

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA BIOMEDICA**



**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE
UN HORNO ESTERILIZADOR Y SECADOR**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**ALBERTO GONZALEZ MEJIA
GUILLERMO ISAAC MEDRANO
EDWARD ENRIQUE LOPEZ LUNA**



**PARA OPTAR AL TITUTLO DE:
TECNICO EN INGENIERIA BIOMEDICA**

ENERO 1998

SOYAPANGO

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios todo poderoso el habernos permitido concluir exitosamente una etapa más de nuestra vida, por ser siempre nuestra luz, nuestra fe y nuestra orientación en cada sendero que recorremos.

Agradecemos a nuestros padres todos sus sacrificios...

(léase: desvelos, regafios, preocupaciones "dinero", disgustos, etc., etc.)

y también todas sus palabras de aliento y apoyo que nunca faltaron en los momentos más difíciles y duros de este trabajo.

A nuestros profesores e instructores que han tenido a su cargo la dura tarea de transmitirnos conocimientos y han sido la guía a lo largo de nuestros estudios.

A nuestros hermanos y amigos que han estado presentes durante todo este largo periodo y que también han formado parte del éxito que hoy tenemos.

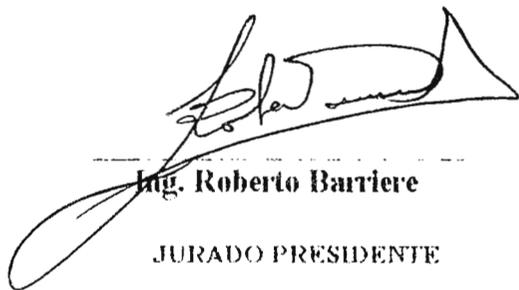
Agradecemos también a esas personitas tan especiales que son parte importante en nuestras vidas, por su cariño, su amor, y especialmente su comprensión en los serios y duros momentos que hemos tenido que pasar para alcanzar esta meta que hoy compartimos con ustedes...

Agradecemos la colaboración en cuanto a la revisión y calificación de este trabajo de graduación a.



Ing. Ricardo Medrano

ASESOR



Ing. Roberto Barriere

JURADO PRESIDENTE

Ing. Mario López

JURADO VOCAL

INDICE

TITULO	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
LA ESTERILIZACION	2
Introducción Histórica	2
Concepto de Esterilización	12
El Proceso de Esterilización	12
Métodos de Esterilización	13
HORNOS DE SECADO Y ESTERILIZADO	54
EL CALOR Y SU CONDUCCION.....	55
Transferencia de Calor	55
Conducción	56
Convección	56
Radiación	57
Métodos de aislamiento térmico	59
METODOS DE MEDICION DE LA TEMPERATURA	62
Termómetros convencionales	62
Termómetros electrónicos.....	62
Transductores de temperatura.....	62
CONTROL DE TEMPERATURA.....	70
CAPITULO II	
DESCRIPCION DEL PROYECTO	71
DESCRIPCION DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	76
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROL PROPORCIONAL.....	76

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.....	77
Fuente de alimentación.....	78
Termómetro Digital.....	80
Control de Tiempo.....	83
Control de Temperatura.....	85
Control de procesos.....	91
Sistemas de Alarma.....	92

CAPITULO III

CALCULO DE COMPONENTES.....	94
MODIFICACIONES FISICAS DE LA INCUBADORA.....	107
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES.....	112
BIBLIOGRAFIA.....	113
GLOSARIO.....	115
ANEXOS.....	116
MANUAL DE OPERACIÓN Y SERVICIO	

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Variaciones de temperatura en función del tiempo	24
Fig. 2 . Dispositivo de calefacción por calor seco	26
Fig. 3 .Penetración de radiaciones Beta en función de la dosis	34
Fig. 4 .Acelerador de High Voltage	35
Fig. 5 .Esterilización realizada por un Linac	35
Fig. 6 .Tamaño de poro de algunos filtros y su relación con distintos ágentes	40
Fig. 7 .Diseminación de partículas al ingresar una corriente de aire al ambiente	45
Fig. 8 .Efecto sobre las partículas del flujo vertical del aire laminar	46
Fig. 9 .Esquema del funcionamiento de un sistema de flujo horizontal de aire laminar.	46
Fig. 10 Curvas de voltaje versus temperatura para termocuplas E,J,K y R	64
Fig. 11 Bucla de Termocupla compensada contra variaciones de temperatura de la unión fría	66
Fig. 12 Curvas de Voltaje para 10 tipos de Termocupla	67
Fig. 13 Diagrama a bloques del Control Proporcional	76
Fig. 14 Diagrama de bloques del sistema implementado	77
Fig. 15 Diagrama electrónico de Fuentes de alimentación	79
Fig. 16 Circuito de Termómetro digital	82
Fig. 17 Circuito del Temporizador	84
Fig. 18 A. Amplificador de Instrumentación	89
Fig. 18 B. Diagrama electrico del control de temperatura	90
Fig. 19 Circuito de alarma de sobretemperatura	93
Fig. 20 Diagrama de incubadora sin modificaciones	108

Fig. 21 Diagrama de las partes internas de la incubadora	109
Fig. 22 Diagrama Fisico del Horno Terminado	110

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	19
TABLA 2	27
TABLA 3	31
TABLA 4	44
TABLA 5	60
TABLA 6	61
TABLA 7	61
TABLA 8	91

INTRODUCCIÓN.

El siguiente documento trata el tema de la esterilización, desde el punto de vista conceptual, abordándola desde sus orígenes, brindando una breve historia de como se ha ido reconociendo la importancia de esta, para mantener los ambientes libres de aquellos microorganismos que causaron muchos daños en el pasado. Se menciona la clasificación de los métodos de esterilización: Métodos Químicos y Métodos Físicos, y dentro de los cuales se desarrollan las diferentes técnicas de esterilizado como: Radiación, Filtración y Calor.

Se establecen las ventajas y limitaciones que surgen al confrontar la efectividad y disponibilidad de unas con respecto de las otras, especialmente entre la técnica de esterilización por calor húmedo y la de calor seco.

Además, se define teóricamente el proyecto implementado, el cual se basa en el acondicionamiento de una incubadora bacteriológica en un horno secador y esterilizador por calor seco, definiendo los lineamientos, restricciones y alcances del proyecto de una forma específica.

Se presenta el diseño de los circuitos electrónicos, cálculos, descripción de funcionamiento individual y como un sistema, controlando la temperatura en un ambiente adiabático.

Además, se presenta el desarrollo de las modificaciones físicas para transformar una incubadora en un horno de esterilizado.

LA ESTERILIZACION

INTRODUCCION HISTORICA

La antigüedad

Desde los inicios de la civilización el hombre ha llevado a cabo de una u otra forma procesos, de purificación o desinfección.

Antisépticos tales como la brea o las resinas aromatizantes fueron ampliamente utilizados por los egipcios, aún antes de que tuvieran un lenguaje escrito, para embalsamar los cadáveres. A través de los egipcios estaban familiarizados con el empleo de ciertos productos químicos tales como el nitro y la sal común.

Los vapores de algunos productos químicos, obtenidos por combustión, también fueron usados por los antiguos para desodorizar o desinfectar. El azufre fue, aparentemente, el primero de los productos utilizados.

La purificación de los objetos y la destrucción del material nocivos o infecciosos por el fuego, también parece tener su origen entre los egipcios. En la antigüedad la incineración de cuerpos de animales y personas se utilizó a menudo como un medio para deshacerse de los cadáveres y destruir los olores de la putrefacción durante las guerras.

Moisés (1450 A.C.) fue el primero en recomendar un sistema de purificación por medio del fuego. Las normas relativas a la destrucción de desperdicios salubridad en los campamentos, tratamientos y prevención de la lepra, consistían fundamentalmente en la prohibición de tocar objetos sucios y comer alimentos impuros; y fueron las del primer código sanitario, establecido por los hebreos.

Los pensadores de la antigüedad nunca dudaron que, bajo condiciones favorables, la vida vegetal y animal nacía espontáneamente. Así los primeros filósofos griegos sostuvieron la teoría de que los animales se formaban de la humedad y Empédocles atribuyó la existencia de todos los seres que habitan la tierra a la generación espontánea.

A su vez, Aristóteles aseguraban que la vida surgía algunas veces de las plantas y otras de los fluidos de ciertos animales; y fue también el quien formuló el principio de que cada substancia seca que se hace húmeda y cada cuerpo húmedo que se hace seco, produce criaturas vivientes siempre y cuando tenga el material necesario para alimentarse.

Hipócrates, el mas famoso de los médicos griegos reconoció la importancia del agua hervida, la limpieza de las manos y de la uñas del cirujano, y el uso de vendas limpias para curar las heridas.

La edad media

En la edad media la suciedad, la peste y las plagas devastaron toda Europa, por lo que se intentaron diversos métodos para combatir la peste en los hospitales lazaretos y casas infectadas, empleando soluciones limpiadoras, aireación, humo, vapores de vinagres, de azufres, antimonio y arsénico.

El descubrimiento de las bacterias.

La posible existencia de las bacterias fue conjeturada por muchas personas antes de su descubrimiento. Sin embargo, la prueba definitiva de que existían fue consecuencia de la invención y construcción de un aparato adecuado para la observación y el estudio de las formas microscópicas de la vida. Antonio Van Leeuwenhoek, holandés, obtuvo el perfeccionamiento de los lentes de corta distancia focal con los cuales fue posible ver por primera vez algunas de las formas bacterianas de mayor tamaño. En 1683 observó y trazó con un alto grado de exactitud y gran habilidad descriptiva, una enorme variedad de formas microbianas vivas en la orina de los animales, en el agua y en la cerveza. Hizo también importantes contribuciones a la microscópica anatómica.

La teoría de la generación espontánea.

Después del descubrimiento de las bacterias, la antigua creencia sobre la generación espontánea surgió nuevamente como tema de discusión. Varios investigadores la combatieron, pero la creencia general de que las bacterias se originaban espontáneamente persistió hasta que Luis Pasteur, en 1862, con datos experimentales muy convincentes dilucidó claramente el problema.

Uno de los oponentes a la teoría de la generación fue Spallanzani quien en 1765 demostró que hervir el agua descompuesta por un lapso de dos horas no era suficiente para destruir todos los gérmenes, pero cuando la infusión era colocada en un recipiente hermético y hervía durante una hora, no se obtenía generación espontánea de ningún tipo de microbio y ocurría la fermentación; siempre y cuando permanecía sellado. Aunque Spallanzani demostró a satisfacción que el poder vegetativo no existe en el material inanimado. Franz Schule continuó el ataque contra la teoría al demostrar en 1836, que no era posible encontrar evidencia de organismos vivientes en infusiones hervidas, que habían sido puestas en contacto con el aire filtrado a través de ácido sulfúrico.

Experimentos similares fueron efectuados por Theodore Schwann en 1837, con la variante de que el aire introducido en las infusiones era previamente calentado a temperaturas altas.

Los resultados fueron los mismos: no se encontró evidencia de fermentación o de crecimiento bacteriano. Respecto al trabajo de Schwann, es necesario indicar que él consideró que el proceso de fermentación podría ser impedido por agentes tales como el calor o el arseniato de potasio, capaces de destruir hongos.

Debido a ello, Schwann es considerado por ciertas autoridades como el fundador de los procedimientos de desinfección.

En el año 1859 el problema aun se consideraba como cierto . La discusión principal había derivado en el tema de presencia de microbios en la atmósfera; Pouchet había ridiculizado en su publicación Heterogenic, el razonamiento de Pasteur sobre los organismos responsables de la fermentación como agentes exteriores al material fermentado.

Luis Pasteur

Por otra parte, para conocer las contribuciones de Pasteur al proceso de desarrollo del descubrimiento de la esterilización, es necesario remontarse al año de 1860. En ese año Pasteur había terminado sus brillantes investigaciones sobre las causas microbianas de las fermentaciones y comenzaba a estudiar el problema de la generación espontánea . Con una investigación microscópica del oxígeno y la ayuda de ingeniosos dispositivos, demostró que el aire, en diferentes lugares, difería sustancialmente en contenido de microorganismos. Con la severidad típica de un científico disciplinado, repitió y confirmó los experimentos de Schwann, Schroeder y Von Dusch. Demostró que después de pasar el aire a través de un filtro de algodón en rama, el filtro quedaba impregnado de partículas orgánicas similares a las que aparecían en el aire y si estas partículas se introducían dentro de fluidos nutritivos estériles, se producía la fermentación.

Finalmente Pasteur demostró que la fermentación en infusiones hervidas podía evitarse si al cuello de los frascos se les daba forma de “U” de tal manera que los microorganismos y las partículas de polvo presentes en el aire no pudieran entrar a la parte abierta del tubo, ya que la ausencia de corrientes de aire impedirían su acceso al frasco. Demostró también que la fermentación podría ser inducida inmediatamente inclinando el frasco para permitir que la infusión hiciera contacto con los organismos depositados en la curva de la “U” . En resumen , este experimento constituyó el golpe de gracia para la teoría de la generación espontánea y dio termino a la discusión.

La importancia de esta fase del trabajo de Pasteur puede resumirse diciendo que los

investigadores que le precedieron habían encaminado sus experimentos principalmente a demostrar la fermentación en infusiones estériles en contacto con el aire libre de gérmenes. Uno de los últimos de la generación espontánea fue el médico inglés Bastian, quien, en 1876, atacó el trabajo de Pasteur que había demostrado que la orina que era alcalina, presentaría crecimiento bacteriano con frecuencia. Esto llevó a Pasteur a reconsiderar ciertas fases de su trabajo previo y, junto con sus colaboradores Joubert y Chamberland, repitió y confirmó los experimentos de Bastian. Como resultado demostró que los líquidos que tienen reacción ácida podían ser aparentemente esterilizados al hervirse, pero ciertos organismos no eran destruidos por medio de un proceso, sino que resultaban incapaces de desarrollarse en un medio ácido; si los líquidos se hacían ligeramente alcalinos las bacterias sobresalientes crecían y se multiplicaban libremente.

La controversia llevó finalmente a establecer el hecho de que ciertos microbios, por ejemplo las esporas de bacilo subtilis, son capaces de resistir temperaturas de 100° C por un largo período. Esto obligó a Pasteur a elevar la temperatura a 108° C y a 120° C, para asegurar su esterilización. Otros objetos, tales como los tubos, las pipetas, etc., consideró necesario pasarlos a través de temperaturas de 150° C a 200° C.

Vallery -Radot nos ha dado la definición de Pasteur, sobre lo que se pretendía al pasar artículos de vidrio, tubos, pipetas, etc., a través de unas flamas con el objeto de destruir los gérmenes microscópicos de los polvos de aire y del agua utilizada para el lavado, los cuales se depositan en todo el objeto, el mejor medio es caldear los artículos durante una media hora, calentando el aire hasta una temperatura de 150° C -200° C. Los artículos de vidrio estarán entonces listo para su uso.

Para llevar a cabo métodos más efectivos de esterilización, a temperaturas más altas que la de ebullición del agua, se tuvieron que inventar nuevos aparatos. Durante el período de 1876-1880, se obtuvieron grandes avances en la técnica bacteriológica.

Tanto el alumno como el colaborador de Pasteur, desarrollaron el primer esterilizador a base de vapor a presión o autoclave, con el cual fue posible obtener temperaturas de 120° C

y mayores.

Este esterilizador se parecía a la moderna olla de presión; la tapa se sostenía en su lugar por medio de tornillos de mariposa, estaba equipada con una válvula de seguridad y otra de tipo de pico de gallo, que podría abrirse para expulsar el aire al aumentar la presión por calentamiento. En su interior se colocaba una pequeña cantidad de agua y los materiales a esterilizar sobre soportes arriba del nivel del agua. Se conoció como la autoclave Chamberland y se convirtió en un aparato indispensable para hospitales y laboratorios, aunque después fue criticado por la escuela alemana y otros investigadores, porque las altas temperaturas dañaban un cierto tiempo de materiales sensibles al calor. No obstante esterilizaba en una sola operación y Chamberland debe ser considerado como el padre de nuestros modernos esterilizadores de presión.

1.3.2 El descubrimiento de la resistencia térmica de las bacterias.

Cualquier historia de la esterilización es incompleta si no indica el descubrimiento de las fases bacterianas resistentes al calor. Fue el médico inglés John Tyndall quien en 1876 descubrió este campo al ampliar sus estudios sobre la fermentación y la putrefacción. Los estudios efectuados por Tyndall, revelaron que las infusiones preparadas con heno seco eran más difíciles de esterilizar por ebullición que las preparadas con heno fresco. Esta observación lo condujo a investigar extensamente las fases bacterianas resistentes al calor. Después de numerosos experimentos Tyndall determinó que en ciertas épocas de la vida de los organismos, estos desarrollan fases resistentes al calor durante las cuales es más difícil matarlas, aún utilizando la ebullición prolongada. Esta fase de las bacterias resistente al calor, fue también mencionada por Pasteur y descubierta en forma independiente por el botánico alemán Ferdinand Cohn en 1876. Es típica una de las conclusiones de Tyndall tomada de uno de sus detallados estudios, con respecto a su capacidad para resistir al calor, los gérmenes infusorios de nuestra atmósfera pueden ser clasificados bajo los siguientes

agrupamientos:

Muertos en 5 minutos; no muertos en 5 minutos, pero muertos en 15; no muertos en 15 minutos, pero muertos en 30; no muertos en 30 minutos, pero en una hora; no muertos en una hora, pero muertos en dos horas; no muertos en 3 horas, pero muertos en 4.

Fue también evidente, en los trabajos de Tyndall, que tuvo pleno conocimiento del importante papel desempeñado por la humedad en el desarrollo y la destrucción de bacterias.

Sus primeros análisis sobre la importancia del cambio rápido de la humedad del medio líquido a la célula bacteriana para lograr su destrucción, son sorprendentemente similares a la avanzada teoría actual que explica la destrucción bacteriana por medio del calor húmedo.

En uno de sus trabajos publicados durante 1877 aparece la siguiente observación: no es difícil ver que la superficie de una semilla o de un germen puede ser afectada, tanto por desecación y otras causas una semilla, como evitando prácticamente el contacto entre ella y el líquido que la rodea. Mas aun, el cuerpo de un germen puede ser suficientemente endurecido por el tiempo y la sequedad como para resistirse poderosamente a la introducción de agua dentro de sus moléculas constituidas. Sería difícil producir el hinchamiento ablandamiento que precede a su destrucción en un líquido a alta temperatura.

Tyndall es generalmente reconocido como el diseñador del procedimiento de esterilización fraccionada o por el calentamiento intermitente. Este proceso fue descrito por él de la siguiente manera:

Una infusión infectada con los gérmenes resistentes más poderosos y protegida por el otro lado contra los materiales flotantes en el aire, se eleva gradualmente a su punto de ebullición. Tales gérmenes llegan al estado suave y plástico, que precede en forma inmediata a su desarrollo como bacteria, siendo así destruidos. La infusión se coloca entonces en un sitio tibio durante 10 o 12 horas. Si se hiciera por 24 horas, podría ocurrir que el líquido se cargara con bacterias bien desarrolladas. Para evitar esto, al cabo de 10 o

12 horas elevamos la temperatura una segunda vez al punto de ebullición que, como antes, destruye todos los gérmenes que estén próximos al final de su desarrollo.

La infusión se coloca un nuevo sitio tibio durante 10 o 12 horas y se repite el proceso de calentamiento. Por lo tanto, van muriendo los gérmenes en el orden de su resistencia y finalmente mueren todos ellos. Ninguna infusión puede resistir este proceso si se repite el suficiente número de veces.

La esterilización fraccionada, que más tarde llegó a ser conocida como tindalización fue la precursora de los progresos que llevaron a Robert Koch y sus asociados en 1880 y 1881, al diseño del esterilizador de vapor a presión atmosférica. El proceso de tindalización constituyó un avance importante en el desarrollo de los procedimientos prácticos de esterilización. Su utilidad y popularidad puede juzgarse por el hecho de que aun hoy el procedimiento es empleado por muchos laboratorios.

1.3.3 Joseph Lister y la cirugía antiséptica.

Lord Joseph Lister, reconocido en todo el mundo como el padre de la cirugía antiséptica, fue el primer cirujano que empleó desinfectantes químicos para mantener una atmósfera antiséptica como medio de prevenir la aparición de infecciones bacterianas en las heridas quirúrgicas. El sistema antiséptico de Lister fue prescrito mucho antes de la aceptación de la teoría bacteriana. No fue sino hasta fines de 1864 que Lister se interesó en los trabajos de Pasteur sobre las causas de fermentación y putrefacción. Después de repetir y confirmar cuidadosamente muchos de los experimentos de Pasteur, Lister concibió la teoría que las materias transportadas por el aire, son responsables de la supuración y putrefacción de las heridas quirúrgicas.

Los siguientes principios constituyen la base del procedimiento antiséptico.

1. Debe evitarse que los gérmenes penetren en las heridas durante y después de la operación.

2. Si los gérmenes están presentes en la herida, debe evitarse que se extiendan después de la operación.
3. Los gérmenes del exterior y los que rodean la herida deben ser destruidos.
4. Todos los instrumentos, ropajes y cualquier objeto en contacto con la operación, inclusive las manos del cirujano y de sus asistentes, deben ser desinfectados.

Con el objeto de llevar a cabo los principios de su sistema antiséptico, Lister se vio obligado a perfeccionar medidas y materiales adecuados.

De sus principios antisépticos ocurrió en marzo de 1865 en la enfermería real de Glasgow, en un caso de fractura compuesta. El aire que rodeaba las heridas estuvo sujeto a un fino rocío de una solución de ácido fenico. Las manos, instrumentos y ligaduras fueron lavados en la misma solución. Este primer paso del procedimiento antiséptico no tuvo éxito y Lister lo atribuye al manejo inadecuado.

Finalmente sus primeros trabajos “sobre el principio antiséptico en la practica de la cirugía”, aparecieron en *The Lancet*. Así quedo demostrado que con la aplicación del tratamiento antiséptico, la mortalidad en los casos de fractura compuesta, se redujo de 46% a 9% lo que constituyo un paso notable hacia la eliminación de las infecciones post-operatorias. Al Lister se debe también la implantación de la esterilización de instrumentos, ropajes y cualquier otro artículo utilizado en la sala de operaciones. Aunque el equipo y los métodos empleados en la cirugía moderna difieren grandemente de los utilizados por Lister no deben olvidarse que los principios Listerianos permanecen inolvidables hoy en día, exactamente como cuando fueron formulados por vez primera.

Es notable que los excelentes resultados prácticos obtenidos por Lister en la destrucción de las bacterias en su trabajo quirúrgico, fueran obtenidos sin un conocimiento definido de las bacterias patógenas; Pasteur y otros científicos habían sugerido la relación entre bacteria e infección, pero nadie había probado dicha relación.

Una gran parte de los estudios de Lister ocurrieron durante la década de 1860, y no fue sino hasta 1876, cuando por primera vez, Robert Koch fue capaz de cultivar

artificialmente un germen patógeno y con sus cultivos producir posteriormente la enfermedad en los animales. Poco tiempo después, Pasteur pudo confirmar las observaciones de Koch y en 1878, asociados con Joubert y Chamberland se pronunció a favor de la tesis de que todas las enfermedades infecciosas son causadas por microorganismos dentro del cuerpo humano.

CONCEPTO DE ESTERILIZACION

Con base a lo anteriormente expuesto puede decirse que el término esterilización, designa el procedimiento encaminado a la destrucción o la exclusión de todos los microorganismos vivos y sus esporas, por lo que el objetivo del proceso de esterilización es destruir todos los microorganismos que hay en un objeto o preparado, y asegurar que esté libre de provocar riesgos infecciosos. Según este concepto, no puede decirse que un objeto está “casi estéril” o “parcialmente estéril”, es necesario que absolutamente todos los microorganismos sean destruidos para garantizar su esterilidad.

EL PROCESO DE ESTERILIZACION

Uno de las principales tareas dentro del que hacer laboratorista, es el control del crecimiento microbiano. Un control se puede efectuar ya sea matando a los organismos o inhibiendo su desarrollo. En general la muerte de todos los organismos se llama esterilización. En un laboratorio el proceso al que debe someterse el instrumental después de su uso para ejercer este control microbiano comprende tres fases:

- a) Lavado. El lavado del instrumental se realiza mediante agua y líquidos detergentes especiales, con lo que se busca limpiar de todo residuo el instrumental.
- b) Escurrido. Durante el escurrido todo el instrumental es dejado reposar durante un tiempo prudencial sobre una superficie perforada para que la mayor parte de líquido en su superficie interior y exterior sea evacuada. Aquí cabe señalar el factor tiempo, pues en ciertos casos es necesario dejar escurriendo el instrumental toda la noche, lo cual implica gran cantidad de tiempo; este tiempo se vería reducido de gran manera con el uso de un horno secador en el cual, ciertamente no se introducirá un instrumental completamente mojado pero sí un instrumental que no presente un exceso de agua.
- c) Esterilizado. Este puede efectuarse por diferentes métodos, los que se presentan a continuación.

MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN

Los métodos de esterilización pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Métodos Físicos
2. Métodos Químicos

1. MÉTODOS FÍSICOS.

Los métodos físicos comprenden:

A. Calor. El cual puede ser:

- A.1. Calor Húmedo
- A.2. Calor Seco

A.1. El calor Húmedo puede ser aplicado por:

- A.1.1. Ebullición
- A.1.2. Vapor Libre
- A.1.3. Vapor a Presión

A.2. El calor seco puede aplicarse por:

- A.2.1. Llama directa
- A.2.2. Calefacción en Estufa.

B. Esterilización por Radiación. Este puede efectuarse por:

- B.1. Radiación Ultravioleta
- B.2. Radiación Beta
- B.3. Radiaciones Gamma

C. Esterilización por Filtración

2. MÉTODOS QUÍMICOS

A. Esterilización por Gases.

- A.1. Oxido de Etileno

B. Esterilización por soluciones químicas.

- B.1. Formalina

1. MÉTODOS FÍSICOS

A. CALOR.

El calor es el método más confiable y universalmente aplicable de esterilización, y cuando sea posible debe de ser el método de elección. La inactivación de los microorganismos por el calor significa que una fracción constante de los microorganismos sufre un cambio químico inactivante en cada unidad de tiempo y tal cambio es suficiente para destruir a uno de ellos.

El tiempo requerido para la esterilización está inversamente relacionado con la temperatura de exposición (Ver anexo 1). Esta relación puede expresarse con el termino de “muerte técnica”, que se refiere al mínimo tiempo requerido para destruir una suspensión, de microorganismos con una temperatura predeterminada en un medio específico. De acuerdo con la ley de las masas, el tiempo de esterilización está directamente relacionado con el número de organismos en suspensión.

El mecanismo por el cual los microorganismos son destruidos por el calor seco es diferente que el de calor húmedo. Los efectos letales del calor seco, habitualmente se adjudican a la desnaturalización de proteínas, lesión por oxidación y efectos tóxicos de nivel elevado de electrólitos.

A.1. Calor húmedo

La esterilización por calor húmedo es preferida por su acción destructiva más rápida que el calor seco. La exposición de la mayoría de las bacterias mesofílicas, no formadoras de esporas a una temperatura de 60 grados por 30 minutos utilizando calor húmedo es suficiente para su esterilización. Entre las excepciones se encuentran la *S. Aureus* y *Streptococcus Faecalis*, que requieren una exposición continua de 60 minutos a 60 grados. Una temperatura de 80 grados durante 5-10 minutos, destruye las formas vegetativas de todas las bacterias, levaduras y hongos. La aplicación de calor húmedo para la destrucción

de bacterias puede hacerse por diversas formas: Ebullición, Vapor Libre y Vapor a presión. Este último es el más eficaz, porque posibilita el uso de temperatura por encima del punto de ebullición del agua.

A.1.1. Ebullición.

La práctica de la ebullición para conservar los alimentos y para la desinfección es muy sencilla. Sólo es necesario recordar que las endospóras (familia Bacillaceae) basta con una ebullición durante cinco minutos, con tal que el agua caliente se ponga en contacto con los microorganismos y no simplemente con el exterior de envolturas de alimento, paquetes de instrumentos u objetos que los contengan.

El agua hirviendo nunca merece confianza absoluta como esterilizante (especialmente cuando se practica en altitudes elevadas sobre el nivel del mar donde la temperatura de ebullición es inferior) porque su temperatura máxima es de 100 grados, por lo cual las esporas pueden resistir muy bien esta temperatura.

A.1.2. Vapor libre

El vapor libre es usado en el laboratorio para preparar medios de cultivo. Se utiliza para materiales y productos en los que son prohibitivas temperaturas superiores a los 100 grados centígrados.

El vapor libre se aplica por lo común en un recipiente cubierto que pueda retenerlo sin aumento de presión. El agua en ebullición y el vapor libre nunca alcanzan una temperatura superior a los 100 grados centígrados. Este vapor se emplea algunas veces para realizar la esterilización fraccionada o tindalización.

Tindalización

John Tyndall inventó un proceso de esterilización consistente en vaporizar durante unos minutos a 100°C en tres o cuatro ocasiones sucesivas separadas por intervalos de 24 horas a temperatura ambiente. Los intervalos permiten que las esporas aletargadas y

resistentes se conviertan en células vegetativas activas, vulnerables, que mueren rápidamente a los 100°C. Este proceso esteriliza una infusión, mientras que una ebullición continua durante una hora es posible que no lo logre, puesto que muchas esporas permanecen en un estado de aletargamiento durante ese tiempo. Este método tiene la ventaja de que no requiere ningún aparato especial, y las desventajas de que precisa mucho tiempo y que en algunos líquidos como el agua, las esporas no crecen tan rápidamente. Además, si el material está libremente expuesto al aire, las esporas anaerobias no germinan y pueden sobrevivir al proceso. Si no están libremente expuestas al aire, las esporas aerobias no crecerán.

Por otra parte, aún cuando la utilización del agua hirviendo, vapor abierto y los compuestos químicos pueden ser aceptadas en situaciones de emergencia, no son prácticas recomendadas para su utilización en forma generalizada en los Hospitales modernos. A los procedimientos antes mencionados se les reconoce sus cualidades de saneamiento o desinfección, pero no de una verdadera "Esterilización".

A.1.3. Vapor a presión.

De todos los métodos conocidos de esterilización, el calor húmedo en forma de vapor saturado a presión, continúa siendo el método "universal" de esterilización más confiable y comúnmente usado para procesar materiales quirúrgicos, particularmente textiles, loza esmaltada y elementos de caucho. Esto es porque el vapor a presión es más caliente que el agua en ebullición o el vapor libre (como se usa en tindalización).

El vapor por sí mismo no es tóxico y puede ser controlado fácilmente, resultando muy bajo su costo de operación. Además, el vapor hidrata y provoca así la coagulación, además, produce hidrólisis a temperaturas de autoclave. El aire seco no puede producir estos efectos a ninguna temperatura.

Principios de la Esterilización con Vapor:

Los Principios para obtener la Esterilización mediante la utilización de vapor saturado a presión, son los siguientes:

El calor y la humedad deben estar siempre presentes para obtener una esterilización efectiva.

