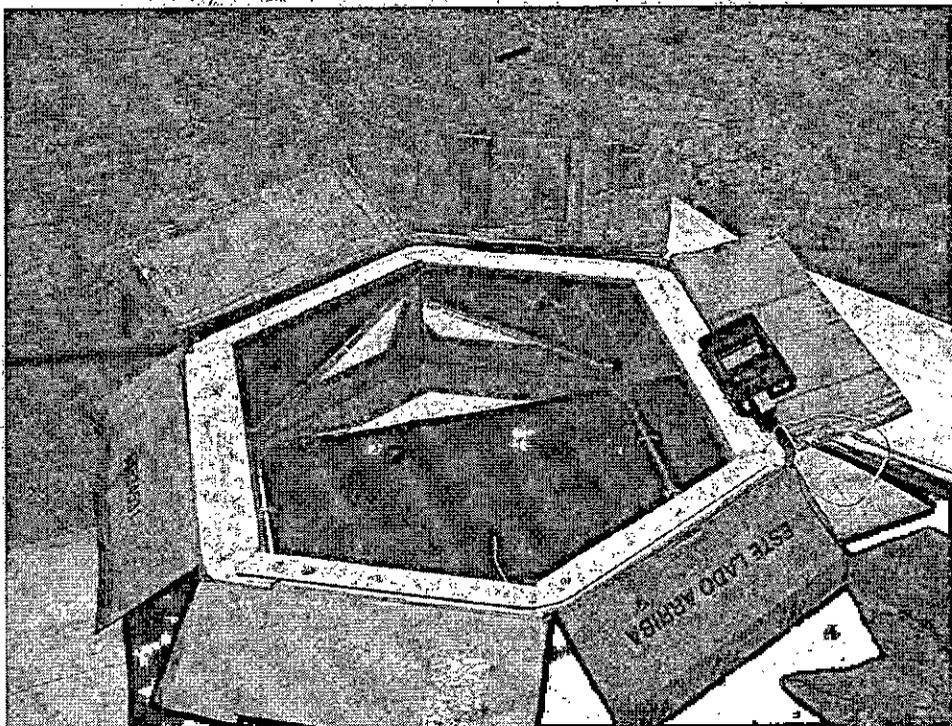
Fuente: elaboración propia

Grafico N° 5.3. ESTADÍSTICAS HORA-GRADO DE TEMPERATURA



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.8: CONCENTRADOR 2 A PLENA LUZ SOLAR



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.9. CONCENTRADOR 2 A 47 °C



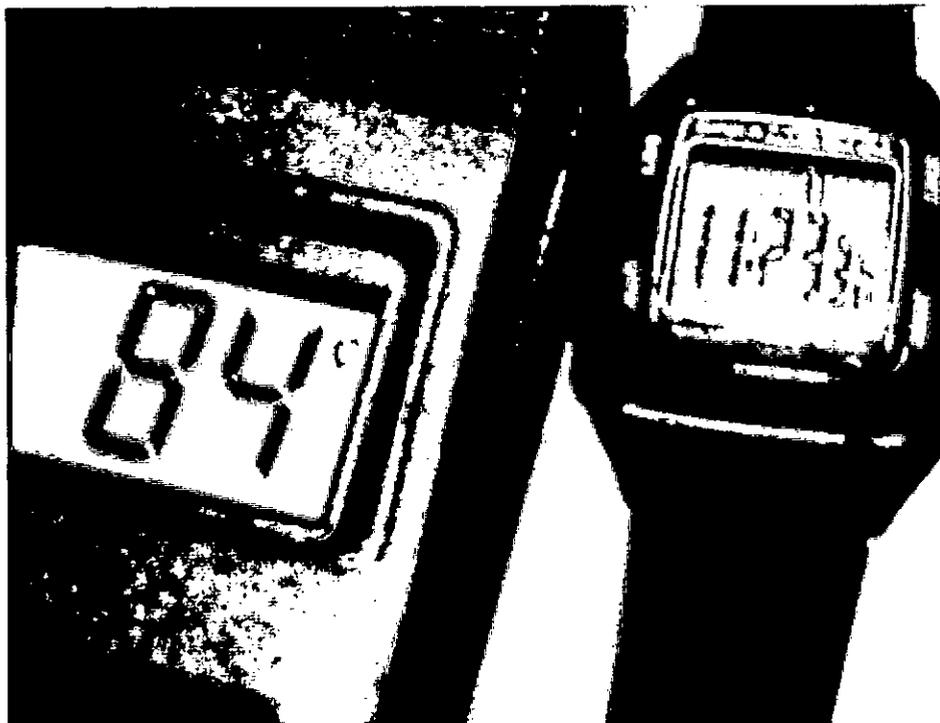
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.10. CONCENTRADOR 2 A 68 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.11. CONCENTRADOR 2 A 84 °C



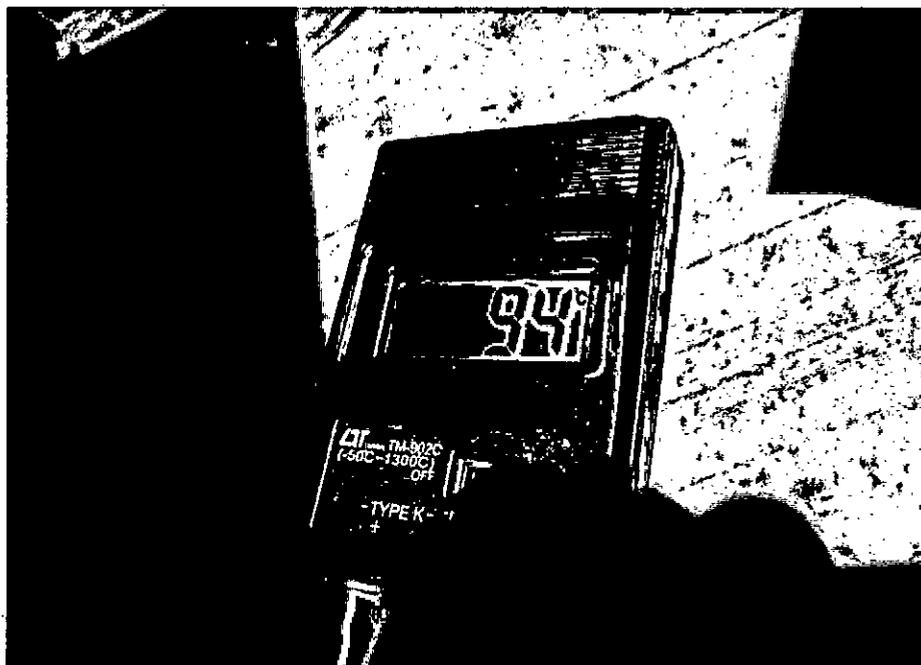
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.12. CONCENTRADOR 2 A 91 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.13. CONCENTRADOR A 94 °C



Fuente: elaboración propia

5.2.3. Proceso con el modelo 3, del esterilizador

Durante los ensayos con el concentrador de calor del Modelo 3 (cuyas características se describen detalladamente en el Capítulo II) se obtuvieron los siguientes resultados durante las mediciones de temperatura en diferentes intervalos de tiempo. Ellos se muestran como sigue:

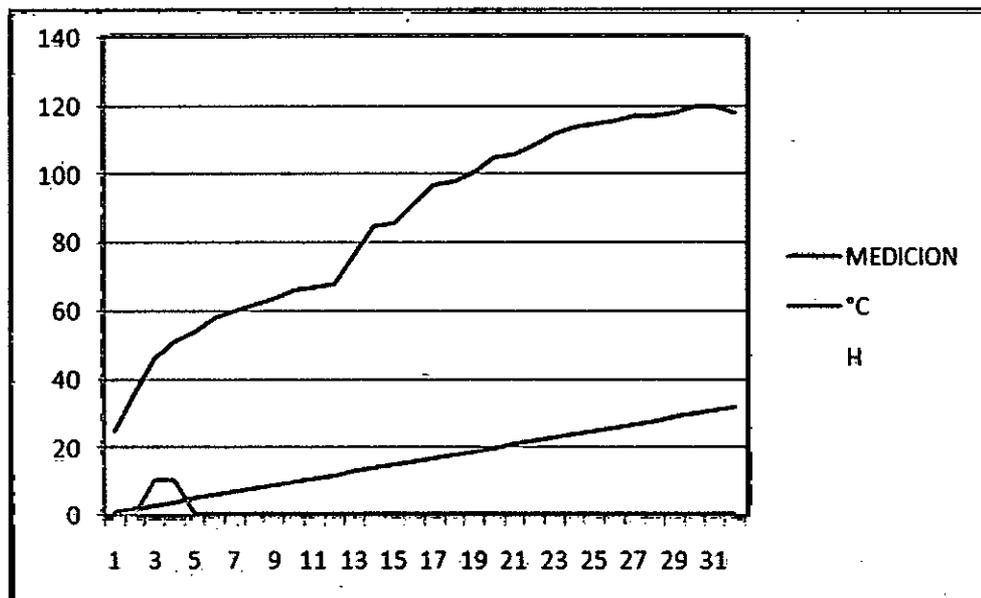
Tabla N° 5.3

MEDICIONES DE TEMPERATURA EN INTERVALOS DE TIEMPO, 3

Fuente: elaboración propia

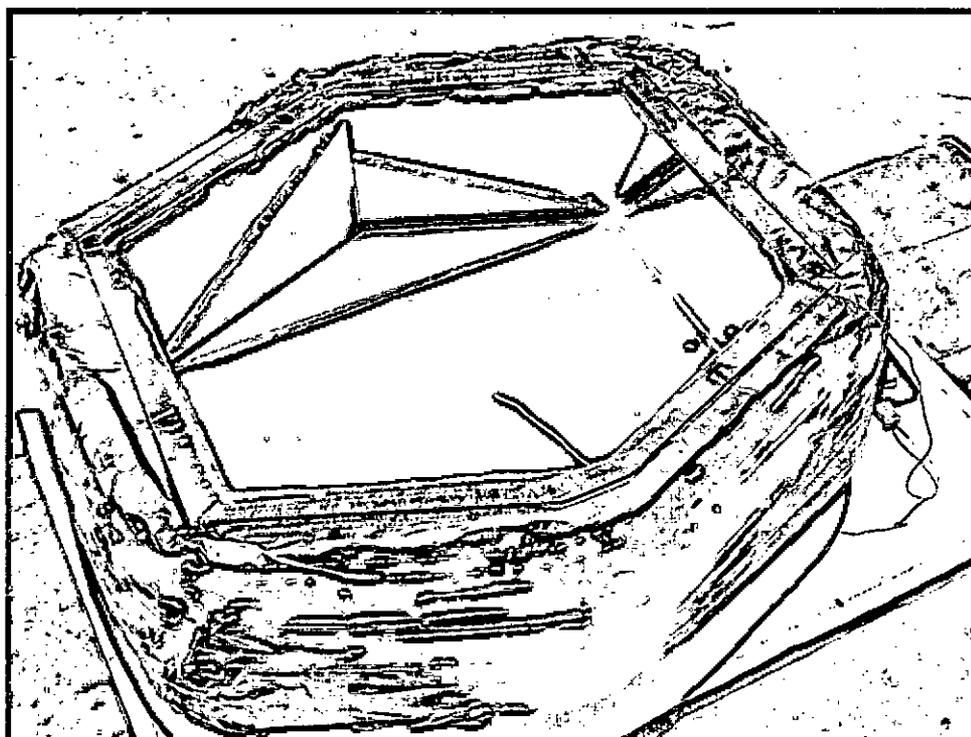
MEDICIONES MODELO 3		
MEDICION	°C	H
1	25	10:36
2	36	10:40
3	46	10:45
4	51	10:46
5	54	10:48
6	58	10:50
7	60	10:51
8	62	10:52
9	64	10:53
10	66	10:55
11	67	10:56
12	68	10:57
13	77	11:03
14	85	11:11
15	86	11:12
16	92	11:22
17	97	11:29
18	98	11:30
19	101	11:38
20	105	11:45
21	106	11:48
22	109	12:00
23	112	12:12
24	114	12:28
25	115	12:42
26	116	12:45
27	117	12:55
28	117	13:35
29	118	13:43
30	120	13:51
31	120	13:59
32	118	14:10

Grafico N° 5.4. CURVA T VS °C, MODELO 3



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.14. CONCENTRADOR 3 A PLENA LUZ SOLAR



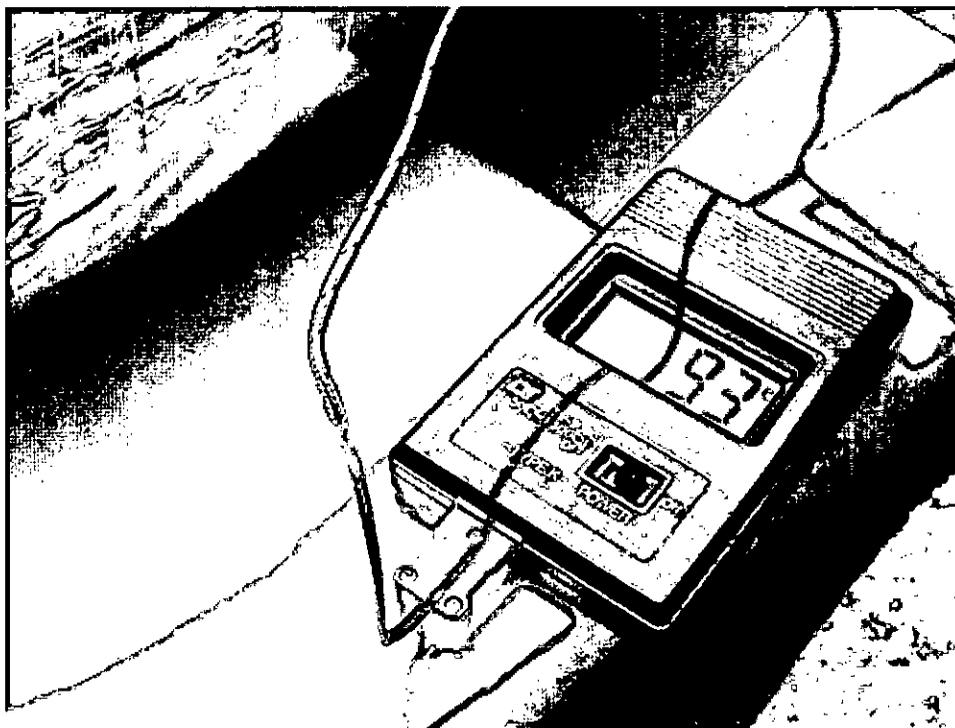
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.15. CONCENTRADOR 3 A 45 °C



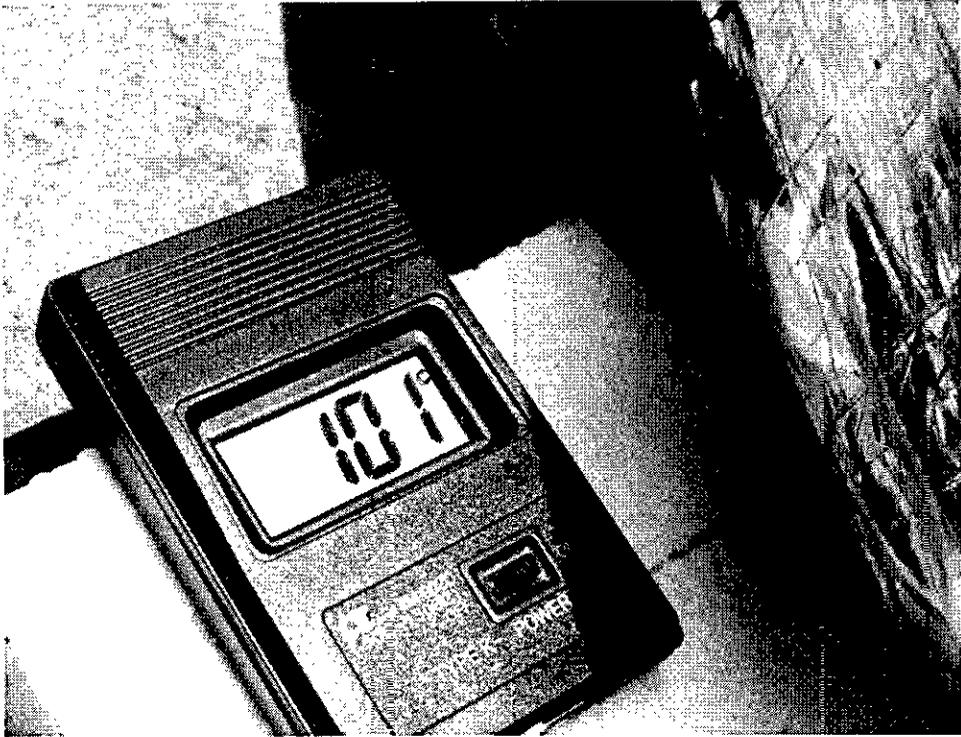
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.16. CONCENTRADOR 3 A 93 °C



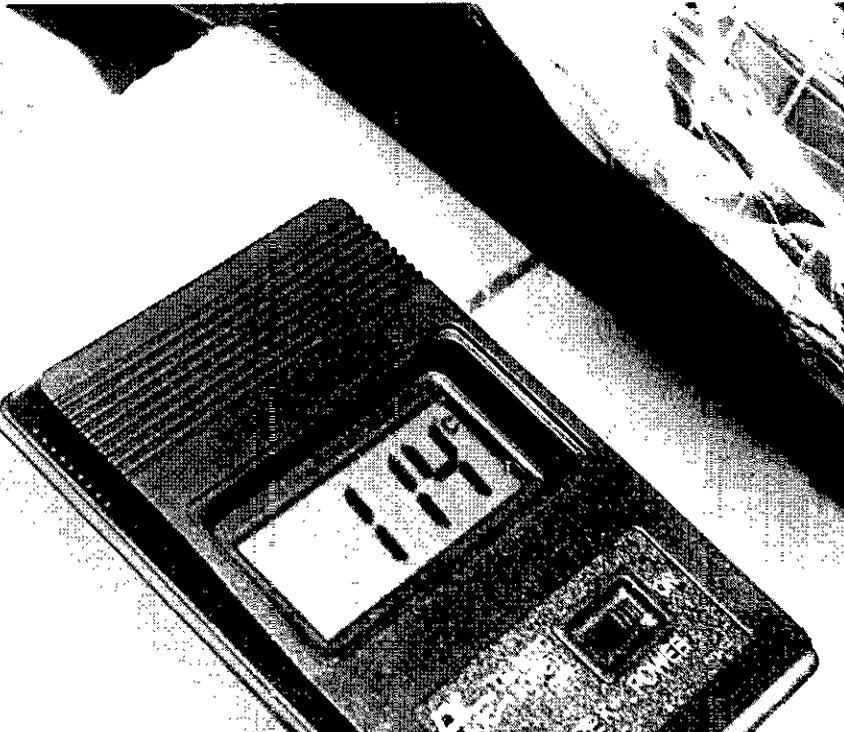
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.17. CONCENTRADOR 3 A 101 °C



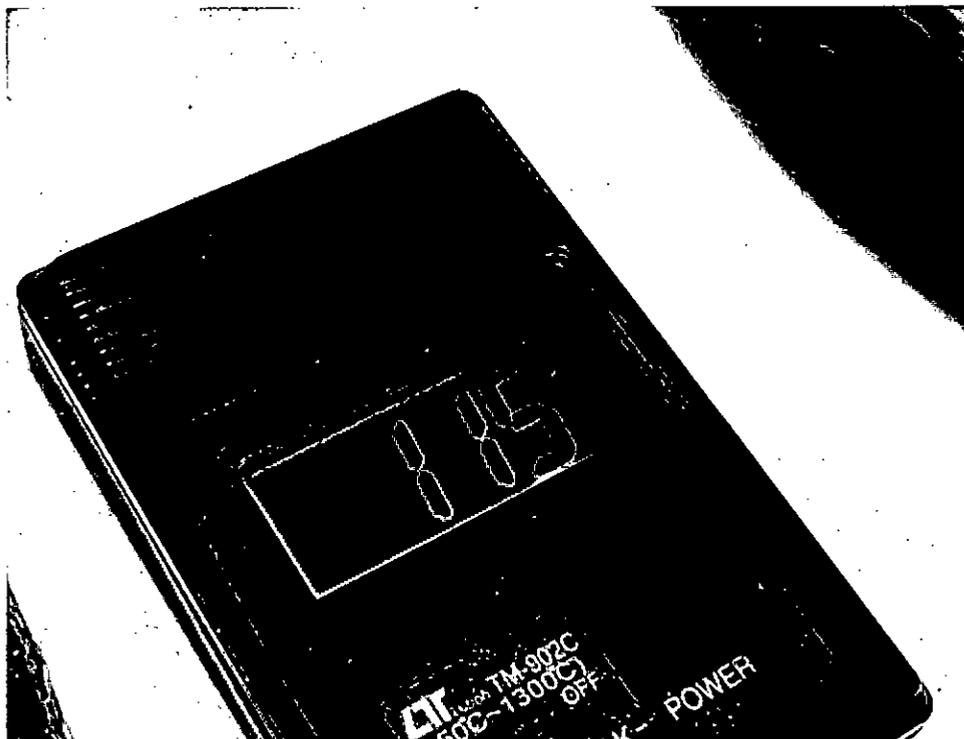
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.18. CONCENTRADOR 3 A 114 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.19. CONCENTRADOR 3 A 115 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.20. CONCENTRADOR 3 A 119 °C



Fuente: elaboración propia

5.2.4. Proceso con el modelo 5 del esterilizador

Durante los ensayos con el concentrador de calor del Modelo 5 (cuyas características se describen detalladamente en el Capítulo II) se obtuvieron los siguientes resultados durante las mediciones de temperatura en diferentes intervalos de tiempo. Ellos se muestran como sigue:

a. Medición en vacío, con paneles reflectores de papel aluminio.