1. Mediante la utilización de “Vapor a presión”, es posible alcanzar temperaturas más altas de las que son posibles de obtener con vapor a la presión atmosférica.
2. El equipo mecánico usado para la esterilización por vapor es conocido comúnmente con el nombre de “Autoclave”. Este es, básicamente un recipiente diseñado para contener los elementos a ser esterilizados y permitir su tratamiento con vapor a presión.
3. En principio es igual a una olla a presión de tipo doméstico, a la cual se han agregado ciertos refinamientos para aumentar su confiabilidad conveniencia y seguridad.
4. La temperatura es medida, gracias a la utilización de un termómetro colocado en la línea de descarga de vapor de la cámara.
5. Para obtener una esterilización efectiva, el calor húmedo debe penetrar el centro de la carga colocada dentro de la cámara.

Ventajas de la esterilización con vapor a presión.

Algunas ventajas que ofrece la esterilización con vapor son las siguientes:

1. El proceso es bastante rápido.
2. La esterilidad se obtiene fácilmente. El proceso es efectivo para la destrucción de todos los microorganismos vivientes. Aún las resistentes “esporas secas son destruidas luego de un tiempo de exposición relativamente corto.
3. No es tóxico y no deja residuos sobre los materiales sometidos al proceso.
4. Puede ser aplicado a muchos tipos de materiales (no todos) y, si se utiliza en forma apropiada, no causa daño a los materiales procesados.
5. Puede ser controlado fácilmente.
6. Los resultados pueden ser evaluados.

7. El equipo inicial es costoso, pero su operación bastante económica.

Desventajas de la Esterilización con vapor a presión.

A pesar de poseer sus ventajas, también posee desventajas, las cuales son:

1. Se requiere de un equipamiento específico, que reúna las mejores condiciones técnicas y de Ingeniería.
2. La efectividad del proceso depende de la correcta operación del equipo.
3. El proceso no puede ser aplicado a todos los materiales. Los aceites anhídridos, grasas, talco y otras sustancias impermeables al vapor no pueden ser esterilizados por este método.
4. A no ser que sea eliminado completamente el aire del interior de la cámara antes de iniciarse el proceso, la esterilización puede resultar incompleta.
5. La efectividad del tratamiento depende de los métodos correctos de empaque y apropiada disposición de la carga dentro de la cámara del autoclave.

Factores críticos que influyen en la efectividad del proceso.

El poder destructivo del “calor húmedo”, (vapor saturado a presión) depende de tres factores principales: Calor, humedad y tiempo.

1. Tiempo.

- Es necesario conocer la relación “Tiempo - Temperatura” necesaria para asegurar la destrucción de las formas más resistentes de vida microbiana.
- Es necesario determinar el período de tiempo necesario para obtener la esterilización, a una temperatura dada, incluyendo el tiempo para penetración del vapor dentro de cada artículo o paquete a ser esterilizado.
- Durante el proceso de esterilización por vapor, el tiempo y la temperatura están en contraposición ya que si se aumenta la temperatura, el tiempo de exposición

disminuye. Contrariamente, si desciende la temperatura el tiempo aumenta. Esta relación tiempo-temperatura puede variar desde 0.9 minutos a 135°C hasta 834 minutos a 100°C.

Los valores dados en la siguiente tabla, indican los estándar de tiempo y temperatura necesarios para asegurar una esterilización completa.

TABLA No. 1. Rangos de Tiempos y temperatura para destrucción microbiana.

Temperatura		Tiempo
100°C	(212°F)	(*) 834 Minutos
105°C	(220°F)	405 Minutos
110°C	(230°F)	122 Minutos
115°C	(238°F)	44 Minutos
120°C	(247°F)	12 Minutos
125°C	(256°F)	4.6 Minutos
130°C	(266°F)	2.2 Minutos
135°C	(275°F)	0.9 Minutos
140°C	(284°F)	0.9 Minutos

(*) A estos tiempos es aconsejable adicionarles un periodo adicional como margen de seguridad.

2. Calor (Temperatura)

- I. Deberá determinarse la temperatura de esterilización más apropiada para cada uno de los materiales o elementos a ser esterilizados. Ha sido probado que una temperatura entre los 121°-123°C (250-254°F) puede ser considerada como la óptima estándar para lograr la esterilización. Para la esterilización de emergencia se utilizan temperaturas y presiones más altas.

II. El calor por sí mismo puede matar rápidamente las bacterias produciendo una interrupción de las funciones vitales de la célula, mediante la coagulación de la proteína contenida en la misma. Sin embargo, como en el caso de las esporas, que poseen mayor resistencia al calor seco, son fácilmente destruidas por el calor húmedo.

III. Con respecto a la relación “Temperatura-Presión” se pueden mencionar dos condiciones físicas:

a) El vapor saturado no puede sufrir una reducción de su temperatura sin el correspondiente descenso en la presión, y viceversa.

- En regiones altas (sierra), es necesario utilizar una mayor presión de vapor para alcanzar el rango mínimo de temperatura necesario para obtener la esterilización. Esto se debe a que la presión atmosférica varía con la altitud.

- Los esterilizadores de vapor del tipo estándar, generalmente son diseñados para operar a una presión máxima entre 1.29 y 1.36 atmósferas (19-20 psi).

- Algunos esterilizadores de alta presión son diseñados para funcionar a una presión entre 2.04 y 2.38 atmósferas (30-35 psi).

b) La presencia de vapor bajo presión eleva la temperatura del mismo a un grado mayor del que sería posible obtener bajo condiciones normales de presión atmosférica.

3. Humedad.

El calor y la humedad, son los factores indispensables para conseguir la destrucción, mediante el método de esterilización por vapor a presión.

4. Remoción del Aire

I. El aire contenido dentro de la cámara deberá ser evacuado cuando el vapor es introducido dentro de la misma.

II. La retención de aire ocasiona variaciones de la temperatura en las diferentes partes de la cámara.

III. La retención de aire puede ser causante de una deficiente esterilización por la presencia de "bolsas de aire" que impiden la entrada y libre flujo del vapor dentro de la cámara.

5. Calidad del Vapor.

La mayoría de las instalaciones donde se realizan procesos de esterilización poseen una red de distribución y generación (Central) de vapor que lo conduce al sitio de utilización. Desafortunadamente, estas centrales no siempre proporcionan vapor en las condiciones adecuadas para el proceso de esterilización. Desde luego resulta muy difícil controlar su calidad, ya que sus variaciones abarcan un amplio campo. Cuando las redes de distribución son muy grandes, puede producirse que en los momentos de bajo consumo de vapor se produzcan condensaciones ocasionando una humedad excesiva del mismo. En condiciones de alta demanda, desaparece el agua en las tuberías, pero es posible que se presenten condiciones de sobrecalentamiento del vapor.

Es frecuente que la obtención de un vapor de alta calidad no sea posible de lograrse sino hacia la mitad de la jornada. El vapor puede existir en varios estados físicos, y de estos dependen, la calidad del vapor y por lo tanto, la esterilización.

- a) Vapor saturado. Este término significa que el vapor de agua ejerce la máxima presión para determinadas condiciones de temperatura y presión. El vapor en este estado reúne las condiciones más efectivas de esterilización.
- b) Vapor Húmedo. Se presenta esta condición cuando el agua de la caldera, o la que se condensa en las tuberías de conducción es inyectada dentro del autoclave. El resultado es un exceso de agua el cual produce, como consecuencia, que los elementos contenidos en el esterilizador salgan húmedos.

c) Vapor recalentado. Es vapor saturado el cual se ha sometido a altas temperaturas. En estas condiciones el vapor se vuelve “seco” con la consiguiente pérdida de la humedad necesaria para la esterilización.

Si durante la esterilización de tejidos se tiene un vapor excesivamente húmedo, ciertos ácidos se precipitan y la fibra textil es atacada. Además, se obtiene como resultado la presencia de paquetes “húmedos”.

Si por el contrario el vapor está sobrecalentado, significa que ha recibido más calor del necesario para evaporar toda el agua, es decir, que resulta casi igual utilizar “aire caliente”. En estos casos es necesario utilizar temperaturas más altas, entre 160°-180°C. Para conseguir una esterilización y evidentemente a estas temperaturas los tejidos se queman.

Si el sobrecalentamiento es más moderado, se produce la evaporación de la humedad natural del tejido, ocasionando a corto plazo un desgarramiento de las fibras textiles.

A.2. ESTERILIZACION POR CALOR SECO

Esta es de aplicación reducida, en primer lugar porque se requieren temperaturas elevadas (superiores a 160°C) y además porque pocos materiales resisten la acción oxidante del calor a esa temperatura en presencia del aire.

Debe quedar claramente establecido que, sólo se puede aplicar, cuando la naturaleza del material no permite someterlo a la acción del vapor a presión.

A.2.1. Por acción directa de la llama

Para esterilizar instrumentos de uso accidental como tijeras, ansas de platino de uso bacteriológico, agujas, portaobjetos, etc. Se aplicará de modo que la llama toque toda la superficie del objeto y que su masa llegue a la temperatura del rojo sombra, como exige la farmacopea argentina, V De. Este código indica tres formas de aplicarlo:

- Sometiendo el material a la llama hasta llevarlo al rojo incipiente y manteniéndolo así de cinco a diez segundos.
- Colocando el material en un recipiente adecuado, vertiendo en un recipiente adecuado, vertiendo en él cierta cantidad de alcohol, variable de acuerdo con el tamaño del material, encendiendo el alcohol y moviendo el recipiente en forma tal que la llama pase por toda la superficie del material durante dos o tres minutos.
- Pasando rápido y repetidas veces el material por la llama durante dos o tres minutos.

A.2.2. Utilizando una estufa

Con más frecuencia se aplica el calor seco calentando el aire en el interior de una estufa diseñada especialmente para ese fin. El diseño debe asegurar una distribución homogénea de la temperatura. Para cumplir con ese requisito indispensable es muy importante tener en cuenta la naturaleza de la fuente de calor y su ubicación con respecto a la estructura metálica de la estufa. Se debe aprovechar al máximo la transmisión de calor por convección natural y en los equipos de mayor magnitud se debe instalar una convección forzada, colocando equipos auxiliares para la circulación de aire. De esta manera, no solo se logra una temperatura uniforme en los diversos puntos de la estufa, sino que también se puede acortar en alguna medida el tiempo correspondiente a esa etapa del ciclo de esterilización. Naturalmente que se debe determinar el tiempo de esterilización a partir del momento en que la cámara y el material alcanzan la temperatura seleccionada. En este sentido, la farmacopea Argentina V De. Exige una temperatura de 160-170°C durante una hora; la u.s.p. XVIII 2 horas a 170°C. Es conveniente cargar el material cuando la estufa está a la temperatura ambiente, porque su naturaleza, tamaño y cantidad tiene también influencia sobre este período de calentamiento. La figura 1 ilustra la curva de elevación de la temperatura en función del tiempo, en la estufa sometida a convección natural cargada con frascos de un litro conteniendo cantidades variables de aceite.

Es natural que con estas observaciones se deduzca la conveniencia de establecer tiempos y temperaturas comparados para cada caso particular, teniendo en cuenta también la distribución de la carga, su tamaño y cantidad, sin olvidar la importancia que ella tiene en la transmisión por convección y la necesidad de dejar el espacio indispensable para que esa convección se produzca.

Las limitaciones de la aplicación de este método dejan pocas excepciones ventajosas. La única ventaja que podemos señalar se refiere a los casos en que sea necesario tener el producto estéril completamente seco, como cuando se trata de material de vidrio o en la esterilización de vaselina, aceites o soluciones oleosas o en caso de polvos, sobre todo si están envasados en recipientes herméticos.

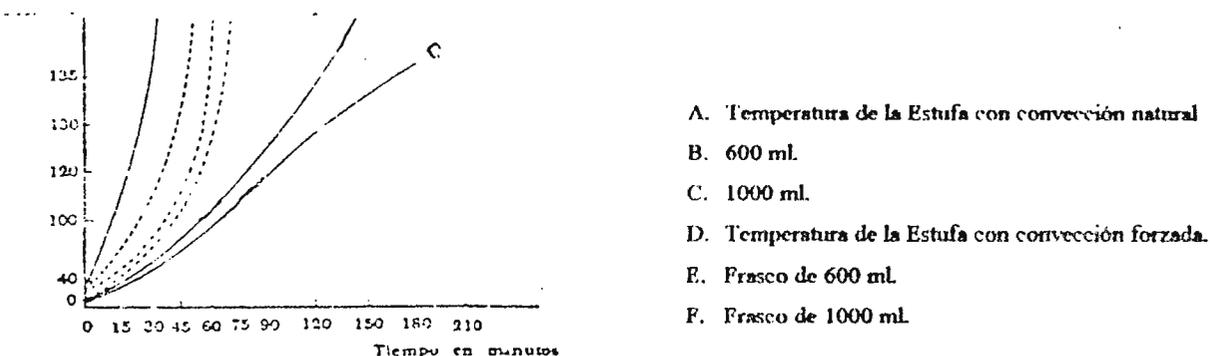


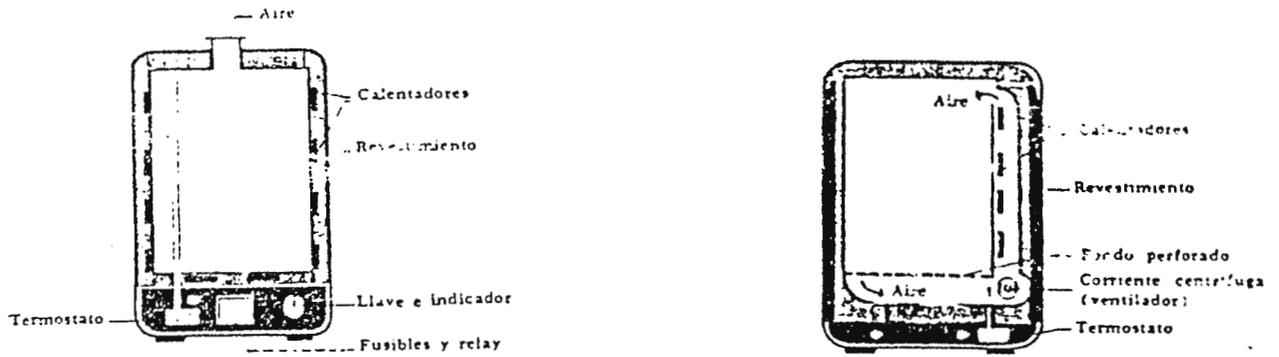
Fig. 1. Variaciones de temperatura en función del tiempo

También puede desempeñar un papel importante en la extremadamente difícil esterilización de polvos, cuya mala conductividad hace muy prolongado el tiempo de calentamiento. Para el caso del talco, se favorece la seguridad de la esterilización cargándolo en la estufa en recipientes de poca profundidad, resultando el más adecuado una caja de Petri de tamaño conveniente, dispositivo que también puede ser útil para las vaselinas, grasas sólidas o pomadas que resistan la temperatura necesaria.

La construcción de la estufa es relativamente simple, ya que consta de una caja, por lo general de cobre, con una puerta frontal y estantería metálica, con ingreso del aire caliente o los gases de combustión en la parte inferior, con una salida regulable colocada en la parte superior. La calefacción puede ser a gas o eléctrica, regulable con un termostato que la controle. Sobre ese esquema se han producido diversos perfeccionamientos, que aseguran una mayor velocidad de calentamiento, un mejor aprovechamiento del calor evitando que se disipe en el ambiente, actuando como una fuente de calor y sobre todo con una temperatura homogénea en todos sus puntos.

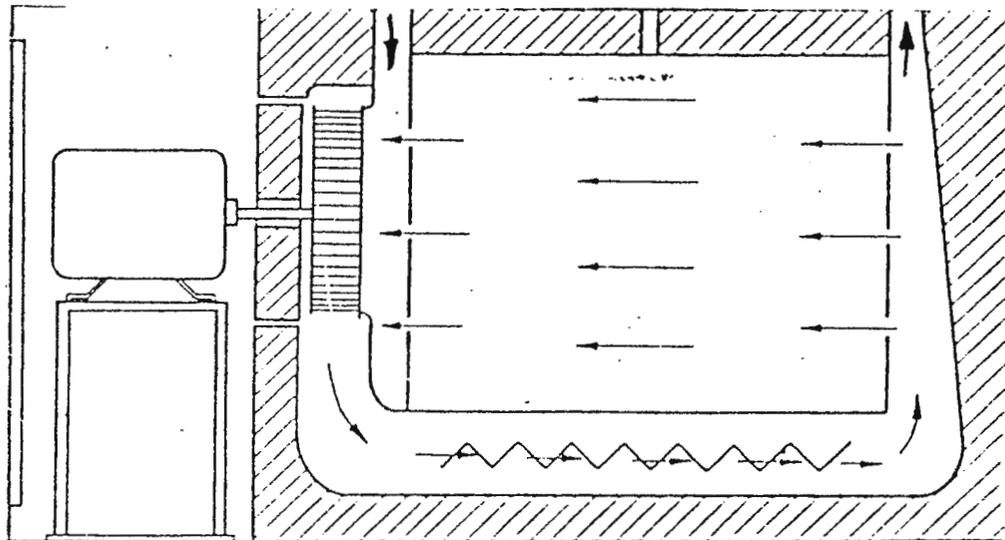
Entre los dispositivos más importantes, consideramos de interés los siguientes:

- La pared metálica puede ser doble, creando una cámara de aire entre ellas.
- La cámara puede estar rellena con material aislante, o mejor la pared externa está recubierta por un material aislante.
- El sistema de calefacción puede estar colocado en la parte lateral, entre las dos paredes, con una separación que facilite y oriente la convección del aire caliente.
- Un circulador de aire colocado debajo de la columna de calefacción, que provoque una convección forzada, aumenta la homogeneidad y la velocidad del calentamiento. Todos estos dispositivos pueden quedar expresados en la figura 2.
- La fuente de calor, inicialmente a gas, se ha sustituido por calefactores eléctricos y mejor por tubos para producir calor en la zona del infrarrojo.
- En hornos industriales calentados al infrarrojo se pueden emplear cintas metálicas de transporte con largo suficiente y velocidad controlada, que permitan conducir un proceso de esterilización continua.
- El dispositivo anterior puede usarse como sistema de coordinación de una línea de producción continua y que vincule la zona de lavado, por ejemplo, de ampollas para inyectables, su secado y esterilización, volcando las ampollas estériles en el área de llenado aséptico.



(a) Esquema de estufa sometida a régimen de convección natural

(b) Esquema de estufa sometida a régimen de convección Forzada.



(c) Esquema de una estufa con indicación de flujo de aire.

Figura 2. Dispositivos de calefacción con calor seco.

Recientemente se ha reconsiderado el estudio de los factores que afectan la resistencia térmica de las esporas al calor seco, principalmente porque algunos constructores han sido impulsados por la necesidad de asegurar la esterilidad de las sondas interplanetarias. Kenneth y Pflug diseñaron una estufa especial para calor seco, con un estricto control de

temperatura y que permite hacer pasar una corriente controlada de aire o nitrógeno sobre los gérmenes. Los resultados obtenidos, indican que un aumento en el flujo de aire provoca una disminución del efecto de la temperatura; y, para expresarlo mejor; un aumento de la termorresistencia de los gérmenes ya que se atribuye a la circulación del aire seco una deshidratación mayor de las esporas, siendo esa pérdida de humedad uno de los factores significativos sobre la velocidad de destrucción.

Señalamos estas conclusiones porque pueden tener influencia en el futuro diseño de las estufas de esterilización por calor seco, ya que hará necesario determinar una velocidad óptima en la circulación del aire.

Las temperaturas y los tiempos recomendados al usar una estufa se muestran en la Tabla 2:

TABLA 2: Tiempos y Temperaturas de Esterilización al usar estufas.

TEMPERATURA	TIEMPO DE ESTERILIZADO
160 °C	120 Min.
170 °C	60 Min.
180 °C	30 Min.

B. ESTERILIZACION POR RADIACIONES IONIZANTES

La incorporación a la medicina humana de materiales termolábiles de naturaleza sólida, especialmente prótesis a base de plásticos y suturas quirúrgicas, ha hecho necesaria la búsqueda de métodos de esterilización en frío.

Esto ha determinado la aparición de los métodos de esterilización por gases y por radiaciones ionizantes, definiendo como tales a las radiaciones que son capaces de separar

electrones de los átomos, produciendo iones positivos. Estos electrones desplazados pueden unirse a otros átomos, formando iones negativos; si el electrón recibe energía insuficiente para ser separado, pero se desplaza de su órbita a otra vecina, lo que se produce es un átomo excitado.

Una clasificación de las radiaciones por su naturaleza permite ordenarlas en dos grupos: Electromagnéticas y partículas.

Las radiaciones que se emplean en la práctica pertenecen al grupo de radiaciones ionizantes, cuya técnica ha visto facilitada su aplicación, en esta era atómica por la disponibilidad de grandes concentraciones de radiaciones, ya sean producidas por los aceleradores de partículas o por radioisótopos.

Entre las ventajas que tales métodos presentan pueden considerarse las siguientes:

- Se esteriliza a temperatura ambiente y en algunos casos a temperaturas extremadamente bajas.
- No produce alteración de los caracteres organolépticos (alimentos), aunque hay excepciones.
- El recipiente puede ser construido también con materiales de baja resistencia térmica.
- No produce alteración de características químicas, aunque existen muchas excepciones.
- En algunos casos puede irradiarse el material terminado y aún envasado.

En general, todas las formas de energía ionizante, desde las radiaciones ultravioleta, rayos X, rayos gamma, electrones de alta energía, protones, partículas alfa o neutrones, tienen un mecanismo similar y son capaces a dosis adecuadas, de destruir cualquier forma de vida, principalmente la de los microorganismos.

La cantidad de energía ionizante que se requiere, depende de varios factores: la naturaleza de la energía misma, la sensibilidad del microorganismo, su concentración en el medio, la naturaleza del medio y las condiciones de irradiación.

La irradiación puede producir también efectos indeseables sobre las propiedades de la sustancia irradiada, efectos que pueden ser controlados en alguna medida por la selección apropiada del tipo de energía ionizante y las condiciones de aplicación.

Por lo tanto se deben establecer las bases para la selección del método más apropiado:

- Es conveniente usar sólo los agentes ionizantes que provoquen la aceleración de los electrones. Los protones, partículas alfa, neutrones y otras partículas nucleares que aceleran los protones no son convenientes, ya que pueden producir radiactividad artificial en los materiales tratados.
- De esas radiaciones, la luz ultravioleta no puede emplearse para la esterilización de materiales sólidos, pero sí para fluidos, especialmente cuando se trata de soluciones limpiadas, ya que en otras condiciones su penetración es muy baja.
- Los rayos X tienen una penetración más elevada, pero sólo menos del 5% de la energía primaria se transforma en radiaciones de ese carácter. Por otra parte, se requiere mucho tiempo para la esterilización. También debe tenerse en cuenta la disponibilidad práctica de equipos y el costo para proceder de una manera segura y económica al aprovechamiento de la energía necesaria. Al hacer la descripción, en particular, señalaremos las ventajas o inconvenientes de cada método y los equipos empleados.
- También tiene importancia que el método permita la irradiación del material en cualquier estado: sólido, líquido, gaseoso, y en formas particulares de esos estados: Congelado, liofilizado, emulsionado, coloidal, etc.
- Los rayos catódicos producen electrones que, acelerados, actúan como las radiaciones beta. Su producción se hace con un elevado aprovechamiento de la energía (75%) y producen la esterilización con rapidez, aunque su penetración es menor que la de los rayos X de un voltaje similar.

- Las partículas alfa, aunque son ionizantes, tienen pequeña penetración en la materia, aproximadamente la de la luz ultravioleta y no se usan en esterilización.

Por tanto, desde el punto de vista práctico, la esterilización por radiaciones debemos limitarla a las siguientes:

- Luz ultravioleta para la esterilización de líquidos o soluciones transparentes y de gases sin polvo en suspensión.
- Radiaciones beta.
- Radiaciones gamma.

B.1. Luz ultravioleta .

Naturaleza y Propiedades

La luz ultravioleta está constituida por fotones de baja energía intrínseca. La línea de 2537 Å del arco de Hg corresponde a una energía de fotones de aproximadamente 5 electrón voltios. Los rayos correspondientes a la zona ultravioleta pueden ser divididos en :

- 4000 Å. Corresponde a la de las radiaciones solares, tal cual llegan a la tierra.
- 3150 Å. Provocan eritema y pigmentación de la piel.
- Fuerte poder bactericida. Provocan eritema y conjuntivitis.
- Provocan la formación de ozono en el aire.

La mayor acción germicida se obtiene a 2650 Å. La radiación empleada en la práctica es la que corresponde a 2537 Å producida por la lámpara de Hg y corresponde al 75% de la óptima. Hay que tener en cuenta que la relación entre la intensidad de radiación y tiempo de exposición del material es constante.

Los microorganismos tienen, sin embargo, una resistencia variable que está influida también por el medio donde se encuentran. En la tabla 3 se dan algunos valores expresados en milivatio-segundo/cm² para lograr la muerte del 90% de los microorganismos que se

expresan. En este cuadro se puede apreciar el incremento necesario de esos valores, cuando se quiere aumentar el porcentaje de inactivación.

Las lámparas germicidas emiten aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la energía absorbida bajo forma de rayos ultravioleta de 2537 Å, rendimiento que es variable con la temperatura, alcanzando un óptimo a 25°C.

TABLA 3. Milivatos/seg/cm² necesarios para producir la muerte del 90% de los gérmenes con radiación ultravioleta.

Microorganismo	Dosis
Bacillus Anthracis	4.52
S. enteriditis	4.0
B. megatherium (veg.)	1.13
B. Megatherium (esporas)	2.37
B. paratyphosus	3.2
B. subtilis	7.1

Desventajas

Los inconvenientes que surgen del empleo de las lámparas germicidas son:

- a) Producción de ozono en el aire. A este respecto, la única solución se obtiene por la filtración en el tubo de las radiaciones de menos de 2000 Å.
- b) Conjuntivitis. Inflamación molesta aunque reversible, fácil de controlar con gafas protectoras de vidrio común (también lateral).
- c) Eritema. Problema de protección del personal, que se resuelve con vestimenta adecuada.

Aplicaciones

ESTERILIZACION DE LIQUIDOS Y SOLUCIONES

Debe tratarse de líquidos límpidos; la única acción secundaria a señalar corresponde a la esterilización de soluciones aromáticas, en las que pueden alterarse los caracteres organolépticos y algunos aminoácidos.

La profundidad de penetración eficaz de la radiación en un medio varía, como ya hemos indicado, con las características del mismo: décimas de milímetros en la leche, algunos milímetros en los vinos y decenas de centímetros para las aguas potables poco transparentes.

ESTERILIZACION DEL AIRE

Eficaz contra bacterias, hongos y virus. Se puede aplicar en forma de irradiación directa o indirecta. La primera es muy eficaz cuando se trata de zonas claramente delimitadas, pero crea el problema de la protección del personal.

ESTERILIZACION DE SUPERFICIES

Sólo por irradiación directa se pueden obtener buenos resultados, pero debe asegurarse el acceso de los rayos a todas las partes del material. No se recomienda para obtener instrumental estéril pero sí para mantener equipos o vestimenta antes de su uso.

ESTERILIZACION POR IRRADIACION DIRECTA

1. Con instalación de las lámparas germicidas en el interior del local: Se instalan de tal manera que se provoque la reflexión de los rayos hacia la zona alta del local y que desde ésta sean reflejados el resto. Para lograr un resultado eficaz se usan materiales de elevado coeficiente de reflexión en la zona alta y de coeficiente bajo en las zonas inferiores.

2. Empleando un túnel de esterilización con aspiración de aire externo. El túnel, cuya sección y longitud están determinados por el caudal de aire necesario para renovar el del ambiente, se construye generalmente de sección rectangular o circular y debe tener entrada de hombres para permitir la instalación de lámparas, pudiendo aprovecharse también para el acondicionamiento del ambiente. Con ese fin se pueden instalar paneles de calefacción, refrigeración, humidificación, además de las cascada de lámparas germicidas. Es necesario colocar filtros para aire en el momento de su ingreso, que aseguren la buena conservación de los paneles y de las lámparas. Debe recordarse que la circulación del aire por el túnel hay que hacerla de tal manera que ingrese al local estéril impulsado desde el exterior y no aspirado, porque de ese modo se crea en todo el sistema una presión positiva que impide el ingreso de aire no estéril por falsas vías.

B.2. Radiaciones beta.

El empleo de las radiaciones beta se realiza en la práctica con aceleradores de electrones de alto voltaje, radiación que tiene la misma naturaleza que los rayos beta de los cuerpos radiactivos. Su incorporación efectiva se vio limitada por dos condiciones principales: el costo inicial y la poca penetración. A esto debía agregarse la necesidad de personal altamente especializado para su manejo y mantenimiento. Se considera establecido que la ionización producida por una energía de 2 Mev es suficiente para la mayor parte de las esterilizaciones corrientes. La penetración total demostrada para esa energía es del orden de 0.4 pulgadas en materiales de la unidad de densidad y que a cada Mev de aumento se produce un incremento de 0.2 de pulgada en la penetración. Sin embargo, sólo cerca del 60% del espesor penetrado se puede considerar útil para la esterilización; por lo tanto, la penetración esterilizante de un rayo de electrones de 2Mev sólo puede ser estimada en 0.24 pulgadas de unidad de densidad. Cuando se necesita aumentar la densidad hay que incrementar la energía.

Las curvas de la figura 3 dan una idea clara de la dosis relativa y su efecto en la penetración.

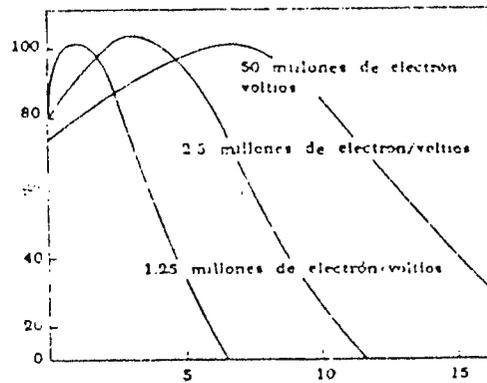


FIGURA 3. Penetración de radiaciones beta en función de la dosis.

La esterilización electrónica debe ser exactamente adaptada a un problema concreto y a una línea de fabricación, evitando siempre los obstáculos interpuestos entre el objeto a esterilizar y la radiación.

El equipo inicial para aprovechar la acción esterilizante de los electrones acelerados fue el acelerador electrostático de Van de Graaff, posteriormente modificado por varias empresas, entre ellas High Voltage Engineering Corporation, que produjo al principio el equipo original y luego un modelo modificado, eliminando las partes móviles de la fuente de alta tensión y el Linac de la Hughes Aircraft Company.

Un acelerador está representado por los siguientes elementos:

1. La fuente de electrones, constituida por un filamento calentado a alta temperatura.
2. El tubo acelerador o haz de electrones, al vacío, sometido a una diferencia de potencial de varios Mev que les comunica una velocidad similar a la de la luz. El tubo termina en una ventana de salida, de metal, para el pasaje de los electrones al aire.

3. Un campo para uniformar el haz y darle una sección rectangular.
4. La fuente de alta tensión.

El acelerador propiamente dicho está encerrado en una envoltura metálica hermética, con un gas aislante (hexafluoruro de azufre). El conjunto se instala protegido por aros de cemento y los objetos circulan por cinta transportadora.

En la figura 4 se puede apreciar un acelerador de High Voltage Engineering Corporation y en la figura 5 la de un Linac.

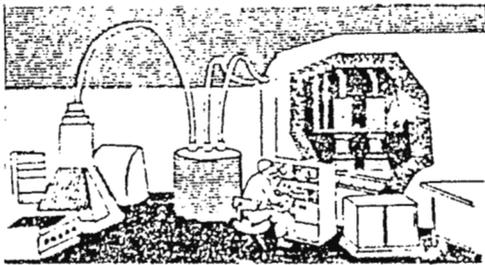


Figura 4. Acelerador de High Voltage Engineering Corporation.

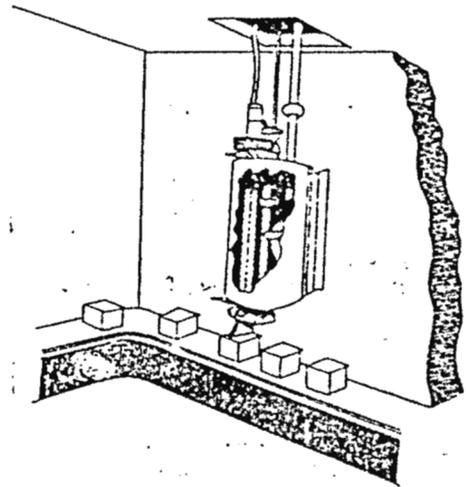


Figura 5. Esterilización realizada por un Linac.

B.3. Radiaciones gamma.

El ^{60}Co es actualmente la fuente radiactiva más susceptible de utilización industrial, como también lo es, por otra parte, en radiología en la telecobaltoterapia. Produce una radiación gamma de 1.27Mev de energía media suficiente para penetrar los objetos más espesos. Además, su vida media es prolongada, puesto que el periodo del ^{60}Co es de 5 años y la actividad antibiótica de los rayos es muy grande.

Un esquema simple puede obtenerse observando el funcionamiento del Gammacell 220 de la Atomic Energy of Canada. Irradiator del laboratorio cargado con ^{60}Co , con una actividad total de 24000 curies, que corresponden a una dosis de 2×10^6 roentgens por hora en el punto central de la cámara de irradiación y que satisface las medidas de protección indicadas por la International Commission on Radiological Protection y la U.S. National Committee on Radiation Protection.

La unidad de radiación está constituida por una cápsula alargada de acero inoxidable para almacenar el ^{60}Co . Estas unidades se disponen en forma de anillo, que deja en su interior la cámara para irradiar. En esas condiciones y por aislamiento con plomo, la fuente es inaccesible al personal que la utiliza.

El material a irradiar tiene acceso por un cilindro de plomo a través del cual se hace llegar la cámara que contiene la muestra. Esta cámara, también cilíndrica, se construye de aluminio anodizado. Todo el equipo tiene dispositivos de seguridad que impiden los accidentes por errores de operación.

Los equipos industriales funcionan sobre el mismo principio, con detalles de instalación específicos para cada caso. En la mayoría de los casos dispositivos mecánicos permiten la carga, remoción y descarga del material que se quiere esterilizar.

Por otra parte, todo el equipo del interior de la cámara está construido con materiales que pueden recibir fuertes dosis de irradiación sin alterarse y que no requieren más que un control anual.

Con respecto a la actividad de la radiación sobre el material a esterilizar, puede hacerse una consideración de conjunto: en general, las acciones secundarias no son despreciables desde el punto de vista químico, y tienen su origen en la producción de radicales libres con fenómenos de óxido reducción, polimerización, etc. Cada material a esterilizar en realidad, debe ser motivo de estudio. Se han publicado experiencias concretas sobre los resultados de la esterilización de muchos medicamentos. Tiamina, riboflavina, piridoxina, pantotenato de calcio, nicotinamida c, solas y asociadas; ácido fólico, vitamina B₁₂, penicilina, tartrato de efedrina estradol, novocaína, hormonas hipofisarias, testosterona, aceto-pregnenolona, acetato de desoxicorticosterona.

En cambio, la esterilización del plasma de origen animal y humano ha dado resultados menos favorables, sobre todo por producir una modificación muy notable del diagrama electroforético, cuando se emplea la esterilización electrónica. Por otra parte, debe aclararse que cuando indicamos que el medicamento conserva su actividad, nos referimos a la valoración analítica, pero en algunos casos aparecen coloraciones notables que deben tenerse en cuenta. Los resultados son altamente satisfactorios para las vacunas y los sueros. Las enzimas son muy sensibles a las radiaciones, en particular la lipasa, hidrolasas y sobre todo la hialuronidasa.

Debe hacerse notar también que, la destrucción de principios activos puede evitarse por el agregado de sustancias protectoras. Así, por ejemplo: si bien la vitamina C es muy radiosensible, puede ser protegida por la nicotinamida, o a su vez ella protege algunas enzimas. El efecto protector se puede complementar por otros recursos, así, por ejemplo, las soluciones al estado congelado sufren poco el efecto de las radiaciones ionizantes, ya que los radicales libres producidos por la irradiación no pueden difundir y afectar otras moléculas. Fuera de ese límite, la temperatura tiene poco efecto sobre el número de microorganismos destruidos, aunque no se puede decir que esa influencia sea totalmente despreciable.

La aplicación a las suturas quirúrgicas ha despertado el mayor interés, ya que sus propiedades más importantes: resistencia, elasticidad, tenacidad, son mucho más respetadas por este método que por el calor. Sin embargo, se ha señalado la producción de reacciones secundarias por iones excitados durante la irradiación.

La irradiación de material quirúrgico ha resultado particularmente interesante: gasas, guantes, agujas, pinzas, ampollas, tubos de drenaje sondas arterias artificiales de terilene y, en general, elementos de aplicación quirúrgica descartables.

El acondicionamiento en recipientes plásticos ha permitido ampliar el campo de acción y extenderlo a soluciones inyectables. Se ha demostrado la eficacia de la esterilización con electrones acelerados a través del polietileno, empleando un germen esporulado colocado en el interior de sobres de aquel material, los que a su vez fueron encerrados dentro de láminas de polietileno para adquirir espesores crecientes. Como la penetración varía en orden inverso a la densidad de la sustancia irradiada, en el caso de gasas y algodones, un acelerador de 1.5Mev permite esterilizar paquetes de algodón hidrófilo de 10 cm de espesor, ya que su densidad es del orden de 0.1.

Debemos también señalar que los vidrios se oscurecen de manera notable en las dosis máxima esterilizante; esto que puede ser un inconveniente para la comercialización, se aprovecha para la dosimetría de las radiaciones. En Francia se ha fabricado un vidrio, el Mev 2, cuyo oscurecimiento es proporcional a la dosis y puede leerse la densidad óptica al fotómetro para determinar las dosis recibida.

Las radiaciones originadas por ^{60}Co poseen la ventaja de su capacidad penetrante, su bajo costo de instalación, la falta de mecanismos que requieran cuidados permanentes de mantenimiento.

Desde el punto de vista estrictamente farmacéutico, hay un campo muy extenso a considerar. Los estudios que se iniciaron a principios de siglo con la aplicación de los rayos X a la destrucción de gérmenes, han llegado en los últimos años a resultados prácticos con el empleo de otras radiaciones. Se debe completar el estudio de la radio sensibilidad de las

drogas y las formas farmacéutica. Sobre este particular, se deben estudiar los factores y condiciones para la corrección de esos efectos secundarios.

También se debe ampliar el conocimiento de la sensibilidad de los diferentes microorganismos, ya que las variaciones individuales son con mucho el factor más importante, a tal punto que pueden ser clasificados de acuerdo a su radiorresistencia. También tiene importancia la concentración inicial de gérmenes y el medio en el que deben ser tratados. Las plantas esterilizadoras exigen un control de gérmenes antes de aceptar material para su esterilización.

Los envases de vidrio al parecer deben ser descartados y si se quiere orientar la producción de tal manera que se evite todo trabajo aséptico, haciendo la esterilización al final del proceso, debe estudiarse más detenidamente el comportamiento de los plásticos. Debemos recordar que el cloruro de polivinilo se descompone liberando ácido clorhídrico, a tal punto que se le emplea también para controlar la irradiación colocando junto a etiquetas impresas con indicadores de cuyo cambio de color ponga de manifiesto la intensidad de la irradiación.

C. ESTERILIZACION POR FILTRACION

La filtración es una operación fundamental que el farmacéutico practica desde los tiempos más remotos, en forma artesanal. La evolución de su conocimiento desde el punto de vista técnico, ha permitido integrar los factores que la componen con el carácter de operación unitaria, y lograr normas correctas para resolver los más diversos problemas de filtración, ensayo de materiales filtrantes, selección de filtros, empleo y valoración de los auxiliares de filtración, etc.

La aplicación de la filtración a la esterilización de fluidos es una de las consecuencias de esos estudios, cuya aplicación con este fin permite la separación física de los microorganismos del medio líquido o gas que los contiene por un dispositivo poroso

que los retiene por acción mecánica fundada en el tamaño de los poros y por adsorción. La figura 6 suministra una demostración gráfica del tamaño de partículas y su relación con la esterilización.

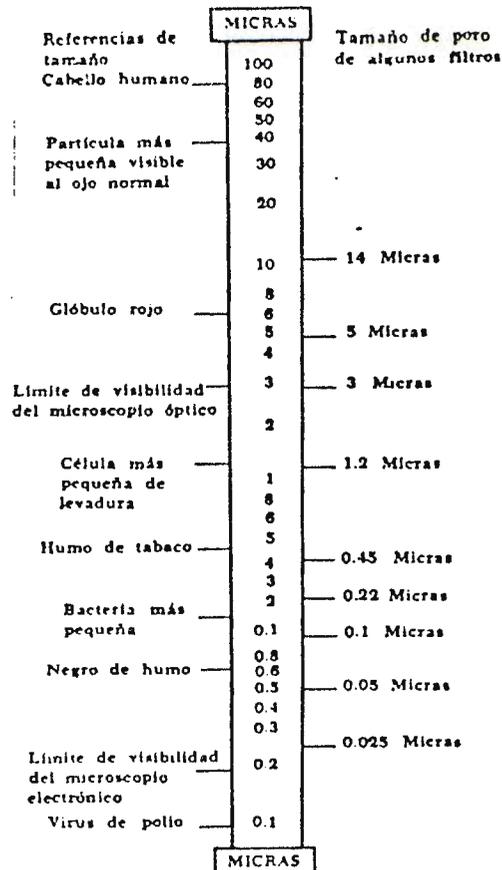


FIGURA 6. Tamaño de Poros de algunos filtros y su relación con el de distintos agentes y elementos figurados.

La aplicación se puede dividir en dos grandes grupos:

- Esterilización de líquidos, agua, agua destilada y soluciones para uso inyectable.
- Esterilización de gases, en particular de aire y su extensión a la esterilización de ambientes.

C.1. Esterilización de líquidos

Los filtros que se aplican con este destino responden a diversas formas y composición química y deben reunir las siguientes condiciones:

1. No alterar la composición ni los caracteres organolépticos del líquido que pasa por él.
No ceder materiales solubles al líquido.
2. Tener una porosidad uniforme en toda su superficie, sin determinar mucha pérdida en el flujo del líquido.
3. Retener los gérmenes con seguridad.
4. Soportar las diferencias de presión necesarias para obtener un caudal eficaz y no sufrir alteraciones estructurales por acción de las soluciones.
5. Ser fácil de limpiar o de preferencia descartable.
6. Soportar la esterilización por el vapor a 121°C.
7. Económico, no sólo en su costo directo, sino también en las maniobras de preparación y empleo.

Debe considerarse que la filtración farmacéutica corriente es de elevada eficacia y que por lo común retiene todas las partículas de más de 5 micrones. El paso hacia una retención de partículas del tamaño correspondiente a los microorganismos se dio al principio con materiales cerámicos como porcelanas no vitrificadas, vidrio poroso y placas de asbesto.

Cada uno de esos tipos presentó dificultades propias, que se superaron practicando tareas especiales de limpieza, lavados químicos previos a la filtración y el empleo de dispositivos para la retención de partículas. La aparición más reciente de las placas y sobre todo de las membranas descartables para la filtración, las ha transformado en el elemento de elección para la preparación de los filtros destinados a la esterilización de soluciones parenterales. No presentan dificultades para regular el grado de eficacia en la retención de

partículas (seleccionando la porosidad adecuada), no presentan fenómenos de absorción ni adsorción, no ceden elementos extraídos a la solución desde el punto de vista químico ni físico y manejadas con prudencia mantienen su estructura sobre soportes metálicos cuando son sometidos a la esterilización por vapor o por gases.

La resistencia que determina una pérdida de carga en la solución a filtrar puede vencerse por el empleo de bombas impulsoras del líquido, por presión ejercida sobre el recipiente donde se ha preparado la solución o por vacío, aunque no es recomendable, desde el recipiente de recolección del líquido estéril. Indudablemente, la resistencia es mayor a medida que se emplean membranas de poros más finos. Casi siempre se usan membranas con poros de 0.22 o 0.45 micrones (66), pero los fabricantes proveen materiales que pueden variar su porosidad entre 12 micrones y 5 milimicrones. Pueden emplearse las de mayor tamaño como prefiltros dejando para las de cerca de 0.22 micrones la esterilización propiamente dicha, evitando que obturen sus poros con rapidez.

Por otra parte, el aspecto mecánico de la construcción del filtro ha sido perfeccionado en forma continua, para asegurar una aplicación correcta de los septos filtrantes, evitando las infecciones secundarias, operando con seguridad y limpieza cuando se aplica sobrepresión, evitando ángulos muertos y juntas innecesarias. Todo el equipo es construido en material pulido e inalterable en todas las superficies que penetran en contacto con el líquido. Cuando se trata de filtros que trabajan con placas de materiales fibrosos, se les dota de un dispositivo para retener las partículas que se pueden desprender.

En la práctica de esterilización por filtración de soluciones, la aplicación más común es la destinada a la preparación de inyectables en solución acuosa, fraccionada en ampollas.

Procedimiento de esterilización

Se esteriliza por separado el filtro armado, de preferencia por vapor a 121°C durante una hora, o en su defecto por óxido de etileno con todas sus conexiones dispuestas de tal manera que permitan seguro acceso del vapor o del gas y protegido de la sobreinfección una

vez retirado de la autoclave, poniendo particular precaución de seguridad en aquellas conexiones que corresponden a la conducción del líquido después del filtrado.

El líquido a filtrar se recibe en frasco estéril, que se conecta asépticamente al filtro por uniones flexibles estériles, reduciendo la maniobra de conexión al mínimo indispensable y se practica en área estéril.

Es necesario trabajar con presión positiva, que se aplica al recipiente de preparación generalmente construido de acero inoxidable.

Terminada la filtración se debe fraccionar la solución estéril en los recipientes definitivos. Esta operación debe hacerse asépticamente en un ambiente estéril, de preferencia en cabinas aisladas de los operarios y dotadas de flujo laminar.

C.2. Esterilización de gases

La esterilización de los gases por filtración está vinculada sobre todo con la del aire y se aplica tanto en pequeña escala para uso del aire estéril como agente de presión sobre los líquidos como en caudales mayores en la esterilización de ambientes o en microbiología industrial para proporcionar el oxígeno necesario en la industria de las fermentaciones.

Con mayor frecuencia, la filtración del aire con fines industriales se practica para resolver problemas de contaminación ambiental y para el acondicionamiento asociado con el control de humedad y temperatura.

Las partículas suspendidas en el aire varían en concentración, composición y tamaño. En los ambientes de trabajo provienen tanto de la masa de aire circulante que ingresa, como de las personas que allí trabajan.

Este último factor al que no siempre se le asigna la importancia que tiene, queda claramente expresado en la tabla 4.

TABLA 4. Partículas generadas por minuto por una persona en función de su actividad

ESTADO	CANTIDAD			TAMAÑO
Sentado sin moverse	100,000	partículas	>	0.3 μ diám
Sentado moviendo manos y brazos	500,000	“ “	>	“ “
Desplazando el cuerpo y haciendo movimientos a poca velocidad	1,000,000	“ “	>	“ “
Parándose o sentándose	2,500,000	“ “	>	“ “
Caminando a 3 kilómetros/hora	5,000,000	“ “	>	“ “
Caminando a 6 kilómetros/hora	7,500,000	“ “	>	“ “
Caminando a 9 kilómetros/hora	10,000,000	“ “	>	“ “

El aire se puede esterilizar por irradiación ultravioleta, compresión adiabática o por filtración. Con destino a los ambientes, el sistema de filtración ha adquirido una seguridad y comodidad de manejo con instalaciones adecuadas que lo hace considerar el sistema de elección.

Es natural que conviene partir del aire limpio, prefiltrado por elementos como filtros metálicos, lana de vidrio o fibras sintéticas o naturales con o sin carga de agentes humectantes. El control de la contaminación de un ambiente comienza con medidas destinadas a evitar el ingreso de envases, cartonería o recipientes portadores de partículas, sustituyéndolas por recipientes metálicos o sistemas de transporte continuo. El personal que trabaja en el área estéril debe llevar una adecuada vestimenta que impida o reduzca la diseminación de partículas, tanto de naturaleza biológica como textiles. Su ingreso debe hacerse en forma indirecta a través de un acceso estéril que vincule el área con el exterior cambiando allí la ropa de circulación por material estéril (que no libere partículas), cubriendo el calzado con cubrebotas de lienzo esterilizado, cofia y barbijo estériles.

De todas maneras, cada operario es una fuente de contaminación, y su presencia en el área crea torbellinos y aunque el aire sea estéril disemina las partículas conforme lo señala la Fig. 7

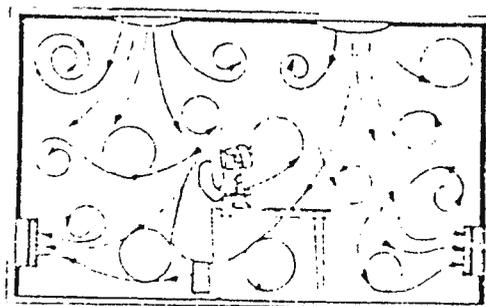


FIGURA. 7. Diseminación de partículas al ingresar una corriente de aire al ambiente

Este inconveniente ha sido resuelto con el empleo de corrientes de aire estéril de flujo laminar, que se desplaza en sentido vertical o transversal en todo el espacio libre en que se trabaja. Este espacio puede ser la habitación misma o una cabina donde se realiza solamente una operación en forma aséptica (Ver Fig.8 y Fig. 9).

En los casos de flujo horizontal, la velocidad del aire es indispensable para evitar la caída de las partículas, evitando contaminaciones cruzadas.

El mecanismo de flujo laminar se completa por un filtro de alta eficacia (HEPA) que se coloca ocupando prácticamente toda la pared por donde ingresa el aire a la cabina o habitación.

Su control admite una penetración de 3 partículas por cada 10,000 de 0.3μ dispersas por un aerosol en el túnel de prueba, resultando una eficacia del 99.97% para partículas de 0.3μ . Como ese tamaño es inferior al de los gérmenes más pequeños, se puede considerar

aceptable su designación como filtros absolutos. También se ha demostrado su capacidad para retener virus.

Hemos mencionado también la necesidad de caudales importantes de aire estéril en las fermentaciones industriales. Como ese aire entra en contacto directo con el medio de cultivo, a veces en fermentadores de muchos miles de litros, es natural que su esterilidad debe ser completamente segura para evitar pérdidas importantes. En ese sentido se emplearon columnas de materiales fibrosos y pulverulentos como lana de vidrio, algodón, fibroamianto, carbón activo granulado, humectados con sustancias oleosas con o sin carga de sustancias antisépticas. Sus resultados fueron siempre irregulares.

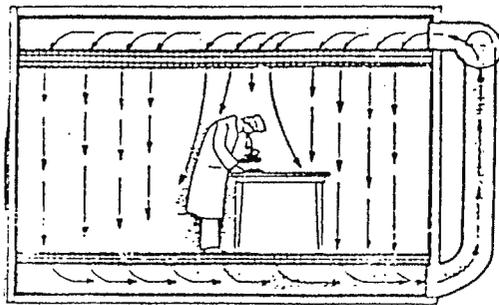


FIGURA 8. Efecto sobre las partículas del flujo vertical de aire laminar

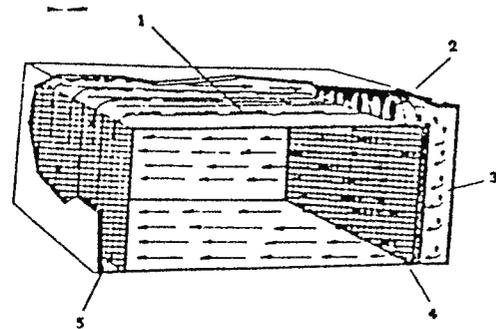


FIGURA 9. Esquema del funcionamiento de un sistema de flujo horizontal de aire laminar que es similar al vertical. 1, conducto de retorno; 2, ventilador; 3, Plenum; 4, filtro HEPA; 5, Prefiltro.

En la actualidad se puede disponer de cartuchos con membranas filtrantes que reúnen las mismas características de porosidad y eficacia que las membranas para esterilizar soluciones colocadas en tubos como soportes plásticos y prefiltros que aseguran una elevada resistencia mecánica y el caudal necesario para el proceso. El montaje de los

filtros en el soporte debe hacerse con mucho ajuste para evitar falsas vías que anulen sus ventajas.

En general, se debe considerar que la introducción de los filtros absolutos aplicados con el sistema de flujo laminar, constituye en la actualidad el único dispositivo que ofrece las garantías necesarias para una operación correcta, cuando se debe trabajar en forma aséptica. Esto vale tanto para los sectores de producción en área estéril como para los quirófanos y sobre todo para los laboratorios de bacteriología, donde se hace control de esterilidad.

El principio general de recibir la corriente laminar primero sobre el material u objeto que es motivo de la maniobra aséptica, para después incidir sobre el operador y su vestimenta, ofrece un margen de seguridad que justifica en la práctica la afirmación anterior.

Sin embargo, esta seguridad no excede ni supera los errores de método en que puede incurrir el operador mismo, de tal manera que consideramos indispensable la recomendación de mantener intacta la vigencia de las precauciones fundamentales de trabajo aséptico, para aprovechar mejor las bondades del nuevo sistema. En otros términos, el trabajo en zona estéril dotada de flujo laminar no debe crear una falsa sensación de confianza que sea motivo de errores de técnica innecesarios.

2. ESTERILIZACION POR AGENTES QUIMICOS

A. ESTERILIZACION POR OXIDO DE ETILENO

El empleo de óxido de etileno (O.E.) como agente de esterilización corresponde a un capítulo especial de la esterilización química y dentro de ella a la esterilización por gases. Descubierta en 1859 por Wurtz, se le empleo como fumigante y pesticida. Schroeder y Bossert (8) señalaron sus propiedades bactericidas, actividad que fue motivo de una patente en 1937 por Gross y Dixon (9). En la actualidad es considerado como el gas que más se acerca a las condiciones ideales para ese fin, aunque sin cumplirlas de una manera integral.

Las condiciones señaladas por diversos autores para un gas esterilizante son las siguientes:

- Actividad segura y rápida sobre la mayor variedad de microorganismos.
- No alterar el material que se quiere tratar, ni requerir equipos de alta resistencia química a la corrosión.
- Facilidad de difusión y por lo tanto, elevado poder de penetración en el material y rápida eliminación.
- No ser tóxico ni irritante.
- No ser inflamable ni explosivo.
- Fácil de manipular y almacenar.
- No requerir ambiente húmedo para actuar.
- Ser económico y de fácil disponibilidad en el mercado.

De las propiedades que se pueden observar en el detalle siguiente, es posible deducir que el O.E. no cumple con muchas de las condiciones expresadas.

A. Propiedades del gas

Es un éter cíclico de fórmula $C_2H_4O_2$. Gas incoloro, olor etéreo, inflamable y altamente explosivo en presencia de aire, soluble en el agua y en la mayor parte de los solventes orgánicos.

La toxicidad por inhalación es comparable con la del amoníaco puro. Cuando se le usa como gas puro es vesicante; principalmente en soluciones acuosas irrita el sistema respiratorio, los ojos y la inhalación por un período prolongado provoca náuseas, vómitos y dolor de cabeza. En la actualidad la concentración máxima que se puede permitir por ciclo laboral es de aproximadamente 50 ppm.

Forma mezclas explosivas con el aire desde concentraciones del 3% al 80%.

Tanto las propiedades explosivas como inflamables y vesicantes prácticamente se anula n con mezclas apropiadas. La capacidad de penetración ha sido señalada por varios autores en un sentido general, destacando su capacidad de difusión en el papel, celofán y otros materiales plásticos. Esto permite envasar el material en sobres herméticamente cerrados, sobre todo polietileno, con láminas de menos de 100 micrones de espesor. Esta cualidad es útil para su eliminación final de los materiales tratados, aunque no se cumple en todos los casos, ya que algunos elastómeros lo suelen absorber tenazmente. Esto en particular debe tenerse en cuenta en al esterilización de guantes de goma y zapatos de cirujano.

B. Mezclas esterilizantes.

El empleo de O.E. puro se hizo en periodos iniciales y para equipos de pequeño volumen. Sin embargo, debido a las características inflamables y explosivas se recurrió al uso de mezclas con otros gases inertes, que redujeran esas características y permitieran su manejo. Los gases con los que actualmente se emplea es con triclorofluorometano (Freón 11) de p.e. $24^{\circ}C$ y el diclorodifluorometano (Freón 12) de p.e. $-30^{\circ}C$.

La polimerización es una característica importante del O.E., que se debe tener en cuenta tanto para la conservación del gas puro, como para las mezclas y su empleo. Puede producirse catalizada por el hierro, estaño, aluminio, acero (aún el acero inoxidable), vidrio, plomo y zinc. También los ácidos y los álcalis la producen. Es posible observar el polímero observar el polímero como un sólido blanco, o más frecuentemente como una sustancia oleosa, amarillenta, que puede transformarse en un producto gomoso. Su incidencia es muy elevada cuando se trabaja con O.E. puro pero también se puede producir con las mezclas. Se evitará manteniendo las cañerías limpias, lavadas con un gas inerte (N₂) y los recipientes almacenados en la sombra, en lugar fresco por tiempo limitado. Debemos recordar que en las estufas y en los accesorios, no se debe emplear como material de construcción el cobre, plata ni mercurio, porque es capaz de producir aciluros que actúan como desencadenantes de explosiones.

C. Gérmenes Sensibles y Artículos

Los microorganismos para los que existen pruebas experimentales se muestran en la siguiente lista:

Bacillus globigii ATCC

Aspergillus tamaritii

Escherichia coli

Bacillus subtilis

Pseudomonas aeruginosa

Mycobacterium tuberculosis

Bacillus cereus

Bacillus megaterium

Bacillus mesentericus

Bacillus licheniformis

Staphylococcus aureus

Mycobacterium sepedonicum

Bacillus anthracis

Staphylococcus pyogenes

Bacillus cereus

Clostridium welchii

Salmonellas

Además, es activo sobre bacterias, virus y hongos actuando con casi igual facilidad sobre las esporas y las formas vegetativas.

A pesar de estas cualidades, algunos materiales y drogas resultan perjudicados por el O.E., tales como la estreptomocina, vitamina B12 y proteínas. Los materiales que sufren alteraciones o deterioros son:

Pancreatina, Penicilina, Estreptomocina

D. Factores que Influyen en la Esterilización.

Se ha reconocido la importancia prácticamente similar que tienen la concentración de O.E., la humedad, la temperatura y la presión, de las cuales es función el tiempo necesario para esterilización.

El O.E. se comporta de la misma manera que los desinfectantes químicos y, por lo tanto responde a la ecuación general de Porter:

$\log (N_0/N) = kt$, donde

N_0 = concentración inicial de bacterias.

N = concentración de bacterias al terminar el tiempo de contacto

k = constante que expresa la velocidad de muerte.

B. ESTERILIZACION POR FORMALINA

Otro de los procesos de desinfección por medio de gas es utilizando formaldehído. De el formaldehído como agente individual podemos decir que es un gas incoloro, combustible, que tiene un olor fuerte y sofocante (picante), presenta como principal acción química la inactivación de enzimas y es un agente reductor potente.

Entre sus desventajas podemos mencionar que los vapores del formaldehído causan irritación del tracto respiratorio, los ojos y alergias a la piel. La misma puede ser severa. A bajas concentraciones (0.5 y 1 ppm) son detectados por el olfato, a medida que la concentración aumenta llega a afectar los ojos y el tracto respiratorio, de modo que a concentraciones entre los 10 y los 20 ppm la respiración voluntaria es casi imposible y el tracto respiratorio estará altamente irritado, incluyendo la nariz, la garganta y la tráquea, esto

producirá tos. A concentraciones de 50 y 100 ppm con exposiciones de 10 a 50 minutos causará inflamación severa de los bronquios y del tracto respiratorio bajo. Este tipo de exposiciones están relacionadas con el edema pulmonar, pnneumonitis y la muerte, además está relacionado con leucemia, cáncer en la nariz y mutaciones. Es por esto que se necesita un gran cuidado cuando se maneja este gas.

El proceso de esterilización por formaldehído es muy similar al ciclo de esterilización del Oxido de Etileno, pero presenta mejores características de esterilización que este. A pesar de esto presenta la desventaja (además de las mencionadas en el párrafo anterior) de tener una penetración de paquetes limitada, lo que no es así con el OE.

Los autoclaves de formaldehído son usados para la esterilización de cosas sensibles al calor, las cuales no pueden ser procesadas en un esterilizador convencional. El proceso de formaldehído está desarrollado para ser efectivo tanto en superficies planas como en cavidades a una temperatura no mayor a 65°C (149°F) o alternativamente 80°C (176°F).

El formaldehído es fácilmente soluble en agua al 40% a temperatura de ambiente. Cuando está diluido en agua es llamado algunas veces formalina, la cual es una solución antiséptica, de gran uso en la desinfección debido a su gran disponibilidad en los departamentos de patología de los hospitales o por medios comerciales. Esta solución puede ser descompuesta en sus componentes primarios, gas y agua por medio del calentamiento de la solución.

PROCESO DE ESTERILIZACION

Antes de que el formaldehído sea introducido, el material a esterilizar es sometido a un pretratamiento consistente de repetidos vacíos y flujos de vapor. Este procedimiento está destinado a remover el aire de el material, calentándolo y humidificando los microorganismos para hacerlos susceptibles al formaldehído.

Al inicio de la fase de esterilización, el formaldehído es introducido al proceso por admisión de una solución de formaldehído al 35 % de una botella punzada. El formaldehído es transferido a una cámara de vapor calentado, donde este es evaporado

antes que este continúe hacia la cámara en el estado gaseoso. El vapor entonces es adicionado para mantener una temperatura a un nivel constante prefijado. La penetración a todas las partes de la cámara y a la carga es facilitada por el continuo vacío prevaleciente en la cámara durante el proceso completo. Las condiciones de vapor y vacío en la precámara mantienen las paredes de la cámara calientes, previniendo así que se forme condensado en esta. Hasta que el tiempo predeterminado de esterilización a 65°C o alternativamente 80°C termina, el pos tratamiento toma lugar. Este permite efectivamente remover el formaldehído de el instrumental y es logrado por un número de vacíos repetidos y flujos de vapor intermedios.