Tabla N° 5.4

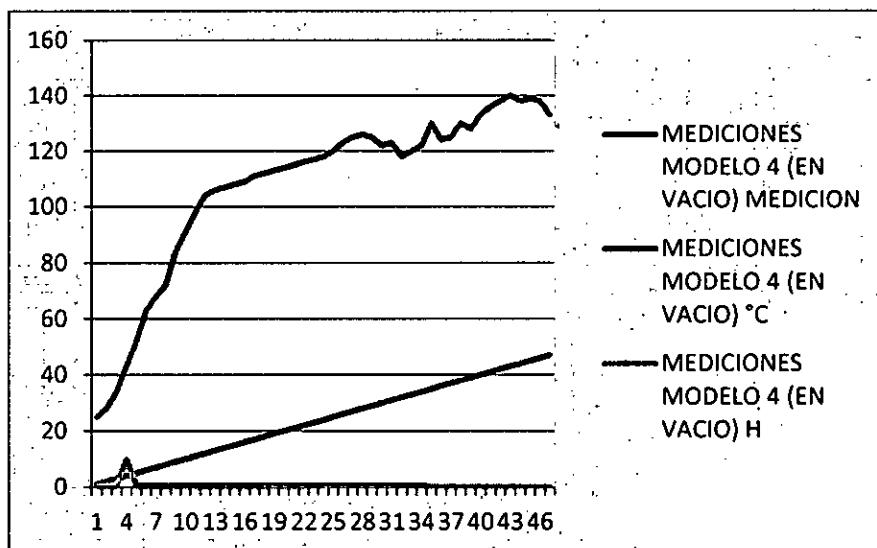
MEDICIONES DE TEMPERATURA EN INTERVALOS DE TIEMPO, 4

Fuente: elaboración propia

MEDICION	°C	H
1	25	09:47
2	28	09:49
3	34	09:54
4	43	10:03
5	52	10:11
6	63	10:32
7	68	10:37
8	72	10:42
9	84	10:53
10	91	11:01
11	98	11:09
12	104	11:15
13	106	11:17
14	107	11:18
15	108	11:20
16	109	11:21
17	111	11:24
18	112	11:25
19	113	11:26
20	114	11:29
21	115	11:32
22	116	11:34
23	117	11:37

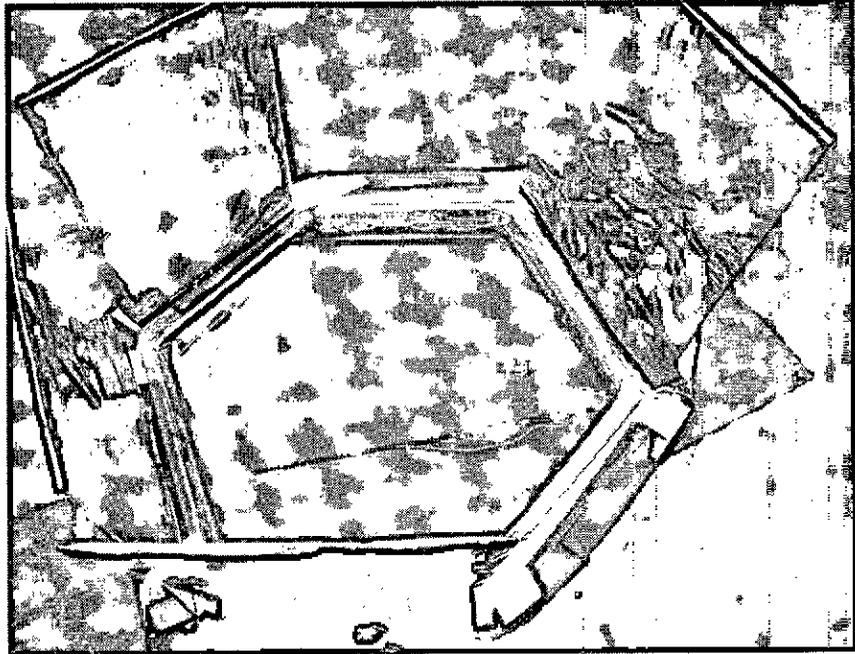
24	118	11:40
25	120	11:45
26	123	11:57
27	125	12:04
28	126	12:17
29	125	12:25
30	122	12:28
31	123	12:29
32	118	12:46
33	120	12:54
34	122	12:57
35	130	01:02
36	124	01:14
37	125	01:21
38	130	01:29
39	128	01:43
40	133	01:52
41	136	01:54
42	138	01:58
43	140	02:02
44	138	02:16
45	139	02:17
46	138	02:22
47	133	02:32

Grafico N° 5.5. CURVA T VS °C, MODELO 5



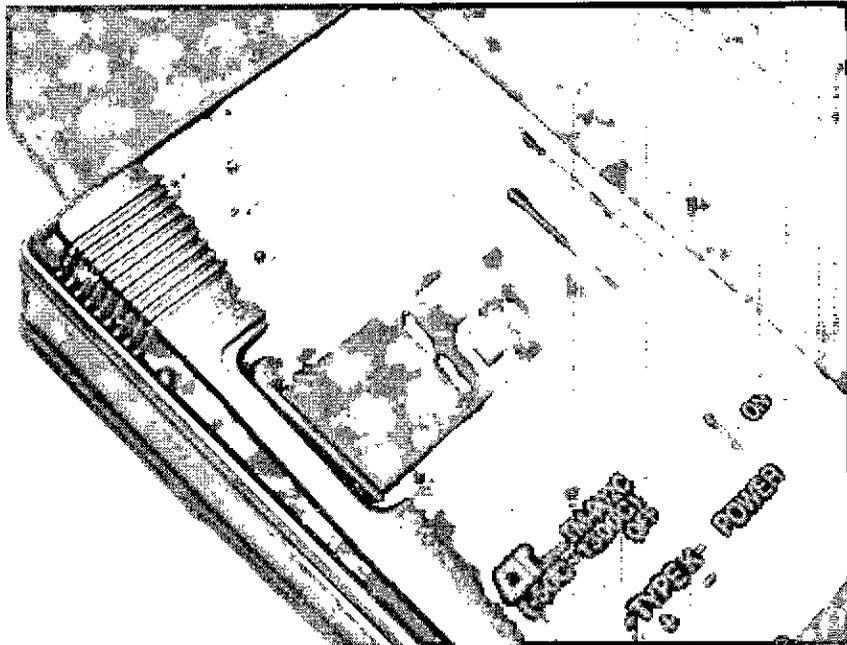
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.21. CONCENTRADOR 5 A PLENA LUZ SOLAR



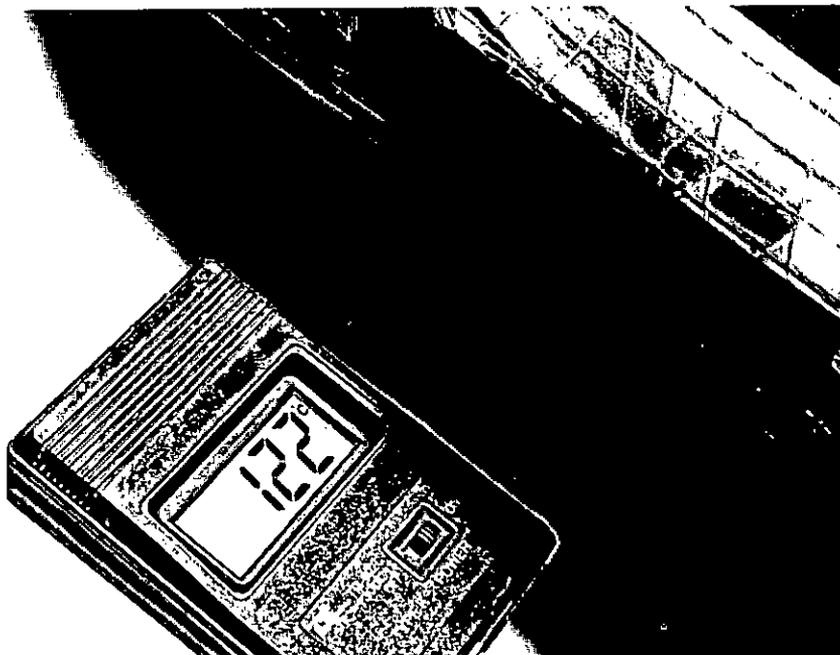
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.22. CONCENTRADOR 5 A 120 °C



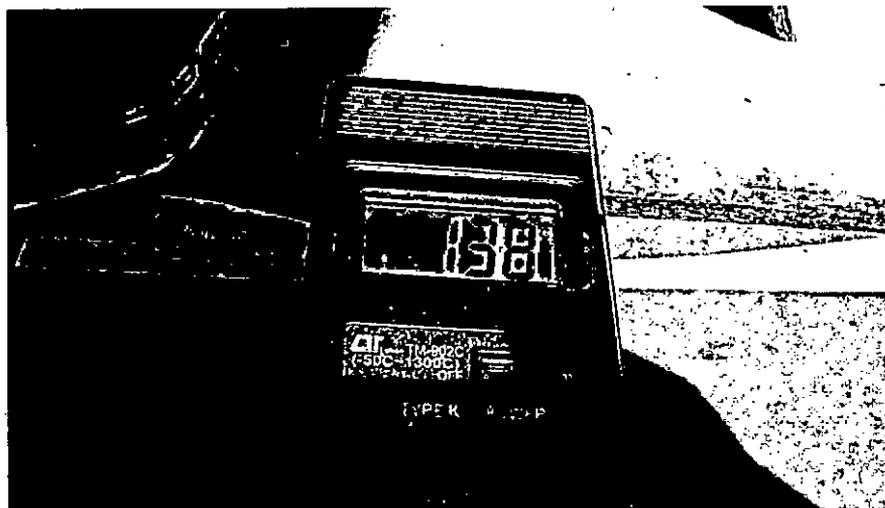
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.23. CONCENTRADOR 5 A 122 °C



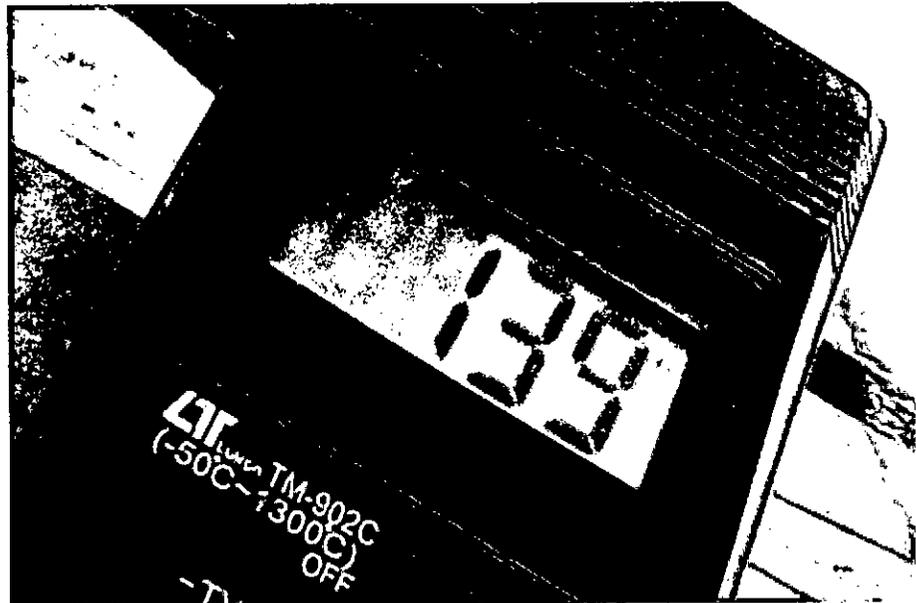
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.24. CONCENTRADOR 5 A 138 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.25. CONCENTRADOR 5 A 139 °C



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.26. CONCENTRADOR 5 A 140 °C

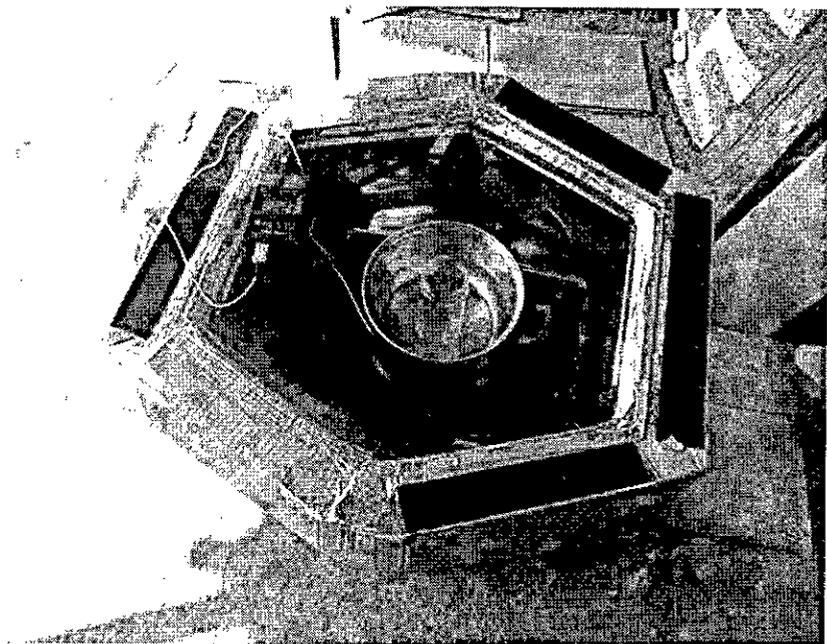


Fuente: elaboración propia

b. Medición con carga (instrumental), con paneles reflectores de aluminio.

Agregando los paneles reflectores de aluminio, se han efectuado procedimientos de esterilización. Los datos se muestran en la Tabla N° 2, pg. N° 172, en la cual he tomado tres tablas de mediciones de manera aleatoria. Complementando el análisis, he pasado a graficar las curvas de respuesta, T (temperatura) vs. °C (grado Celsius). Hemos observado, que se ha superado los 150 °C, en las tres mediciones antes mencionadas. A continuación se muestran las imágenes del procedimiento de esterilización solar, efectuados con nuestro prototipo.

Figura. N° 5.27. CONCENTRADOR 5 CON INSTRUMENTO A ESTERILIZAR



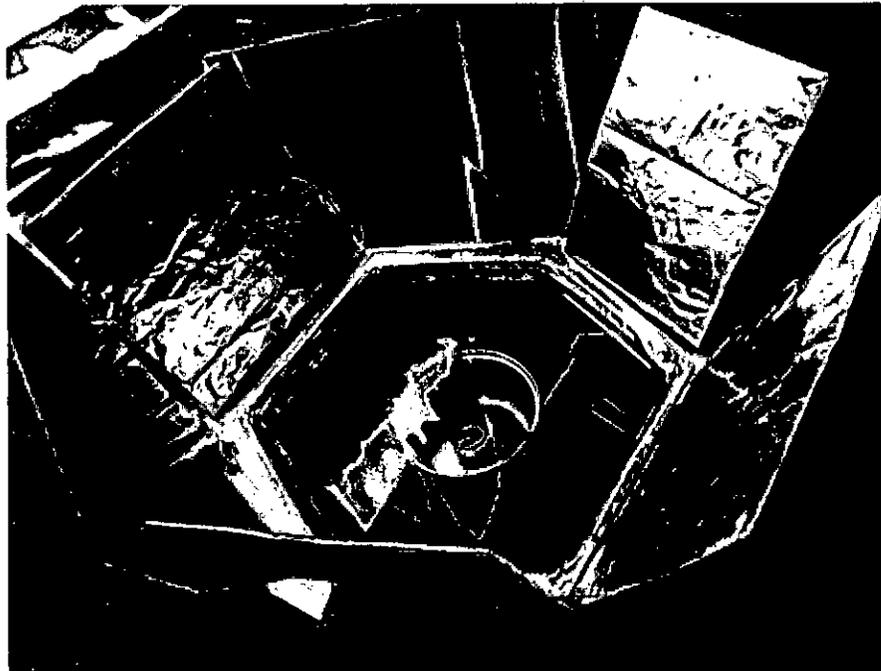
Fuente: elaboración propia

**Figura. N° 5.28. RECIPIENTE DE CRISTAL
(INSTRUMENTO A ESTERILIZAR)**



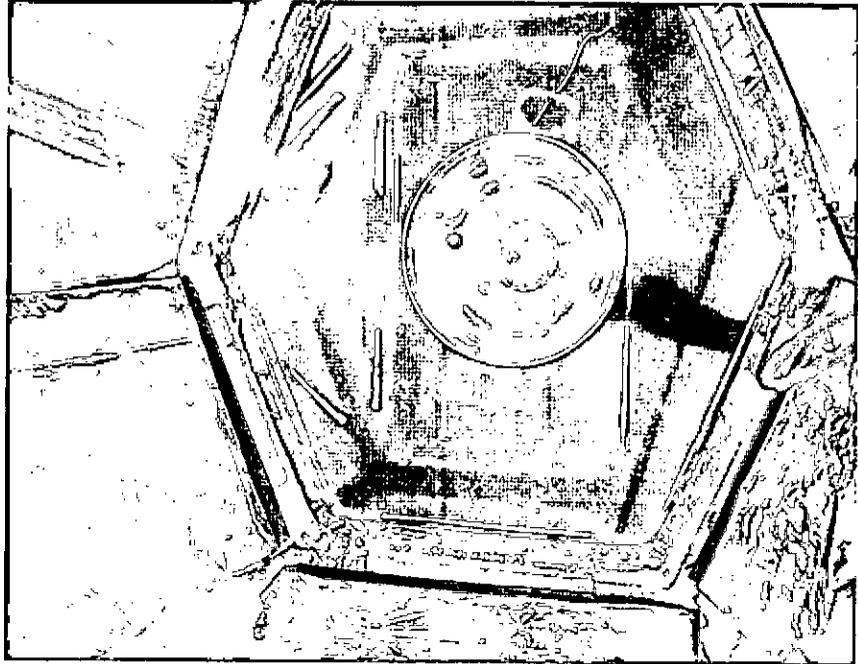
Fuente: elaboración propia

**Figura. N° 5.29. CONCENTRADOR 5 CON LÁMINAS RECEPTORAS
DE ALUMINIO**



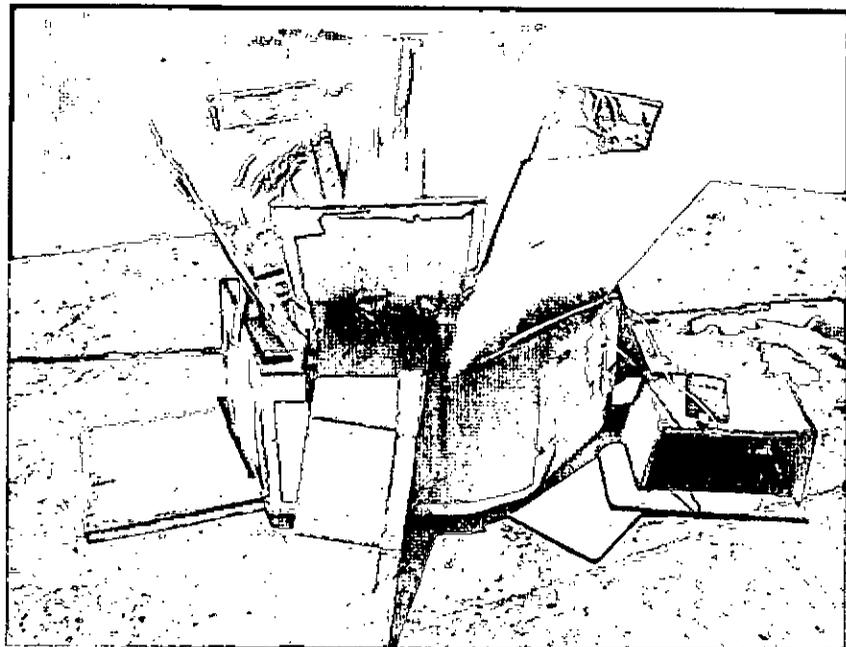
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.30. CONCENTRADOR 5 A PLENA LUZ, CON CARGA



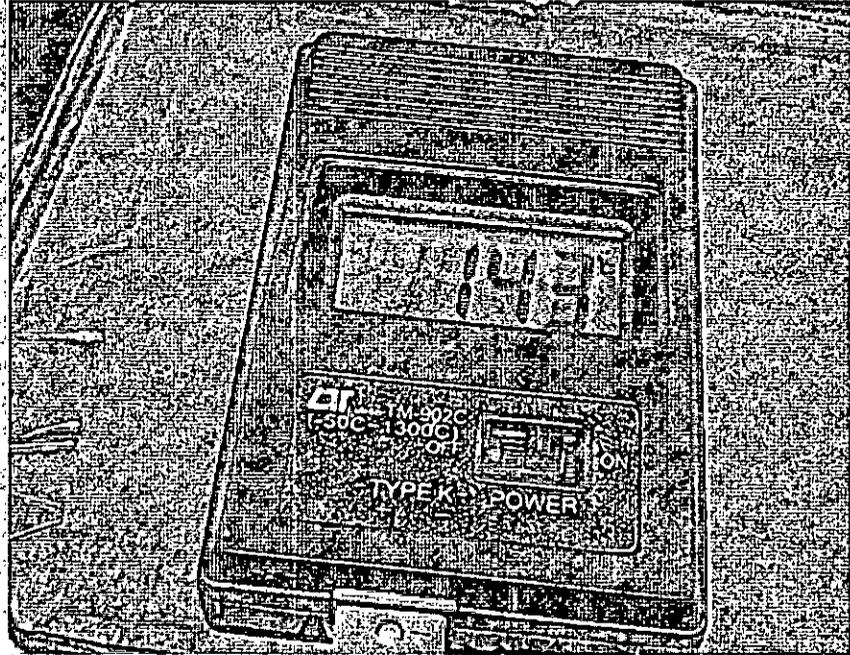
Fuente: elaboración propia

Figura. N° 5.31. CONCENTRADOR 5 A PLENA LUZ SOLAR, CON CARGA



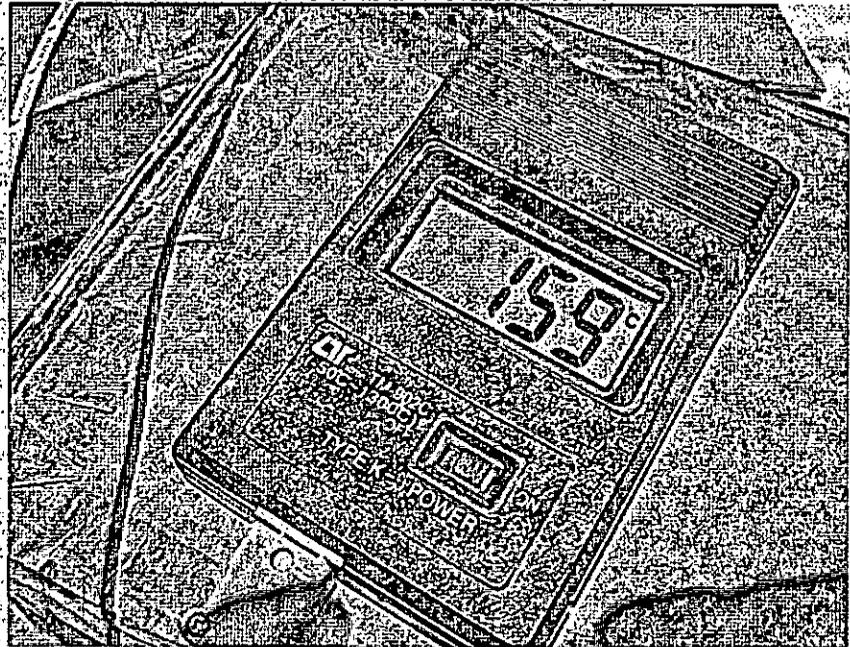
Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.32. CONCENTRADOR 5 A 143 °C, CON CARGA.