El proceso finaliza con un profundo vacío seguido por un número de inyecciones de aire pulsátiles a través de un filtro de aire. Esta parte del proceso es para remover el pequeño remanente de formaldehído en el material y en la cámara y para restaurar la humedad y temperatura del material. Un olor de formaldehído podría ser detectado al abrir la puerta de la cámara después de la finalización de un proceso de esterilización satisfactorio.

En resumen los pasos del proceso de esterilización por formaldehído son:

1. Espera
2. Inicio
3. Prevacío
4. Prepulso
5. Admisión de formalina
6. Esterilización
7. Pospulso
8. Pulso de aire
9. Igualación de presión
10. Fin

HORNOS DE SECADO Y HORNOS DE ESTERILIZADO

Entre los instrumentos mas usados en el laboratorio se encuentran: los microscopios las centrifugas, los mecheros, las estufas o incubadoras bacteriológicas y los hornos de secado y esterilizado.

Estos últimos tienen la función común de generar un ambiente de calor seco, a una temperatura constante: las incubadoras para permitir el cultivo de las bacterias en algunas pruebas, y los hornos que se utilizan para esterilizar y secar instrumentos que se utilizan en los diferentes procesos y rutinas de investigación dentro del laboratorio clínico.

Características comunes

- Calefacción obtenida por resistencias eléctricas.
- Ventana de observación construida de vidrio templado o de pyrex.
- Indicador externo del ciclo activo del aparato.

Características no compartidas

- -Temperatura: Estufa de cultivo: 36.5 hasta 60 °C.
Horno de secado: 50 hasta 70 °C.
Horno de esterilizado: 30 hasta 200 °C.
- Horno utiliza corrientes de convección.
- Estufa de cultivo es totalmente hermética.
- Horno se utiliza para secado y esterilizado, variación de temperatura no afecta en gran medida a los procesos.
- Estufa de cultivo se exige que la temperatura se mantenga en un rango de variación máximo de 1°C.

EL CALOR Y SU CONDUCCION

El calor es una forma de energía producida por el movimiento de los átomos y moléculas que integran un cuerpo. Entre los distintos cuerpos existe un constante intercambio de calor, dado que las diferencias de temperatura tienden a equilibrarse entre si. Un cuerpo transmite calor a otro más frío y lo absorbe de uno que este a temperatura más elevada.

Dependiendo del tamaño y del tipo de material de los objetos, así como de la temperatura a la que se encuentran así es la cantidad de energía calorífica que contienen. La energía calorífica fluye naturalmente en una sola dirección: Desde los objetos de mayor temperatura a los de menor temperatura.

TRANSFERENCIA DE CALOR

Se considera que la transferencia de calor se lleva a cabo, en general, por tres procesos:

CONDUCCION: Es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra, o a otro cuerpo por la interacción en un intervalo pequeño, de moléculas o electrones.

CONVECCION: Es la transferencia de calor por la combinación de mecanismos de mezcla de fluidos y conducción.

RADIACION: Es la emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas. Todos los cuerpos irradian a temperaturas superiores al cero absoluto. La radiación incidente en un cuerpo puede ser: Absorbida, reflejada y transmitida.

CONDUCCIÓN

La transferencia de calor por conducción es el flujo de energía térmica como resultado de las colisiones moleculares. Por ejemplo si la punta de una barra de metal es mantenida en una llama, el calor es conducido a lo largo de la barra. Esta conducción es iniciada por la excitación o aumento de la vibración de las moléculas de metal que se encuentran en la punta caliente de la barra. Las moléculas excitadas entonces, colisionan con otras moléculas logrando su excitación. Este proceso transfiere energía térmica a lo largo de la barra y continúa tanto como la diferencia de temperatura sea mantenida a lo largo de las dos puntas.

El fenómeno de la conducción es más evidente en los cuerpos formados por moléculas muy próximas entre sí, como en los metales; mientras que los gases, por ejemplo, conducen el calor con más dificultad por estar sus moléculas muy dispersas.

CONVECCION

El mecanismo básico para la convección es una combinación de conducción y movimiento de fluidos. La convección ocurre siempre que una superficie esté en contacto con un fluido que tiene temperatura diferente a la de la superficie en cuestión.

Por ejemplo, considérese una pared caliente vertical y en contacto con un fluido muy frío. Con el transcurso del tiempo, el fluido en contacto inmediato con la pared se calienta por conducción, provocando que el fluido se haga menos denso. Debido a la diferencia de densidad se obtiene una fuerza de flotación resultante, provocando que el fluido más ligero se eleve y lo reemplace otra cantidad de fluido más frío, repitiéndose continuamente este proceso. Puesto que el movimiento del fluido queda establecido por fuerzas naturales, a este tipo de convección se le llama natural o libre. Se tienen otros ejemplos de convección natural en los mecanismos asociados con aire caliente que sale de los radiadores de calor caseros y del flujo del humo de cigarrillos en una habitación.

Si la pared antes mencionada fuera la de una habitación en una casa y se pusiera a funcionar un ventilador dirigido hacia la pared, entonces una fuente externa (el ventilador) provocaría el movimiento de fluido, dando por resultado un efecto de convección forzada. Otro ejemplo de convección forzada en los radiadores de automóvil. Hay una transferencia de calor por radiación de un radiador de auto, pero más bien el mecanismo para el flujo de calor es el de convección forzada. Si la velocidad del aire debido a la acción de un ventilador dirigido hacia la pared fuera suficientemente baja, suponiendo 0.5 pies por segundo, entonces el movimiento total del aire sería el resultado en parte debida al ventilador y en parte a la fuerza de flotación, resultando una convección combinada.

En el caso del Horno secador y esterilizador de instrumentos, cuando trabaja en el modo de esterilización teóricamente no existe humedad en el aire, por tanto el aire calentado por las resistencias se vuelve menos denso, subiendo a la parte más alta de la cámara. Como las resistencias se encuentran ubicadas en la parte inferior, habrá una circulación de aire por convección natural. Cuando trabaja en el modo de horno secador, el vapor resultante del agua calentada que se encuentra en el instrumental, también tiene una menor densidad que el aire, por lo tanto el vapor tenderá a subir hacia la parte superior de la cámara. Una convección forzada no sería necesaria en este caso, ya que aunque esta agilizaría el proceso, incrementaría los costos de funcionamiento del equipo.

RADIACION

La transferencia de calor por radiación involucra el flujo de energía térmica por medio de ondas electromagnéticas. La radiación difiere fundamentalmente de la conducción y convección en que no necesita la presencia de materia para realizar un movimiento de energía calorífica. Por esto se dice que todas las sustancias cuya temperatura se haya por encima de cero absoluto ($0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$) emiten calor.

AISLAMIENTO TERMICO

En la mayoría de procesos de Ingeniería, se necesitan etapas con aislamiento de calor, pues está vinculado directamente con la disminución de costos. Es posible aislar casi perfectamente un sistema colocándolo en un vacío y empleando técnicas de capas múltiples de hojas delgadas de aluminio. De hecho, la pérdida de calor a partir de un sistema de 100°C a las inmediaciones a temperatura ambiente, con un espesor de 100 mm de este tipo de aislamiento sería aproximadamente de $\frac{1}{4}$ de Watt por m^2 . El costo de este aislamiento generalmente es prohibitivo para los propósitos normales de Ingeniería, exceptuando posiblemente los sistemas criogénicos. El recubrimiento de vidrio de un termo, el espesor de un aislamiento alrededor de un tubo y el almohadillado en una bolsa para dormir, todos son compromisos entre la eficiencia térmica y el costo.

La conductividad térmica es una constante que depende de cada material, la cual se expresa generalmente en Watts/metro $^{\circ}\text{K}$, que representa el flujo de calor (Watts) a través de un metro de espesor del material a una diferencia de un grado Kelvin entre ambos extremos entre los cuales se da el flujo calorífico. Los materiales, que ofrecen mayor resistencia al flujo de calor por conducción, son los gases. Pero los gases permiten una notable transferencia de calor por radiación y convección, de manera que el calor transportado por conducción es solamente una pequeña fracción del total. Sin embargo, es posible limitar las corrientes de convección y la transferencia por radiación reprimiendo el gas, el cual usualmente es aire en un material fibroso y poroso. Si el material mixto de aire y fibras tiene la parte principal de su volumen ocupado por aire. Por ejemplo, cuando a una densidad aparente (lana y aire) de 80 Kg/m^3 se empaqueta la lana, tienen una conductividad efectiva (lana y aire) de $0.042 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ aproximadamente a la temperatura ambiente y la conductividad del aire a la misma temperatura es de $0.026 \text{ W}^{\circ}\text{K}$. Un aumento en la densidad de empaquetamiento podría disminuir la conductividad efectiva hacia $0.026 \text{ W}^{\circ}\text{K}$, pero hay un límite más bajo debido al comienzo de la convección cuando los espacios de aire llegan a ser grandes.

Para gran numero de aplicaciones de ingeniería se requiere un material de aislamiento con un grado de resistencia mecánica y se emplean comúnmente materiales tales como ladrillo para hornos, cartones de asbestos y cemento y espuma. En la tabla 5 puede observarse que la conductividad aumenta a medida que aumenta la temperatura. En las figuras 10 y 11 Se muestra la conductividad térmica de materiales aislantes y de aleaciones.

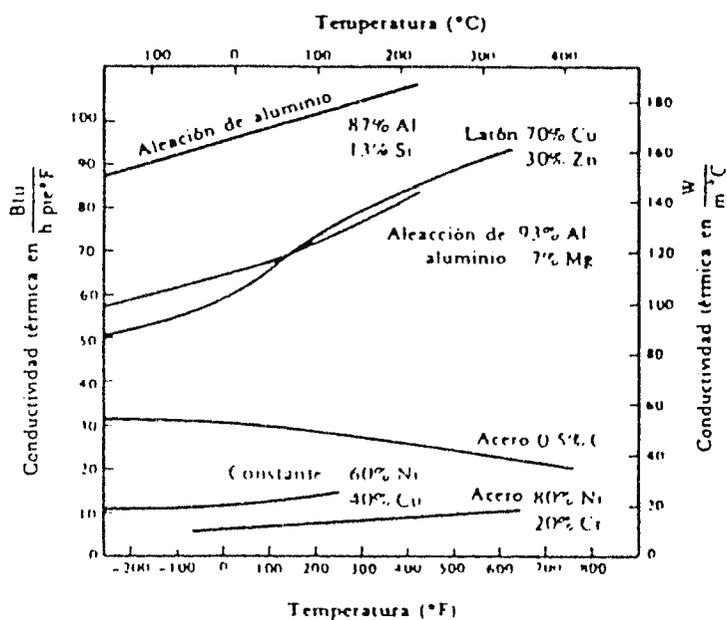


TABLA 5. Conductividad Térmica de las Aleaciones.

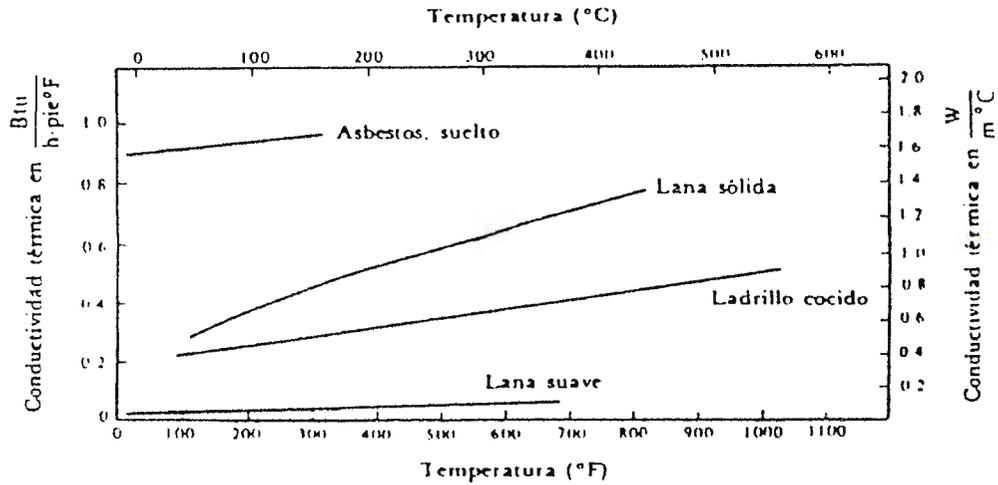


TABLA 6. Conductividad Térmica de Materiales Aislantes.

TABLA 7. Conductividad térmica aparente de algunos materiales aislantes en el aire.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/MK)			
	0 °C	100 °C	300 °C	500 °C
Filtro de Asbestos	0.16	0.19	0.21	0.23
Lana mineral	0.047	0.060	0.097	0.14
Ladrillo refractario	0.038	0.058	-----	-----
Lana animal	0.55	0.6	0.7	0.8
Sílice microporosa	0.017	0.021	0.03	0.04
Espuma de poliestireno	0.03	-----	-----	-----
Aire (para comparación)	0.024	0.032	0.045	0.056

MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA

TERMOMETROS CONVENCIONALES.

La palabra termómetro viene del griego *thermos*, que significa calor y *metron* que significa medida. Desde la antigüedad se han utilizado diversos métodos para medir la temperatura. El método más utilizado a nivel médico es mediante el termómetro de mercurio, el cual se basa en la propiedad de dilatación del metal líquido. Este metal (mercurio) se encuentra en una barra de cristal graduada, de modo que a medida que la temperatura aumenta, el mercurio se dilata, y por tanto va avanzando en la barra. A nivel industrial se utilizan termómetros basados en la dilatación de metales con coeficientes de dilatación conocidos.

TERMOMETROS ELECTRONICOS.

Aunque los termómetros convencionales son prácticos y económicos, en diversos sistemas y procesos se van utilizando cada vez más termómetros con una mayor precisión, los cuales se basan en propiedades eléctricas que varían con la temperatura. Estos se clasifican de acuerdo al tipo de transductor utilizado; los principales son las termocuplas y los termistores.

TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA

TERMOCUPLA.

Uno de los principales fenómenos utilizados para medir la temperatura es el efecto Peltier, el cual es producto de la combinación de dos fenómenos.

Trata de la aparición de un potencial de contacto entre dos metales distintos, que depende de los metales y de la temperatura de la unión (Efecto Peltier), y de la

aparición de un gradiente de potencial en un metal homogéneo, si hay en él un gradiente de temperatura (Efecto Thomson). Como resultado, en un circuito de dos metales distintos, con dos uniones a distinta temperatura, aparece una fuerza termoelectromotriz que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas. A la unión de estos dos metales se le denomina termopar o termocupla. La pendiente de la curva tensión-temperatura se denomina coeficiente Seebeck.

Al igual que los transductores piezoeléctricos, y a diferencia de los transductores resistivos, inductivos y capacitivos, los termopares son transductores generadores. Para aplicarlos a la medida de temperaturas, es necesario emplear dos uniones y mantener una de ellas a una temperatura de referencia. Para evitar los inconvenientes que surgen cuando se desea mantener una unión a temperatura constante, se procede normalmente a la denominada compensación electrónica de la unión de referencia. Consiste en dejar dicha unión a temperatura ambiente y, por tanto fluctuante de acuerdo a esta, y compensar la tensión generada en ella mediante la inyección en el circuito de medida, de una tensión opuesta obtenida a partir de un sensor de temperatura adecuado.

Un inconveniente de los termopares es su baja sensibilidad, pues suele estar entre 7 y 75 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. La linealidad de la relación temperatura-fuerza termoelectromotriz depende de los metales empleados, y aunque es muchísimo mayor que en un termistor, a veces puede ser necesaria una corrección. Al medir hay que mantener muy pequeña la corriente que circule por las uniones, pues de lo contrario, estas alcanzan una temperatura distinta a la que se desea medir. Por su pequeño tamaño, los termopares tienen una respuesta rápida y además una estabilidad a largo plazo aceptable, lo que unido a su simplicidad y bajo precio de algunos modelos los convierte, junto con los termistores, en una alternativa a considerar en la mayor parte de los casos en que interesa medir una temperatura. Se han aplicado, en concreto, a la medida de la temperatura interna del cuerpo humano, del citoplasma celular (con uniones de menos de 1 μm), y múltiples mediciones de temperaturas a nivel industrial.

COMPENSACION DE LAS TERMOCUPLAS.

Un hecho importante en la utilización de las termocuplas tiene que ver con la variación de la temperatura ambiente de las uniones frías. La situación es la siguiente: Si conocemos la temperatura de la unión fría, entonces en lugar de relacionar la lectura del voltímetro a la diferencia de temperatura, podríamos relacionarla a la temperatura misma de la unión caliente. Esto sería posible debido a que podríamos elaborar tablas de temperatura versus voltaje que reflejen el hecho que la unión fría se encuentra a una temperatura de referencia conocida.

Como ejemplo, consideremos la termocupla tipo J en la figura 12. La gráfica muestra que una temperatura de 400°F, el voltaje de la bucla de la termocupla es 12 mV. Si sabemos que la unión fría estará a 75°F, entonces podríamos concluir que un voltaje de bucla de 12 mV representa una temperatura de la unión caliente de 475 F. ($475 F - 75 F = 400 F$).

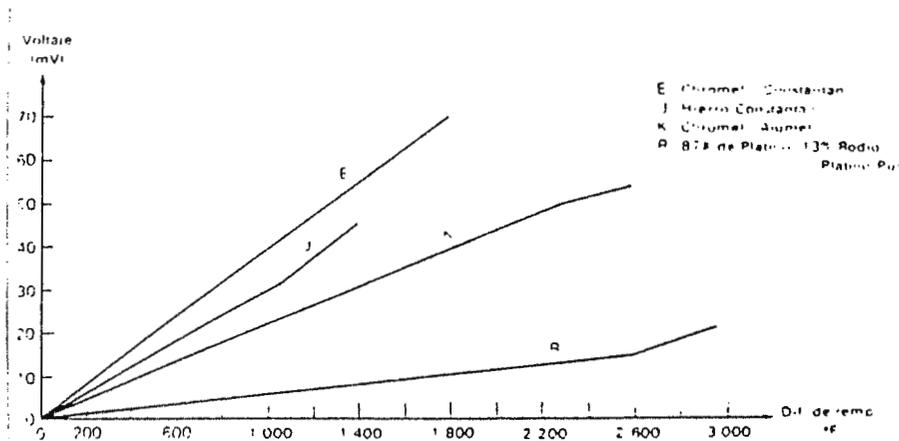


Figura 11-8. Curvas de voltaje versus temperatura para termocuplas tipo E, J, K, y R. Las palabras *chromel*, *constantan*, y *alumel* son nombres de fábrica propiedad de diferentes fabricantes de conductores de termocuplas.

FIGURA. 10. Curvas de voltaje versus temperatura para termocuplas tipo E, J, K y R.

Para que la técnica anterior funcione con exactitud, la unión fría debe mantenerse constante a la temperatura de referencia de 75°F. Esto generalmente no es práctico a menos que los instrumentos medidores de temperatura puedan localizarse en un cuarto con aire acondicionado. Con toda probabilidad el instrumento de medida se localizará con el equipo y la máquina industrial. Debido a esta situación existirán variaciones de temperatura en la unión fría, por tanto las buclas de termocupla industriales deben ser compensadas.

Un método simple de compensación automática se ilustra en la figura 13. Las dos fuentes de voltaje DC y las cuatro resistencias están conectadas de manera que los voltajes a través de R2 y R3 están en oposición. La polaridad de los voltajes a través de R1 y R4 no tiene importancia dado que R1 y R4 están fuera de la bucla de la termocupla. R3 es una resistencia sensible a la temperatura que tiene un coeficiente térmico negativo. Eso significa que su resistencia disminuye a medida que aumenta su temperatura. El circuito está diseñado de tal manera que a 75°F el pequeño voltaje a través de R3 iguale al pequeño voltaje a través de R2. Los voltajes a través de estas dos resistencias se cancelan exactamente uno con otro y no es afectada la lectura de voltaje. Ahora, si la temperatura de la unión fría aumentase por encima de los 75°F, la lectura del voltímetro tendería a disminuir debido a la menor diferencia entre las uniones fría y caliente. Esto tendería a mostrar una temperatura medida que es menor que la temperatura real en la unión caliente. Sin embargo la resistencia R3 disminuye a medida que aumenta la temperatura de la unión fría, lo cual da como resultado un voltaje mas pequeño a través de sus terminales. Por tanto el voltaje de R3 no iguala al voltaje de R2 en consecuencia la combinación de R2 y R3 introduce un voltaje neto en la bucla el cual tiende a aumentar la lectura del voltímetro. Debido al diseño del circuito de compensación el voltaje neto introducido por R2, R3 exactamente cancela la disminución en el voltaje de bucla introducida por el aumento de temperatura en la unión fría.

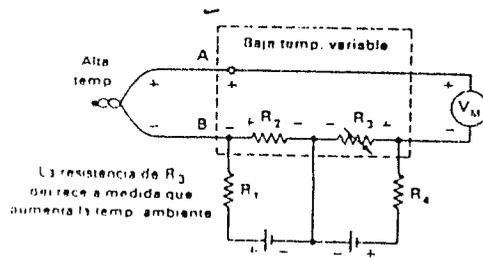
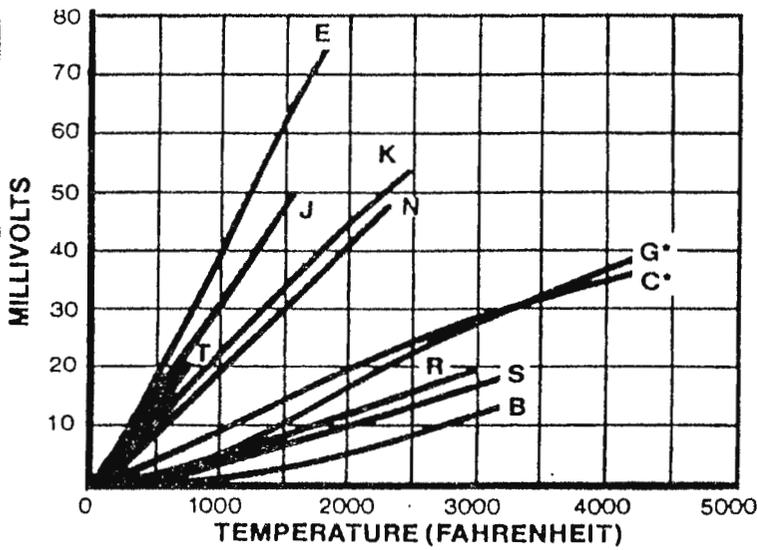


FIGURA. 11. Bucla de Termocupla compensada contra variaciones de la temperatura de la unión fría.

TIPOS DE TERMOCUPLAS

Para evitar el problema de identificar las termocuplas por el nombre de fábrica registrado por los propietarios, se ha adoptado un código de una letra para los tipos de termocuplas. De este modo, las termocuplas tipo J tienen la respuesta que se muestra en la Figura 12, sin importar que nombre en particular se utilice para identificar la aleación metálica. En la figura 11 se muestra una gráfica con el comportamiento temperatura versus voltaje de salida para un mayor número de tipos de termocuplas.



ANSI Symbol

- T Copper vs. Constantan
- E Chromel vs. Constantan
- J Iron vs. Constantan
- K Chromel vs. Alumel
- N* Omegalloy™
(Nicrosil-Nisil)
- G* Tungsten vs. Tungsten 26% Rhenium
- C* Tungsten 5% Rhenium vs. Tungsten 26% Rhenium
- D* Tungsten 3% Rhenium vs. Tungsten 25% Rhenium
- R Platinum 13% Rhodium vs. Platinum
- S Platinum 10% Rhodium vs. Platinum
- B Platinum 30% Rhodium vs. Platinum 6% Rhodium

*Not ANSI Symbol

FIGURA. 12. Curvas de voltaje versus temperatura para 10 tipos de termocoplas, con su respectivo código ANSI.

EL TERMISTOR

Los termistores son dispositivos electrónicos constituidos en base a un semiconductor (especialmente Manganeso y Níquel), los cuales presentan cambios en su resistencia eléctrica cuando existen variaciones en su temperatura. Los termistores pueden ser de coeficiente de temperatura positivo (PTC) si al aumentar la temperatura, también aumenta su resistencia (variación de la temperatura directamente proporcional al cambio de resistencia), o pueden ser de coeficiente de temperatura negativo (NTC) si al aumentar la temperatura disminuye la resistencia (variación de la temperatura inversamente proporcional al cambio de resistencia).

Aunque los termistores presentan un comportamiento no lineal, tienen una alta sensibilidad, por lo que permiten obtener una gran resolución. A la vez, la resistividad de los materiales empleados (óxidos dopados) es alta, de forma que se puede tener un elemento útil con una masa pequeña y, por tanto, con una respuesta rápida. En un margen de temperatura de 0 a 50°C, la evolución de su resistencia con la temperatura puede expresarse mediante la ecuación:

$$R(T) = R_0 \exp B(1/T - 1/T_0)$$

donde las temperaturas están expresadas en la escala Kelvin, y R_0 es la resistencia a temperatura T_0 . Al parámetro B , que depende del material se le denomina temperatura característica.

Además de la falta de linealidad, otro inconveniente es su inestabilidad con el tiempo y con el medio. Las primera se resuelve mediante un envejecimiento artificial previo a la comercialización, mientras que un recubrimiento de vidrio suele ser suficiente para evitar el segundo problema citado. Un último inconveniente es que no suelen ser intercambiables, salvo en el caso de unidades especiales.

Los márgenes de temperatura cubiertos por los distintos modelos comercializados, van desde -100 a 450°C, por lo que cubren de sobra las necesidades de la instrumentación médica. Su resistencia va desde 0.5 a 100MΩ. La temperatura característica es de 2000

a 5500 °K, y la constante de tiempo térmica de 1ms a 22s.

Los termistores se aplican no sólo a la medida de la temperatura, sino también a la medida de flujo (anemómetros) y de gasto cardíaco por termodilución (disponiéndolos en catéteres); a la medida de la composición de gases en la respiración (basándose en su distinta conductividad térmica); a la detección del ritmo respiratorio, etc.

CONTROL DE TEMPERATURA

El control de temperatura es el componente medular de un sistema que proporciona calor.

Entre los tipos de controles disponibles se encuentran:

- a) Controles todo o nada
- b) Controles proporcionales
- c) Controles integrales
- d) Controles derivativos
- e) Controles proporcionales-integrales
- f) Controles proporcionales-integrales-derivativos

El control proporcional. Este modo de control se caracteriza porque existe una ligera relación lineal entre la salida del controlador y el error. El error es la diferencia entre la señal de referencia establecida y la señal que proviene del parámetro o variable a controlar.

El funcionamiento del control proporcional puede ser expresados por la siguiente ecuación: $P = K_p E_p + P_o$

Donde: K_p , es la constante de proporcionalidad entre la salida del control y el error

P_o , es la salida del controlador cuando no hay error.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la modificación de una incubadora bacteriológica a un horno secador y esterilizador de instrumentos, con el correspondiente diseño de su control de temperatura.

Dicha incubadora estaba construida con ángulos de madera los cuales constituían la estructura de soporte y de paredes de plycem de 1 pulgada de espesor. Presentaba en su interior 3 estantes y doble puerta: Una interior de vidrio templado con marco de acero inoxidable, y una exterior de plycem usada como una protección para el vidrio y para conservar aún mejor la temperatura dentro de la incubadora. Cada puerta estaba compuesta por dos hojas, por lo tanto se dividía en 2 secciones de iguales dimensiones conectadas internamente. El hecho de poseer doble puerta evitaba que el calor se pierda al permanecer totalmente abierta y así solo abrir la sección de interés al laboratorista.

Las dimensiones físicas de la incubadora:

83 cm. de alto

51.5 cm. de profundidad

98 cm de ancho

0.12 metros cúbicos de volumen.

Las modificaciones físicas realizadas en el proyecto son:

1-Paredes de plycem por paredes dobles: conservando la pared de plycem y colocando una subdivisión interna (cámaras) internas de acero inoxidable con un espacio entre ellas de 1 plg.; colocando material refractario entre la pared interna y la pared externa.

La cámara interna del horno está rodeada por una capa de material refractario para evitar las fluctuaciones de calor entre su interior y el exterior. Esto es una protección adicional para el circuito de control. El aislamiento térmico antes no era necesario, ya que las temperaturas a las que opera la incubadora bacteriológica son menores a los 50 °C.

Modo de operación:

Horno secador: Utiliza corrientes de convección y requiere de un mayor flujo de aire para eliminar todo resto de agua presente en el equipo recién lavado.

Horno de esterilización: Utiliza un sistema totalmente aislado en el cual se busca la eliminación total de las bacterias y microbios presentes en el instrumental de laboratorio.

En cuanto a la modificación eléctrica la incubadora constaba de un control de potencia eléctrico simple (termostato), además la medición de temperatura se hacía por medio de un termómetro de mercurio colocado en su exterior.

El horno implementado cuenta con:

A. Un control de temperatura electrónico el cual regula la potencia eléctrica suministrada a las resistencias de calefacción.

El control de temperatura consta de:

A.1)Entrada de datos

A.2) Sensor

A.3)Control

A.4)Resistencias

A.5)Alarma de sobre temperatura.

A.1)Entrada de Datos:

El valor de temperatura se selecciona por medio de un interruptor el cual fija el valor de temperatura y tiempo adecuado para cada uso (Solamente para esterilizado). Este valor de temperatura es mostrado en visualizadores numéricos, el valor seleccionado es transformado a un valor de referencia proporcional al cual debe calentar la resistencia.

A.2) Sensor:

Este consiste en una termocupla, la cual transforma la temperatura en el interior del horno a un voltaje proporcional, el cual es comparado con el voltaje establecido como referencia en la entrada de datos. Este voltaje es muy pequeño, por lo tanto necesita ser amplificado para poder ser utilizado.

Se ha seleccionado la termocupla (termopar) ya que posee una respuesta rápida, una estabilidad a largo plazo aceptable y un precio relativamente económico.

A.3) Control:

Es un circuito electrónico en el cual, tomando como base la salida proveniente de la comparación de las dos diferencias de potencial provenientes de la referencia (entrada) y del sensor, controla la potencia suministrada a la resistencia.

A.4) Resistencias:

Utilizadas como la fuente que genera el calor necesario para los propósitos antes enmarcados. Los rangos de temperatura se han establecido de acuerdo a las normas de esterilización a calor seco confrontando con investigación bibliográfica e investigación de campo para asegurar un proceso de esterilizado confiable (Ver Tabla 2).

A.5) Alarma de sobre temperatura:

Es un circuito de comparación entre dos temperaturas, Este proporciona una diferencia de potencial de referencia máxima para la cual está permitido que la temperatura de la recámara aumente. En el caso de presentarse una sobre temperatura esta referencia activará un circuito indicando así, una sobre temperatura.

B. Indicador de temperatura en su exterior, compuesto por visualizadores numéricos que muestran en forma continua la temperatura seleccionada.

C. Control de los procesos. El cual consiste en indicadores luminosos (leds) que al activarse advierten la ejecución de un proceso o estado específico.

D. Protección eléctrica de clase I.

Un equipo de clase I, tiene como medida de protección además del aislamiento básico un medio para conectar a tierra sus partes accesibles por medio del conductor de protección de la instalación a tierra.

Esta conexión drena a tierra las corrientes de fuga debidas a los acoplamientos capacitivos entre las partes internas sometidas a tensión y las partes conductoras accesibles, corrientes inducidas por transformador. En otras palabras, evita las descargas eléctricas sobre los operadores o aquellas personas que entren en contacto con alguna parte metálica del equipo, la cual a su vez se encuentra elevada a un potencial eléctrico. Para nuestro caso principalmente 110 o 220 voltios rms.

Un punto de mucha importancia tomado en cuenta a la hora del diseño electrónico del control de temperatura es que presente características de:

- Precisión.
 - Versatilidad
 - Fácil mantenimiento.
- Precisión en el sentido que el circuito presentado logre tener exactitud en cuanto al parámetro de temperatura en un pequeño rango de fluctuación.

Gracias a la precisión de este circuito, la cámara de esterilizado por ser un sistema totalmente cerrado y aislado del exterior podría funcionar como lo haría una incubadora pues presenta un buen control en la regulación de calor dentro de esta con lo cual no es difícil mantener una temperatura apropiada para el desarrollo de los cultivos bacteriológicos.

- Versatilidad, de modo que el control de temperatura es solo una de las aplicaciones para el circuito diseñado, y, con modificaciones en otros ambientes, puede controlar diversas variables como: la velocidad de un motor, la humedad dentro de un ambiente.

la iluminación, el nivel de sonido, etc.

- Facilidad de mantenimiento pues se construye con materiales y elementos disponibles dentro del mercado local.

El circuito de control está ubicado en una caja aislada del calor para que este no afecte su funcionamiento, dejando únicamente visibles el interruptor de encendido, el selector de temperatura, el visualizador de la temperatura, el visualizador de tiempo y el selector de función.

DESCRIPCION DEL SISTEMA UTILIZADO

DIAGRAMAS DE BLOQUE

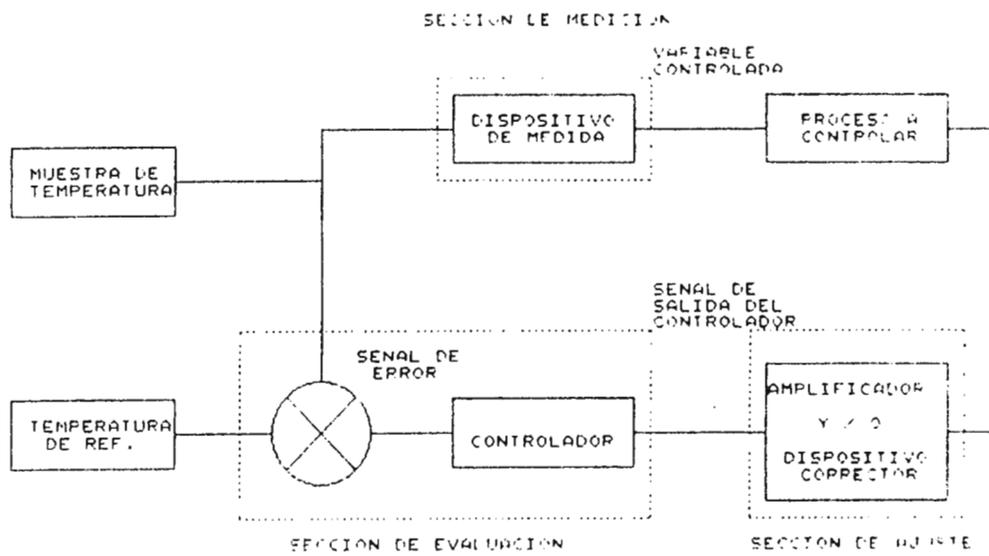


Fig. 13 Diagrama a bloques del control proporcional.

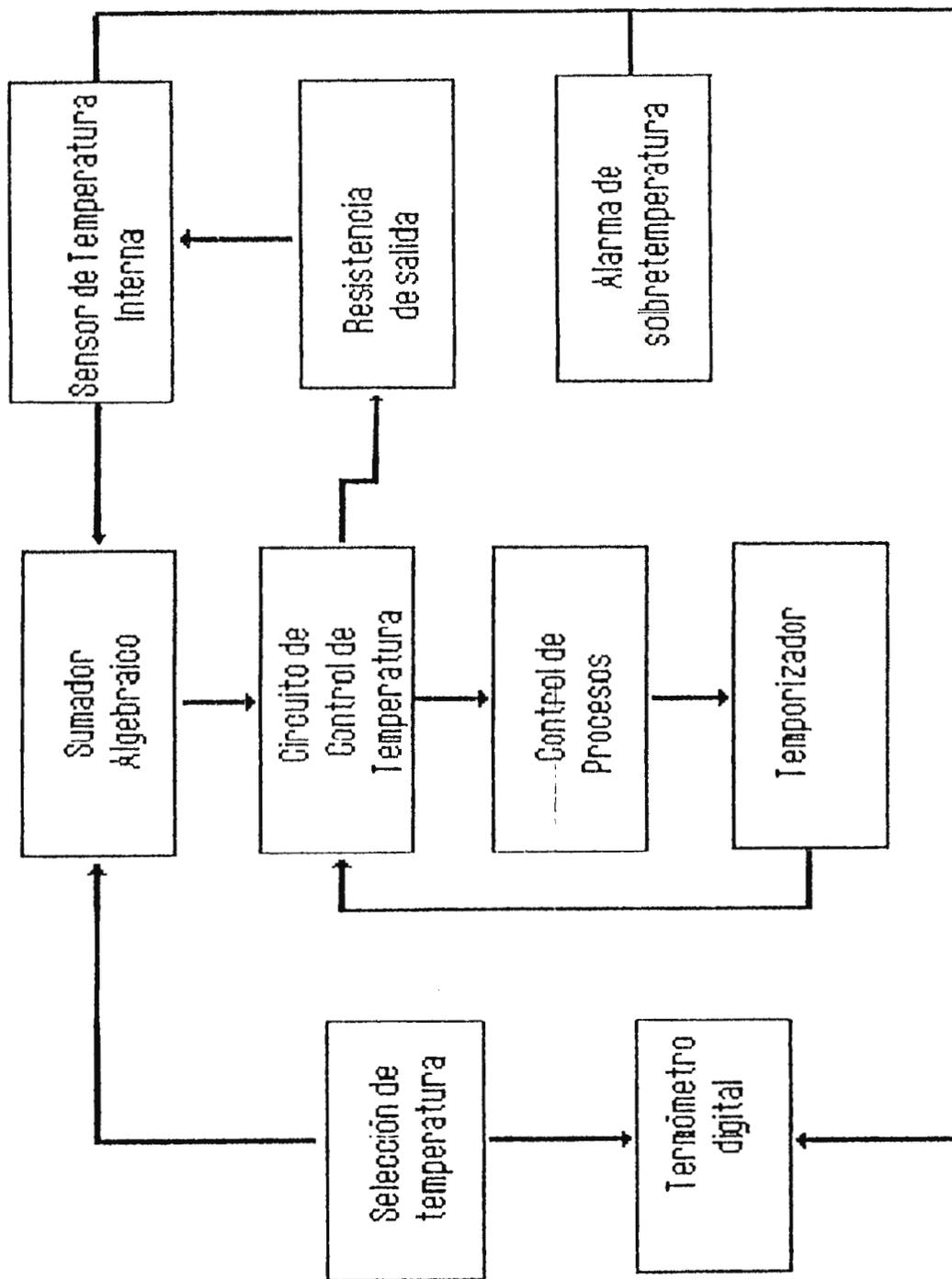
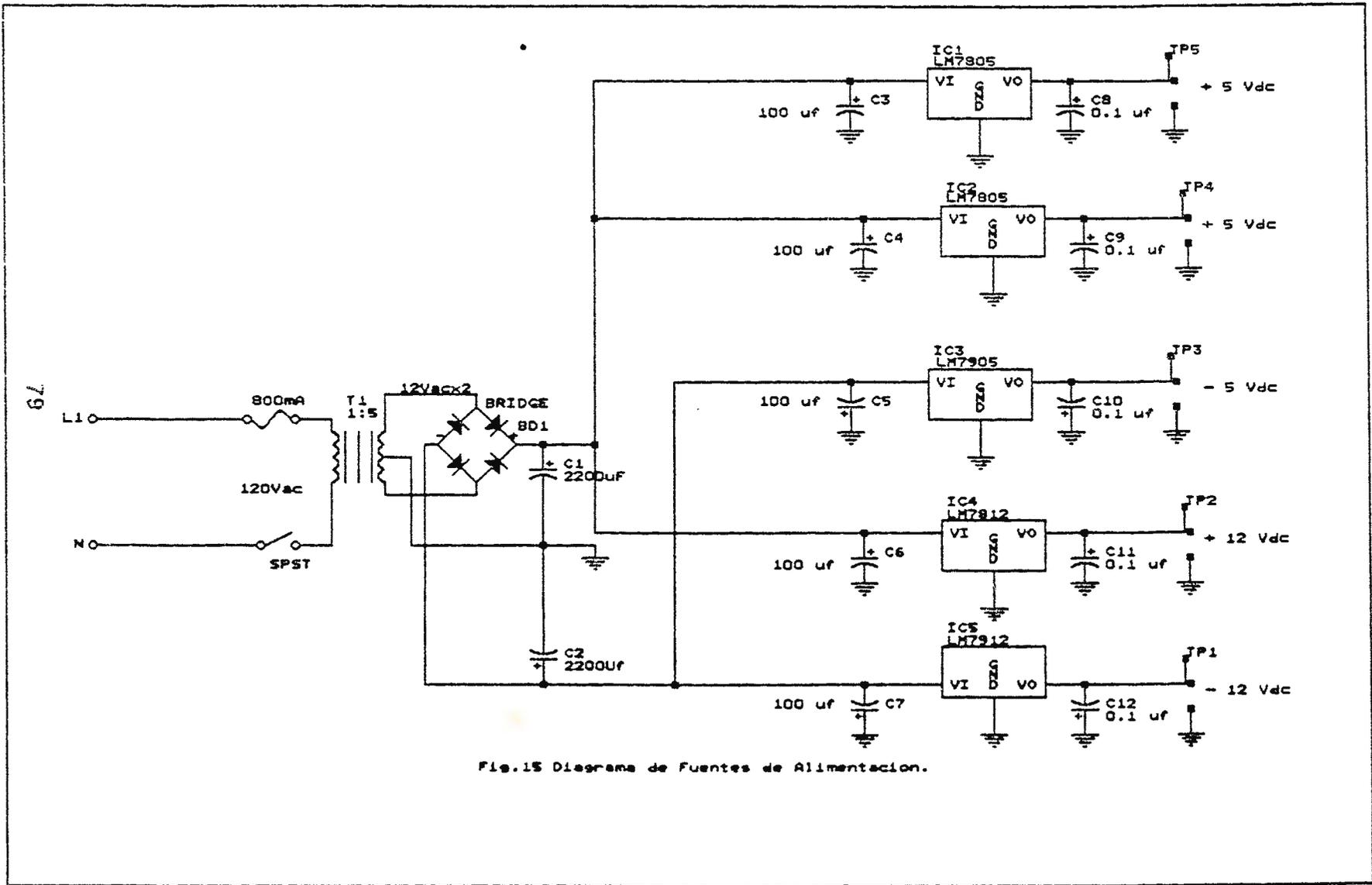


Fig. 14 Diagrama a bloques del sistema implementado.

1. FUENTE DE ALIMENTACION

Los dispositivos electrónicos funcionan con corriente directa por lo cual es necesaria la rectificación de la corriente alterna que es tomada de la red de 110 voltios. Es necesaria la reducción del voltaje de línea a través de un transformador reductor (T1) el cual disminuye el voltaje hasta 36 Vac con una línea de referencia o tap central. Este es rectificado por medio de un puente de diodos (BD1) para así obtener un voltaje DC pulsante el cual es aplicado a un filtro capacitivo C1 y C2 para así obtener un voltaje DC lineal. Este voltaje es utilizado para la alimentación de los diferentes circuitos tomando para cada uno de estos un valor fijo de voltaje el cual es obtenido a través de reguladores fijos de voltaje (IC1 - IC5). (FIG. 15)



2. TERMOMETRO DIGITAL

Para los procesos de secado y esterilizado es necesario llevar la temperatura a dentro de la recámara a valores determinados para asegurar un óptimo resultado. Como se ha mencionado anteriormente la temperatura de esterilizado será de 170 °C y la de secado será de 100°C. La termocupla provee un voltaje proporcional con incrementos lineales a la temperatura a la que está sometido. Este voltaje es amplificado por un amplificador de instrumentación formado por IC14-IC15 e IC16 y es aplicado al pin inversor del IC18, fig.16 , el cual provee una ganancia unitaria y cuyo propósito es el de invertir el voltaje de entrada para trabajar con voltajes positivos.

El dispositivo encargado de convertir una señal analógica a una salida digital es el convertidor analógico-digital IC6. Este integrado recibe un voltaje discreto y ofrece la conversión de dicha entrada en código de 7 segmentos de hasta 3.5 dígitos.

Pero no puede aceptar como voltaje de entrada voltajes mayores de 2 voltios.

El convertidor utilizado es el 7107 que además de las ventajas mencionadas necesita únicamente la conexión de una resistencia R2 y un capacitor C13 para proveer el reloj de oscilación cuya frecuencia viene dada por la siguiente ecuación:

$$F=45/R2C3$$

Con el divisor de voltaje para la entrada de voltaje de referencia al pin 36, se fija un nivel de $V_{ref}/2$ indicando que cuando el voltaje de entrada, pines 30 y 31 sea igual al voltaje de referencia se obtiene media escala y cuando el voltaje de entrada es dos veces el voltaje de referencia, escala completa. (Con T^a max. 1999).

Un resistor de integración debe conectarse al pin 28 para mantener una óptima región de linealidad en el rango de los voltajes de entrada.

Además de la resistencia de integración R12 se conecta un capacitor que debe ser seleccionado de tal manera que al máximo voltaje de operación no saturé al oscilador. El valor nominal de este capacitor es de 0.22uf C17.

Al pin 29 se le conecta un capacitor que ofrece proteger al integrado del ruido C16. Los valores típicos para este capacitor son de 0.47 a 0.047 uf.

A través de R9, R10 y R11 se pone a escala el voltaje de entrada para realizar la conversión de voltajes en el orden de los milivoltios y operar dentro de los límites de IC6.

Existen tres temperaturas a visualizar, dos temperaturas de programación que corresponden a 100° C y a 170° C y otra temperatura que corresponda al valor existente en la recámara. La selección de estas temperaturas es posible con el cierre de un interruptor de un polo tres tiros. Las temperaturas programadas para 100 y 170 °C se consiguen con divisores de voltaje, R5, R6, R7 y R8.

R7 y R8 son potenciómetros de precisión para obtener exactitud en los voltajes proporcionales a las temperaturas programadas.

Temperatura	100 °C	160 °C	170 °C	200 °C
Voltaje	2.91 V	4.28 V	4.54 V	5.34 V

Tabla 9. Voltajes proporcionales a temperaturas utilizadas.

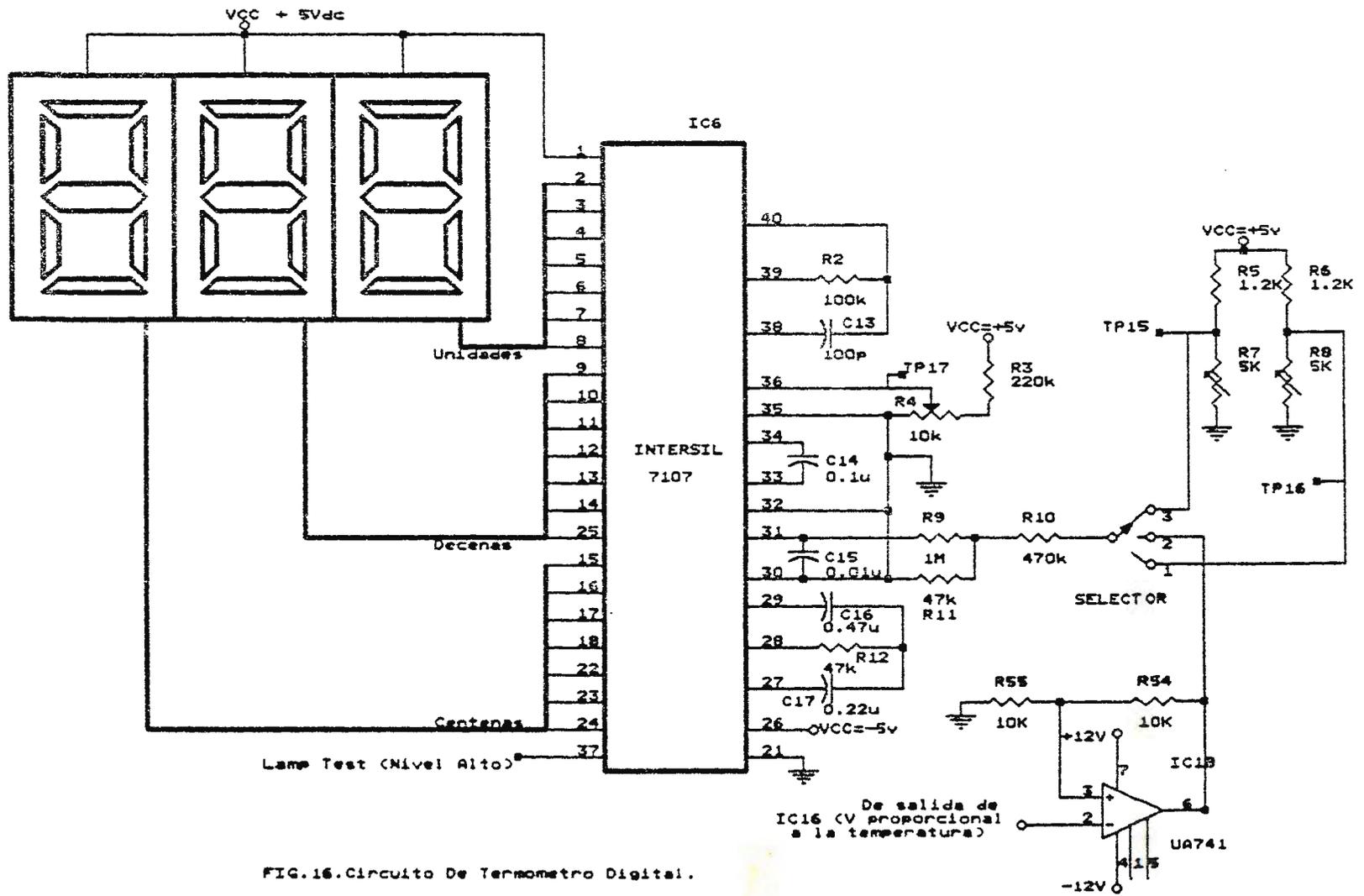


FIG.16.Circuito De Termometro Digital.

1. CONTROL DE TIEMPO

El proceso de esterilización se realiza durante un intervalo de tiempo dependiendo de la temperatura en recámara. En esterilizado se utiliza la temperatura de 170 °C por una hora. Este circuito de temporizado se logra de la conexión en cascada de dos contadores decadales 74192 (IC10 e IC11) y cuyas salidas binarias son convertidas a código de 7 segmentos por medio de IC12 e IC13 (Decoders) para display de ánodo común. Fig18.

Puesto que el tiempo de esterilización es de 60 Minutos, se utiliza la carga paralela de los contadores y así presentan el No. 60 en decimal, gracias a una red RC que dá el nivel de carga a los pines H de los contadores.

El tiempo de esterilización debe ser efectivo desde el momento que la recámara sobrepasa un umbral. Esto se hace con un comparador IC9, El cual, cuando el voltaje a la salida de IC18 sea menor que un voltaje predeterminado a la temperatura de umbral (Aprox .170 °C), se saturará negativamente, inhabilitando el regulador serie 4. Cuando el voltaje de umbral es sobrepasado, significa que la temperatura en la cámara es la deseada para iniciar el tiempo de esterilización. El comparador se saturará positivamente, polarizando la base de Q4 que actuará como una fuente de voltaje para el oscilador de relajación.

Oscilador de Relajación.

El oscilador de relajación es formado por R37, R38, R39, R41, C20, y PUT 1 y funciona de la siguiente manera:

Un voltaje fijo se establece en el divisor de R38 y R39 (V_{gate}) este voltaje viene dado por la siguiente fórmula $V_G = (R_{38}/R_{38} + R_{39}) * 12 \text{ Vdc} + 0.7\text{V}$.

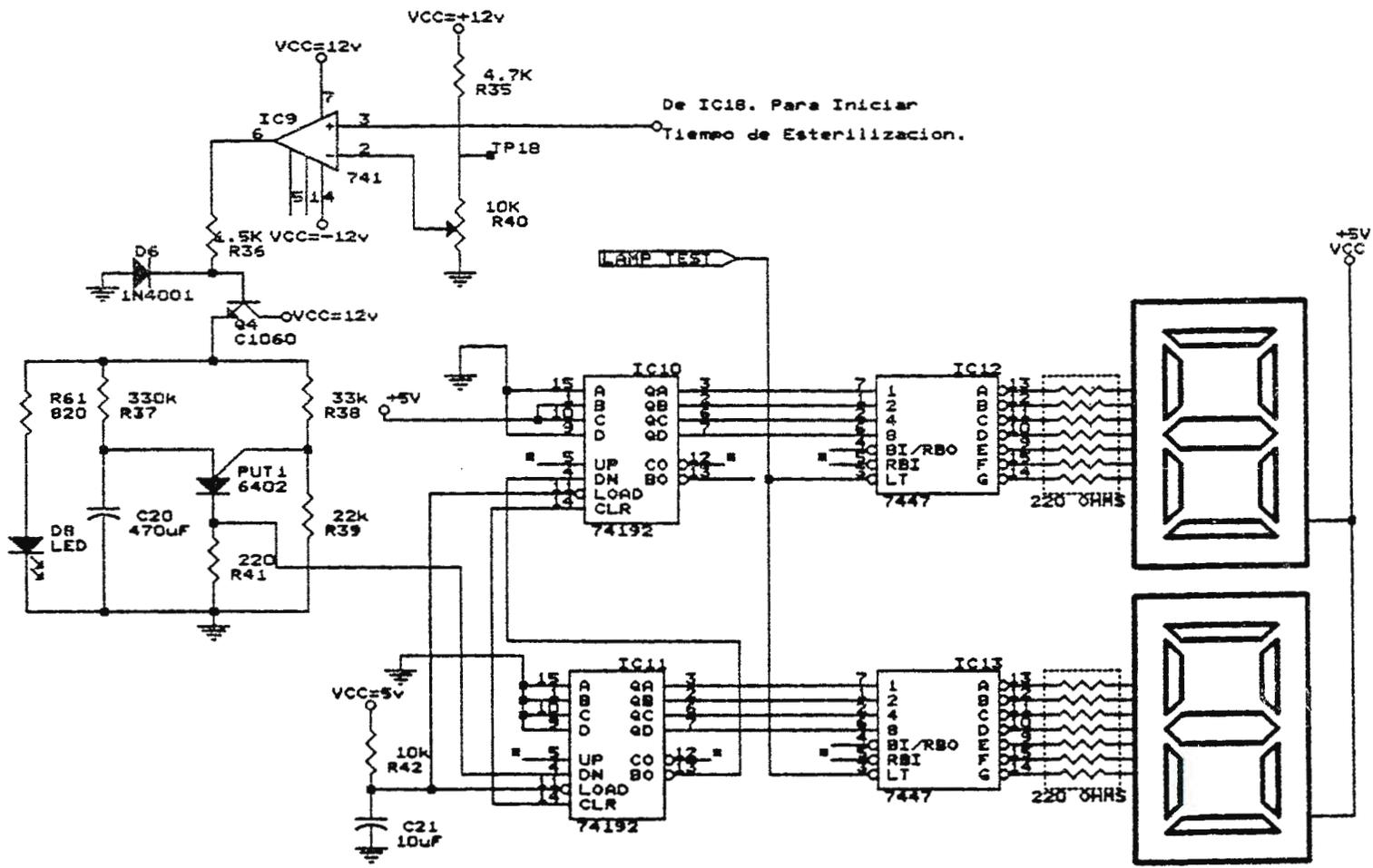
VG: El condensador C20 se carga a través de R37. Como se desea un pulso de descarga de C20 en R41 cada 60 sec. La fórmula del período de oscilación es

$$T = R_{37}C_{20} \ln (12 \text{ Vdc}/12 \text{ Vdc} - V_p)$$

Donde $V_p = V_g + 0.7\text{V}$

Cuando el capacitor C20 sobrepase en 0.7 V el V_g se hará fluir una corriente a través del ánodo de PUT1 hacia el cátodo haciendo que el condensador se descargue en R41 dando un pulso de reloj hacia los contadores. Como el capacitor se descarga, V_g vuelve a ser mayor que el voltaje en el ánodo y se abrirá Put1 repitiendo el ciclo cada minuto.

84



De IC18. Para Iniciar
Tiempo de Esterilizacion.

■ No Conexion.

FIG.17 Circuito De Temporizacion.

2. CONTROL DE TEMPERATURA

En conjunto el control de temperatura funciona de la siguiente manera:

Un transformador toma la señal AC senoidal de 110 voltios para reducirla a 36 voltios rms con tap central, este transformador es el utilizado en la fuente de voltaje. Luego la señal pasa por un divisor de voltaje (R13 Y R14) para tener un voltaje de 6.36 voltios pico, el cual entra a un detector de cruce por cero (IC 7A e IC 7B). Este detector de cruce por cero maneja un transistor Q1 entre los estados de saturación y corte, lo cual permite descargar rápidamente o permitir la carga de un capacitor C18. Este capacitor está alimentado por una fuente de corriente constante (R34 y Q2), de modo que su señal de carga tenga una forma lineal, obteniéndose así una rampa. Esta rampa es invertida por un amplificador sumador IC8, el cual suma -10 voltios (R21) a la señal, de modo que a partir de la rampa ascendente del capacitor, se obtenga una descendente. Esta señal de rampa de voltaje es introducida a una ventana determinada por la señal de error de retroalimentación (Red de R27-R30 e IC7C-IC7D). La señal de error de retroalimentación proviene de la resta de la señal obtenida por la termocupla (IC17) y la programada por el usuario. La salida del detector de ventana controla a su vez un circuito de disparo del optotriac (OP1), mediante un transistor.

El optotriac es el que se encarga de disparar al triac (Q5), inyectando corriente a la compuerta de este, cada vez que es disparado por el detector de ventana. De este modo cada vez que la temperatura programada sea mucho mayor que la sensada, el sistema disparará al triac al principio de la onda senoidal de 220V. A medida que la diferencia de la temperatura sensada y la programada es menor, el comparador de ventana dispara al triac mucho más cerca del final de la rampa descendente, es decir, mucho más alejado del inicio del ciclo de la onda de 220V.

A. Detector de cruce por cero

Este sistema toma la señal del voltaje reductor utilizado en la fuente de voltaje DC, y es introducida a un divisor de voltaje (R13-R14), el cual proporciona un voltaje de 6.36 voltios pico a un detector de cruce por cero, el cual es el núcleo de la sincronización del sistema. Este detector de cruce por cero está formado por dos amplificadores operacionales, IC7A e IC7B, y una red de resistencias y potenciómetro como se muestra en el diagrama correspondiente, R15-R17. Este entrega una señal negativa a un interruptor de estado sólido, es decir, compuesto por un transistor, R22 y Q1. Si se detecta un cruce por cero, en ese instante, se envía un pulso positivo que cierra la conducción de los diodos D1 y D2, y por tanto, permite la activación del transistor Q1, con lo cual se efectúa la descarga rápida del capacitor C18. Cuando la señal de entrada ya no es cero se envía un pulso negativo, que drena la alimentación de la base del transistor, permitiendo así la carga del capacitor. Con esto con cada semiciclo de la señal de alimentación, se generará una rampa lineal.

B. Generador de rampa

Este generador es activado y desactivado como se explicó anteriormente por el detector de cruce por cero. La rampa es generada por la carga de un capacitor C18 a través de una fuente de corriente constante, Q2 y R34, con lo cual se logra que el cambio de voltaje entre sus terminales (el cual es proporcional a la corriente de carga) sea lineal. La fuente de corriente constante consiste de un transistor Q2 (pnp) el cual tiene una configuración de ganancia unitaria y su base alimentada por un voltaje y corriente constante permite una salida de corriente constante.

Luego esta señal de rampa es invertida. Para lograrlo esta es sumada mediante el amplificador operacional IC8, el cual suma a la rampa invertida un nivel de referencia, para lograr que la rampa tenga un valor mínimo de 0 voltios.

C. Comparador de Ventana (IC7C-IC7D)

Este permite la comparación del voltaje de la rampa, con el voltaje de error entregado por el muestreo de temperatura. Así cuando el voltaje de error sea grande, la ventana se encontrará a un mayor valor, con lo cual dará a su salida un pulso positivo cuando el voltaje de la rampa esté dentro de la ventana fijada, es decir, sea alto, para lo cual necesita pasar casi todo el semiciclo de la señal. De este modo producirá una salida positiva que inhibirá la conducción de los diodos D4 y D5, activando al transistor Q3 que encenderá al diodo interno del optoacoplador OP.

D. Sistema de Optoacoplamiento y de potencia

El optoacoplador (en este caso optotriac), OP1, consiste en un triac, Q5, activado en forma óptica por un led (Ver sección de explicación de dispositivos utilizados). El optotriac está conectado a la compuerta de un triac de potencia, el cual está conectado a las resistencias calefactoras (Z1 y Z2) y a la red de 220 voltios; es decir, que este último es el encargado de manejar la conducción de las resistencias calefactoras. De esta forma cada vez que el transistor active al optoacoplador, se hará conducir al triac, y, por tanto, el encendido o apagado de las resistencias calefactoras.

E. Muestreo de la temperatura real

Este consiste en un sensor (termocupla tipo J, ver características técnicas en anexo), un amplificador diferencial (IC14 e IC15) y un sumador algebraico con ganancia (IC16). El amplificador diferencial está formado por dos etapas, una que consiste en un amplificador diferencial de tipo double ended y otro tipo single ended.