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.33. CONCENTRADOR 5 A 159 °C, CON CARGA



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.34. CONCENTRADOR 5 A 160 °C, CON CARGA



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.35. CONCENTRADOR 5 A 161 °C, CON CARGA



Fuente: elaboración propia

c. Medición con carga (instrumental), con paneles reflectores de aluminio y cinta indicadora de proceso de esterilización.

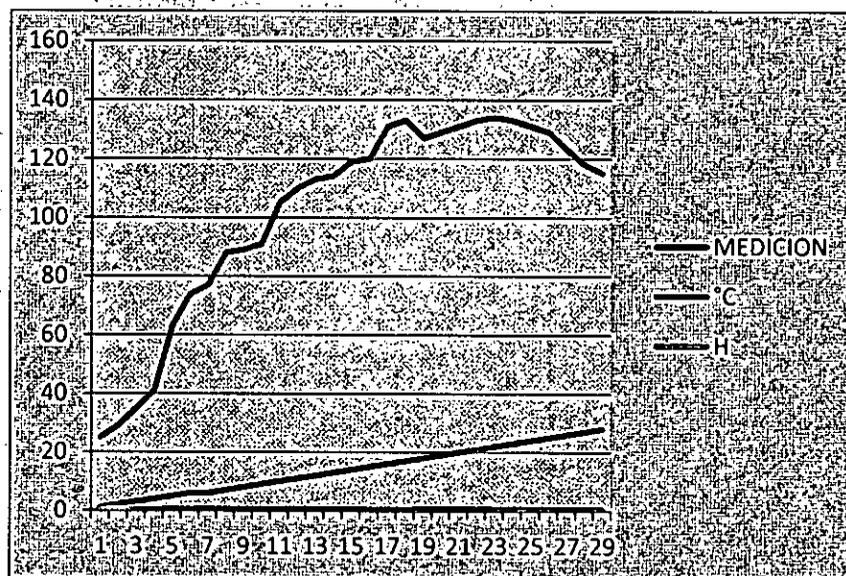
Tabla N° 5.5

MEDICIONES DE TEMPERATURA CON MODELO 5 Y CINTA INDICADORA PARA CALOR SECO

Fuente: elaboración propia

MEDICION CON MODELO 4		
CON CARGA Y CINTA INDICADORA		
MEDICION	°C	H
1	25	09:21
2	29	09:25
3	35	09:32
4	41	09:39
5	63	10:12
6	74	10:30
6	77	10:34
7	88	10:53
8	89	10:55
9	91	10:57
10	105	11:18
11	110	11:37
12	113	11:38
13	114	11:39
14	119	11:41
15	120	11:43
16	131	12:20
17	133	12:25
18	127	12:54
19	129	12:56
20	131	12:57
21	133	13:09
22	134	13:17
23	133	13:24
24	131	13:38
25	129	13:46
26	123	13:58
27	118	14:03
28	115	14:43

Grafico N° 5.6. CURVA T VS °C, MODELO 5



Fuente: elaboración propia

5.3. Análisis microbiológico

Presento los siguientes análisis microbiológicos, realizados en el Laboratorio de Microbiología, del Centro de Control Analítico (CCA), de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y efectuados por el especialista el Dr. Jorge García, químico farmacéutico y especialista en microbiología. Todos los procedimientos de esterilización se efectuaron con el modelo 5, del esterilizador solar.

a. Análisis microbiológico 1

Características (esterilizador modelo 4 con paneles de papel aluminio):

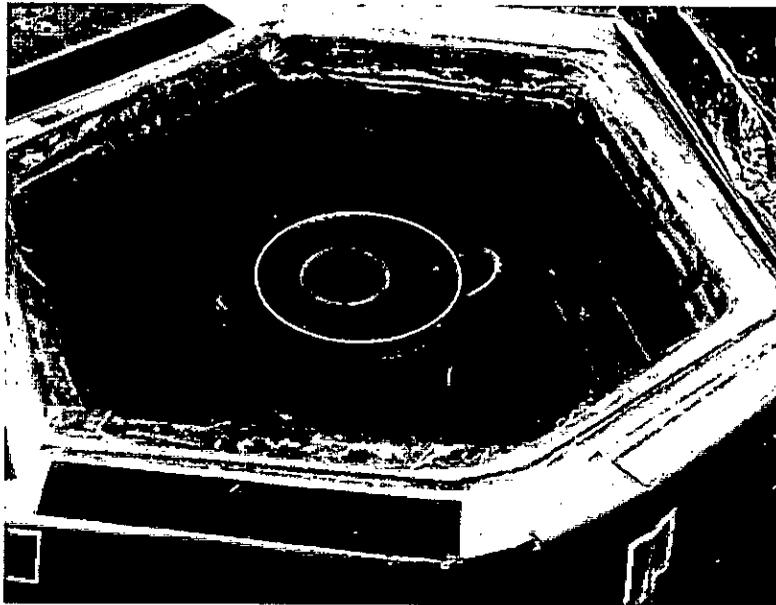
- Instrumentales a estudiar: 2 vasos de cristal, uno expuesto al ambiente y otro en el esterilizador.
- Recipiente de esterilización: olla pequeña sin tapa de vidrio, de aluminio opaco.

Parámetros medidos:

- Rango de Temperatura 1: de 25°C a 100°C

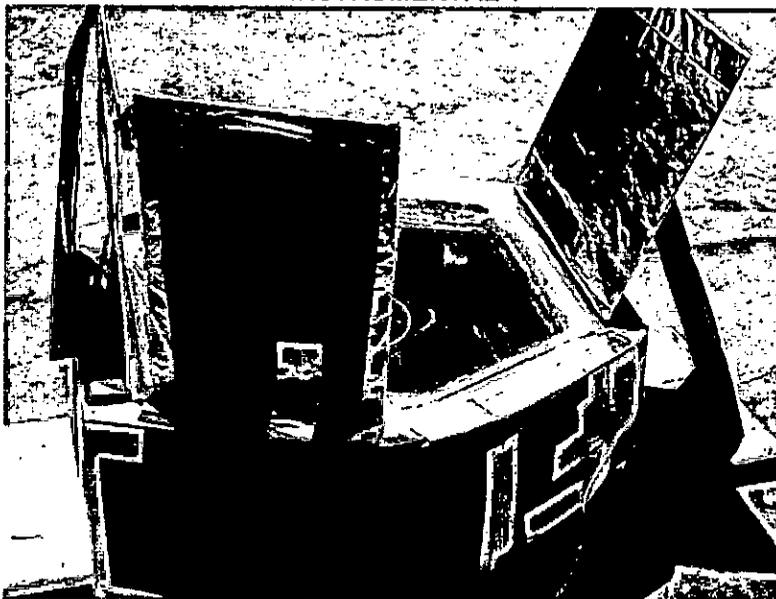
- Tiempo de exposición 1: 10:19 a.m. a 11:18 a.m.
- Rango de Temperatura 2: de 100°C a 120°C
- Tiempo de exposición 2: 11:18 a.m. a 2:22 p.m.
- Tiempo de exposición promedio, sobre 120°C: 1:20 hs. aproximadamente.

Figura N° 5.36. INSTRUMENTAL 1 DENTRO DEL CONCENTRADOR



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.37. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN CON INSTRUMENTAL 1



Fuente: elaboración propia

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Producto: 2 Vasos de vidrio.

Método: Enjuague.

Laboratorio: Microbiología

Fecha de análisis: 04-03-15

PRIMER VASO

ENSAYO	Especificación	Resultado
Recuento Total de Aerobios Mesofilos	Ausente/Vaso	4 ufc/vaso

SEGUNDO VASO

ENSAYO	Especificación	Resultado
Recuento Total de Aerobios Mesofilos	Ausente/Vaso	2 ufc/vaso

Conclusión: Se analizó los dos materiales de vidrio sometidos a diferentes condiciones; según lo reporta la persona que solicitó el análisis; presentando colonias (ufc) microbianas en ambos envases; que solicitó el análisis.

Realizado: Q.F. Jorge García

b. Análisis microbiológico 2

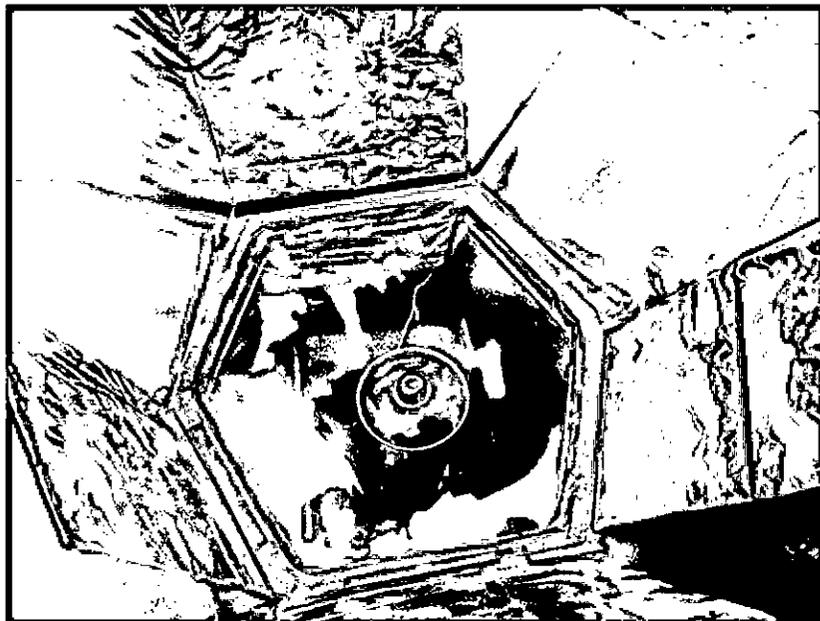
Características (esterilizador modelo 5 con paneles metálicos de aluminio):

- Instrumentales a estudiar: 1 pomo de cristal expuesto al esterilizador solar.
- Recipiente de esterilización: olla mediana con tapa de vidrio, de aluminio y corteza negra.

Parámetros medidos:

- Rango de Temperatura 1: de 25°C a 151°C.
- Tiempo de exposición 1: 10:30 a.m. a 1:07 p.m.
- Temperatura promedio sobre 150°C: 153.4°C.
- Rango de exposición 2 : 1:07 p.m. a 2:17 p.m.
- Tiempo de exposición promedio, sobre 153°C: 1:10 hs. aproximadamente.

Figura N° 5.38. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN CON INSTRUMENTAL 2



Fuente: elaboración propia

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Producto: 1 Vasos de vidrio.

Método: Enjuague.

Laboratorio: Microbiología

Fecha de análisis: 26-03-15

PRIMER VASO

ENSAYO	Especificación	Resultado
Recuento Total de Aerobios Mesofilos	Ausente/Vaso	Ausente/vaso
PATOGENOS		
<i>Stafilococcus aureus</i>	Ausente/Vaso	Ausente/vaso
<i>Escherichia coli</i>	Ausente/Vaso	Ausente/vaso

Conclusión: Se analizó el vaso de vidrio sometido a diferentes condiciones; según lo reporta la persona que solicitó el análisis; dando como resultado la ausencia de colonias microbianas en el vaso de vidrio.

Realizado: Q.F. Jorge Garcia

c. Análisis microbiológico 3

Características (esterilizador modelo 5 con paneles metálicos de aluminio):

- Instrumentales a estudiar: 1 pomo de cristal expuesto al esterilizador solar.
- Recipiente de esterilización: olla mediana sin tapa de vidrio, de aluminio brillante.

Parámetros medidos: (medición 3, Tabla N° 2, pg. 172)

- Rango de Temperatura 1: de 25°C a 139°C.
- Tiempo de exposición 1: 09:55 a.m. a 12:43 a.m.

- Temperatura promedio sobre 150 °C: 156.89°C.
- Tiempo de exposición 2: 12:43 a.m. a 2:08 p.m. (sobre 150°C)
- Tiempo de exposición promedio, sobre 156°C: 1:25 hs. aproximadamente.

Figura N° 5.39. INSTRUMENTAL 3 DENTRO DEL CONCENTRADOR SOLAR



Fuente: elaboración propia

Figura N° 5.40. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN CON INSTRUMENTAL 3



Fuente: elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
CENPROFARMA

CENTRO DE CONTROL ANALÍTICO - CCA



PROTOCOLO DE ANÁLISIS N.º00300-CPF-2015

ORDEN DE ANÁLISIS : 003026/2015
 SOLICITADO POR : CARLOS SANCHEZ MARQUEZ
 DIRECCIÓN : PROL. LETICIA N° 1099 – MERCADO DE LIMA
 MUESTRA : INSTRUMENTAL BIOMÉDICO (Recipiente de vidrio)
 NÚMERO DE LOTE : ----
 CANTIDAD : ----
 FECHA DE RECEPCIÓN : 31 de Agosto del 2015
 FECHA DE VENCIMIENTO : ----

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Pruebas según anexo Resolución Ministerial N° 461-2007/MINSA

PRUEBAS	ESPECIFICACIONES	MÉTODOS	RESULTADOS
Coliformes Totales	< 25 ufc/frasco de vidrio	ICMSF (1983)	<25 ufc/frasco de vidrio
PATÓGENOS			
<i>Escherichia coli</i>	Ausente/frasco de vidrio	ICMSF (1983)	Ausente / frasco de vidrio
<i>Salmonella sp.</i>	Ausente/frasco de vidrio	ICMSF (1983)	Ausente / frasco de vidrio
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente/frasco de vidrio	ICMSF (1983)	Ausente / frasco de vidrio

PRUEBAS ADICIONALES

ENSAYOS	MÉTODOS	RESULTADOS
Recuento total de Aerobios <i>Mesofilos</i>	ICMSF (1983)	<10 ufc/frasco de vidrio
Recuento total de Mohos y <i>Levaduras</i>	ICMSF (1983)	<10 ufc/frasco de vidrio

CONCLUSIÓN

El producto Biomédico (Recipiente de Vidrio), cumple con el Método de Enjuague de la Guía Técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas de la Resolución Ministerial N° 461-2007/MINSA y las pruebas adicionales.

Lima, 08 de Setiembre del 2015

Dra. Maria Elena Salazar Salvatierra
Directora del Centro de Control Analítico.



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Av. José Pardo N° 1002, Jardín Botánico, Lima 1 - Perú
 T: 011 619-7000 anexo 4824 ✉ Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E: cca.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



N° BR233265

008

d. Análisis microbiológico 4

Características (esterilizador modelo 5, con paneles de papel aluminio):

- Instrumentales a estudiar: 2 vasos de cristal, uno expuesto al ambiente y otro en el esterilizador.
- Recipiente de esterilización: olla pequeña sin tapa de vidrio, de aluminio opaco.
- Indicador químico: Cinta indicadora para esterilización por calor seco, que nos confirma la esterilización del instrumental.

Parámetros medidos:

- Rango de Temperatura 1: de 25°C a 130°C
- Tiempo de exposición 1: 9:21 a.m. a 12:20 a.m.
- Temperatura promedio sobre 130°C: 131.1°C.
- Tiempo de exposición 2: 12:20 a.m. a 13:58 p.m.
- Tiempo de exposición promedio, sobre 131°C: 1:38:00 hs. aproximadamente.

Indicador de esterilización:

- Tipo de proceso: Esterilización por calor seco.
- Indicador: Tipo físico. Marca 3M. Cinta indicadora que cambia de color ante la exposición.
- Longitudes expuestas: 2 tiras de 14 cm. Aproximadamente dentro del recipiente de esterilización.

Resultados:

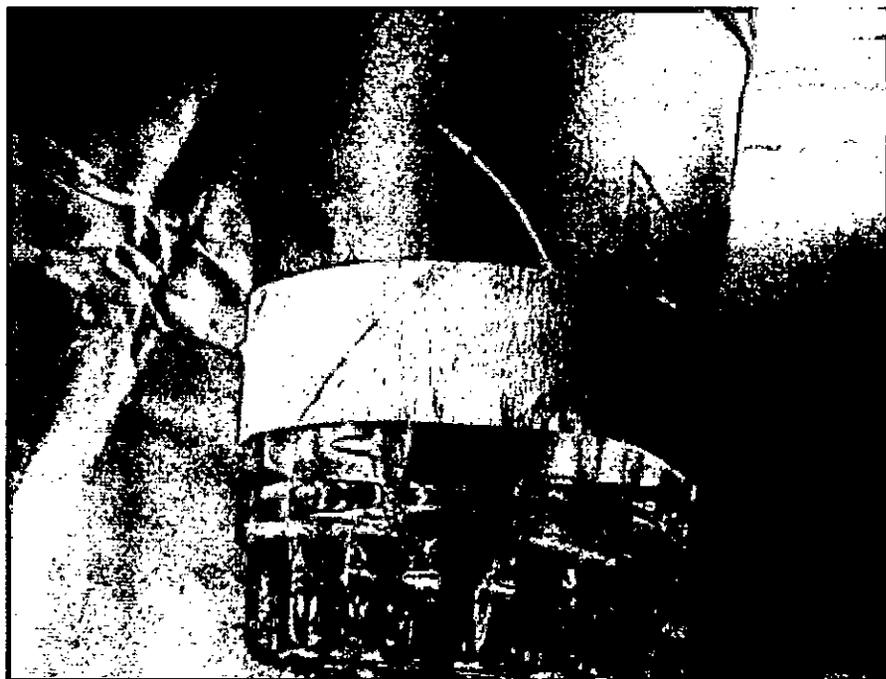
- Color inicial (antes de la esterilización): líneas diagonales de color verde agua a lo largo de las cintas.

Figura N° 5.41. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO CON INDICADOR FÍSICO



Fuente: Elaboración propia

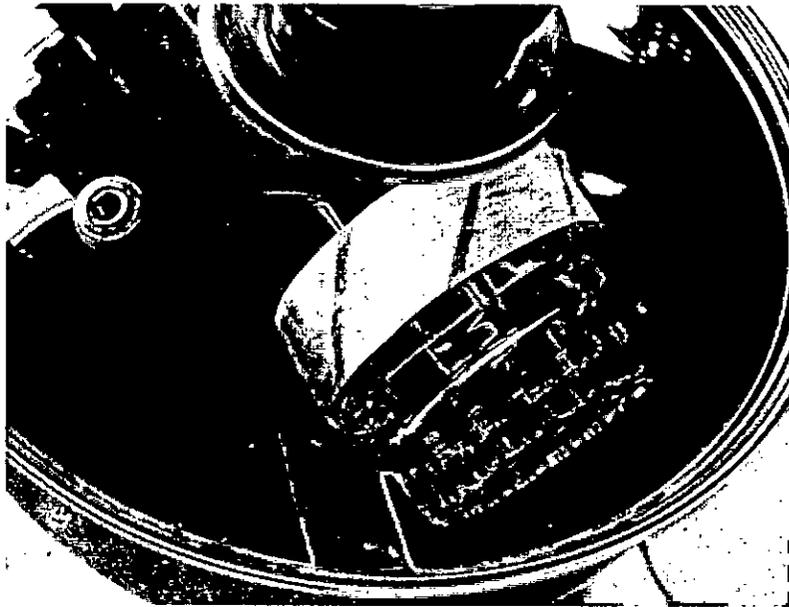
Figura N° 5.42. INSTRUMENTAL 4 ETIQUETADO CON INDICADOR FÍSICO DE ESTERILIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia

- Color final (después de esterilización): líneas diagonales de color marrón claro a lo largo de las cintas.

Figura N° 5.43. INDICADOR FÍSICO CAMBIA DE COLOR AL FINALIZAR LA ESTERILIZACIÓN



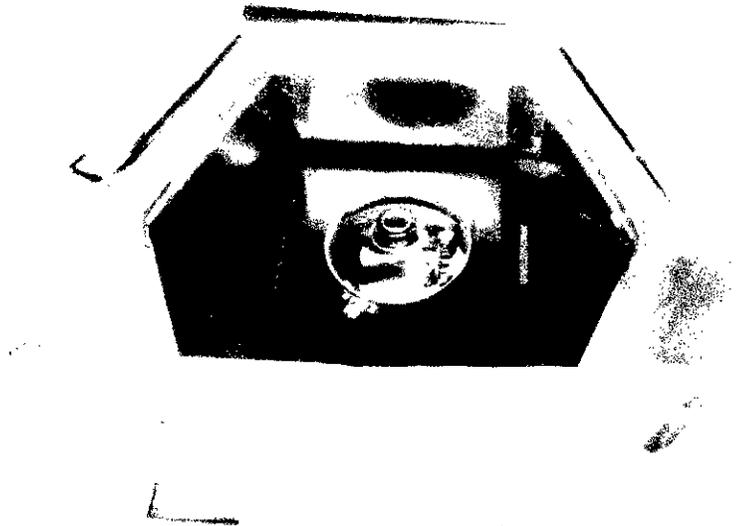
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5.44. RECIPIENTE DE ESTERILIZACIÓN CON INSTRUMENTAL ESTERILIZADO



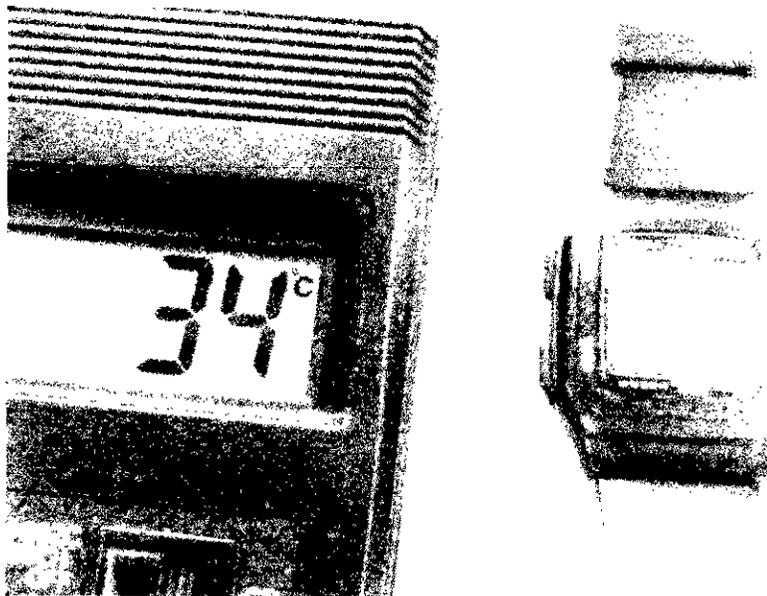
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5.45. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO CON INDICADOR FÍSICO



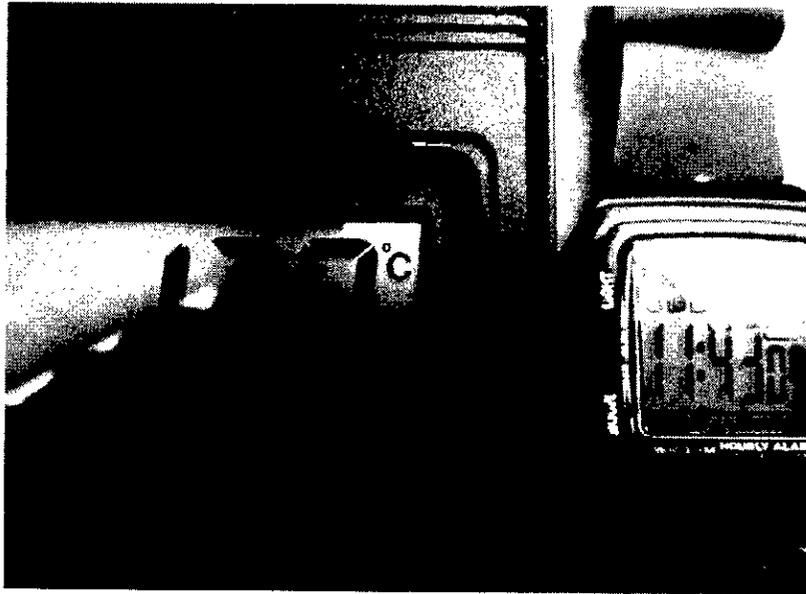
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5.46. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN A 34 °C, A LAS 9:23 HS. AM.



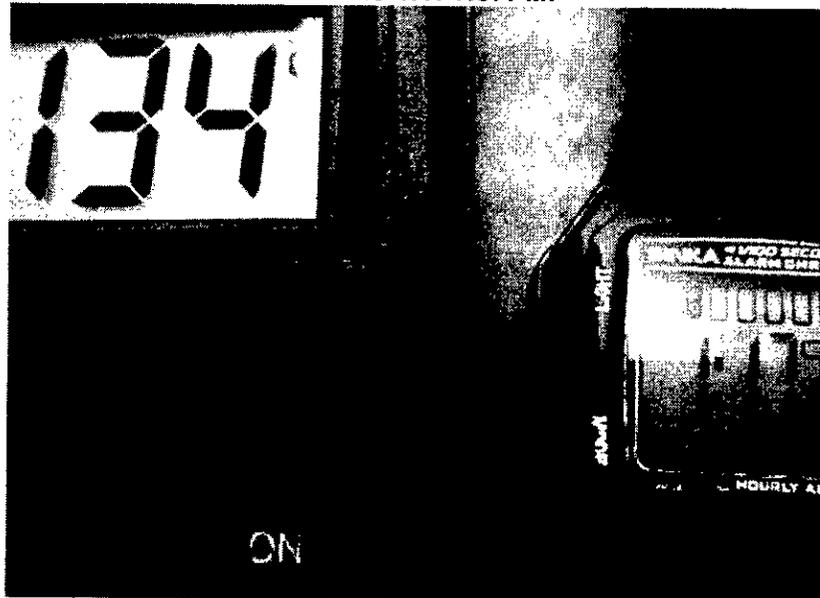
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 5.47. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN A 120 °C,
A LAS 11:43 HS. AM.**



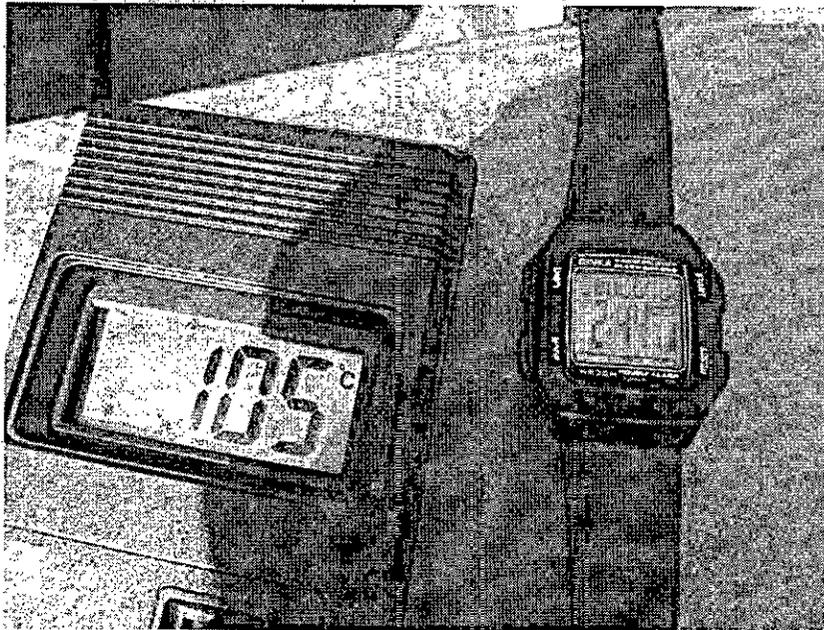
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 5.48. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN A 134 °C,
A LAS 1:17 HS. PM.**



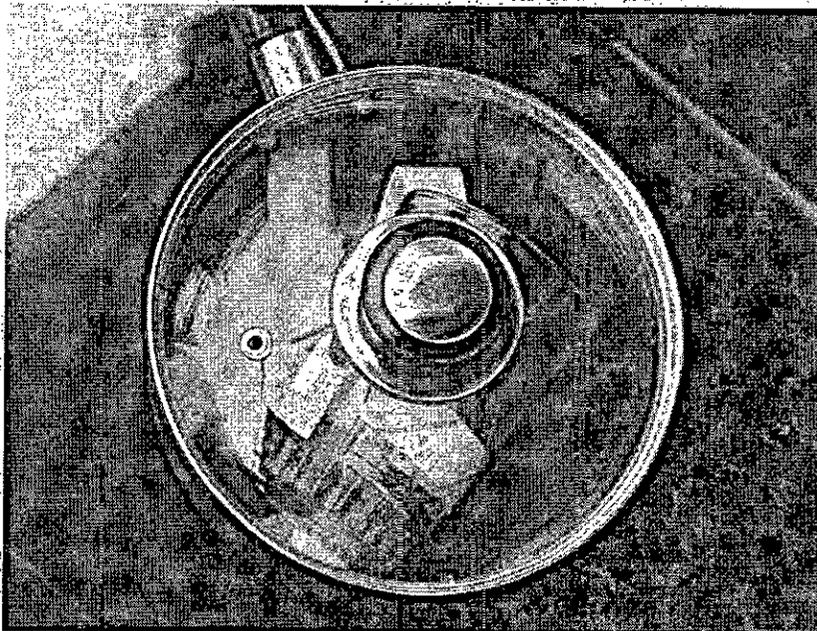
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 5.49. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN A 105 °C,
A LAS 2:44 HS. PM**



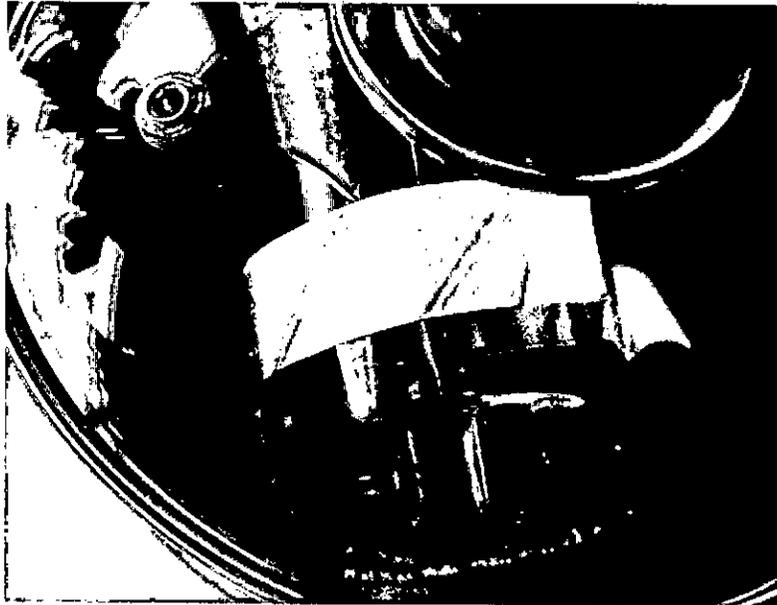
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5.50. PROCESO DE ESTERILIZACIÓN FINALIZADO



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5.51. LA CINTA INDICADORA PRESENTA UN CAMBIO DE COLOR



Fuente: Elaboración propia

Figura N°5.52. ESTERILIZADOR SOLAR EN PLENO TRABAJO



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

Introducción

A medida que mejoramos las versiones de los esterilizadores solares, obtuve mejores resultados. En ese sentido, debemos tener en cuenta que el valor de la temperatura de esterilización de instrumentales biomédicos, por calor seco estándar, para equipos eléctricos es de 160 °C, durante dos horas. En nuestro caso, un hecho relevante y que llego a comprobar, es que no es necesario llegar a dicho umbral y no en un intervalo de dos horas, ello debido a que se suma el nivel de radiación ultravioleta emitido por del sol, fenómeno que favorece a la eliminación de bacterias, bordeando los 150 °C y en un lapso de hora y media. Estos resultados han sido comprobados en el laboratorio como se indica en el Capítulo de Resultados.

6.1. Contrastación de resultados

La contrastación de los resultados se efectúa mediante los siguientes dos puntos importantes:

- La contrastación de la hipótesis con los resultados, y
- La contrastación de los resultados con otros resultados similares

6.1.1. La contrastación de la Hipótesis con los Resultados

Según la tesis planteada en este trabajo de investigación, tenemos:

HIPOTESIS

Los altos costos operativos de los esterilizadores eléctricos de instrumental biomédico y el escaso número de unidades de los mismos en las zonas rurales de Perú, disminuye las oportunidades de efectuar procedimientos de salud en los pacientes de dichas zonas, en ese sentido, se hace necesario desarrollar un esterilizador solar de instrumental biomédico a bajo costo, cuya aplicación incrementará el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.

Variables de la investigación, a partir de la hipótesis planteada:

Variable X: Los altos costos operativos de los esterilizadores eléctricos de instrumental biomédico y el escaso número de unidades de los mismos, en las zonas rurales de Perú.

Variable Y: Desarrollo de un esterilizador solar, y

Variable Z: Incremento del número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.

Para contrastar la hipótesis con los resultados, presento a continuación la siguiente tabla de contrastación:

Tabla N° 6.1
Contrastación Hipótesis vs: Resultados

CONTRASTACION DE VARIABLES DE LA TESIS			
	Hipótesis	Resultados	
	CONTRASTACION VARIABLE X		
SUB_VAR	INDICADORES	EQUIPO ELECTRICO	EQUIPO SOLAR
	1. Altos costos operativos de los esterilizadores convencionales		
X1	Altos costos del consumo de la energía eléctrica (costo semestral)	S/.180.60	-
X2	Costo del equipo eléctrico convencional (construcción en serie)	S/.560 - S/.3000	-
X3	Costo de mantenimiento del equipo convencional (costo semestral)	S/.120	-
	2. Costos operativos del esterilizador solar		
X4	Costo de consumo de energía del esterilizador solar (batería recargable, cada seis meses, panel solar es indefinido, se acumula el Vdc, desde pequeño panel solar)	-	S/.0
X5	Costo del equipo solar (construcción individual)	-	S/.770
X6	Costos de mantenimiento del esterilizador solar (semestral)	-	S/.90.50
X7	3. Insuficientes unidades de esterilización biomédica (estadísticas)	si	-
	CONTRASTACION VARIABLE Y		
SUB_VAR	INDICADORES	EQUIPO ELECTRICO	EQUIPO SOLAR
	1. Conocimientos de circuitos electrónicos, materiales y programación:		
Y1	Dispositivos y circuitos electrónicos digitales	si	si
Y2	Dispositivos microcontroladores	si	si
Y3	Sensores de temperatura	si	si
	2. Conocimientos de sistemas de energía solar:		
Y4	Sistemas de concentración de calor con energía solar	no	si
Y5	Sistemas de generación eléctrica con energía solar. Panel solar	no	si
	3. Conocimientos del proceso de esterilización de Instrumental biomédico por calor seco:		
Y6	Nivel de temperatura de esterilización	160 °C	150 -160 °C
Y7	Tiempo útil de exposición del instrumental biomédico	2 horas	1:30 horas
Y8	Control de refrigeración	no	si

Y9	Indicador de nivel de temperatura	si	si
Y10	Indicador de tiempo de exposición del instrumental	si	si
	4. Conocimientos de los estándares internacionales para esterilización de instrumental por calor seco:		
Y11	Instrumentos de verificación de esterilización por calor seco	si	si
Y12	Niveles de temperatura y tiempos aceptables para una esterilización eficiente	si	si
Y13	Instrumentos de medida de temperatura y tiempo de esterilización por calor	si	si
	5. Conocimientos de las normas técnicas internacionales para la construcción de concentradores de calor, solares:		
Y14	Norma hindú	no	si
Y15	Norma europea	no	si
Y16	Norma americana	no	si
CONTRASTACION VARIABLE Z			
SUB_VAR	INDICADORES	EQUIPO ELECTRICO	EQUIPO SOLAR
Z1	1. Incremento del número de unidades de esterilizadores de instrumental biomédico de las postas médicas de las zonas rurales del país	-	si
Z2	2. Aumento de los procedimientos de esterilización, de instrumentales en las postas médicas de las zonas rurales del país.	-	si
	3. Ahorro de costos por el uso del esterilizador solar:		
Z3	Costo equipo eléctrico convencional y solar	S/.560 - S/.3000	S/.770
Z4	Costo alimentación eléctrica y solar (semestral)	S/.180	S/.0
Z5	Costo mantenimiento eléctrico y solar (semestral)	S/.120	S/.90.50
	4. Seguridad:		
Z6	Seguridad eléctrica (conexión a paciente)	IEC60601	No califica
Z7	Seguridad contra alta temperatura	si	si
Z8	Seguridad contra deslumbración solar	No califica	si
Z9	5. Facilidad de uso	si	si

Podemos observar, en la **contrastación de la variable X**, que los costos tanto del equipo, de los costos de consumo eléctrico y los costos de mantenimiento eléctrico (ANEXO 9), son menores del equipo solar respecto del equipo eléctrico, y que ello representa una gran ventaja para el manejo de los costos operativos. Asimismo, podemos observar, en la **contrastación de la variable Y**, que el

esterilizador solar, alcanza el nivel de temperatura estandarizada de esterilización de instrumentales, a 160 °C (Capítulo de Resultados). Sin embargo, de acuerdo a los estudios realizados y comprobados en laboratorio, se obtiene los mismos resultados de esterilización, a unos 150 °C, con un tiempo de exposición de 1:30 hs., dado al componente adicional de los rayos UV, que inciden sobre el concentrador de calor, y ayudan en el proceso de esterilización de los instrumentales. Como se ha indicado, la temperatura estandarizada de esterilización por calor seco es a 160 °C, con un tiempo de exposición de 2 horas. Asimismo, podemos hacer una comparación de los dispositivos y materiales que pertenecen a cada modelo de equipo, y en nuestro caso, son dispositivos y materiales, que fácilmente se encuentran en nuestro mercado tecnológico, tales como los microcontroladores, paneles solares, baterías recargables, cartones, lana de roca, entre otros.

Finalmente, observamos **en la contratación de la variable Z**, que obviamente, con el desarrollo y la producción en serie de nuestro prototipo incrementaremos el número de unidades de esterilizadores (ANEXO 8), y por ende, haciendo uso de ellos, podremos incrementar el número de procedimientos de salud de los pacientes rurales. Por otro lado, observamos que nuestro prototipo, representa un ahorro de costos (ANEXO 9), de acuerdo al estudio realizado, en cuanto a costos de equipo, costos de consumo eléctrico y de mantenimiento eléctricos.

Datos estadísticos tomados de las mediciones (presentadas en Los Resultados)

Medición de temperatura con carga (instrumental), con reflectores de aluminio.

Con referencia a los datos de la Tabla N° 4.2 de la pg. N° 174, que han sido tomados durante los procesos de esterilización solar,

podemos decir que representan la medición de temperatura y tiempo de exposición, de muchas otras mediciones, tomadas del esterilizador solar en funcionamiento, observamos que alcanzamos y superamos los 150 °C, que en nuestro sistema, representa la temperatura de esterilización de instrumental por calor seco, en un tiempo de exposición de 1:30 hs., como se ha confirmado en los informes técnicos de los profesionales del Laboratorio de Microbiología, que me ayudaron en este estudio.

Otra observación que podemos hacer es, que se mantiene la temperatura superior a los 150 °C, por más de 1:30 hs. En la Medición 1, se mantiene por 1:55 hs, en la Medición 2, por unas 1:35 hs., y en la Medición 3, por 1:41 hs. Se observa también, que a partir de las 12:00 pm., la temperatura de exposición tiende a ser más creciente.

Los gráficos de las curvas respectivas las podemos observar en las págs. N° 174 y N° 175.