El amplificador diferencial "double ended" (IC14 IC15) es utilizado para poder tomar la señal proveniente de la termocupla (14.3 mV para 170°C y 8.55mV para 100°C), el cual le proporciona a la señal una ganancia de 15.7. A continuación un amplificador tipo "single ended" (IC16) amplifica diez veces más la señal. Esta configuración ha sido adoptada debido a que por su pequeño valor, la señal de la termocupla es sujeta a la interferencia de ruido por los sistemas de alimentación, así como efecto de carga por la

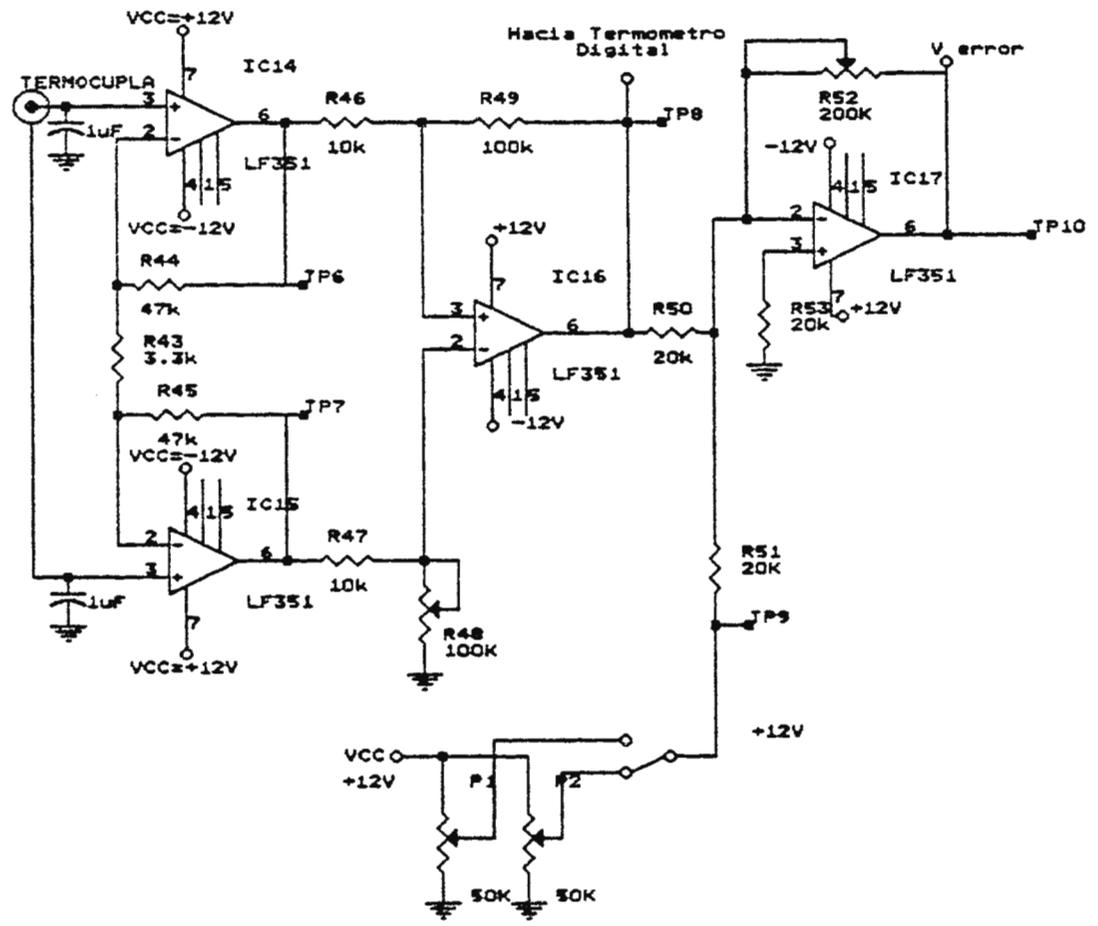


FIG. 10A Amplificador de Instrumentacion.

5. CONTROL DE PROCESOS

Para conseguir el esterilizado es necesario que la cámara alcance una temperatura, una forma gráfica de representar el ciclo de la esterilización es a través de un control de procesos que indica en forma consecutiva los estados por los que cruza la operación de esterilizado.

Se utiliza un código para indicar el estado de operación del circuito de control de todo el sistema.

En general se reconocen tres estados principales:

- 1- Encendido - Calentamiento
- 2- Activo - Esterilizando
- 3- Fin - Inactivo

La combinación de los indicadores visuales para los tres estados se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 8. Secuencia de los indicadores de los procesos para el esterilizado.

	D9	D8	D7
Encendido - Calentamiento	ON	OFF	OFF
Activo - Esterilizado	ON	ON	OFF
Fin - Inactivo	ON	OFF	ON

- 1- Encendido - Calentamiento: Está controlado de acuerdo con la puesta en funcionamiento del sistema, pues está conectado directamente a la alimentación principal, a través de R62 que actúa como resistencia limitadora de corriente para D9.
- 2- Activo - Esterilizando: Está controlado mediante el comparador de Temperatura formado por el IC9, el cual está sensando de una manera constante la temperatura dentro de la cámara a través de la termocupla. Mientras no se alcance la temperatura de esterilizado el comparador da a la salida saturación negativa porque el voltaje prefijado por el divisor de R35 y R40 es mayor que el voltaje proporcional a la temperatura dentro de la cámara. Cuando la cámara alcanza la temperatura de esterilizado IC9 bascula a saturación positiva polarizando el transistor Q4 que actúa como regulador serie, permitiendo la polarización de R61 y D8

indicando, por consiguiente, el estado activo.

- 3- Fin – Inactivo: Está controlado por medio de la etapa de tiempo formada por los contadores IC 10 e IC11. Al terminar la cuenta descendente IC10 da un pulso en bajo en su salida de acarreo (borrow) este es utilizado para excitar a un transistor PNP Q6 el cual unicamente por este pequeño tiempo actuará como interruptor polarizando a R59 a un voltaje de compuerta que disparará a Q7 (SCR) Este disparo en DC establece una conducción en DC para Q7 por lo cual la Bobina del relé se magnetiza y abre los contactos ,desconectando la alimentación al opto-aislador. La polarización de Q7 permite una corriente a través de el que enciende al led D7 indicando el estado de Fin de esterilización y consecutivo a este el enfriamiento.

6. SISTEMA DE ALARMA

La alarma para el sistema actúa en caso de sobretemperatura. Es una etapa formada por un comparador (IC19) el cual en su entrada no inversora tiene un voltaje proporcional a la temperatura dentro de la cámara. En su entrada inversora tiene un arreglo de resistencias (R64 y R65) equivalente al voltaje obtenido con una Temperatura de 200° C. Mientras este voltaje no es superado se obtendrá saturación negativa a la salida del comparador y por lo tanto no se activa la alarma. Al superarse este voltaje de comparación en el caso de una temperatura superior a los 200 ° C IC19 cambia a saturación positiva saturando a Q8 el cual actúa como interruptor lo que permite aplicar un voltaje en los extremos de la bocina que hace que esta emita un sonido fácilmente audible por el operario

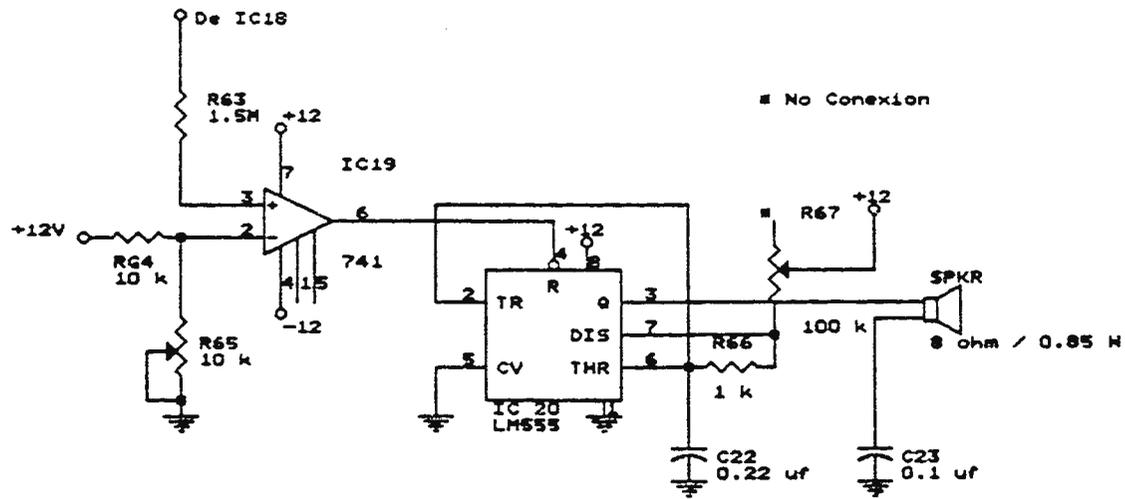


FIG.19 Circuito de Alarma Sobretemperatura.

CALCULO DE COMPONENTES

FUENTE DE ALIMENTACION

Los dispositivos electrónicos funcionan con corriente directa por lo cual es necesaria la rectificación de la corriente alterna que es tomada de la red de 110 voltios. Es necesaria la reducción del voltaje de línea a través de un transformador reductor (T1); este disminuye el voltaje hasta 24 Vac con una corriente máxima de secundario igual a 4 amp y con una línea de referencia o tap central que proporciona 12 Vac en cada línea, esto es necesario pues se cuenta con una fuente bipolar para la circuitería electrónica. La relación de vueltas en este es de 5:1. Para proteger al transformador contra una corriente de sobrecarga se ha protegido por medio de un fusible cuyo cálculo se presenta a continuación:

En el transformador la corriente ideal está dada por la siguiente relación:

$$I_1 / I_2 = N_2 / N_1$$

donde : I_1 : Corriente de primario

I_2 : Corriente de secundario

N_2 / N_1 : Relación de vueltas del transformador

Para mayor seguridad se considerará una corriente de secundario máxima igual a 4 Amperios , con esta consideración se procede a calcular la corriente en el primario:

$$I_1 = I_2 * (N_2 / N_1)$$

$$I_1 = 4 * (1 / 5) [\text{Amp}]$$

$$I_1 = 0.8 \text{ Amp. rms}$$

A este valor hay que agregarle un porcentaje de error del 10 % debido a la reducción de un voltaje alto a uno bajo y además otro 10 % por las pérdidas del transformador lo cual se ha comprobado pues se produce una corriente extra en el primario debido a que este no es ideal, con lo cual el valor del fusible se aproxima a una corriente de 1 amp ya que este es el valor comercial mas cercano además debe ser del tipo de fusión lenta para prevenir las fluctuaciones de la línea.

La rectificación se hace por medio de un puente de diodos (BD1) para así obtener un voltaje DC pulsante, este se escogió de acuerdo a la corriente máxima que proporciona el secundario luego con esta información y por medio de un manual de circuitos electrónicos se escogió uno apropiado para esta corriente y voltaje, utilizando los siguientes datos:

$$I_2 = 4 \text{ Amp}$$

$$V_p = 1.4142 * V_2 = 1.4142 * (12) = 16.97 \text{ Vac}$$

Es necesario reducir el voltaje de rizo del voltaje rectificado esto se hace por medio de un capacitor de entrada el cual es calculado en base a los siguientes datos:

Voltaje de rizado igual al 0.1% del voltaje pico y la corriente máxima de carga es de 4 Amp. Como es un rectificador de onda completa la frecuencia de trabajo es de 120 Hz. Para el cálculo del capacitor utilizamos la siguiente relación matemática:

$$C = I / f.V_{riz}$$

$$C = 4 / 120 * 0.0017$$

$$C = 2099 \mu\text{F}$$

El valor comercial más próximo es de 2200 μF que es el que se ha utilizado pues mantiene bastante bajo el voltaje de rizado

Este voltaje es utilizado para la alimentación de los diferentes circuitos tomando para cada uno de estos un valor fijo de voltaje el cual es obtenido a través de reguladores de tres terminales los cuales proporcionan los voltajes adecuados para cada sección de la circuitería electrónica. Se han utilizado pues son muy versátiles y son de fácil adquisición en el mercado (IC1 - IC5). La conexión eléctrica de estos incluye dos capacitores de paso utilizados para reducir la inductancia del cableado tanto de entrada como de salida esto para evitar fluctuaciones y oscilaciones dentro del integrado. Las hojas técnicas de estos integrados sugieren un capacitor de entrada de 0.1 μF y uno de salida de 1 μF . Esto para mantener estables sus condiciones de trabajo. Todos estos proporcionan una corriente de salida máxima de 1 A cada uno.

SISTEMA DE ALARMA

La alarma para el sistema actúa en caso de sobretemperatura. Es una etapa formada por un comparador (IC19) el cual en su entrada no inversora tiene un voltaje proporcional a la temperatura dentro de la cámara. En su entrada inversora tiene un arreglo de resistencias (R64 y R65) equivalente al voltaje obtenido con una Temperatura de 200° C. Mientras este voltaje no es superado se obtendrá saturación negativa a la salida del comparador y por lo tanto no se activa la alarma. Al superarse este voltaje de comparación en el caso de una temperatura superior a los 200 ° C IC19 cambia a saturación positiva activando el pin de reset de un multivibrador astable de frecuencia audible el cual actúa como interruptor lo que permite que este comience a oscilar produciendo un sonido que indica la condición de sobretemperatura al operario.

El multivibrador astable 555 opera a una frecuencia de oscilación, dada por la siguiente ecuación

$$F = 1.44 / (Ra+2Rb)*C$$

$$F = (650 - 20 K) \text{ Hz}$$

Donde: Ra varía entre 0 a 100 K ohmios.

Rb es de 1 K ohmio y C = 0.022uF

CALCULOS REALIZADOS PARA EL DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE TERMOCUPLA

Temperatura	Ventrada	V necesario de salida (Voltios)	Ganancia
170°C	14.3 mV.	Vsaturación (10.5)	734.3
100°C	8.55 mV	Vsaturación (10.5)	1228

ETAPA DOUBLE ENDED

Ganancia aproximada: 30

Por Análisis de nodos:

$$-V_o + (R_{44})I + (R_{43})I + (R_{45}) = 0 \quad (1)$$

$$V_{in} = V_{3IC14} - V_{3IC15} = V_{2IC14} - V_{2IC15} \quad (2)$$

$$I = (V_{2IC14} - V_{2IC15})/R_{43} = V_{in}/R_{43} \quad (3)$$

$$R_{44} = R_{45} \quad (4)$$

Por manejo de ecuaciones llegamos a:

$$V_o/V_{in} = [(R_{44} + R_{45})/R_{43}] + 1$$

Asignando valores reales:

$$R_{43} = 3.3 \text{ K}\Omega$$

$$R_{44} = R_{45} = 47.85 \text{ K}\Omega \cong 47 \text{ K}\Omega$$

Ganancia calculada final: 28.485

Nota: Por implementación del circuito, se llegó a la conclusión que los únicos amplificadores operacionales con una impedancia de entrada lo suficientemente grande eran los LF351 (Ver en anexos hojas técnicas). Ya que estos no estaban disponibles en el mercado, se optó por los LF356N, de características muy similares a los LF531.

ETAPA SINGLE ENDED

Ganancia programada: 10

Por análisis de nodos llegamos a las ecuaciones:

$$V_{o1} = V_{6IC14} - V_{6IC15} \quad (1)$$

$$(V_{6IC14} - V_+)R_{46} + (V_{o2} - V_+)/R_{49} \quad (2)$$

$$(V_{6IC15})(R_{48}) - (V_-)(R_{48}) - (V_-)(R_{47}) = 0 \quad (3)$$

Ecuación característica de todo Amplificador operacional

$$V_+ = V_- \quad (4)$$

Por manejo de ecuaciones y asumiendo $R48+R47 = R46+R49$ llegamos a:

$$(R48/R46)(V6IC15) - (R49/R46)(V6IC14) = Vo2$$

Si $R48 = R49$

$$Vo2 = - (R49/R46)(Vin)$$

$$Vo2 = - (R49/R46)(V6IC14 - V6IC15)$$

Donde $Vo2$ es el voltaje de salida del amplificador Single Ended, y Vin es el voltaje de entrada de este, es decir el voltaje de salida del amplificador Double Ended.

Para ganancia de 10,

$$R49/R46 = 10$$

Asignando valores reales a partir de las ecuaciones:

$$R46 = 10K\Omega \quad R47 = 100 K\Omega$$

$$R48 = 10 K\Omega \quad R49 = 100K\Omega$$

Ganancia final: 10

ETAPA DE SUMA ALGEBRAICA (SUMADOR)

Ganancia: 5

Aplicando los voltajes del circuito a la fórmula de un sumador obtenemos:

$$(Vo2/R50 + Vp/R51)(R52) = Vo3$$

Donde $Vo2$ sigue siendo la salida de la etapa Single ended.

Vp es el voltaje de referencia (programado)

$Vo3$ es la salida del restador. Se le llama restador, pues $Vo2$ es un voltaje negativo y Vp es positivo. $Vo3$ es el mismo voltaje de error.

Ya que $Vo2$ es -284 veces el voltaje de salida de la termocupla (Vt), nuestro voltaje de error es:

$$Ve = \{[(-284.5)Vt]/R50 + Vp/R51\}(R52)$$

Asumiendo $R50 = R51$ y asignando valores reales a los elementos, obtenemos:

$$R52 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R50 = R51 = 20\text{K}\Omega$$

Debido a que la ganancia comprobada para el amplificador double ended fue menor que la prevista por la imperfección de los elementos (amplificadores operacionales), y ya que necesitamos calibración de la temperatura se seleccionó en lugar de una resistencia fija en R52, un potenciómetro de precisión de 200 K Ω .

CALCULOS REALIZADOS PARA EL DISEÑO DEL CONTROL DE TEMPERATURA

DIVISOR DE TENSION PARA SINCRONIZACION CON SEÑAL AC

$$12V_p = \frac{16.9V_p(R14)}{R14+R13}$$

Despejando y dando valores reales a las resistencias, obtenemos:

$$R13 = 3\text{K}\Omega$$

$$R14 = 8.2 \text{ K}\Omega$$

DETECTOR DE CRUCE POR CERO

Calculo para ventana del detector de cruce por cero.

Para un pulso de ventana de 120 μ Seg.

$$V_{inst} = 12 \text{ Sen}(1.43^\circ) = 0.299 \text{ voltios}$$

$$V = \pm 0.3 \text{ Voltios instantáneos}$$

$$V1 = (24)(R16 + R17)/(R15+R16+R17) = 12.3 \text{ V}$$

Donde V1 es el voltaje en la unión de R15 y R16 con respecto a tierra. Asumiendo que R15 = R17 = 10K Ω

Obtenemos que R16 = 512.8 Ω \cong 500 Ω

CIRCUITO DE DESCARGA DEL CAPACITOR

De las curvas de un transistor 2N2222, obtenemos que Ic(sat) = 5mA

Ic/Ib = 10 ; Vce = 0.06 voltios.

Entonces Ib = 0.5mA

Haciendo un lazo en la red de disparo del transistor:

$$-12 + (R18)(0.5\text{mA}) + (R22)(0.5) + 0.7 = 0$$

$$R18 + R22 = 22600;$$

$$R18 = 12\text{K}\Omega \quad R22 = 10.39\text{K}\Omega$$

CIRCUITO DE CARGA DEL CAPACITOR

Para C18 = 1 μ F; dV= 6V; dt=8.213mSeg

$$I = C (dV/dt) = 0.73 \text{ mA}$$

Donde I es la corriente de la fuente de corriente constante.

Haciendo un lazo en la fuente de corriente constante:

$$-12 + R34(I) + 0.7 + 5.8 = 0$$

$$R34 = 7534.25\Omega$$

Por pruebas, el valor fue cambiado por dos resistencias de 10K Ω en paralelo.

INVERSOR DE RAMPA

Este es un sumador inversor, por tanto su fórmula es: Vo = V1(R26/R23) + V2(R26/R24).

Si V_o no debe ser mayor que 10.5 voltios, y V_1 tiene un valor máximo de 6 voltios, es necesario sumarle -6, lo cual daría un voltaje de inicio de la rampa de 0V. Pero un valor máximo de 6, para que este sea mayor le daremos ganancia de 1.5, entonces:

$$R_{26} = 150K\Omega \quad R_{24} = R_{23} = 100K\Omega$$

$$R_{25} = R_{23} // R_{24} // R_{26} = 37.5K\Omega \cong 25K\Omega$$

DISPARO DE OPTOTRÍAC

LED INFRARROJO: $V_f = 1.5 V_{\text{máx}}$; $I_f = 50 \text{ mA máx.}$; Corriente de enganche $I_{ft} = 15 \text{ mA máx.}$

TRIAC: $I_T(\text{RMS}) = 100 \text{ mA.}$

$$-12 + (R_{32})I_L - V_{ce} = 0$$

Asignando: $I_f = I_L = 30 \text{ mA.}$

El resultado es $R_{32} = 333.33\Omega \cong 330\Omega$

$$I_b = 150\mu\text{A}$$

$$-12 + (R_{31})I_b + (R_{33})I_b + 0.7 = 0$$

El resultado nos da: $R_{31} + R_{33} = 75.33k\Omega$

Asignando valores reales: $R_{31} = 20 K\Omega$; $R_{33} = 56K\Omega$

CALCULOS PARA EL TRIAC

Datos técnicos de RL: Marca: Chromalox.; Número de catalogo: ROP-N; PCN: 40047-7; 250 Voltios; 2300 Watts.

$$R_L = (250V)^2 / 2300W = 27.17\Omega; \text{ Resistencia medida } 26.7\Omega$$

Para lograr alcanzar temperatura de 200°C en menos de 10 minutos se necesito colocar las resistencias de carga (calefactoras) en paralelo.

$$I_{\text{máx}} = 220V_{\text{ac}} / (R_L // R_L) = 16.19 \text{ Amp.}$$

TRIAC SELECCIONADO: ECG 5687

Disparo del triac:

Igt min = 100mA;

R56+R57 = 2.2KΩ

Mediante pruebas el valor real colocado fue de: R56 = 9KΩ; R57 = 1KΩ.

SELECCIÓN Y CÁLCULO DE COMPONENTES PARA TERMOMETRO.

Todo convertidor analógico-digital necesita de voltajes de referencia para realizar cuentas y establecer cuentas máximas.

El voltaje de referencia para el 7107 se establece en los pines 35 y 36.

Ajustando el valor en un potenciómetro de 10K (R4) de 200mV como máximo, se encuentra que R3 es:

$$R3 = (V_{cc}R4 - V_{R4}R4) / V_{R4}$$

$$R3 = (5 * 10K - 0.2 * 10K) / 0.2$$

$$R3 = 238 K \approx 220K$$

OSCILADOR. (PINES 38,39,40)

La frecuencia de oscilación con componentes discretos, se obtiene de la siguiente relación:

$$F = 45 / RC$$

Se recomienda una frecuencia de 48 KHz (tres conversiones por segundo), para las cuales, la resistencia especificada por el fabricante es de 100K (R2) para todas las frecuencias; por lo tanto el capacitor encontrado es de 100pF (C13)

SELECCIÓN DEL RESISTOR DE INTEGRACIÓN.(PIN 28).

De acuerdo con el circuito de aplicación típica, el resistor recomendado para una escala de 200mV es de 47 KΩ.

CAPACITOR DE INTEGRACIÓN.(PIN 27).

El valor nominal del capacitor de integración que asegura tres cuentas por segundo y mantiene una oscilación de +/- 3.5 hasta +/- 4.0 V es de 0.22uF.

CAPACITOR DE AUTO-CERO.(PIN 29).

El capacitor de auto-cero posee una influencia en le ruido del sistema, para lo cual, a 200mV de escala completa, se recomienda un capacitor de 0.47uF.

CALCULO DE INVERSOR.(IC18).

De IC16 se obtiene un voltaje negativo de la termocupla amplificado, por lo tanto, se requiere hacerlo positivo para poder trabajar con este voltaje en el termómetro.

Con una ganancia de -1 (A), se invierte la salida de IC16 en un circuito convencional de amplificador operacional en configuración inversor.

$$A = - R54 / R55$$

$$A = -1; A * R55 = -R54$$

$$-1 * R55 = - R54$$

$$R55 = R54 = 10K$$

RED DIVISORA PARA TEMPERATURAS PROGRAMADAS.

Para 100°C

$$V_{in} = 2.91V \approx 3.0 V$$

$$R7 = (5 * R5 - 2R5) / 2$$

$$R7 = 1.8 K$$

Se elige un potenciómetro de 5 K para obtener precisión de ajuste.

Para 170°C

$$V_{in} = 4.54 \approx 4.6 \text{ V}$$

$$\text{Si } R_8 = 5\text{K}$$

$$R_6 = (5 \cdot R_8 - 4.6 R_8) / 4.6$$

$$R_6 = 434.78$$

R8 es un potenciómetro de 5K para realizar ajustes.

R10 y R11 son resistencias dadas por el fabricante para limitar el voltaje de entrada en una relación de 10 (pines 30 y 31).

R9 es una resistencia limitadora de corriente a la entrada del buffer del convertidor (pin 31).

CALCULO DE COMPONENTES PARA EL CIRCUITO TEMPORIZADOR.

OSCILADOR DE RELAJACIÓN.

El oscilador de relajación está formado por R37, R41, R38, R39, C20 y PUT1. Tomando $V_{BB} = 12\text{V}$, y asumiendo valores para R38 de 33K en la cual habrá una caída de tensión de 7 V, R39 se encuentra así:

$$R_{39} = (R_{38} \cdot V_{BB} - V_{R38} \cdot R_{38}) / V_{R38}$$
$$R_{39} = 22 \text{ K}$$

Un voltaje de compuerta se establece con la siguiente ecuación:

$$V_G = (R_{38} / (R_{38} + R_{39})) V_{BB} + 0.7\text{V}$$
$$V_G = 4.8 \text{ V}$$

Para ocasionar una conducción en el PUT, el voltaje en el ánodo debe ser mayor que V_G por 0.7 V por lo tanto, $V_P = V_A = 5.5\text{V}$

Como se desea que V_P sea mayor que V_G cada 60 segundos, la ecuación que relaciona a τ con los parámetros externos es:

$$T = RC \ln (V_{BB} / V_{BB} - V_P)$$

Asumiendo un capacitor de 470uF, se despeja la ecuación y se obtiene el valor de resistencia de 300K

Al superar VP a VG se realiza una conducción hacia el cátodo del PUT, y el capacitor C20 se descarga en R41 cada 60 segundos.

COMPARADOR.(IC9).

De IC18 se tiene un voltaje de termocupla positivo. Cuando la cámara alcanza una temperatura cercana a 170°C, se inicia el conteo de esterilizado.

Se realiza una comparación en IC9 entre el voltaje de termocupla y un voltaje cercano a una temperatura de 170°C. Entonces, se establece un voltaje de 4.0 V en R40 de 10K y un máximo de 8.0 V.

$$Y: R_{35} = (V_{cc}R_{40} - 8 \cdot R_{40}) / 8$$

$$R_{35} = 5 \text{ K} \approx 4.7 \text{ K}$$

De salida del IC9 se tendrán niveles de +Vsat ó -Vsat dependiendo de la temperatura en la recámara. Q4 funciona como una fuente de corriente.

$$R_{61} \text{ se calcula así: } R_{61} = (12V - 1.5 V_{led}) / 12mA (I_{led}) = 820\Omega.$$

MODIFICACIONES FISICAS DE LA INCUBADORA

Como ya se explicó en un principio la estructura del Horno Esterilizador y Secador ha sido tomada de una antigua incubadora bacteriológica de gran tamaño, y fue precisamente por esta razón que se eligió para el Horno.

Esta contaba con paredes de plycem las cuales estaban soportadas en columnas interiores de madera, y constituían su estructura interna.

En su exterior estaba compuesta por una doble puerta: una interior de Vidrio templado y una exterior también formada de plycem.

Las modificaciones hechas a esta consisten en la elaboración de un gabinete interno de acero inoxidable, el cual recubre totalmente el interior de la cámara del horno. Además se ha colocado material refractario entre la pared externa y la interna para evitar una conducción de calor hacia el exterior y proteger a los operarios, además que se aísla el sistema brindando mayor eficiencia.

El material refractario colocado es una fibra cerámica, utilizada en calderas y hecha de Sílice, el espesor de esta fibra es de 1plg. y recubre toda la recámara .

La lamina de acero utilizada es de 0.6 mm.

Las resistencias calefactoras se han distribuido en la base de la recámara y lograr el fenómeno de convección.

La pared de plycem se ha mantenido y sirve de pared externa el equipo.

La circuitería electrónica de control está colocada sobre el horno y se ha aislado térmicamente para mantener los dispositivos protegidos de la influencia térmica.

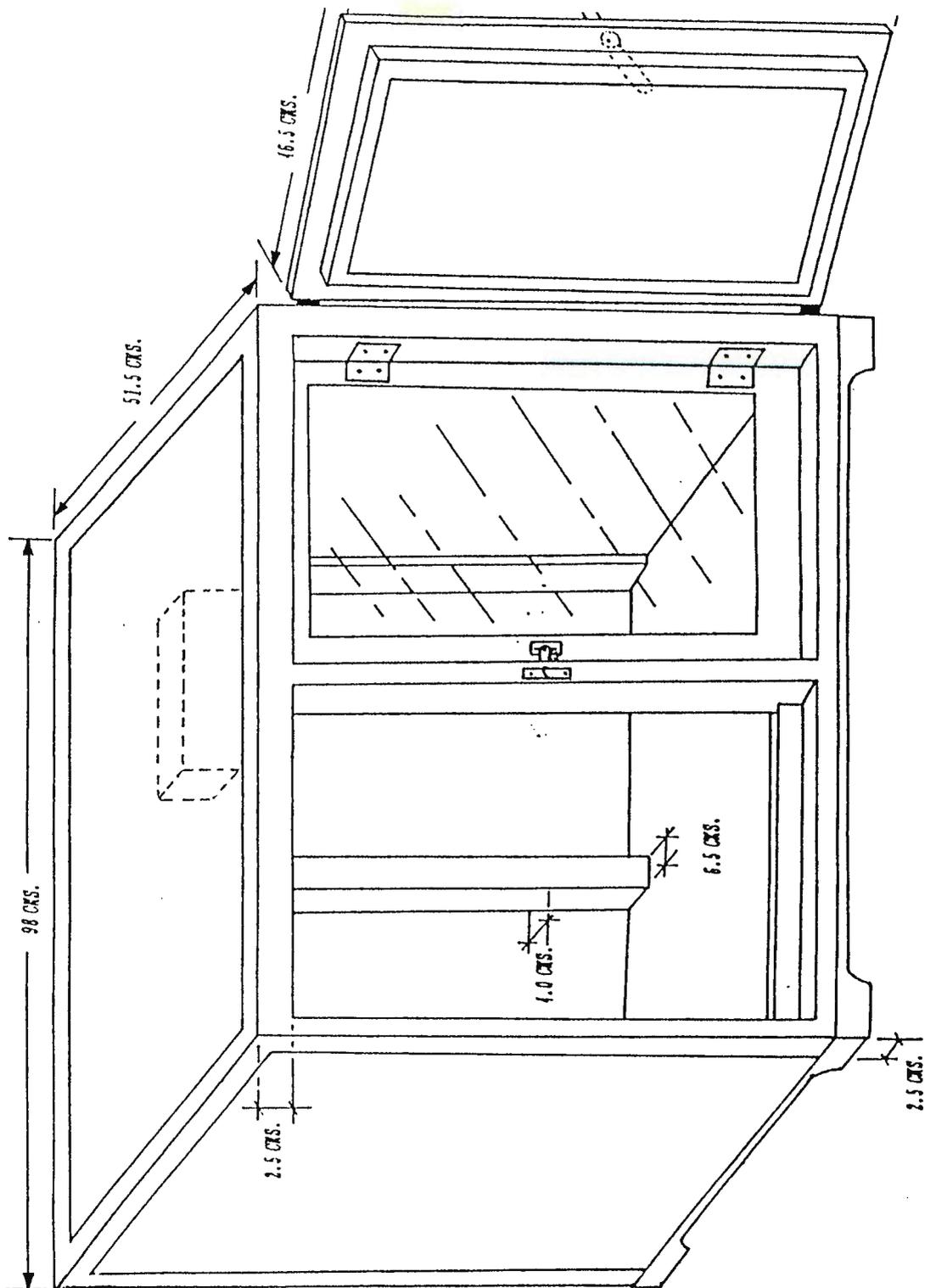


Fig. 20 Diagrama de la incubadora sin modificaciones.