A partir de las muestras, podemos observar que la Medición 1, se inicia a las 10:10 hs., extendiéndose hasta las 15:07 hs., y representa un tiempo de exposición de 4:57 hs., con una temperatura inicial, o temperatura ambiente de 25 °C. Dentro de este tiempo, se mantiene una temperatura promedio de 150 °C entre las 12:48 hs. hasta las 14:43 hs., y representa un tiempo de exposición de unos 1:55 hs., tiempo suficiente, de este sistema, para efectuar una esterilización de instrumental, por calor seco. Finalmente, observamos, que a las 15:07 hs., la temperatura decrece hasta alcanzar los 115 °C.

La Medición 2, se inicia a la 10:30 hs., extendiéndose hasta las 14:45 hs., y representa un tiempo de exposición de 4:15 hs., con una temperatura inicial de o temperatura ambiente de 25 °C. Dentro de este tiempo, se mantiene una temperatura superior a los 150 °C entre las 13:07 hs. hasta las 14:41 hs., y representa un tiempo de exposición de unos 1:34 hs., tiempo suficiente, de este sistema, para efectuar una esterilización de instrumental, por calor seco.

Finalmente, observamos, que a las 14:45 hs., la temperatura decrece hasta alcanzar los 145 °C.

Finalmente, la Medición 3, se inicia a la 09:55 hs., extendiéndose hasta las 14:26 hs., y representa un tiempo de exposición de 4:24 hs., con una temperatura inicial de o temperatura ambiente de 25 °C. Dentro de este tiempo, se mantiene una temperatura superior a los 150°C entre las 12:39 hs. hasta las 14:20 hs., logrando pasar los 160 °C. El tiempo de exposición superior a los 150 °C, es de unos 1:34 hs., tiempo suficiente, de nuestro sistema, para efectuar una esterilización de instrumental, por calor seco. Finalmente, observamos, que a las 14:26 hs., la temperatura decrece hasta alcanzar los 142 °C.

Por otro lado, en la Medición 3, entre las 10:26 hs, y 11:31 hs. superamos los 84 °C, siendo una temperatura adecuada para la pasteurización del agua (80 °C, nivel de pasteurización del agua). A las 10:44 hs. superamos los 100 °C, temperatura donde hierve el agua. La pasteurización, es un procedimiento para la eliminación de microorganismos que habitan en el agua potable, haciéndola adecuada para el consumo humano.

Refiriéndonos a la potencia del concentrador (w), es un valor relativo, y nos apoyamos en la norma Americana ASAE S580:

$$\dot{Q} = \frac{T_2 - T_1}{600} mc_p \quad (\text{Ecuación1})$$

Dónde:

\dot{Q} = potencia (W)

T_2 = temperatura final del agua

T_1 = temperatura inicial del agua

m = masa de agua (kg)

c_p = capacidad calorífica (4186 kJ / kgK para el agua)

La ecuación 1 se divide por 600 para tener en cuenta el número de segundos en cada intervalo de 10 minutos.

\dot{Q} se normaliza a una cifra de 700 W/m² a través de la siguiente ecuación.

Dentro de una olla para un valor aproximado, referencial, los instrumentales adquieren niveles de temperatura aproximados. Así, dentro del concentrador, podemos considerar, a T1 = temperatura inicial del instrumental, a T2 = temperatura final del instrumental, m = masa del objeto.

Así, tenemos:

1. Para un instrumental de acero, masa m = 250 gr.

T1 = 21 °C, T2 = 161 °C, m = 300 gr = 0.300 kg.

En la fórmula (1) tenemos:

$$Q = [(161 - 21) * (0.300 \text{ kg} * 452 \text{ J/kg.K})]/600 = 31.4 \text{ w}$$

Que es la potencia del concentrador para, dichos parámetros.

2. Para un instrumental de vidrio (vacío), con masa m = 500 gr.

T1 = 21 °C, T2 = 161 °C, m = 200 gr.

En la fórmula (1) tenemos:

$$Q = [(161 - 21) * (0.500 \text{ kg} * 837 \text{ J/kg.K})]/600 = 97.7 \text{ w}$$

Que es la potencia del concentrador para, dichos parámetros.

3. Para pasteurizar el agua, con una masa de m = 500gr.

T1 = 21 °C, T2 = 161 °C, m = 500 gr.

En la fórmula (1) tenemos:

$$Q = [(161 - 21) * (0.500 \text{ kg} * 4186 \text{ J/kg.K})]/600 = 488.3 \text{ w}$$

Que es la potencia del concentrador para, dichos parámetros.

En cuanto a la seguridad eléctrica, podemos decir que el equipo convencional necesariamente tiene que cumplir con el estándar IEC60601, para equipos médicos, dado que utiliza la energía eléctrica alterna para su alimentación, mientras que nuestro equipo solar, solo toma la energía eléctrica de bajo nivel o DC de un acumulador de 9 v

dc, a partir de un panel solar de baja potencia, que no resulta, en ningún caso, riesgoso para el usuario.

En cuanto a la seguridad contra la alta temperatura y el resplandor solar, se toman las precauciones de visualizar siempre los indicadores de nivel de temperatura y tiempo de esterilización, en el panel de control, ubicado a una distancia razonable del concentrador. Así mismo, se utilizan guantes esterilizadores y de calor, como lentes de sol, contra el resplandor solar.

Finalmente, en cuanto a la facilidad de uso, el equipo es fácil de manipular y ubicar en frente de la trayectoria del sol, a diferencia de los sistemas parabólicos, que todo el tiempo deben ser orientados hacia la trayectoria del sol, para mantener su eficiencia.

6.1.2. La contrastación de los Resultados con otros Resultados similares

Aunque esta es una investigación única en cuanto desarrollo de un esterilizador solar, sin embargo, podemos contrastar con resultados de calentadores de agua o sistemas solares de pasteurización de la leche o el agua, siendo como sigue:

a. Análisis de los datos estadísticos de un Primer Proyecto Similar:

Universidad Carlos III de Madrid

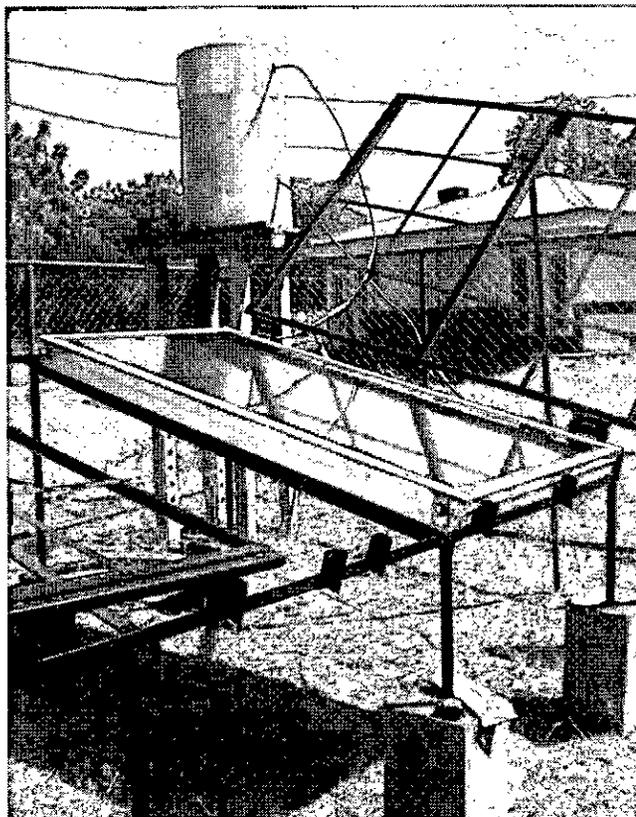
Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos

Proyecto Fin de Carrera

Título: "Pasteurización de leche en Managua con energía solar térmica"

Autora: Daniela Vicario Tomaselli, [27].

Figura N° A. CIRCUITO CERRADO CON UN COLECTOR



Fuente: Daniela Vicario Tomaselli

El Resumen del trabajo de esta investigadora, es como sigue:

"El proyecto pretende resolver un grave problema nicaragüense: el consumo de leche cruda en amplias zonas rurales produce enfermedades, a veces graves, a sus consumidores. La solución propuesta es diseñar la instalación de un sistema de pasteurización capaz de procesar 240 litros de leche diarios que eliminaría los riesgos sanitarios actuales, el cual consta de un circuito primario donde los colectores solares calientan el agua y de un circuito secundario donde la leche se pasteuriza pasando por un serpentín que se encuentra dentro del tanque acumulador de agua.

Inicialmente, se narran las dificultades y posteriores modificaciones que sufrió el diseño del prototipo inicial del sistema de pasteurización. Diseño por AutoCAD de los varios elementos que conforman la pasteurizadora y de su conjunto, analizando para cada elemento las posibilidades en cuanto a dimensiones, tipo de material y otras, explicando los motivos de elección de un tipo concreto.

Luego, se comenta la experiencia en Nicaragua describiendo el proceso de fabricación de los colectores y del montaje del circuito primario. Terminado de construir el circuito primario, se muestran los datos experimentales que se tomaron en diferentes días y condiciones climáticas y los cálculos para obtener el rendimiento del colector.

A continuación, se realizan los cálculos teóricos de la pasteurización utilizando el programa informático, calculando la temperatura de salida de los colectores al tener los datos de irradiación solar horaria, la temperatura ambiente y la velocidad del viento. Luego, la temperatura de la leche después de recorrer el intercambiador para decidir si ha de pasar o no por el serpentín que se encuentra dentro del tanque. Se verifica si la leche ha quedado pasteurizada y de no ser así se la hace pasar por una fuente auxiliar de biomasa.

Seguidamente, se obtiene la temperatura del tanque. Al terminar los cálculos, se elaboran las gráficas para que sea un estudio completo y se puedan comprender los datos obtenidos y verificar su viabilidad.

Se hace un análisis de impacto ambiental con su correspondiente cálculo de emisiones de CO₂ y del ahorro en combustible, así como un análisis económico hallando su coste inicial y los beneficios anuales a lo largo de su vida útil.

Finalmente, se recogen una serie de conclusiones, mejoras y líneas futuras de investigación a modo de análisis final de los objetivos planteados al inicio de los documentos".

Resultados experimentales

Según dice el texto correspondiente: "Finalmente, se tomaron los datos de temperatura de entrada y salida del colector en un día soleado. Se tomaron medidas tres días; 19, 22 y 23 de febrero cada cinco minutos desde las 11h hasta las 13h. Antes de cada medida, si se veía sucio el vidrio del colector se limpiaba".

Tabla A

Temperaturas de entrada y salida del colector el 19-2-2010

Hora	Tª entrada (°C)	Tª salida (°C)
11:00	39	43
11:05	41	48
11:10	45	52
11:15	49	57
11:20	54	67
11:25	46	68
11:30	48,5	65
11:35	53	76,5
11:40	47,5	77
11:45	48	77
11:50	49	77
11:55	48	76
12:00	49	77
12:05	48,5	76
12:10	50,5	78,5
12:15	50	75
12:20	50	74
12:25	51	75
12:30	52	74
12:35	53	74
12:40	54	76
12:45	55	75
12:50	54	74,5
12:55	47,5	67

Según analiza la autora, ella misma afirma:

"En la temperatura de entrada del agua al colector hay una diferencia de 5°C entre el primer y último dato, se aprecia que hay tres cambios de tendencia, aunque el valor máximo fue a las 12:45h con 55°C. Entre el máximo y el mínimo fue de 16°C."

Los datos que se obtuvieron de la página son en horas, por lo que los intervalos de cinco minutos desde las 11h a las 13h hubo que hacer un spline cúbico. Después se calcula la irradiación para un plano inclinado que se ha visto en el apartado anterior con ángulo igual a la latitud de Managua. A continuación, se muestran en la gráfica los valores obtenidos".

Tabla B
Temperaturas de entrada y salida del colector el 23-2-2010.

Hora	T ² entrada (°C)	T ² salida (°C)
11:00	54	76
11:05	46,5	68
11:10	45	61,5
11:15	48	60
11:20	61	78
11:25	54	81
11:30	53	81
11:35	50	80
11:40	50	83
11:45	50	89
11:50	49	93
11:55	53	94
12:00	53	94
12:05	53	94
12:10	52	94
12:15	51	93
12:20	53	94
12:25	54	94,5
12:30	54	94,5
12:35	54	94
12:40	54,5	94
12:45	53,5	93
12:50	53	90
12:55	52	85
13:00	51	81

Según afirma la autora:

"En la temperatura de entrada del agua al colector hay una diferencia de 3°C entre el primer y último dato, pero a diferencia de los otros dos días, aquí ha sido descendente. A partir de las 12:40h disminuye. El valor máximo fue a las 11:20h con 61°C".

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. El esterilizador solar orientado a instrumental biomédico ha sido desarrollado a bajo costo, siendo seguro y fácil de utilizar.
2. El esterilizador solar aplica el método de esterilización por calor seco, a instrumentales biomédicos quirúrgicos y de laboratorio clínico, cumpliendo con los estándares internacionales de nivel de temperatura, tiempo de exposición y grado de eliminación de microorganismos y bacterias.
3. Se ha verificado en laboratorio, la eliminación de bacterias y microorganismos en los instrumentales, haciendo uso del esterilizador solar. Podemos afirmar también, que puede ser utilizado para pasteurizar el agua.
4. Este modelo de esterilizador es una tecnología nueva, en cuanto al modo de entender su operación, es decir, cuando hay un día de sol es factible de encenderse (ON) y cuando no lo hay, está en (OFF).
5. Se comprueba que el prototipo del esterilizador solar puede ser utilizado con eficiencia en las zonas rurales de Perú, dado que el clima es favorable por presentar muchos días de sol, y alto nivel de radiación solar. De esta manera, es posible incrementar el número de procedimientos de salud a los pacientes de dichas zonas.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda no sobre exponer al sol el esterilizador solar, sin ningún tipo de indicador y control, pues la alta temperatura puede ser dañina al ser humano o producir quemaduras.
2. Antes del proceso de esterilización, es necesario utilizar lentes de sol y guantes esterilizados para colocar el recipiente con los instrumentales. Después del proceso de esterilización, para manipular el equipo, es necesario hacer uso de guantes de calor, y guantes esterilizados, como lentes de sol.
3. Para tener un mejor conocimiento acerca del uso y aplicación del esterilizador solar, se recomienda leer lo expuesto en esta tesis.
4. En las zonas rurales en tiempo de lluvia, es necesario proteger de la intemperie al esterilizador, especialmente de las descargas eléctricas. Se recomienda guardar el equipo dentro de un ambiente adecuado.
5. Se recomienda, dar mantenimiento preventivo al esterilizador por lo menos dos veces al año.
6. La aplicación no solo está orientada el ámbito médico, sino que también se recomienda aplicarla en los ámbitos de la industria alimenticia, agrícola, entre otros.
7. Utilizar la energía solar a gran escala, que se hace necesaria en estos tiempos de requerimiento de nuevas fuentes de energía, debido a la contaminación ambiental y a la falta de recursos naturales.

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- [1] **Miranda Gassull, Virginia**, "Sistema de calentamiento de agua sanitaria solar, reutilización de elementos plásticos descartados", Universidad Internacional de Andalucía, España, Tesis de Maestría en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo.
- [2] **Serrano Rodríguez, Pedro**, "Uso de cocinas solares y sus impactos en la comunidad de Villaseca", Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, 2011, Tesis de Maestría en Gestión y Promoción del Desarrollo Local, con Especialidad en Promoción de la Innovación Tecnológica e Integral.
- [3] **Beltrán Adán, José**, "Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos", Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Coordinación de Mecatrónica, Cenidet, Cuernavaca, Morelos, México, Tesis para obtener el grado de Magister.
- [4] **Alejandro Haim, Pablo**, "Estudio para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en la Argentina", Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Mecánica, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental.
- [5] **Sebastián Tames, Eliseo**, "Estudio de electrificación con energía solar plaza pública distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho", Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, Perú, Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales.
- [6] **MINSA, Ministerio de Salud de Perú**, "Manual de Desinfección y Esterilización". Lima, 2002.

- [7] **Romero, Luis**, Esterilización, Instalaciones Hospitalarias - Bioingeniería, Apuntes de Cátedra Esterilización, 2008, Departamento de Electrónica y Automática, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
- [8] http://www1.paho.org/PAHO_USAID/dmdocuments/AMR_Manual_Esterilizacion_Centros_Salud_2008.pdf/Ingr:3/6/14
- [9] <http://www.panalimentos.org/rilaa/e/docs/e/MANTEQLABORATORIO.pdf>/Ingreso: 13/07/14
- [10] <http://www.unavarra.es/genmic/microclinica/tema07.pdf>/Ingr:7/9/14
- [11] **Hernández, Edgardo, Ferreyra, Gustavo, Mac Cormack, Walter**, Impacto de la radiación solar ultravioleta sobre bacterias marinas antárticas en los primeros metros de la columna de agua
- [12] <http://www.wikipedia.com/>Ingreso:17/4/15
- [13] **Holman J. P.**, "Transferencia de Calor", Southern Methodist University, MacGrawHill, 1998.
- [14] **Kern, Donald Q**, "Procesos de Transferencia de Calor", Catedrático Instructor en Ingeniería Química, Case Institute of Technology, MCGRAW HILL BOOK COMPANY, INC.,1999.
- [15] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4122/Capitulo3.pdf>/Ingr: 8/5/15
- [16] **Corace, Juan J**, Física II, 2012 Tema V, Unidad VI: Mecanismos de Transferencia de Calor.
<http://ing.unne.edu.ar/pub/fisica2/2012/T5-2012.pdf>/Ingreso: 18/3/16
- [17] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/transporte/cond_calor/conduccion/conduccion.html/Ingreso:21/4/16
- [18] **WELTY, J., Wicks, Ch., Wilson, R.**, "Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa", Universidad Estatal de Oregon, NORIEGA EDITORES, México
- [19] **Incropera, F., DeWitt, D**, "Fundamentos de Transferencia de Calor", School of Mechanical Engineering Purdue University, Prentice Hall, 1996.

- [20] **Pitts, Donald R., Leighton, Sissom**, "Theory and Problems of Heat Transfer", Professor Emeritus of Mechanical and Aerospace Engineering and Engineering Science, The University of Tennessee – Knoxville, McGRAW-HILL
- [21] **Pizarro Menayo, Ana**, "Caracterización de la Cocina Solar Primrose", Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Superior de Ingenieros industriales, Departamento de Ingeniería térmica y de Fluidos, Mayo 2010.
- [22] <http://www.gastronomiasolar.es/p/horno-solar.html>/Ingreso: 6/7/16
- [23] **Fundación Celestina Pérez de Almada_UNESCO**, "Guía de Uso de Cocinas y Hornos Solares", Asunción, Paraguay, Año 2005.
- [24] **Journal of Energy in Southern Africa** • Vol 18 No 3 • August 2007
- [25] **Greenpeace**, "Energía Solar Termoeléctrica, 2020 Pasos Firmes Contra el Cambio Climático".
<http://www.greenpace.org>/Ingreso: 12/7/16
- [26] Minsa/INEI.
- [27] **Tomaselli Vicario Daniela**, "Pasteurización de leche en Managua con energía solar térmica", Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos, Proyecto Fin de Carrera, 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- [1] **TORRES BARDALES, Coloníbol**. El Proyecto de Investigación Científica. Segunda Edición. G. Herrera Editores. Lima Perú.1998.
- [2] **Microchip**. MPLAB Programing-2010.
- [3] **PALACIOS_REMIRO_LOPEZ**, Microcontrolador PIC16F84, Desarrollo de Proyectos, Segunda Edición, Alfaomega Editores, 2006.
- [4] **GARCIA BREIJO Eduardo**, Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC, Marcombo Editores, Segunda edición, Barcelona, 2009.