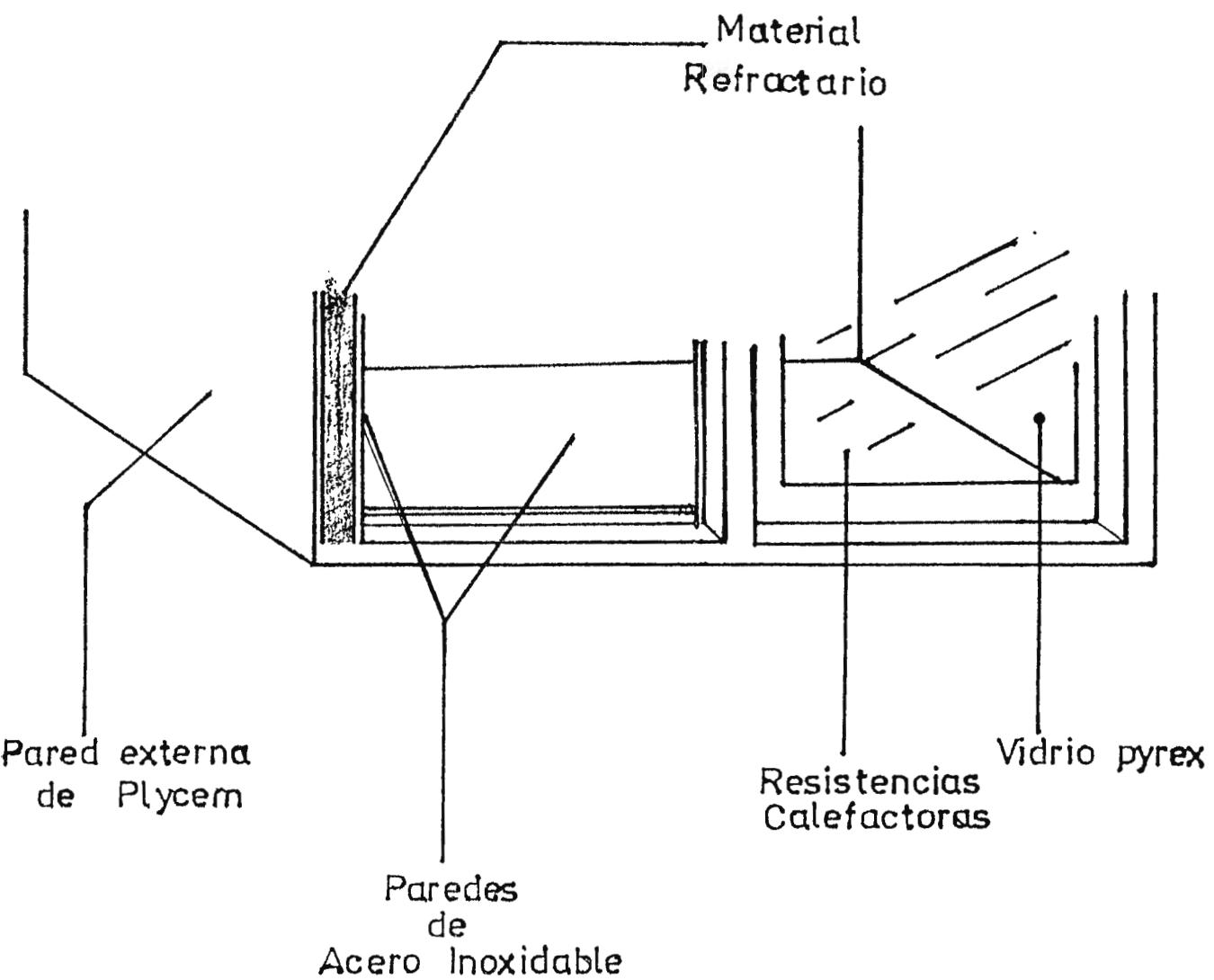


Fig.21 diagrama de las partes internas de la incubadora.

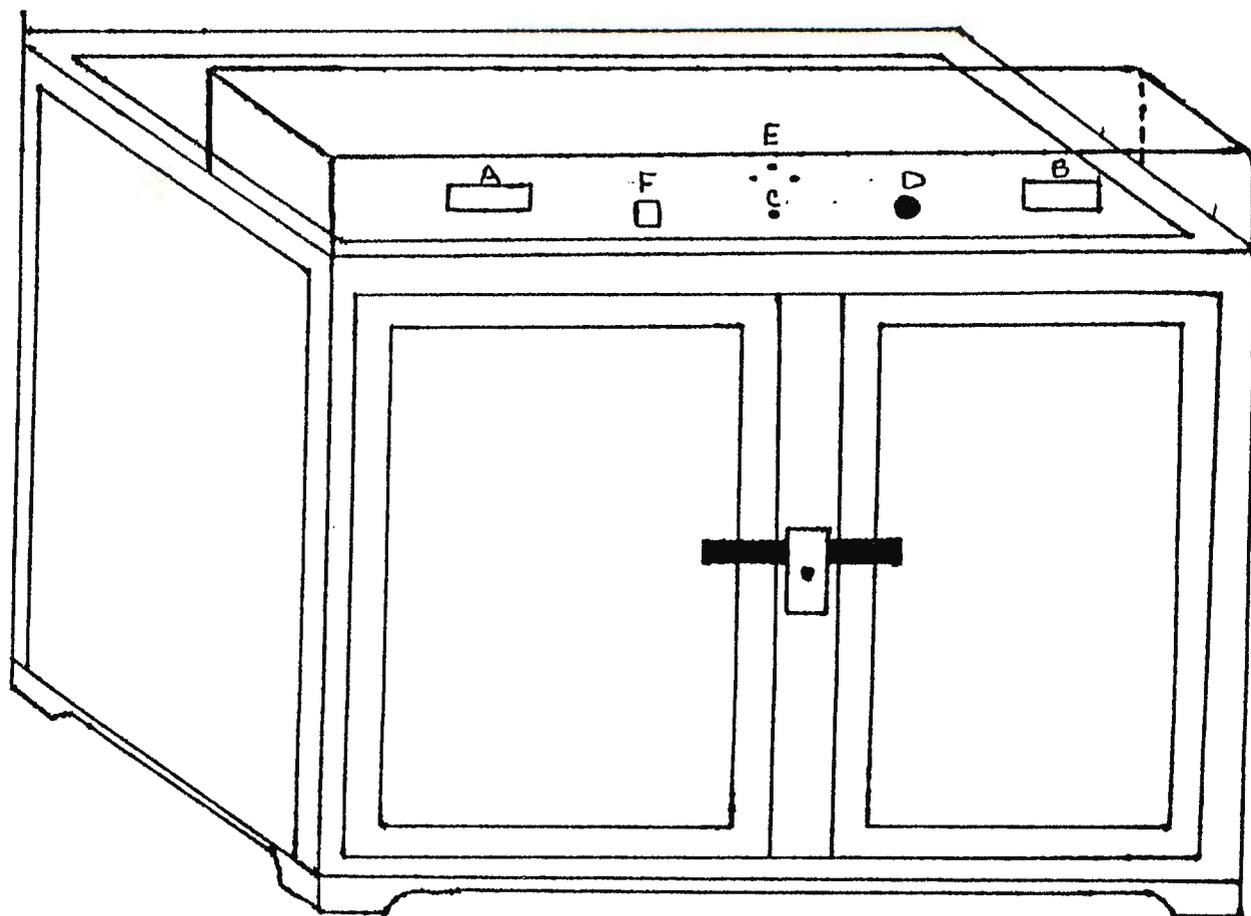


FIG. 22 Diagrama físico del Horno terminado.

- A- Visualizador de tiempo
- B- Visualizador de temperatura
- C- Selector de función
- D- Selector de temperatura
- E- Control de procesos
- F- Interruptor principal

CONCLUSIONES

Un sistema aislado del ambiente conserva mejor su propia temperatura interna, lo cual influye en gran medida al ahorro energético.

Existe una variedad en lo que a circuitos y diseños de control de temperatura se refiere, la investigación acerca de cada uno de ellos nos provee de criterios para la mejor selección de acuerdo a nuestras condiciones.

El sistema de transferencia de calor por convección es el sistema más económico para la construcción de hornos de Esterilización a base de calor seco.

RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar con atención las variables a controlar cuando se necesite implementar un sistema de control, para tener el mejor criterio de selección del diseño.

Así como también se recomienda la calibración periódica del equipo o comprobación de su funcionamiento. (Ver manual en Anexos).

Es importante tomar en cuenta la utilización de los recursos disponibles en el medio de trabajo, ya sea de equipos, herramientas, y elementos electrónicos fácilmente adquiribles en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

1. "INTRODUCCIÓN A LA BIOINGENIERIA". Marcombo Editores.
2. "INTRODUCTION TO BIOMEDICAL EQUIPMENT TECHNOLOGY". Carr, Joseph-Brown Jhon. 1981 U.S. Jhon Wiley & Sons.
3. "INTRODUCTION TO BIOMEDICAL ELECTRONICS". Dubovy Joseph. 1978 U.S. Mac Graw Hill.
4. "ELECTRONICA INDUSTRIAL". Maloney, Timothy Mac Graw Hill.
5. "TERMODINAMICA". Wark, 5ª edición.
6. "MICROBIOLOGIA". Pelczer y R.D. Reid, 2ª edición.
7. "RIESGOS ELECTRICOS ALTA Y BAJA TENSION". GTZ
8. "MANUAL DE EQUIPO DE ESTERILIZACION". Ingeniero Wilfredo Melara, Tec. Luis G. Calderón. Ministerio de Salud Pública. Departamento de Mantenimiento Central. Unidad de Capacitación.
9. "MANUAL DE ESTERILIZACION". Instituto Mejicano del Seguro Social. 1981.
10. "MICROBIOLOGIA" (Sexta Edición). Thomas D. Brock, Michael T. Madigan.
11. "METODOS DE LABORATORIO EN MICROBIOLOGIA" W. F. Harrigan y Margaret E. McCance
12. "FARMACOTECNIA TEORICA Y PRACTICA". José Helman. Tomo IV. Compañía editorial Continental, S.A. de C.V., MEXICO. Primera publicación 1982.
13. "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA-AGUA PARA UN FLUJO TURBULENTO Y LAMINAR CON FINES DE LABORATORIO". Tesis para optar al grado de Ingeniero Mecánico. UNIVERSIDAD DON BOSCO.
14. "REMODELACION DE INCUBADORA BACTERIOLOGICA ELCONAP C-4". Trabajo de Graduación para optar al grado de Técnico en Ing. Biomédica. UNIVERSIDAD DON BOSCO.

15. "Transferencia de Calor". Keith Cornwell. Editorial Limusa.
16. "Optoelectronics device data". Motorola
17. "Texto teórico experimental cod. TMB1, Módulo MCM-B1: Señales Biomédicas".
Elettronica Veneta.
18. "ELECTRONICA INDUSTRIAL". Maloney, Timothy Mac Graw Hill.
19. "INTRODUCCIÓN A LA BIOINGENIERIA". Marcombo Editores.

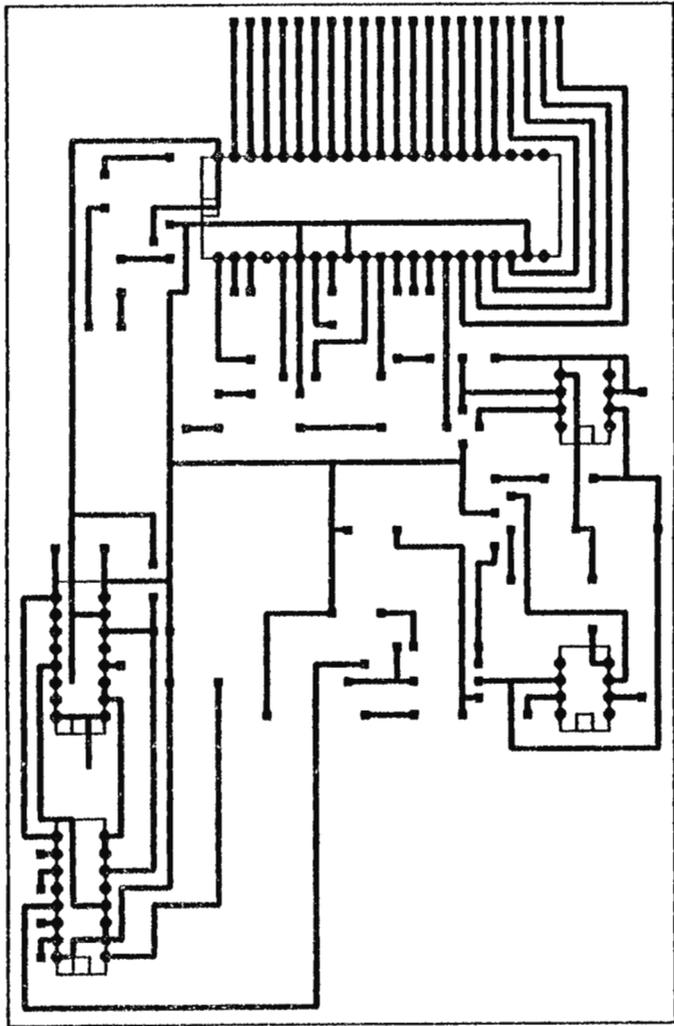
GLOSARIO

- Iones: Atomo o moléculas con una perdida o ganancia de uno o más electrones.
- Radio isótopo: cada uno de los distintos nucleidos que tiene el mismo numero atómico y por lo tanto pertenecen al mismo elemento químico, pero que difieren entre sí por el numero másico.
- Liofilizacion: método de separación del agua de una sustancia o de una disolución por congelación y posterior sublimación a presión reducida del hielo formado, para dar lugar a un material esponjoso que se disuelve con facilidad.
- eV: energía que adquiere un electrón la atravesar en el vacío una diferencia de potencial de un voltio. Aproximadamente $1 \text{ eV} = 1.60219 \times 10^{-19}$ joules.
- Eritema : inflamación superficial de la piel.
- Conjuntivitis: inflamación de la conjuntiva.
- Humidificación: Término utilizado para indicar el humedecimiento de algún objeto o sistema.
- MeV: Mega electrón Voltio.
- Telecobaltoterapia: procedimiento foto telegráfico a distancia para la aplicación de terapia con cobalto.
- Periciclo: parte externa del tallo y la raíz.

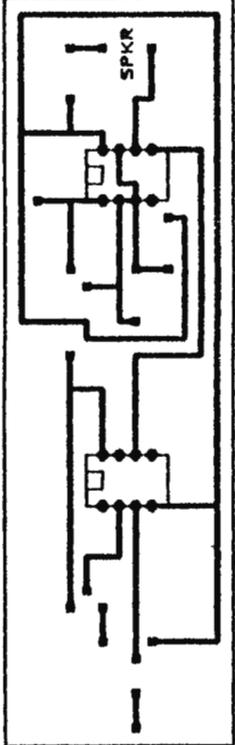
- Curiae: unidad empleada para expresar la actividad de una muestra radiactiva. Su símbolo es Ci y equivale a 3.7×10^{10} desintegraciones por segundo.
- Roentgen: unidad especial que se emplea para expresar la exposición en física de radiaciones ionizantes. Su símbolo es R.
- Anodizado: hecho de ser constituido un ánodo.
- Polimerización: Reacción química por la que se forman grandes moléculas lineales (polímeros) por combinación de moléculas pequeñas (monómeros). La Polimerización puede realizarse por adición, en bloque, en bloque por condensación, en disolución, etc.
- Esporulado: compuesto de esporas: célula reproductora asexual capaz de experimentar una adaptación metabólica a condiciones desfavorables del medio.
- Parenteral: (vía) procedimiento para suministrar a un animal (y al hombre) alimento u otra sustancia por una vía distinta a la del intestino.
- Pyrex: nombre comercial de un vidrio de borocilicato constituido por sílice (80.5%), óxido sodico(4.5%), alúmina (8.2%), óxido bórico(12%) y óxido de cinc(0.8%).
- Termocupla: Transductor compuesto por la unión de dos metales distintos que al calentarse producen una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.
- Desinfectante: Agente químico o físico capaz de eliminar las bacterias y microorganismos nocivos contenidos en una sustancia o en la superficie de un objeto.
- Antiséptico: Agente que previene o detiene la putrefacción o la infección.

CIRCUITOS IMPRESOS

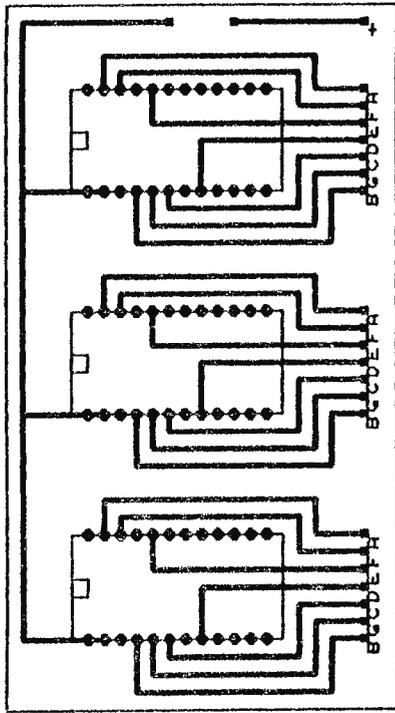
SALIDA A
VISUALIZADORES



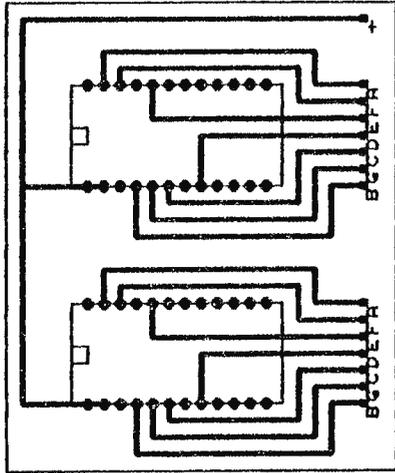
CIRCUITO IMPRESO DE CONTROL DE TIEMPO Y TERMOMETRO DIGITAL



CIRCUITO IMPRESO DE ALARMA DE SOBRETENPERATURA

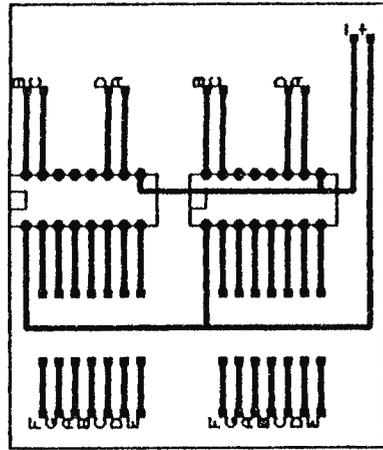


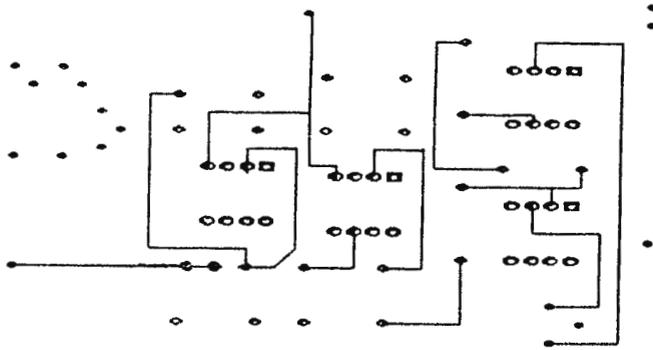
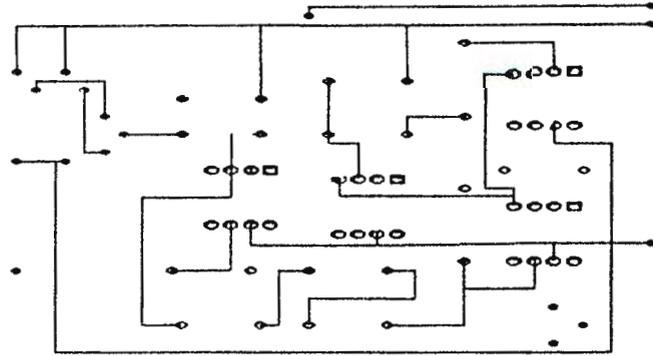
CIRCUITO IMPRESO DE VISUALIZADOR DE TEMPERATURA



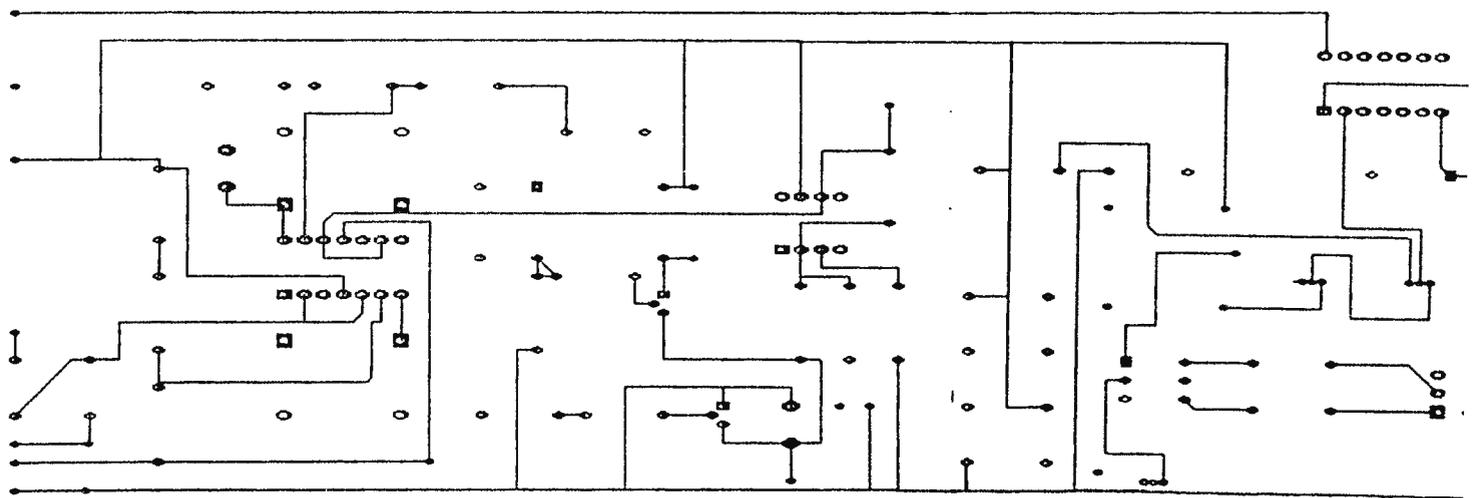
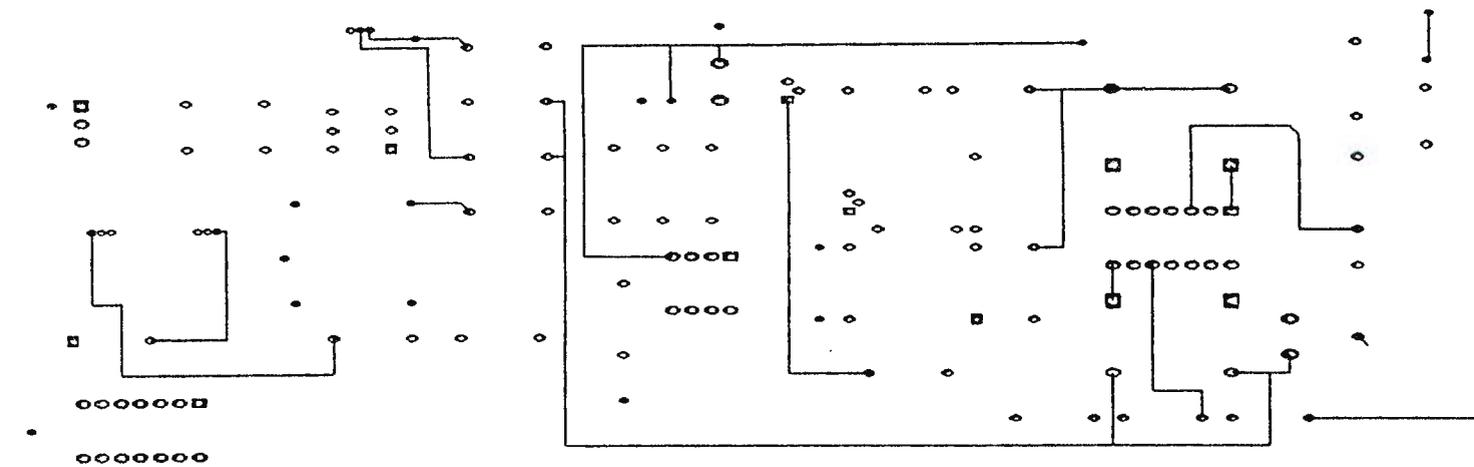
CIRCUITO IMPRESO DE VISUALIZADOR DE TIEMPO

CIRCUITO IMPRESO DE
DECODIFICADORES DE
VISUALIZACION PARA
CIRCUITO DE TIEMPO

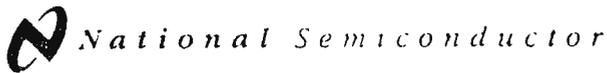




Circuito impreso, tarjeta amplificadora de Termocupla.



Circuito impreso de control de temperatura.



LF351 Wide Bandwidth JFET Input Operational Amplifier

General Description

The LF351 is a low cost high speed JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF351 is pin compatible with the standard LM741 and uses the same offset voltage adjustment circuitry. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM741 designs.

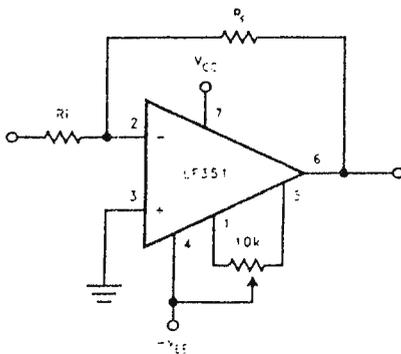
The LF351 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The device has low noise and offset voltage drift, but for applications where these requirements are critical, the LF356 is recommended. If maximum supply

current is important, however, the LF351 is the better choice.

Features

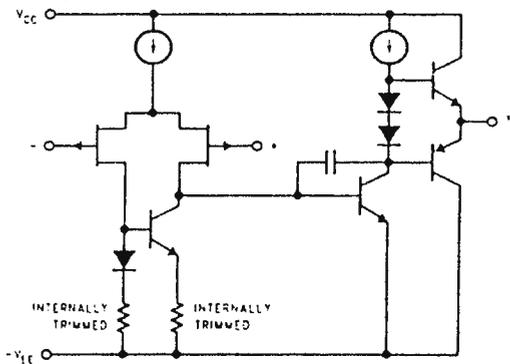
- Internally trimmed offset voltage 10 mV
- Low input bias current 50 pA
- Low input noise voltage 25 nV/√Hz
- Low input noise current 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth 4 MHz
- High slew rate 13 V/μs
- Low supply current 1.8 mA
- High input impedance 10¹²Ω
- Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $R_L = 10k$, $V_O = 20$ Vp-p, BW = 20 Hz - 20 kHz < 0.02%
- Low 1/f noise corner 50 Hz
- Fast settling time to 0.01% 2 μs

Typical Connection



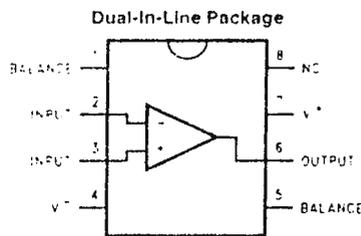
TL/H 5648-11

Simplified Schematic



TL/H 5648-12

Connection Diagrams



TL/H 5648-13

Order Number LF351M or LF351N
See NS Package Number M08A or N08E

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	± 18V
Power Dissipation (Notes 1 and 6)	670 mW
Operating Temperature Range	0°C to + 70°C
T _{J(MAX)}	115°C
Differential Input Voltage	+ 30V
Input Voltage Range (Note 2)	+ 15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	55°C to + 150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 sec.)	
Metal Can	300°C
DIP	260°C

θ_{JA}	N Package	120°C/W
	M Package	TBD
Soldering Information		
	Dual-In-Line Package	
	Soldering (10 sec.)	260°C
	Small Outline Package	
	Vapor Phase (60 sec.)	215°C
	Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

ESD rating to be determined

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	LF351			Units
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω , T _A = 25°C Over Temperature		5	10 13	mV mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω		10		$\mu V/^{\circ}C$
I _{OS}	Input Offset Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J \leq 70°C		25	100 4	pA nA
I _B	Input Bias Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J \leq \pm 70°C		50	200 8	pA nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C		10 ¹²		Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = + 15V, T _A = 25°C V _O = \pm 10V, R _L = 2 k Ω Over Temperature	25	100		V/mV V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S = \pm 15V, R _L = 10 k Ω	\pm 12	\pm 13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	V _S = \pm 15V	\pm 11	+ 15 - 12		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S \leq 10 k Ω	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 5)	70	100		dB
I _S	Supply Current			1.8	3.4	mA



MAXIMUM RATINGS

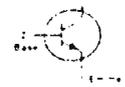
Rating	Symbol	2N2219	2N2218A	Unit
		2N2222	2N2219A 2N2222A	
Collector-Emitter Voltage	V _{CEO}	30	40	Vdc
Collector-Base Voltage	V _{CBO}	60	75	Vdc
Emitter-Base Voltage	V _{EBO}	5.0	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I _C	800	800	mAdc
		2N2218A 2N2219A	2N2222A	
Total Device Dissipation in T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	0.8 4.57	0.4 2.28	Watt mW/°C
Total Device Dissipation in T _C = 25°C Derate above 25°C	P _D	3.0 17.1	1.2 6.85	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T _J , T _{stg}	- 65 to + 200		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	2N2218A 2N2219A	2N2222A	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	R _{θJA}	219	437.5	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	R _{θJC}	58	145.8	°C/W

**2N2218A, 2N2219, A*
2N2222, A***

2N2218, A/2N2219, A
CASE 79-04
TO-39 (TO-205AD)
STYLE 1



A/2N2222, A
CASE 22-03
TO-18 (TO-206AA)
STYLE 1

**GENERAL PURPOSE
TRANSISTORS**

NPN SILICON

*2N2219A and 2N2222A
are Motorola designated
preferred devices.