ANEXOS

Matriz de consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: "Sistema de esterilización solar y su aplicación en las zonas rurales de Perú"				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODOS
<p>Problema general</p> <p>¿Es posible desarrollar un sistema de esterilización solar y aplicarlo en las zonas rurales de Perú?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Son costosos, escasos y generan costos operativos altos, los equipos de esterilización eléctricos convencionales en las zonas rurales de Perú?</p> <p>¿Es posible implementar un prototipo de esterilizador solar, que sea económico, seguro y funcional, y en el cual se puede verificar el proceso de esterilización, haciendo uso de herramientas tecnológicas para tal fin?</p> <p>¿Es posible incrementar el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumental biomédico en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Desarrollar un esterilizador solar y aplicarlo en las zonas rurales de Perú.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Diseñar un esterilizador solar a bajo costo, seguro y fácil de usar, y que pueda ser aplicado en las zonas rurales de Perú.</p> <p>Implementar un prototipo final de esterilizador solar, que sea económico, seguro y funcional. Con su uso, se debe verificar el proceso de esterilización, haciendo uso de herramientas tecnológicas para tal fin.</p> <p>Incrementar el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumental biomédico en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos y facilidad de uso.</p>	<p>Esta tesis plantea la siguiente hipótesis:</p> <p>Los altos costos operativos de los esterilizadores eléctricos de instrumental biomédico y el escaso número de unidades de los mismos en las zonas rurales de Perú, disminuye las oportunidades de efectuar procedimientos de salud en los pacientes de dichas zonas, en ese sentido, se hace necesario desarrollar un esterilizador solar de instrumental biomédico a bajo costo, cuya aplicación incrementará el número de unidades de esterilizadores, y el de los procedimientos de esterilización de instrumental biomédico en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>Los equipos de esterilización eléctricos convencionales, en las zonas rurales de Perú, son escasos, costosos y generan costos operativos altos.</p> <p>Se puede verificar el proceso de esterilización de instrumental biomédico, haciendo uso de un prototipo de esterilizador solar, desarrollado a bajo costo, y que es seguro y funcional.</p> <p>El desarrollo y la aplicación del esterilizador solar en las zonas rurales de Perú, incrementa el número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumentales, en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos y seguridad.</p>	<p>Variable X:</p> <p>Los altos costos operativos y el escaso número de los esterilizadores eléctricos para instrumental biomédico, en las zonas rurales de Perú.</p> <p>Variable Y:</p> <p>Desarrollo de un esterilizador solar, y</p> <p>Variable Z:</p> <p>Incremento del número de unidades de esterilizadores y de los procedimientos de esterilización de instrumental en las postas médicas de las zonas rurales, con ahorro de costos, seguridad y facilidad de uso.</p>	<p>General</p> <p>A través de estos métodos conoceremos el proceso de esterilización de instrumental biomédico por concentración de calor por radiación solar.</p> <p>Específico</p> <p>Se aplicarán los siguientes métodos de investigación: Experimental, Transversal, Cognitiva, deductiva, y aplicativa.</p>

ANEXO 1

Eficiencia de la Esterilización [7]

La esterilización es un proceso que se utiliza para matar todo tipo de microorganismos. Un objeto particular es estéril o no estéril, pero cuando se consideran los artículos que son tratados por un proceso particular, existe siempre una posibilidad que algunos contaminantes puedan sobrevivir y que una porción de artículos permanezca sin esterilizar. Un proceso eficiente es aquel que ha sido diseñado para lograr una proporción aceptablemente baja (por ej. una en un millón) de microorganismos sobrevivientes y artículos no estériles.

La eficiencia se introduce en el diseño del proceso determinando la severidad del tratamiento (por ej. tiempo a una temperatura determinada) que se requiere para matar todos los tipos y cantidades de microbios de los objetos a ser tratados. El proceso debe ser validado por indicadores físicos, químicos o biológicos apropiados, siendo monitoreado regularmente el procedimiento con el esterilizador, dentro de la temperatura y tiempos adecuados.

Para garantizar la eficiencia del proceso hay que tener en cuenta tres factores:

1. Diseño del proceso
2. Test del proceso
3. Test del producto

Diseño del proceso

La siguiente información es requerida para calcular las condiciones bajo las cuales se conducirá la esterilización:

Velocidad de acción biocida

La velocidad a la cual un agente biocida reduce el número de células de una población microbiana se determina por el conteo de los

sobrevivientes en muestras obtenidas luego de exposiciones graduadas a calor, radiación o vapor químico en condiciones especificadas.

Si el conteo inicial y los conteos de las muestras se grafican en escala logarítmica en función del tiempo de exposición y se traza una línea que una los puntos individuales se obtiene una curva de velocidad de muerte. Una línea recta representa una velocidad de muerte constante (logarítmica o exponencial). Velocidades de muerte no logarítmicas son representadas por curvas que muestran el comportamiento no lineal de la velocidad de muerte. El rango de tiempo para el cual se pueden obtener conteos confiables y preparar así las curvas de velocidad limita la determinación experimental de las velocidades de eliminación a un nivel de alrededor de 200 sobrevivientes por ml.

Nivel de contaminación inicial

Se refiere al número de microorganismos presentes en los objetos o líquidos previos a la esterilización. El conocimiento de este nivel es un componente esencial en el diseño del proceso porque influye sobre la severidad del tratamiento que será necesario para satisfacer el requisito de garantía de la esterilidad.

Hay distintos métodos para determinar la cantidad de microorganismos presentes y aunque no es necesario aislar e identificar todos los tipos de microorganismos presentes, si es importante determinar el nivel más alto de resistencia de la población natural. Por ejemplo, las esporas de bacterias son más resistentes al calor que los virus y las esporas de hongos y ciertos tipos de bacterias pueden tener mayor resistencia a la radiación esterilizante. Cuando se diseña un proceso de esterilización, se asume generalmente que todos los contaminantes tienen el nivel de resistencia máximo aunque las esporas de bacterias, por ejemplo, sólo constituyan el 1% de los microorganismos en suelos o polvos.

Garantía de esterilidad – Nivel de Seguridad

Se expresa como la probabilidad calculada de que un microorganismo sobreviva al proceso de esterilización y por lo tanto nos deje una cantidad de objetos no estériles. El nivel de garantía depende del uso que se le va a dar a un objeto definido. Así el nivel de garantía o seguridad usual para los artículos médicos es de 10-E6 (10⁻⁶). Para comida enlatada rige un criterio menos riguroso, que es de 10-E2 y para los vehículos espaciales es de 10-E4.

Test del proceso

El propósito de llevar a cabo un proceso de esterilización es producir el tratamiento biocida en la totalidad del material a esterilizar. Esto depende del diseño y del desempeño del equipo de esterilización, la naturaleza de los artículos a esterilizar y de los métodos usados para empacar y cargar los artículos a la cámara de esterilización. Se pueden usar métodos físicos, químicos y biológicos para demostrar la eficiencia del proceso. Ellos son aplicados en sitios de la cámara de esterilización y dentro de botellas o packs que presentan el desafío más grande a la penetración del agente biocida. Algunos de estos tests son realizados por el operador del esterilizador, otros por el ingeniero encargado de su mantenimiento y reparación. La asistencia y asesoramiento de un microbiólogo puede ser necesaria para la realización e interpretación de tests biológicos.

ANEXO 2

NORMAS DE ESTERILIZACION DE INSTRUMENTAL Y EQUIPO BIOMEDICO [6]

FUENTE: Extraído del Ministerio de Salud de Perú (págs. 58 al 77):

**MANUAL DE DESINFECCIÓN Y
ESTERILIZACIÓN HOSPITALARIA**

A.- Características del calor seco.

Es importante tener siempre en cuenta que la acción microbicida del calor, está condicionada por la presencia de materia orgánica o suciedad en los materiales. Por ejemplo, aceite o grasa en casos en los que los microorganismos son protegidos de la acción del calor.

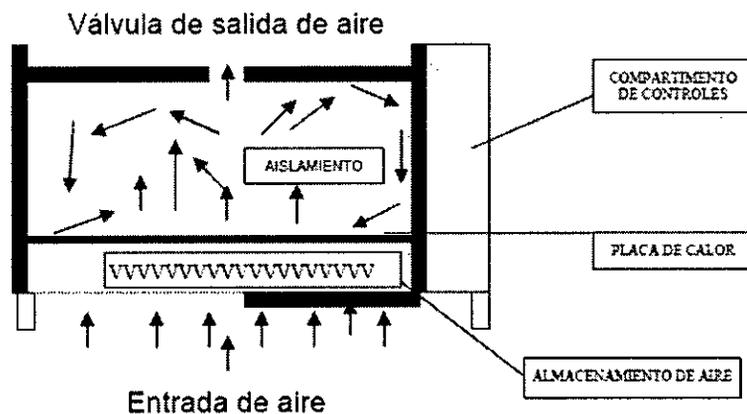
El calor seco penetra lentamente en los materiales por lo que se requieren largos periodos de exposición.

El aire caliente no es corrosivo pero el proceso es lento. Se usa generalmente a 170°C durante 60 minutos o a 150°C por 150 minutos.

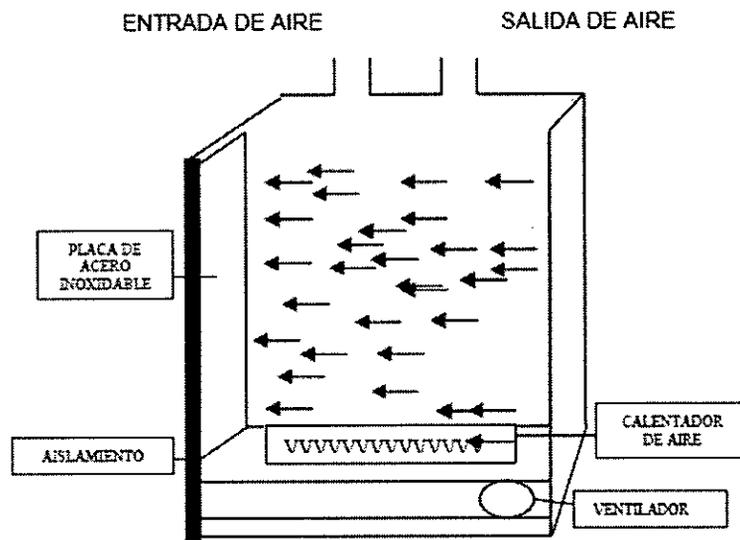
B.- Tipos de estufas o pupineles.

Existen dos tipos de estufas que comúnmente se utilizan: la estufa de convección por gravedad y la estufa de convección mecánica (circulación de aire forzado).

a. **Estufa de Convección por gravedad:** Está compuesta por una cámara revestida de resistencia eléctrica en su pared interior y posee un canal u orificio de drenaje de aire en la pared superior. La circulación depende de las corrientes producidas por la subida de la temperatura y el choque con las diferencias de temperaturas. Por ello su proceso es más lento y menos uniforme. (6)



b. **Estufa de Convección mecánica:** Este equipo posee un dispositivo que produce el rápido movimiento de un volumen grande de aire caliente, facilitando la transmisión del calor directamente a la carga o paquete. Se utiliza menos tiempo y ofrece un equilibrio térmico. (6)



C.- Indicaciones.

La recomendación para la esterilización de ciertos materiales deriva de su facilidad de penetración en sólidos, líquidos no acuosos y cavidades cerradas. Su comportamiento con el metal es menos corrosivo pero más oxidante. Por otra parte, no erosiona el vidrio como lo hace el vapor. Y aunque su uso está limitado para petrolatos y líquidos, mencionaremos a continuación los instrumentos, materiales y sustancias que pueden esterilizarse en calor seco:

- Instrumentos cortantes y de acero inoxidable (tijeras y pinzas).
 - Agujas, jeringas de cristal, tubos, pipetas de vidrio, polvos estables al calor.
 - Líquidos y sustancias liposolubles e hidrófugas tales como aceites, silicona, parafina, vaselina, cremas y polvos de talco.
- A continuación presentamos una relación de tiempo - temperatura para la esterilización por calor seco.

Tabla No. 2

TEMPERATURA (° C)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
180° C	30 minutos
170° C	1 hora
160° C	2 horas
150° C	2 horas y 30 minutos
140° C	3 horas
121° C	6 horas

Fuente: Perkins. 1960, en la AORN (Association Operating Room Nurses).
Estándares de la AORN 1989

Es importante señalar que el tiempo de exposición debe ser contabilizado luego de alcanzada la temperatura requerida y no desde la carga del esterilizador pues puede requerirse de un tiempo prolongado para alcanzar la temperatura de esterilización.

D.-Principios básicos para evitar fallas.

A fin de evitar la ocurrencia de fallas en el proceso de esterilización por calor seco, es importante tener en cuenta:

- La validación del equipo y la eficiente calibración de los instrumentos.
Una esterilización será eficiente cuando el punto más frío registre 170°C en exposición por dos horas. Por lo tanto el usuario deberá contar con información precisa.
- La selección del material desde el punto de vista de conductibilidad térmica. No esterilizar, ni utilizar textiles ni papel.
- La distribución de la carga observando que los paquetes no toquen las paredes y que entre cada paquete, haya espacio suficiente para conseguir una buena circulación.
- La utilización de empaques adecuados. Como por ejemplo cajas metálicas, papel aluminio y frascos de vidrio refractario.

E.- Validación del proceso de esterilización por calor seco.

NORMA: Asegurar que la esterilización por calor seco sea adecuada, segura y efectiva.

El proceso de validación por medio del cual se mostrará con evidencia la esterilización por calor seco, garantizará que esta se realice siempre de una misma forma y con una misma calidad.

La finalidad, es garantizar los parámetros preestablecidos para esterilizar por medio del calor seco.

Técnica y Material:

La validación de este proceso consiste en cumplir etapas y criterios mínimos de evaluación que el usuario debe manejar. Además es la evidencia documentada que aporta un alto grado de seguridad de este proceso en el que se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- **Calidad del equipo.-** Se verificarán las instalaciones eléctricas (voltaje), estructura, dimensión y ventilación.

- **Calidad de operación.-** Se verificarán que todos los componentes del equipo funcionen de acuerdo al Manual de Operación y a las instrucciones de mantenimiento. De igual manera, se hará una relación de los repuestos más comunes y del servicio técnico brindado.
- **Calidad del desempeño.-** Se verificarán parámetros físicos establecidos, tipos de empaques, tipos de carga y sus registros, los tipos de materiales (cantidad y volumen), la disposición dentro de la cámara de los materiales y la capacidad y adecuado uso de registros de los indicadores químicos.

4.1.2. **ESTERILIZACIÓN A VAPOR.**

NORMA: Todo material resistente al calor compatible con la humedad debe ser autoclavado.

La esterilización a vapor es el procedimiento de esterilización más común (excepto para los materiales que no pueden resistir el calor y la humedad) creada por el proceso y al equipo que se utiliza se le denomina autoclave.

El mecanismo de acción del calor húmedo es por desnaturalización de las proteínas. La autoclave tiene la ventaja de producir un elevamiento de temperatura en forma rápida en cortos tiempos de esterilización y de no dejar residuos tóxicos en el material.

La eficiencia del vapor como agente esterilizante depende de:

- La humedad,
- El calor,
- La penetración
- La mezcla de vapor y aire puro (y de otras impurezas que pudiera contener).

A.- TIPOS DE ESTERILIZADORES A VAPOR.

- Autoclaves de desplazamiento de gravedad o Gravitacional.-** En estos equipos el aire es removido por gravedad, ya que el aire frío es más denso y tiende a salir por un conducto colocado en la parte inferior de la cámara cuando el vapor es admitido. Este proceso es muy lento y favorece la permanencia residual del aire. Estos equipos varían en tamaño. Los hay desde modelos pequeños que se colocan sobre la mesa y son utilizados en clínicas y consultorios, hasta grandes unidades capaces de manejar carritos de carga de materiales.

4.2.3. QUÍMICOS – PLASMA.

A.- PLASMA DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.- Este método usa peróxido de hidrógeno como precursor de plasma. El plasma que está considerado como un cuarto estado de la materia diferente al líquido, sólido y gaseoso, está compuesto por iones reactivos, electrones y partículas atómicas neutras. El peróxido de hidrógeno en su fase plasma tiene propiedades esterilizantes a bajas temperaturas. El equipo esterilizador opera mediante la inyección de peróxido de hidrógeno al 58% y por medio de emisión de energía de radiofrecuencia crea un campo electromagnético en la cámara generando plasma. En este estado se produce la esterilización. Posteriormente se corta la radiofrecuencia y se vuelve a la presión atmosférica por la introducción de aire filtrado.

El proceso completo tiene una duración aproximada de 75 minutos. En la actualidad se ha diseñado una cámara más pequeña por lo que el tiempo del proceso sería menor. En estas concentraciones y condiciones de uso, el peróxido de hidrógeno no es corrosivo para metales y es compatible con una gran cantidad de materiales.

Existe dificultad en la difusión de peróxido de hidrógeno en lúmenes menores de 1 milímetro de diámetro y mayores de 1 metro. Se recomienda no colocar ningún material que contenga celulosa, como es el caso del algodón, el papel y la madera. (5, 6)

4.3 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICACIA DE LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN

Los factores que afectan la eficacia de los procesos de esterilización son el número de microorganismos, la materia orgánica, el tiempo, la temperatura, la humedad relativa y la estandarización de la carga.

Keene (1996) y Rutala (1993) describieron estos factores, que deben tenerse muy en cuenta a fin de realizar un adecuado proceso de esterilización.

4.3.1. Número de microorganismos (Co). Este es un factor fundamental ya que es uno de los dos factores que miden la efectividad de los diferentes procesos de esterilización. El valor R o D (Ver Anexo No.10) se refiere al tiempo necesario para que el método de esterilización logre la eliminación del 90% de los microorganismos. Se utiliza en función de la evaluación de los diferentes métodos.

- 4.3.2. **Materia orgánica (S).** La presencia de materia orgánica dificulta la eliminación de los microorganismos pero es uno de los factores fácilmente modificables.
Estos dos factores Co y S justifican la importancia de la LIMPIEZA antes de la esterilización, para garantizar siempre una disminución de riesgos que afecten dicho proceso.
- 4.3.3. **Tiempo.** Es otro de los factores por medio del cual se evalúa la función de los métodos de esterilización. El valor F (Anexo No. 10) es el tiempo necesario para que una suspensión a temperatura de 121° C elimine todas las esporas bacterianas. También es utilizado como valor de referencia en la evaluación de los métodos de esterilización.
- 4.3.4. **Temperatura.** Al aumentar la temperatura durante un proceso específico de esterilización, su efectividad aumenta pues cuando esta es superior a la temperatura óptima de crecimiento de un microorganismo generalmente provoca la muerte de este.
- 4.3.5. **Humedad relativa (HR).** Se define como la fracción de presión de vapor de agua en un sistema con respecto a otro sistema con la máxima presión (saturado 100%) y a la misma temperatura. A mayor humedad relativa, mayor contenido de agua en las células o esporas y mejor resultado final de esterilización. Es decir, más rápido.
- 4.3.6. **Estandarización de la carga.** Los paquetes deben tener las medidas (28 x 28 x 47 cm.) y los envoltorios normados internacionalmente. La carga a esterilizarse es muy variable. Puede cambiar con respecto al número de instrumentos, volumen de carga, tamaño de los instrumentos y contenido de los paquetes. Es importante estandarizar los procesos de esterilización según los diferentes artículos de la carga ya que la efectividad del método puede variar en función de los artículos.

4.4 VALIDACIÓN DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN

Es el procedimiento documentado de una evidencia en relación a los equipos y su operación. Debe asegurar un adecuado nivel de esterilización (SAL Sterilization Assurance Level) para que el proceso específico genere un producto o servicio de acuerdo con su especificación predeterminada y en conformidad con las características de calidad establecidos.

Componentes de la Validación de la esterilización:

4.4.1. AUDITORÍA.

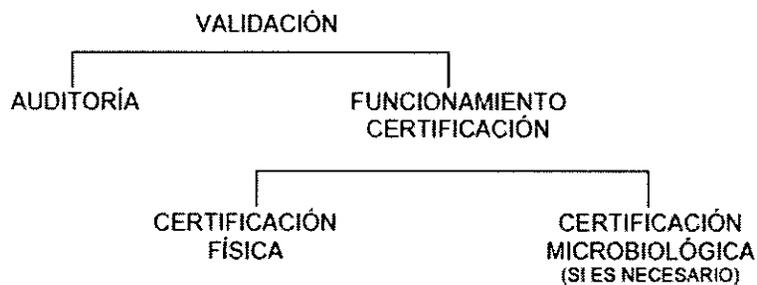
Demuestra, documenta y verifica que los equipos cumplen con las especificaciones de funcionamiento diseñadas luego de su instalación en el lugar de uso.

4.4.2. CERTIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.

Demuestra que el equipo, luego de su revisión producirá productos aceptables cuando son operados de acuerdo a las especificaciones del proceso.

En ello se tendrá que demostrar:

- Certificación del equipamiento.
- Prueba de eficacia del equipamiento.
- Monitorización de la rutina de operación de los equipos.
- Validación si se identifica una alteración de la rutina.



ANEXO 3, [10]

Microbiología General

Tema 3.- Técnicas de eliminación y de conservación de microorganismos

3.- ESTERILIZACIÓN POR CALOR.

Los microorganismos mueren rápidamente cuando son sometidos a temperaturas superiores a su óptima de crecimiento. Esto permite utilizar altas temperaturas para eliminar microorganismos por termodestrucción. Los métodos basados en el calor son quizá los más utilizados para controlar el crecimiento microbiano.

La sensibilidad de los diferentes tipos de microorganismos a los tratamientos térmicos es distinta. Las esporas son la formas más termorresistentes y las células vegetativas las más sensibles. Por otro lado, los microorganismos Gram-positivos tienden a ser más resistentes que los Gram-negativos. Por consiguiente, desde un punto de vista práctico, la esterilización por calor está destinada a matar las esporas bacterianas.

El medio en el que se encuentra un microorganismo influye en su sensibilidad al calor. Por lo general, los microorganismos son más sensibles a las altas temperaturas cuando se encuentran a pHs ácidos, mientras que las concentraciones altas de proteínas o azúcares en el medio disminuyen la efectividad del calor y protegen a las bacterias. Las altas concentraciones de sal tienen efectos variables según el tipo de microorganismo

La esterilización por calor se puede hacer en medio húmedo usando un autoclave o en medios secos mediante el horno Pasteur.

El autoclave esteriliza usando el calor húmedo transmitido por vapor de agua sobrecalentado debido al uso de altas presiones. el efecto del vapor de agua es facilitar la transmisión del calor al objeto en esterilización. El procedimiento usual es usar 121°C para lo que es necesaria una presión de 1.1 kg/cm². En estas condiciones un tratamiento de 15 min es suficiente para eliminar las esporas de Gram-positivos.

En un horno Pasteur se usa calor seco transmitido por el aire al objeto en esterilización. En este caso, la temperatura más usual suele ser de 180-250°C y el tiempo de esterilización entre 30 min y varias horas. El uso del horno Pasteur está limitado por las características del material a esterilizar.

Puesto que el tratamiento térmico puede alterar las características del producto tratado, en el caso de alimentos o de productos termosensibles, se han desarrollado diferentes tipos de tratamiento industriales entre los que destacan:

1. La **Pasteurización** destinada a reducir las poblaciones bacterianas. Se emplea principalmente en el tratamiento de la leche que se hace pasar por un tubo en contacto con la fuente de calor de forma que se incrementa la temperatura hasta 71°C durante 15 s (tratamiento HTST) y a continuación se enfría rápidamente.
 - Un procedimiento alternativo consiste en calentar a 63-66°C durante 30 min (tratamiento LTLT) sin embargo, este tratamiento produce mayores alteraciones organolépticas en el producto.
2. Por último, el **tratamiento UHT** consiste en un proceso en flujo en el que el producto alcanza 140-150°C durante unos pocos segundos. Este tratamiento permite un tiempo de conservación del producto mucho más largo (hasta 8 semanas).

4.- CINÉTICA DE MUERTE: VALORES D Y Z.

La muerte de microorganismos como consecuencia de un tratamiento a altas temperaturas sigue una **cinética exponencial**. Si representamos la variación del logaritmo del número de células supervivientes a un tratamiento térmico realizado a una temperatura dada en función del tiempo de tratamiento, se obtiene una gráfica del descenso del logaritmo de supervivientes es lineal con el tiempo.

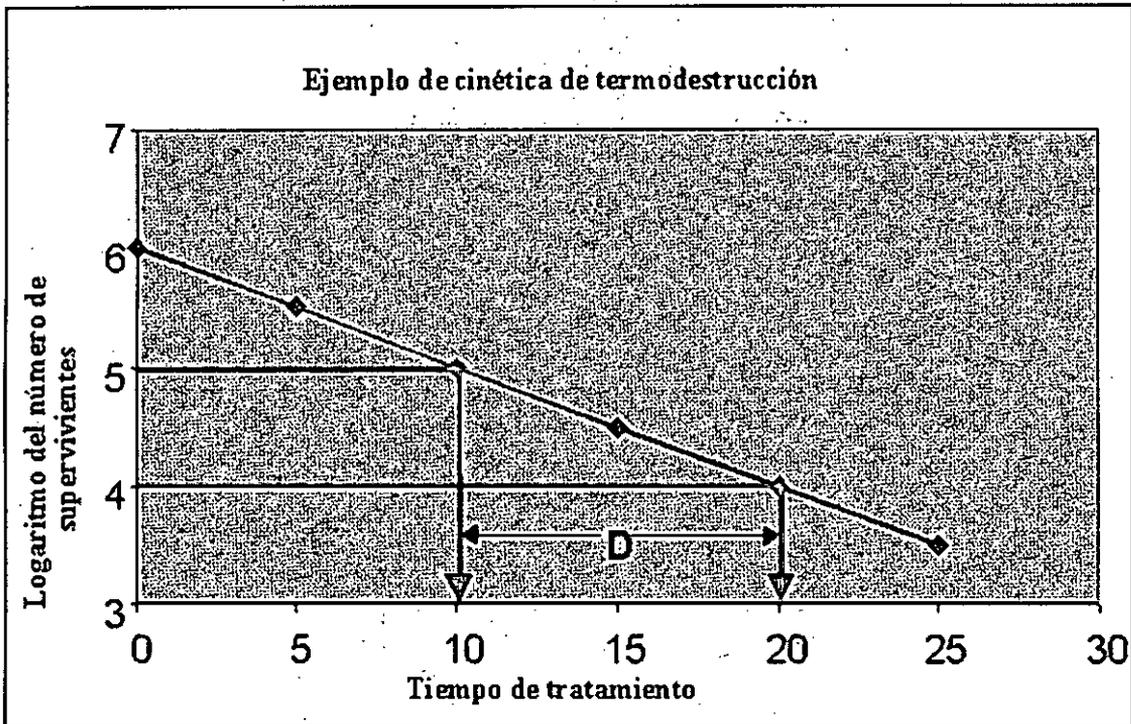
$$\frac{dN}{dt} = -kN$$

La recta tiene una pendiente que permite calcular la velocidad de **termodestrucción**. Se define el valor **D** como el tiempo necesario para que el número de supervivientes caiga al 10% del valor inicial (o, lo que es lo mismo, para que el logaritmo del número de supervivientes se reduzca en una unidad). Si consideramos N_0 como el número de células al inicio del tratamiento y N_x el número de células supervivientes después de un tratamiento de t minutos a una temperatura T , el tiempo de termodestrucción se calcula de la siguiente manera:

$$D_t = \frac{x}{\log(N_0/N_x)}$$

(Ecuación 18)

La magnitud de **D** es tiempo (en muchos casos se usan los min; pero ciertos tratamientos son tan efectivos que resulta más práctico usar los s. que, por otra parte, son unidades del SI).

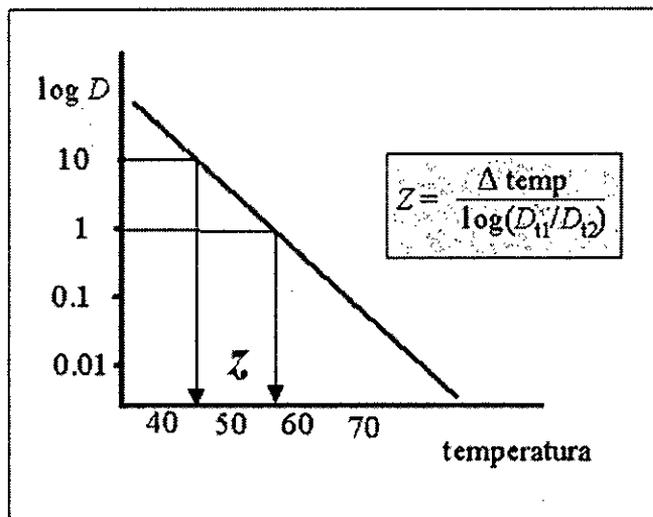


El tiempo de termodestrucción (D) varía para cada temperatura (de ahí el subíndice t) de forma que a mayores temperaturas el valor de D es menor, es diferente para distintos microorganismos, distintos entornos y diferentes condiciones fisiológicas.

Si aumentamos la temperatura de tratamiento, el valor de D disminuye de forma logarítmica. De manera análoga a como el valor D indicaba el tiempo necesario para lograr que el número de supervivientes se redujera al 10% de la población inicial, el valor z indica el incremento en la temperatura (medida en número de grados) necesario para que el valor D se reduzca a la décima parte del inicial.

$$z = \Delta T / [\log (D_{T1} / D_{T2})] \quad (\text{Ecuación 19})$$

donde ΔT es el incremento de temperatura, y D_{T1} y D_{T2} los valores de D a las dos temperaturas estudiadas.-



Los valores D y z varían para cada microorganismo y para cada condición. Las esporas, por ejemplo, tienen valores D mucho más altos que las células vegetativas de los mismos microorganismos. Los microorganismos presentes en los alimentos, por otra parte, suelen tener valores D más altos que cuando se cultivan en condiciones de laboratorio. Para poder determinar las condiciones en las que hacer un tratamiento térmico para destruir microorganismos es necesario dominar los conceptos de los valores D y z .

Valores de D y z para diferentes microorganismos²

Organismo	Temp. (°C)	D (seg)	z (°C)
➤ <i>Bacillus stercorarius</i>			
TH4 (en agua)	120	1.000	7.3
FS 7954 (en tampón fosfato)	121	6	8.3
NCIB 8919 (en agua)	121	186	7.0
➤ <i>Bacillus subtilis</i>			

² Datos tomados de A. Casp y J. Abril (1998) *Procesos de conservación de alimentos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

5230 (en agua)	121	6.0	8.3
5230 (en tampón fosfato)	121	21.9	8.8
➤ <i>Clostridium botulinum</i>			
Tipo A (en agua)	121	6.0	8.3
A35B (en tampón fosfato)	121	19.2	10.8
213B (en vegetales)	121	6.6	9.8
213B (en tampón fosfato)	110	96	10.3
62A (en puré de guisantes)	121	5.34	8.3
➤ <i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>			
S9 (en agua)	132	4.4	6.9
➤ <i>Desulfotomaculum nigrificans</i>			
ATCC7946	121	1.550	6.7
➤ <i>Escherichia coli</i>			
Agua	55	402	3.6

Los conceptos de valores D y z son también aplicables a otros parámetros de calidad de alimentos tales como actividades enzimáticas (por ejemplo, para la actividad peroxidasa $D_{120} = 0.83 \times 10^{-3}$ seg y $z = 27.8$ °C), actividad biológica de vitaminas (para vitamina A $D_{122} = 2.4 \times 10^{-3}$ seg, $z = 23$ °C), textura de alimentos (alubias $D_{100} = 84.9 \times 10^{-3}$ seg, $z = 21.3$ °C) o color (guisantes $D_{121.1} = 1.5 \times 10^{-3}$ seg, $z = 39.4$ °C).³

Cuando el valor tratamiento se realiza a 121.1°C (250°F) al valor D se le denomina D_r y, por tanto, representa el tiempo necesario para lograr la destrucción del 90% de las células del microorganismo tratado a esa temperatura. Para conseguir un nivel de reducción de la viabilidad determinado, es necesario realizar un tratamiento térmico cuya duración depende del valor D según la siguiente ecuación

$$F = D \times (\log N_i - \log N_f) \quad (\text{ecuación 20})$$

donde N_i y N_f representan los números de viables al inicio y al final del tratamiento, respectivamente.

Desde el punto de vista de la salud alimentaria, se suele requerir un tratamiento 12D de los productos susceptibles de ser portadores de gérmenes patógenos (o que puedan dar lugar a intoxicaciones). Este tratamiento reduce en 12 órdenes de magnitud el número de supervivientes o bien, visto de otra forma, reduce en un factor de 10^{-12} la probabilidad de supervivencia de un microorganismo dado. Si consideramos que *un solo microorganismo* contaminaba una unidad (una lata, por ejemplo) del alimento inicial, después de un tratamiento 12D la probabilidad de encontrar una lata contaminada se reduce hasta 10^{-12} .

El parámetro F permite comparar el tratamiento realizado a una temperatura y durante un tiempo determinado con un tratamiento de referencia que usemos para poder efectuar comparaciones. Para poder comparar la eficiencia de diferentes tipos de tratamiento térmico, se elige un sistema de referencia de eficiencia conocida. En el caso de microbiología de alimentos, el sistema de referencia suele ser *Clostridium botulinum* por ser este un microorganismo productor de intoxicaciones alimentarias graves y de gran termorresistencia por su capacidad para formar esporas. En este caso la temperatura de tratamiento es 121.1 °C (correspondiente a 250 °F) y el valor z para *C. botulinum* es 10.

Cuando el tratamiento de referencia es el indicado, el parámetro F se denomina F_0 ($= F_{121.1}^{10}$).

$$F_0 = D_{121.1} (\log N_0 - \log N_f)$$

Otros tratamientos tecnológicos para destruir microorganismos (radiación, por ejemplo) son susceptibles de tratamientos matemáticos similares a los descritos en esta sección.

5.- LESIÓN EN LOS MICROORGANISMOS

En cualquier tratamiento antimicrobiano puede ocurrir que algunas células sean dañadas pero no mueran. La presencia de microorganismos dañados (lesionados) plantea un problema debido a que los métodos de detección se basan en cultivos selectivos que en muchas ocasiones son letales para dichos microorganismos lesionados. En consecuencia, los microorganismos dañados no son detectados y la muestra se da por no contaminada; sin embargo, una vez que los microorganismos lesionados han reparado sus heridas pueden volver a crecer y a producir las toxinas o causar el deterioro indeseable en los alimentos.

Cuando puedan producirse daños en los microorganismos como consecuencia de tratamientos es necesario considerar esta posibilidad a la hora de hacer el control de calidad del producto haciendo un cultivo inicial en condiciones suaves en un medio no selectivo (agua de peptona u otro medio de cultivo rico) que permita la recuperación de las células dañadas y su posterior detección con medios selectivos.

ANEXO 4, [11]

IMPACTO DE LA RADIACION SOLAR ULTRAVIOLETA SOBRE BACTERIAS MARINAS ANTÁRTICAS EN LOS PRIMEROS METROS DE LA COLUMNA DE AGUA

Hernández, Edgardo A.¹, Ferreyra, Gustavo A.², Mac Cormack, Walter P.²
¹Cát. de Biotecnología, FFYB, UBA. Junín 956 6° piso (C1113AAD) Buenos Aires,
Argentina
edy135@hotmail.com
²IAA, Cerrito 1248 (C1010AAZ), Buenos Aires, Argentina. gferreyra@dna.gov.ar,
wmac@ffyb.uba.ar

Palabras clave: radiación UV, bacterias antárticas

Keywords: UV radiation, Antarctic bacteria

La destrucción de la capa de ozono incrementa la radiación UV-B (280-320 nm) en la Antártida. Esta radiación puede alcanzar los 30 m de profundidad en la columna de agua (CA), pero su efecto es mayor en los primeros metros. Este tipo de radiación, junto con la UV-A (320-400 nm), ejerce efectos negativos sobre la viabilidad del bacterioplancton, el cual juega un rol fundamental en el ciclo de la materia. Sin embargo, la mezcla vertical podría atenuar los efectos de la radiación UV al reducir el grado de irradiación de los microorganismos. En este trabajo se analizó el impacto de la UV sobre la viabilidad de dos cepas marinas antárticas en los primeros 3 m de la CA en días con diferente irradiancia solar y se estudió de qué manera la mezcla vertical puede modificar ese impacto.

Los estudios se realizaron en Caleta Potter con las cepas UVps y UVvi (relacionadas con los grupos *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* y *Arthrobacter* respectivamente). Suspensiones de las cepas se ubicaron a 0, 1 y 3 m de profundidad en la CA en frascos de cuarzo (transparentes a la UV). En algunos ensayos, los frascos se cubrieron con filtros interferenciales para discriminar la radiación activa para fotosíntesis (RAF, 400-700 nm), UV-A y UV-B. En otros ensayos, se simuló una mezcla vertical de 4 m/h. Se evaluó viabilidad bacteriana y concentración de H₂O₂ y se midió la radiación incidente. Luego de 2 h de exposición a dosis de UV-B mayores de 8 kJ/m² en superficie las cepas mostraron un descenso de la viabilidad, en superficie y a 1 m. A 3 m los valores fueron similares al control. Con los filtros interferenciales se observó alta mortalidad para UVps bajo ambos tratamientos UV en superficie y a 1 m, valores que fueron significativamente diferentes al tratamiento RAF y control. UVvi mostró efectos similares, sólo significativos a 0 m. Las cepas bajo mezcla vertical mostraron menor grado de mortalidad que las superficiales, si bien los valores fueron significativos comparados con el control. Los resultados muestran que ambas cepas son sensibles a la UV, siendo UVps más sensible que UVvi. Estas diferencias sugieren que un incremento en la UV-B puede alterar la estructura de la comunidad del bacterioplancton superficial. El efecto negativo de la UV, importante en el primer metro de la CA, es sólo parcialmente atenuado por la acción de la mezcla vertical

ANEXO 5: NORMA USA [21]

SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS AGRÓNOMOS. NORMA ASAE S580

Este estándar fue desarrollado originalmente por el Dr. Paul Funk como un estándar de pruebas internacionales para cocinas solares. La necesidad de dicha norma fue reconocido y abordado en la Tercera Conferencia Mundial sobre la Cocina Solar, en enero de 1997 (Funk, 2000). El objetivo de esta norma era producir una medida sencilla, pero significativa y objetiva del desempeño de cocina que no fuera tan complicado como para que hacer las pruebas en las zonas menos desarrolladas resultara prohibitivo.

ASAE S580 monitoriza la temperatura media dentro de una olla de agua, mientras que la cocina opera bajo un conjunto de directrices indicadas en la norma para el seguimiento de procedimiento, la carga térmica, etc. Se realizan mediciones de temperatura del agua y se promedian en intervalos de 10 minutos. La temperatura ambiente y la irradiancia normal (flujo de energía solar por área) también son medidos y registrados, por lo menos tan a menudo como la temperatura de carga. En condiciones de fuerte viento, insolación baja, o baja temperatura ambiente, las pruebas no deben llevarse a cabo. La figura principal de mérito utilizada por ASAE S580 es la potencia de cocción. Se calcula mediante el siguiente procedimiento.

$$\dot{Q} = \frac{T_2 - T_1}{600} mc_p \quad (\text{Ecuación1})$$

Dónde:

\dot{Q} = potencia (W)

T_2 = temperatura final del agua

T_1 = temperatura inicial del agua

m = masa de agua (kg)

c_p = capacidad calorífica (4186 kJ / kgK para el agua)

La ecuación 1 se divide por 600 para tener en cuenta el número de segundos en cada intervalo de 10 minutos.

\dot{Q} se normaliza a una cifra de 700 W/m² a través de la siguiente ecuación.

$$\dot{Q}_{normalizada} = \dot{Q} \left(\frac{700}{I} \right) \quad (\text{Ecuación2})$$

Dónde:

I = intervalo de insolación media (W/m²)

\dot{Q} = potencia (W)

$\dot{Q}_{normalizada}$ = potencia de cocción normalizada

$\dot{Q}_{normalizada}$ se representa frente a ΔT y se aproxima realizado una regresión lineal.

Para los procedimientos de presentación de informes estándar, se utiliza una diferencia de temperatura de 50 ° C (es decir, Tagua-Tambiente ~ 50 ° C) y la $\dot{Q}_{normalizada}$ correspondiente se reporta como la "Potencia de la cocina"(ASAE, 2003).

Mientras ASAE S580 logra el objetivo de proporcionar un test sencillo para establecer una figura de mérito universal y entendible, la norma tiene carencias en otras áreas.

A pesar de que no se menciona como un objetivo, la norma no se ocupa de asuntos que no sean estrictamente el rendimiento de la cocina. La única cifra de mérito prácticamente carece de valor para la evaluación de por qué una olla logra un cierto rendimiento, ya que deja fuera cualquier medición directa de las pérdidas de calor. Por lo tanto, cualquier uso de la norma ASAE para analizar el rendimiento de una cocina, más allá de simplemente comparar su rendimiento con otra cocina sería muy difícil.

Desde una perspectiva cualitativa, ASAE S580 no se refiere a la facilidad de uso, seguridad o temas financieros asociados con las cocinas bajo prueba. Una vez más, esto nunca se supuso como objetivo de la norma, aunque debe tenerse en cuenta que esta información podría ser igualmente importante para cualquier persona interesada en la evaluación de cocina solar. No importa cómo de ejemplar sea el comportamiento térmico de una cocina, si cuesta miles de dólares y es imposible de adquirir por una persona de nivel económico medio, de esta manera, la utilidad verdadera de la cocina es muy dudosa.

Fuente:

Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Ingeniería térmica y de fluidos



Caracterización de la cocina solar
Primrose

ANEXO 6: NORMA INDIA [21]

BASES PARA LA OFICINA DE ESTÁNDARES INDIOS. MÉTODO DE PRUEBA

El segundo estándar de pruebas considerado se basa en procedimientos de ensayo térmico para cocinas solares tipo caja (*Thermal Test Procedures for Box-Type Solar Cookers*), por Mullick, 1987. Esta norma, presentada en un marco más técnico que ASAE S580, establece dos figuras de mérito, calculadas con el fin de ser lo más independientes posible de las condiciones ambientales (como la velocidad del viento, insolación, etc). Las dos figuras de mérito están dadas por las siguientes ecuaciones.

$$F_1 = \frac{T_s - T_a}{I_s} \quad \text{(Ecuación3)}$$

Donde:

T_s : Temperatura de estancamiento (stagnation) ([K])

T_a : Temperatura ambiente ([K])

I_s : Radiación a la temperatura de esta

Donde:

T_v : Temperatura de estancamiento (stagnation) ([K])

T_a : Temperatura ambiente ([K])

I_s : Radiación a la temperatura de esta

$$F_2 = \frac{-F_1 \cdot (m \cdot C_p)_w}{A \cdot t} \cdot \ln \left[\frac{1 - \frac{1}{F_1} \left(\frac{T_{w2} - T_a}{I} \right)}{1 - \frac{1}{F_1} \left(\frac{T_{w1} - T_a}{I} \right)} \right] \quad \text{(Ecuación4)}$$

Donde:

T_a : Temperatura ambiente ([K])

m : masa de agua ([kg])

C_p : calor específico del agua a presión constante ([J/(kg K)])

T_{w1} : Temperatura del agua, valor al comienzo del calentamiento ([K])

t : Tiempo ([s])

A : Área de apertura de la cocina ([m²])

I : Radiación en el intervalo de evaluación de la temperatura (1-2) ([W/m²])
[En el calentamiento]

Estableciendo una temperatura de referencia, la solución de la ecuación4 para "t", dibuja una curva característica que describe, para un determinado conjunto de condiciones, el tiempo que tardará la cocina para llegar a la temperatura de referencia.

Desafortunadamente el estándar de Mullick, así como ASAE S580, no incluye los numerosos factores cualitativos que pueden ser igualmente importantes para evaluar el desempeño de una cocina solar y su viabilidad.

Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Ingeniería térmica y de fluidos



Caracterización de la cocina solar
Primrose

ANEXO 7: NORMA EUROPEA [21]

ESTÁNDAR DE ENSAYO DEL COMITÉ EUROPEO PARA LA INVESTIGACIÓN DE COCINAS SOLARES.

- Se precalienta agua a 40°C y se coloca en una olla y se registra la temperatura durante 2 horas alrededor del mediodía solar (es decir, 11:00-13:00 horas solares)
- La cocina se fija hacia el sol y se deja. El tiempo que tarda el agua del interior en enfriar hasta 80°C se registra
- Se precalienta aceite a 40°C, se pone en la cocina de 11:00-13:00 y se registra la temperatura máxima alcanzada.
- Aceite caliente de la prueba anterior se deja enfriar en la olla retirada del sol. Se registra el tiempo necesario para enfriar el aceite a 100°C.
- Se realiza el paso 1 sin precalentamiento.
- Se quita la tapa de la olla y se recoge el tiempo que tarda el agua en enfriarse hasta los 80°C, con agitación ocasional.
- El agua precalentada a 40°C se calienta en la cocina con el sol en un ángulo bajo. La temperatura se registra como una función del tiempo. Esta medida tiene como finalidad poner a prueba el rendimiento de la cocina por la mañana y por la noche.

Fuente:

Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Ingeniería térmica y de fluidos

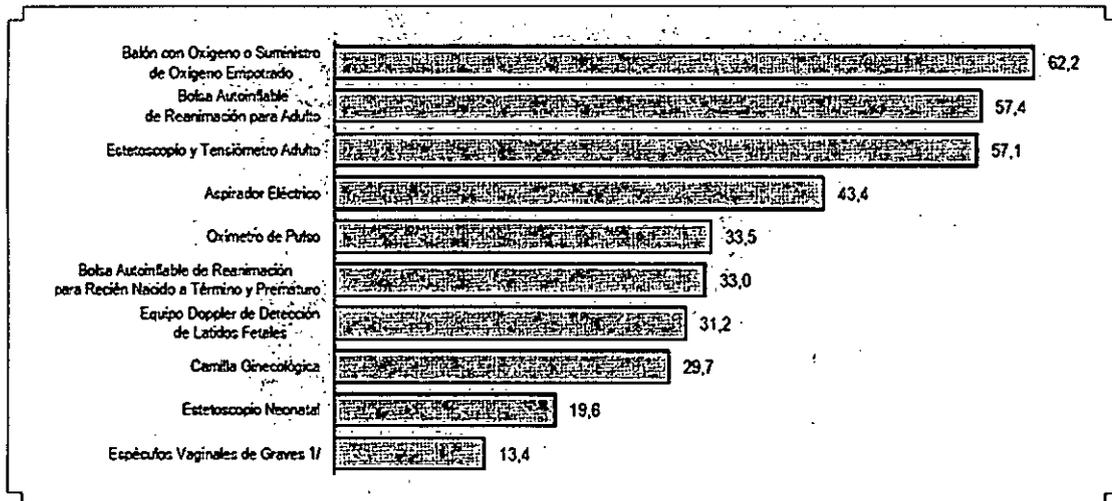


Caracterización de la cocina solar
Primrose

ANEXO 8: ESTADÍSTICAS DE EQUIPOS MEDICOS [26]

GRÁFICO N° 4

ESTABLECIMIENTOS DE SALUD CON FUNCIONES OBSTÉTRICAS Y NEONATALES BÁSICAS; ESENCIALES I, ESENCIALES II E INTENSIVAS, SEGÚN DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS E INSTRUMENTALES EN EMERGENCIA OBSTÉTRICA, 2013
(Porcentaje)

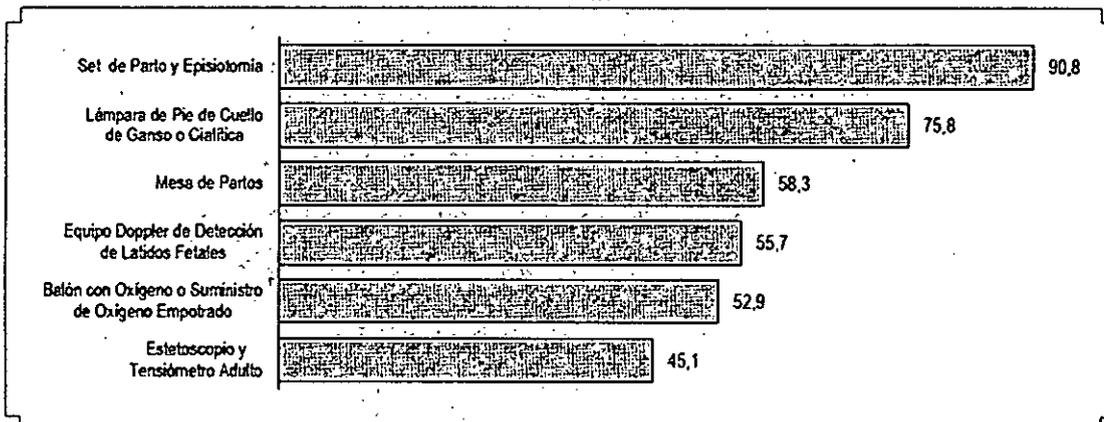


II Incluye especúlos vaginales de Graves chico, grande y mediano.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta a Establecimientos de Salud con Funciones Obstétricas y Neonatales.

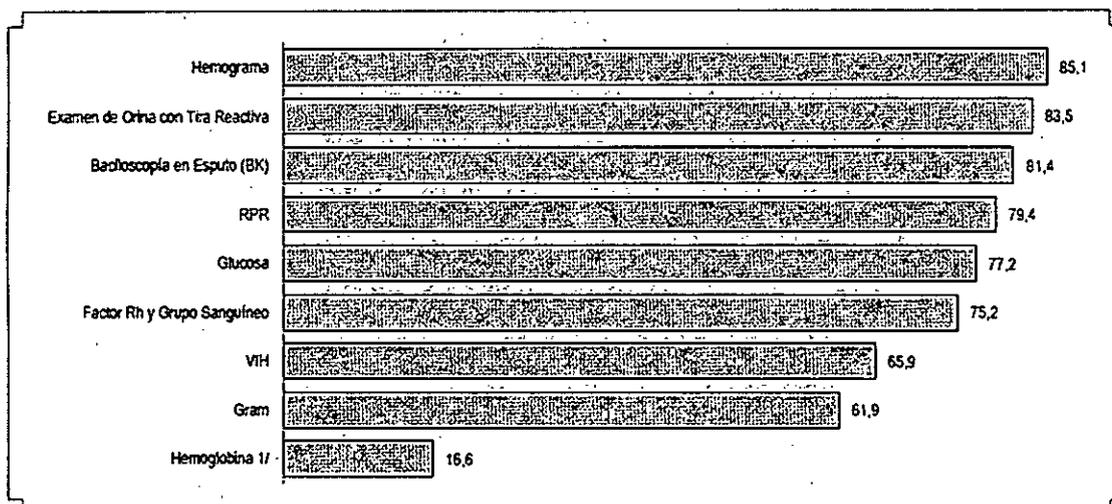
GRÁFICO N° 5

ESTABLECIMIENTOS DE SALUD CON FUNCIONES OBSTÉTRICAS Y NEONATALES BÁSICAS, ESENCIALES I, ESENCIALES II E INTENSIVAS, SEGÚN DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS E INSTRUMENTALES EN CENTRO OBSTÉTRICO O SALA DE PARTOS, 2013
(Porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta a Establecimientos de Salud con Funciones Obstétricas y Neonatales.

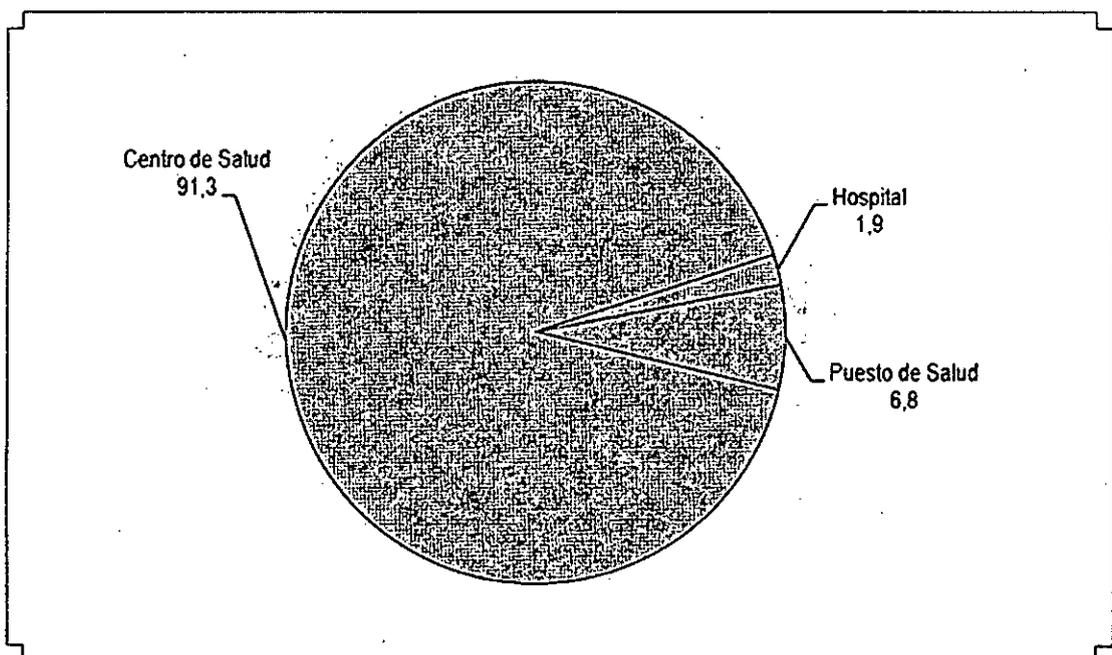
GRÁFICO Nº 9
ESTABLECIMIENTOS DE SALUD CON FUNCIONES OBSTÉTRICAS Y NEONATALES BÁSICAS, ESENCIALES I, ESENCIALES II E INTENSIVAS, SEGÚN DISPONIBILIDAD DE PRINCIPALES EXÁMENES EN LABORATORIO, 2013
 (Porcentaje)



1/ Incluye hemoglobina y hemoglobina glicosilada.

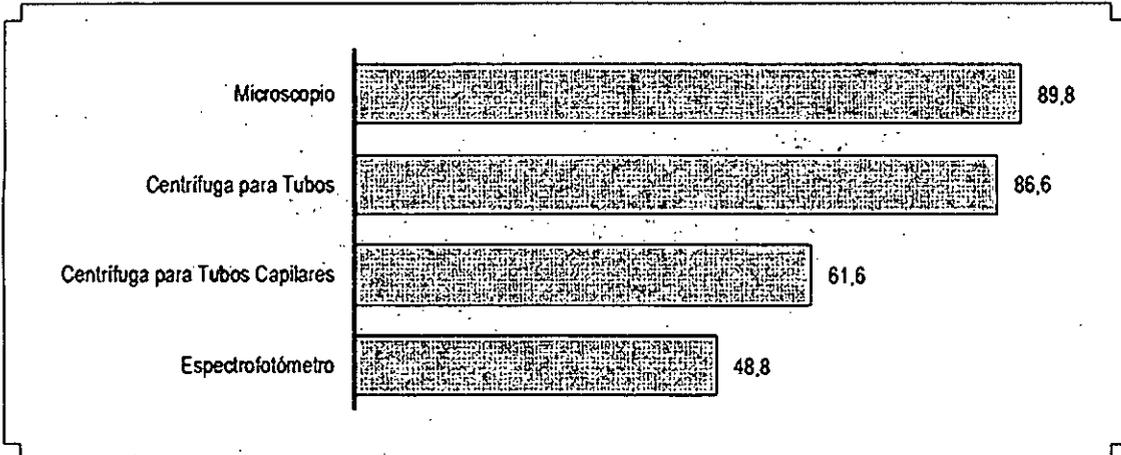
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta a Establecimientos de Salud con Funciones Obstétricas y Neonatales

GRÁFICO Nº 1.1
ESTABLECIMIENTOS DE SALUD CON FUNCIONES OBSTÉTRICAS Y NEONATALES BÁSICAS, SEGÚN CATEGORÍA, 2013
 (Porcentaje)



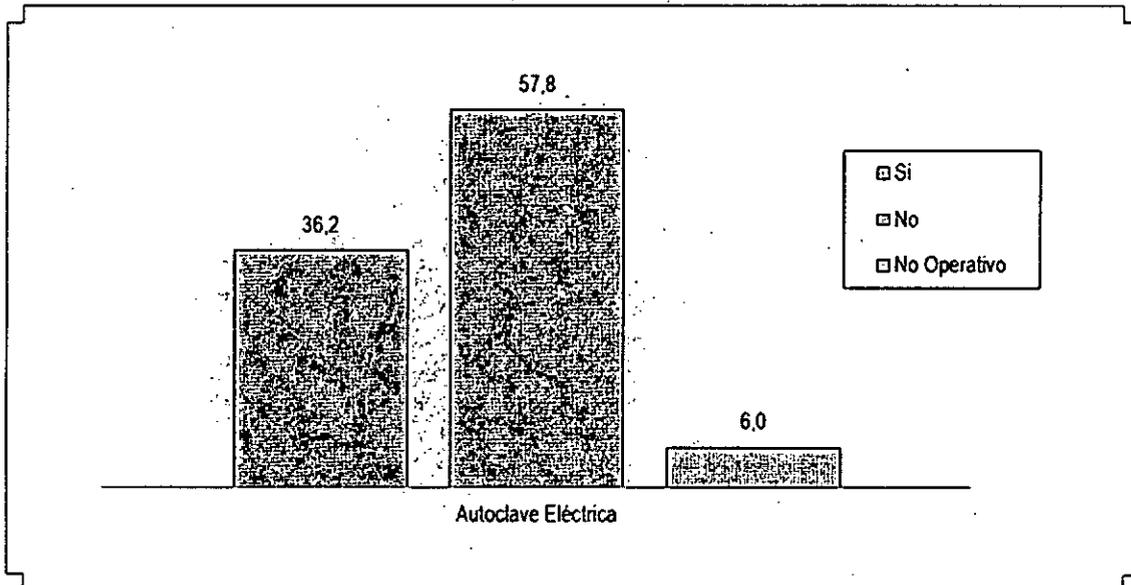
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta a Establecimientos de Salud con Funciones Obstétricas y Neonatales.

GRÁFICO N° 1.26
 ESTABLECIMIENTOS DE SALUD CON FUNCIONES OBSTÉTRICAS Y NEONATALES BÁSICAS,
 SEGÚN DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN LABORATORIO, 2013
 (Porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta a Establecimientos de Salud con Funciones Obstétricas y Neonatales.

GRÁFICO N° 1.30
 ESTABLECIMIENTOS DE SALUD CON FUNCIONES OBSTÉTRICAS Y NEONATALES BÁSICAS,
 SEGÚN DISPONIBILIDAD DE AUTOCLAVE, 2013
 (Porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta a Establecimientos de Salud con Funciones Obstétricas y Neonatales.

ANEXO 9

ANALISIS DE COSTOS

9.1. Análisis de costos del esterilizador solar

Los costos para la ejecución de este proyecto fueron los siguientes:

Tabla 9.1. MATERIALES

Nº	ITEM	COSTO(S/.)
1	Cartón	50
2	Media plancha de aluminio	60
3	Vidrio 60*60 cm	45
4	Silicona	10
5	Cinta de aluminio	50
6	Bandeja negra	45
7	Espejos	60
8	Lana de Roca	156
9	Papel aluminio	5
10	Tecknopor	20
11	Base de soporte	25
	SUB TOTAL	S/.526

Tabla 9.2. INSTRUMENTOS
Y DISPOSITIVOS

Nº	ITEM	COSTO(S/.)
1	Medidor de temperatura	40
2	Microcontrolador PIC	15
3	LCD	18
4	Panel solar	45
	SUB TOTAL	s/.123

Tabla N° 9.3. ACCESORIOS

Nº	ITEM	COSTO(S/.)
1	Hojas de papel	7
2	Lápiz	1
3	ollas	50
4	Instrumentales (recipientes)	30
5	Lentes oscuros	30
6	Cinta indicadora	100
	SUB TOTAL	S/.218

Tabla N° 9.4. ENERGIA ELECTRICA E IMPRESIÓN

Nº	ITEM	COSTOS(S/.)
1	Uso de computadora	100
2	Internet	100
3	Impresión de hojas	150
4	Libros de consulta	50
	SUB TOTAL	S/.400

Tabla N° 9.5. LABORATORIO CLINICO

Nº	ITEM	COSTOS(S/.)
1	Análisis microbiológico	230
	SUB TOTAL	S/.230

Tabla N° 9.6. OTROS

Nº	ITEM	COSTOS(S/.)
1	Transporte	200
2	Teléfono	100
3	Asesoría	200
	SUB TOTAL	S/.500

Tabla N° 9.7. COSTO TOTAL DE LA INVESTIGACION		
Nº	ITEM	COSTO(S/.)
1	materiales	526
2	Instrumentos y dispositivos	123
3	Accesorios	218
4	Energía eléctrica e impresión	400
5	laboratorio clínico	230
6	otros	500
	TOTAL	S/.1497

Tabla 9.8. COSTO DEL EQUIPO SOLAR		
Nº	ITEM	COSTO(S/.)
1	materiales	526
2	Instrumentos y dispositivos	123
3	Tarjeta PCB	10
4	Batería recargable	18
5	otros	5
	TOTAL	S/.770

Análisis de costos por consumo eléctrico y mantenimiento eléctrico:

Este equipo utiliza únicamente voltaje DC para alimentar los circuitos electrónicos, mas no para su función principal que es la de la esterilización de instrumentales. En ese sentido, hacemos un análisis respectivo de ello:

Equipo: Esterilizador solar

Alimentación eléctrica: Batería recargable de 9 v dc. Sirve como acumulador.

Panel solar: Pequeño. Potencia = 3 W.

Costo total por consumo de energía eléctrica, en V ac:

Ctces = 0.00 (cero nuevos soles)

Costo de mantenimiento de dispositivos eléctricos, semestral:

Costo de la batería, semestral = S/. 18.00

Costo del panel solar, semestral = S/. 22.50

Costo de otros dispositivos, semestral = S/.20.00

Costo trabajo técnico especialista = S/.30.00

Costo total por mantenimiento eléctrico, semestral:

$$\text{Ctmes} = \text{S}/.18.00 + \text{S}/22.50 + \text{S}/.20.00 + \text{S}/. 30.00 = \text{S}/.90.50$$

nuevos soles.

9.2. Análisis de costos del esterilizador eléctrico

Hacemos un estudio tanto del consumo de energía eléctrica mensual, así como de los costos de mantenimiento semestral.

Análisis referencial

Consumo eléctrico mensual, basándonos en el reglamento del Osinergmin de Perú:

Tomando como ejemplo y punto de referencia:

Artefacto eléctrico: Plancha

Potencia: 1000 W

Consumo diario: 4 horas

Consumo mensual: $4 \times 30 = 120$ horas / mes

Conversión de Watts (W) a kilowatts (kW):

$$\text{Potencia en kW} = \frac{1000 \text{ W}}{1000} = 1.0 \text{ kW}$$

Energía eléctrica consumida en un mes en kWh:

$$1 \text{ kW} \times 120 \text{ h/m} = 120 \text{ kWh/m (kilowatt hora por mes)}$$

Costo en soles (S/.) según Osinergmin, para el consumo con las características anteriores:

$$\text{Costo mensual por consumo en kWh} = \text{S}/. 57.85 \text{ (Fuente: Osinergmin)}$$

Análisis del costo por el consumo un esterilizador eléctrico:

Equipo: Esterilizador eléctrico por calor seco (**ANEXO 10**)

Marca: AGS

Modelo: K Steril

Alimentación eléctrica: 220 vAC.

Potencia: 600 W

Consumo diario: 4 horas

Consumo mensual: $4 \times 26 = 104$ horas / mes

Conversión de Watts (W) a KiloWatts (kW):

$$\text{Potencia en kW} = \frac{600 \text{ W}}{1000} = 0.6 \text{ kW}$$

Energía eléctrica consumida en un mes en kWh:

$$0.6 \text{ kW} \times 104 \text{ h/m} = 62.4 \text{ kWh/m (kilowatt hora por mes)}$$

Costo en soles (S/.) mensual, según Osinergmin, para el consumo eléctrico, con las características anteriores:

Efectuando una regla de tres simple:

Si para un consumo de 120 kWh ----- el monto a pagar es S/.57.85

Para un consumo de 62.4 kWh ----- el monto a pagar será ¿x?

Efectuando la fórmula, tenemos:

$$X = \text{S/}. 30.10$$

Costo en soles (S/.) semestral:

$$\text{Ctcee} = (\text{S/}.30.10) \times 6 = \text{S/}. 180.60 \text{ nuevos soles/semestral.}$$

Costos de mantenimiento eléctrico, semestral:

Costo de resistencia eléctrica de potencia = S/. 30.00

Costo de aisladores de conductores = S/. 10.00

Costo de switches y contactores = S/.30.00

Costo de filtros de aire = S/. 20.00

Costo trabajo especialista = S/. 30.00

$$\text{Ctmee} = \text{S/}(30+10+30+20+30) = \text{S/}. 120.00 \text{ nuevos soles}$$