3

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I _C = 10 mAdc, I _E = 0)	V _{(BR)CEO}	30 40	—	Vdc
	Non-A Suffix A-Suffix			
Collector-Base Breakdown Voltage (I _C = 10 μAdc, I _E = 0)	V _{(BR)CBO}	60 75	—	Vdc
	Non-A Suffix A Suffix			
Emitter-Base Breakdown Voltage (I _E = 10 μAdc, I _C = 0)	V _{(BR)EBO}	5.0 6.0	—	Vdc
	Non-A Suffix A-Suffix			
Collector Cutoff Current (V _{CE} = 60 Vdc, V _{EB(off)} = 3.0 Vdc)	I _{CEX}	—	10	nAdc
	A-Suffix			
Collector Cutoff Current (V _{CB} = 50 Vdc, I _E = 0)	I _{CBO}	—	0.01	μAdc
(V _{CB} = 60 Vdc, I _E = 0)		—	0.01	
(V _{CB} = 50 Vdc, I _E = 0, T _A = 150°C)		—	10	
(V _{CB} = 60 Vdc, I _E = 0, T _A = 150°C)		—	10	
	Non-A Suffix A-Suffix			
Emitter Cutoff Current (V _{EB} = 3.0 Vdc, I _C = 0)	I _{EBO}	—	10	nAdc
	A Suffix			
Base Cutoff Current (V _{CE} = 60 Vdc, V _{EB(off)} = 3.0 Vdc)	I _{BL}	—	20	nAdc
	A-Suffix			

ON CHARACTERISTICS

DC Current Gain		h _{FE}		
(I _C = 0.1 mAdc, V _{CE} = 10 Vdc)	2N2218A	20	—	—
	2N2219, A, 2N2222, A	35	—	—
(I _C = 1.0 mAdc, V _{CE} = 10 Vdc)	2N2218A	25	—	—
	2N2219, A, 2N2222, A	50	—	—
(I _C = 10 mAdc, V _{CE} = 10 Vdc)(1)	2N2218A	35	—	—
	2N2219, A, 2N2222, A	75	—	—
(I _C = 10 mAdc, V _{CE} = 10 Vdc, T _A = -55°C)(1)	2N2218A	15	—	—
	2N2219, A, 2N2222, A	35	—	—
(I _C = 150 mAdc, V _{CE} = 10 Vdc)(1)	2N2218A	40	120	—
	2N2219, A, 2N2222, A	100	300	—

2N2218A, 19, 19A, 22, 22A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) (TA = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
(IC = 150 mA, VCE = 1.0 Vdc)(1)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A	20 50	— —	
(IC = 500 mA, VCE = 10 Vdc)(1)	2N2219, 2N2222 2N2218A 2N2219A, 2N2222A	30 25 40	— — —	
Collector-Emitter Saturation Voltage(1) (IC = 150 mA, IB = 15 mA)	Non-A Suffix A-Suffix	— —	0.4 0.3	Vdc
(IC = 500 mA, IB = 50 mA)	Non-A Suffix A-Suffix	— —	1.6 1.0	
Base-Emitter Saturation Voltage(1) (IC = 150 mA, IB = 15 mA)	Non-A Suffix A-Suffix	0.6 0.6	1.3 1.2	Vdc
(IC = 500 mA, IB = 50 mA)	Non-A Suffix A-Suffix	— —	2.6 2.0	

SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current Gain — Bandwidth Product(2) (IC = 20 mA, VCE = 20 Vdc, f = 100 MHz)	All Types, Except 2N2219A, 2N2222A	fT	250 300	— —	MHz
Output Capacitance(3) (VCB = 10 Vdc, IE = 0, f = 1.0 MHz)		Cobo	—	8.0	pF
Input Capacitance(3) (VEB = 0.5 Vdc, IC = 0, f = 1.0 MHz)	Non-A Suffix A-Suffix	Cibo	— —	30 25	pF
Input Impedance (IC = 1.0 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A	hie	1.0 2.0	3.5 8.0	kohms
(IC = 10 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A		0.2 0.25	1.0 1.25	
Voltage Feedback Ratio (IC = 1.0 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A	hfe	— —	5.0 8.0	X 10 ⁻⁴
(IC = 10 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A		— —	2.5 4.0	
Small-Signal Current Gain (IC = 1.0 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A	hfe	30 50	150 300	—
(IC = 10 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A		50 75	300 375	
Output Admittance (IC = 1.0 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A	hoe	3.0 5.0	15 35	μmhos
(IC = 10 mA, VCE = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N2218A 2N2219A, 2N2222A		10 15	100 200	
Collector Base Time Constant (IE = 20 mA, VCB = 20Vdc, f = 31.8 MHz)	A-Suffix	rt Cc	—	150	ps
Noise Figure (IC = 100 μA, VCE = 10 Vdc, Rg = 1.0 kohm, f = 1.0 kHz)	2N2222A	NF	—	4.0	dB
Real Part of Common-Emitter High Frequency Input Impedance (IC = 20 mA, VCE = 20 Vdc, f = 300 MHz)	2N2218A, 2N2219A 2N2222A	Re(hie)	—	60	Ohms

(1) Pulse Test: Pulse Width < 300 μs, Duty Cycle < 2.0%

(2) fT is defined as the frequency at which |hfe| extrapolates to unity.

(3) 2N5581 and 2N5582 are Listed Ccb and Ceb for these conditions and values

FIGURE 3 - "ON" VOLTAGES

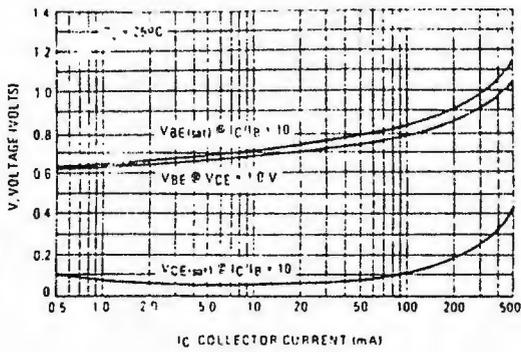
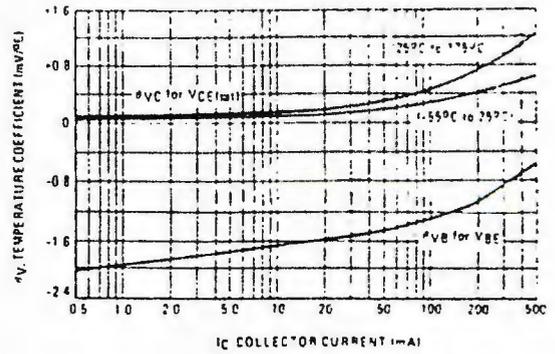


FIGURE 4 - TEMPERATURE COEFFICIENTS



3

h PARAMETERS

$V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 10\text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

This group of graphs illustrates the relationship between h_{fe} and other "h" parameters for this series of transistors. To obtain these curves, a high gain and a low gain unit were selected and the same units were used to develop the correspondingly numbered curves on each graph.

FIGURE 5 - INPUT IMPEDANCE

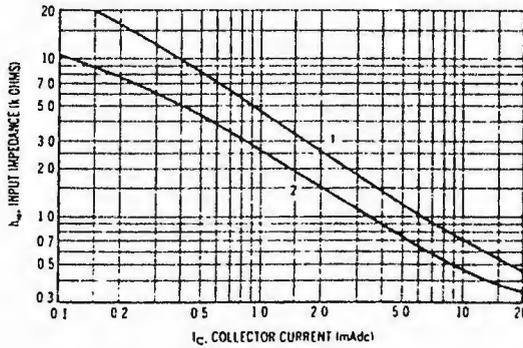


FIGURE 6 - VOLTAGE FEEDBACK RATIO

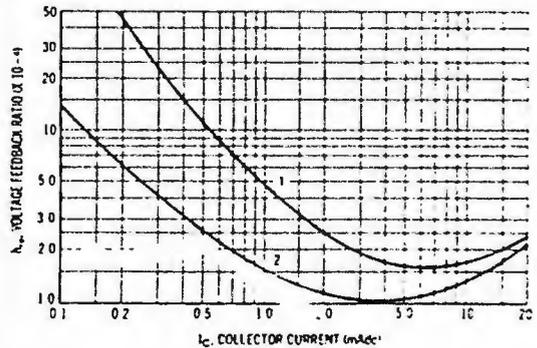


FIGURE 7 - CURRENT GAIN

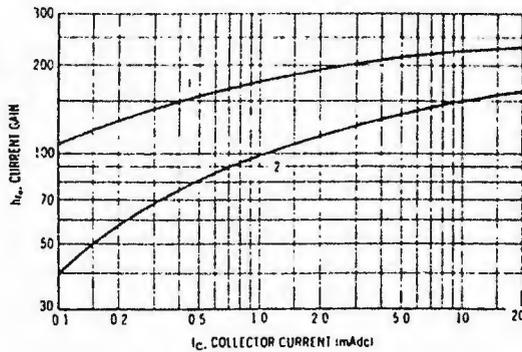
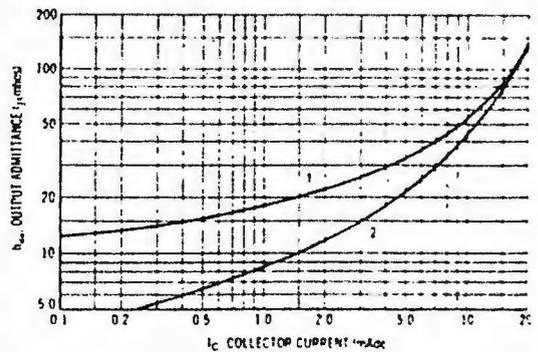


FIGURE 8 - OUTPUT ADMITTANCE



SN5446A, '47A, '48, SN54LS47, 'LS48, 'LS49,
SN7446A, '47A, '48, SN74LS47, 'LS48, 'LS49
BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS

MARCH 1974 REVISED MARCH 1989

'46A, '47A, 'LS47
feature

'48, 'LS48
feature

'LS49
feature

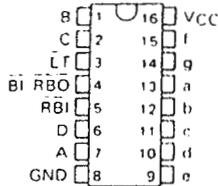
- Open-Collector Outputs Drive Indicators Directly
- Lamp-Test Provision
- Leading/Trailing Zero Suppression

- Internal Pull-Ups Eliminate Need for External Resistors
- Lamp-Test Provision
- Leading/Trailing Zero Suppression

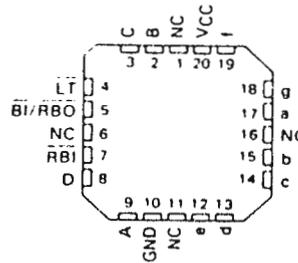
- Open-Collector Outputs
- Blanking Input

SN5446A, SN5447A, SN54LS47, SN5448,
SN54LS48 J PACKAGE
SN7446A, SN7447A,
SN7448 N PACKAGE
SN74LS47, SN74LS48 D OR N PACKAGE

(TOP VIEW)

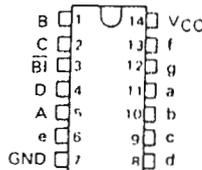


SN54LS47, SN54LS48 FK PACKAGE
(TOP VIEW)

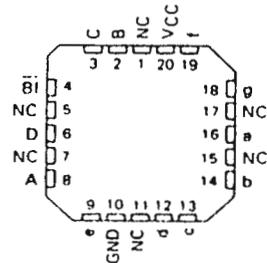


SN54LS49 J OR W PACKAGE
SN74LS49 D OR N PACKAGE

(TOP VIEW)



SN54LS49 FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC No internal connection

2
TTL Devices

PRODUCTION DATA documents contain information as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 855012 • DALLAS, TEXAS 75285

2-175

**SN5446A, '47A, '48, SN54LS47, 'LS48, 'LS49,
SN7446A, '47A, '48, SN74LS47, 'LS48, 'LS49
BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS**

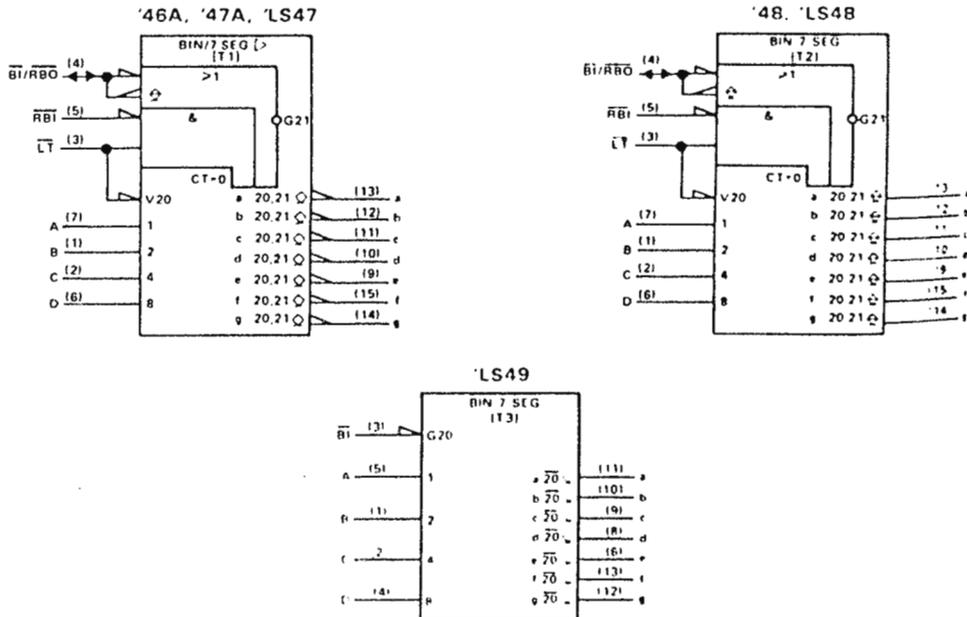
- All Circuit Types Feature Lamp Intensity Modulation Capability

TYPE	DRIVER OUTPUTS				TYPICAL POWER DISSIPATION	PACKAGES
	ACTIVE LEVEL	OUTPUT CONFIGURATION	SINK CURRENT	MAX VOLTAGE		
SN5446A	low	open collector	40 mA	30 V	320 mW	J W
SN5447A	low	open collector	40 mA	15 V	320 mW	J W
SN5448	high	2 k Ω pull up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J W
SN54LS47	low	open collector	12 mA	15 V	35 mW	J W
SN54LS48	high	2 k Ω pull up	2 mA	5.5 V	125 mW	J W
SN54LS49	high	open collector	4 mA	5.5 V	40 mW	J W
SN7446A	low	open collector	40 mA	30 V	320 mW	J N
SN7447A	low	open collector	40 mA	15 V	320 mW	J N
SN7448	high	2 k Ω pull up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J N
SN74LS47	low	open collector	24 mA	15 V	35 mW	J N
SN74LS48	high	2 k Ω pull up	6 mA	5.5 V	125 mW	J N
SN74LS49	high	open collector	8 mA	5.5 V	40 mW	J N

2

TTL Devices

logic symbols†



†These symbols are in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

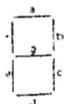
SN5446A, '47A, '48, SN54LS47, 'LS48, 'LS49,
SN7446A, '47A, '48, SN74LS47, 'LS48, 'LS49
BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS

description

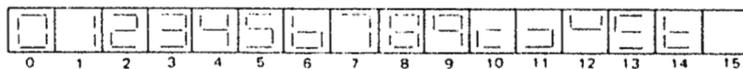
The '46A, '47A, and 'LS47 feature active low outputs designed for driving common anode LEDs or incandescent indicators directly. The '48, 'LS48, and 'LS49 feature active high outputs for driving lamp buffers or common-cathode LEDs. All of the circuits except 'LS49 have full ripple blanking input/output controls and a lamp test input. The 'LS49 circuit incorporates a direct blanking input. Segment identification and resultant displays are shown below. Display patterns for BCD input counts above 9 are unique symbols to authenticate input conditions.

The '46A, '47A, '48, 'LS47, and 'LS48 circuits incorporate automatic leading and/or trailing edge zero blanking control ($\overline{RB1}$ and $\overline{RB0}$). Lamp test (\overline{LT}) of these types may be performed at any time when the $\overline{BI}/\overline{RB0}$ node is at a high level. All types (including the '49 and 'LS49) contain an overriding blanking input (\overline{BI}), which can be used to control the lamp intensity by pulsing or to inhibit the outputs. Inputs and outputs are entirely compatible for use with TTL logic outputs.

The SN54246, SN74246 and '247 and the SN54LS247/SN74LS247 and 'LS248 compose the 5 and the 7 with tails and were designed to offer the designer a choice between two indicator fonts.



SEGMENT IDENTIFICATION



NUMERICAL DESIGNATIONS AND RESULTANT DISPLAYS

'46A, '47A, 'LS47 FUNCTION TABLE (T1)

DECIMAL OR FUNCTION	INPUTS						$\overline{BI}/\overline{RB0}^1$	OUTPUTS							NOTE	
	\overline{LT}	$\overline{RB1}$	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g		
0	H	H	L	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
1	H	X	L	L	L	H	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
2	H	X	L	L	H	L	H	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	
3	H	X	L	L	H	H	H	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
4	H	X	L	H	L	L	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	
5	H	X	L	H	L	H	H	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	
6	H	X	L	H	H	L	H	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	
7	H	X	L	H	H	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
8	H	X	H	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	
9	H	X	H	L	L	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	
10	H	X	H	L	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	
11	H	X	H	L	H	H	H	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
12	H	X	H	H	L	L	H	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	
13	H	X	H	H	L	H	H	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	
14	H	X	H	H	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	
15	H	X	H	H	H	H	H	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
\overline{BI}	X	X	X	X	X	X	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	2
$\overline{RB1}$	H	L	L	L	L	L	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	3
\overline{LT}	L	X	X	X	X	X	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	4

H = high level, L = low level, X = irrelevant

- NOTES
1. The blanking input (\overline{BI}) must be open or held at a high logic level when output functions 0 through 15 are desired. The ripple blanking input ($\overline{RB1}$) must be open or high if blanking of a decimal zero is not desired.
 2. When a low logic level is applied directly to the blanking input (\overline{BI}), all segment outputs are off regardless of the level of any other input.
 3. When ripple blanking input ($\overline{RB1}$) and inputs A, B, C, and D are at a low level with the lamp test input high, all segment outputs go off and the ripple blanking output ($\overline{RB0}$) goes to a low level (response condition).
 4. When the blanking input/ripple blanking output ($\overline{BI}/\overline{RB0}$) is open or held high and a low is applied to the lamp test input, all segment outputs are on.

¹ \overline{BI} , $\overline{RB0}$ is one ATC logic serving as blanking input (\overline{BI}) and/or ripple blanking output ($\overline{RB0}$).

2
TTL Devices

**SN54192, SN54193, SN54LS192 SN54LS193,
SN74192, SN74193, SN74LS192, SN74LS193**
SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)

DECEMBER 1972 REVISION 3 (MAY 1971)

Circuitry Provided Internally

µs Operation

Preset to Each Flip-Flop

Independent Clear Input

TYPICAL COUNT FREQUENCY	TYPICAL MAXIMUM	TYPICAL POWER DISSIPATION
32 MHz	32 MHz	125 mW
32 MHz	32 MHz	95 mW

olithic circuits are synchronous reversible counters having a complexity of 55 gates. The '192 and 'LS192 circuits are 4-bit counters and the '193 and 'LS193 are 4-bit counters. Synchronous operation is provided for all flip-flops clocked simultaneously so that the outputs change coincidentally with each other when clocked by the steering logic. This mode of operation eliminates the output counting spikes which are normally associated with asynchronous ripple counters.

Outputs of the four master-slave flip-flops are triggered by a low-to-high level transition of either count input. The direction of counting is determined by the count input which is pulsed while the other count input is held high.

These counters are fully programmable; that is, each counter may be preset to either level by entering the data at the data inputs while the load input is active. The output will change to agree with the data independently of the count pulses. This feature allows the counters to be used as modulo N dividers by simply modifying the count length with the preset inputs.

A clear input has been provided which forces all outputs to the low level when a high level is applied. The clear function is independent of the count and load inputs. The clear, count, and load inputs are buffered to lower the drive requirements and reduce the number of clock drivers, etc., required for long words.

These counters were designed to be cascaded without the need for external circuitry. Both borrow and carry outputs are available to cascade both the up and down counting functions. The borrow output produces a pulse equal in width to the count down input when the counter underflows. Similarly, the carry output produces a pulse equal in width to the count up input when an overflow condition exists. The counters can then be easily cascaded by feeding the borrow and carry outputs of one counter to the count down and count-up inputs respectively of the succeeding counter.

Maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	SN54*	SN54LS*	SN74*	SN74LS*	UNIT
Supply Voltage, V _{CC} (see Note 1)	7	7	7	7	V
Input Voltage	5.5	7	5.5	7	V
Free-air temperature range	-55 to 125		0 to 70		°C
Storage temperature range	65 to 150		65 to 150		°C

*Voltage values are with respect to network ground terminal.

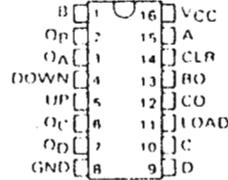
DATA documents contain information on product performance, publication data. Products conform to the terms of Texas Instruments' standard warranty. Production processing does not include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 456012 • DALLAS, TEXAS 75265

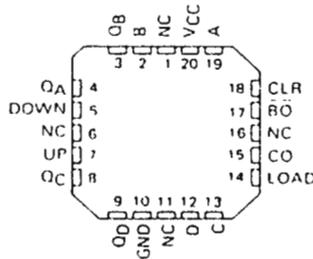
SN54192, SN54193, SN54LS192
SN54LS193 J OR W PACKAGE
SN74192, SN74193 N PACKAGE
SN74LS192, SN74LS193 D OR N PACKAGE

(TOP VIEW)



SN54LS192, SN54LS193 FK PACKAGE

(TOP VIEW)



NC: No internal connection

2

TTL Devices

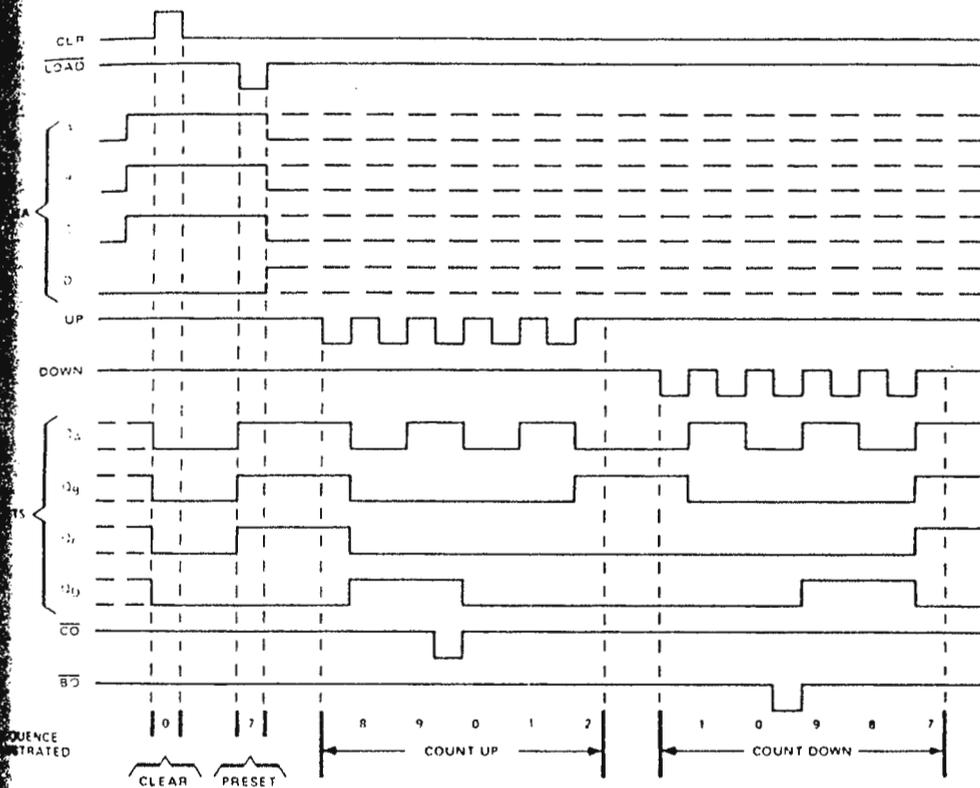
SN54192, SN54LS192, SN74192, SN74LS192
 SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)

'192, 'LS192 DECADE COUNTERS

Clear, load, and count sequences

Illustrated below is the following sequence:

1. Clear outputs to zero.
2. Load (preset) to BCD seven.
3. Count up to eight, nine, carry, zero, one, and two.
4. Count down to one, zero, borrow, nine, eight, and seven.



2
TTL Devices

A Clear overrides load, data, and count inputs.
 B When counting up, count down input must be high, when counting down, count-up input must be high.

SN54192, SN54193, SN74192, SN74193
SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)

Recommended operating conditions

	SN54192			SN74192			UNIT
	SN54193			SN74193			
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current			0.4			0.4	mA
Low-level output current			16			16	mA
Clock frequency	0		25	0		25	MHz
Width of any input pulse	20			20			ns
Data setup time (See Figure 1)	20			20			ns
Hold time	0			0			ns
Operating free-air temperature	-55		125	0		70	C

Electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ¹	SN54192			SN74192			UNIT
		SN54193			SN74193			
		MIN	TYP ¹	MAX	MIN	TYP ¹	MAX	
High-level input voltage		2			2		V	
Low-level input voltage				0.8		0.8	V	
Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, I_I = 12 \text{ mA}$			-1.5		-1.5	V	
High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OH} = 0.4 \text{ mA}$	2.4	3.4		2.4	3.4	V	
Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OL} = 16 \text{ mA}$		0.2 0.4		0.2 0.4		V	
Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 5.5 \text{ V}$			1		1	mA	
High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 2.4 \text{ V}$			40		40	μA	
Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 0.4 \text{ V}$			-1.6		-1.6	mA	
Short-circuit output current ²	$V_{CC} = \text{MAX}$	-20		-65	-18		-65	mA
Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$, See Note 2		65 89		65 102		mA	

¹ Conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
² Typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$.
 More than one output should be shorted at a time.
³ I_{CC} is measured with all outputs open, clear and load inputs grounded, and all other inputs at 4.5 V.

Timing characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$

PARAMETER ^a	FROM INPUT	TO OUTPUT	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max}				25	32		MHz
t_{PLH}	UP	\overline{CO}	$C_L = 15 \text{ pF}, R_L = 400 \Omega,$ See Figures 1 and 2		17	26	ns
t_{PHL}					16	24	ns
t_{PLH}	DOWN	\overline{RO}			16	24	ns
t_{PHL}					16	24	ns
t_{PLH}	UP OR DOWN	Q			25	38	ns
t_{PHL}					31	47	ns
t_{PLH}	LOAD	Q			27	40	ns
t_{PHL}					29	40	ns
t_{PHL}	CLR	Q		22	35	ns	

^a f_{max} - maximum clock frequency
^b t_{PLH} - propagation delay time, low to high level output
^c t_{PHL} - propagation delay time, high to low level output

2
TTL Devices

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

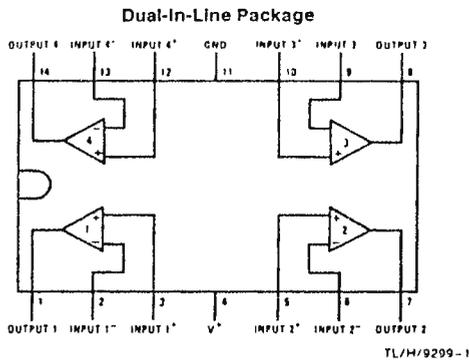
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz
(temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 15V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA
(temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV
and offset current 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing $0V$ to $V^+ - 1.5V$

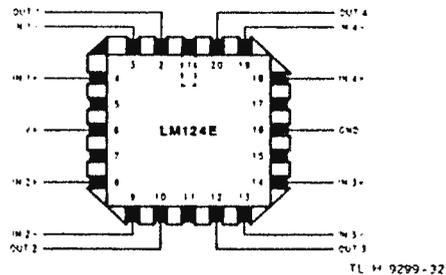
Connection Diagram



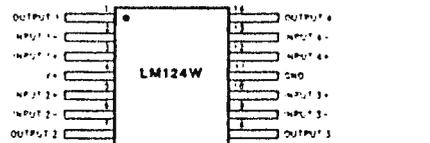
Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883**,
LM124AJ/883*, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M,
LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

*LM124A available per JM38510/11006
**LM124 available per JM38510/11005



Order Number LM124AE/883 or LM124E/883
See NS Package Number E20A



Order Number LM124AW/883 or LM124W/883
See NS Package Number W14B



LM124/LM224/LM324/LM2902

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V^+	32V	26V	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Differential Input Voltage	32V	26V	260°C	260°C
Input Voltage	0.3V to +32V	-0.3V to -26V	Soldering Information	
Input Current ($V_{IN} = 0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA	Dual-In-Line Package	
Power Dissipation (Note 1)			Soldering (10 seconds) 260°C	
Molded DIP	1130 mW	1130 mW	Small Outline Package	
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW	Vapor Phase (60 seconds) 215°C	
Small Outline Package	800 mW	800 mW	Infrared (15 seconds) 220°C	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2) $V^+ = 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous	See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C	ESD Tolerance (Note 10) 250V	
LM324/LM324A	0°C to +70°C			
LM224/LM224A	-25°C to +85°C			
LM124/LM124A	-55°C to +125°C			

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ Max	Min	Typ Max	Min	Typ Max	Min	Typ Max	Min	Typ Max	Min	Typ Max	
Input Offset Voltage	(Note 5) $T_A = 25^\circ C$	1	2	1	3	2	3	2	5	2	7	2	7	mV
Input Bias Current (Note 6)	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V, T_A = 25^\circ C$	20	50	40	80	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V, T_A = 25^\circ C$	2	10	2	15	5	30	3	30	5	50	5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = 30V, (LM2902, V^+ = 26V), T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$) $V^- = 5V$	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V, R_L = 2k\Omega, (V_O = 1V \text{ to } 11V), T_A = 25^\circ C$	50	100	50	100	25	100	50	100	25	100	25	100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V \text{ to } V^+ - 1.5V, T_A = 25^\circ C$	70	85	70	85	65	85	70	85	65	85	50	70	dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V \text{ to } 30V$ (LM2902, $V^+ = 5V \text{ to } 26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	50	100	dB

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			LM124/LM224			LM324			LM2902			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 8)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred)	-120			-120			-120			-120			-120			-120			dB	
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40		20	40		20	40		20	40		20	40		20	40		mA	
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20		10	20		10	20		10	20		10	20		10	20		mA	
	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 200 \text{ mV}, T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50		12	50		12	50		12	50		12	50		12	50		mA	
Short Circuit to Ground	(Note 2) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ\text{C}$	40	60		40	60		40	60		40	60		40	60		40	60		mA	
Input Offset Voltage	(Note 5)	4			4			5			7			9			10			mV	
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7	20		7	20		7	30		7			7			7			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Current	$I_{IN(-)} - I_{IN(+)}, V_{CM} = 0V$	30			30			75			100			150			45			200	nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10	200		10	200		10	300		10			10			10			pA/^\circ\text{C}	
Input Bias Current	$I_{IN(-)} \text{ or } I_{IN(+)}$	40	100		40	100		40	200		40	300		40	500		40	500		nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		V	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = 1V to 11V) $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	25			25			15			25			15			15			dB	
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	26		26		26		26		26		26		22						V
		$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	27	28		27	28		27	28		27	28		27	28		23	24		V
	V_{OL} $V^+ = 5V, R_L = 10 \text{ k}\Omega$	5	20		5	20		5	20		5	20		5	20		5	100		100	mV

1-215

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



**6-Pin DIP Random-Phase
Optoisolators Triac Driver Output
(400 Volts Peak)**

The MOC3020 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to a silicon bilateral switch.

- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option. They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INFRARED EMITTING DIODE			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current -- Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	P_D	100	mW
		1.33	mW/°C
OUTPUT DRIVER			
Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current ($PW = 1 \text{ ms}$, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300	mW
		4	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	330	mW
		4.4	mW/°C
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T_L	280	°C

- Isolation surge voltage V_{ISO} is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
- Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

MOC3021
(IFT = 18 mA Max)
MOC3022
(IFT = 10 mA Max)
MOC3023*
(IFT = 5 mA Max)

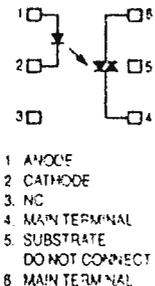
*Motorola Preferred Device

STYLE 6 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

SCHEMATIC



REV 1

Motorola Optoelectronics Device Data

5-8-87

MOC3021 MOC3022 MOC3023

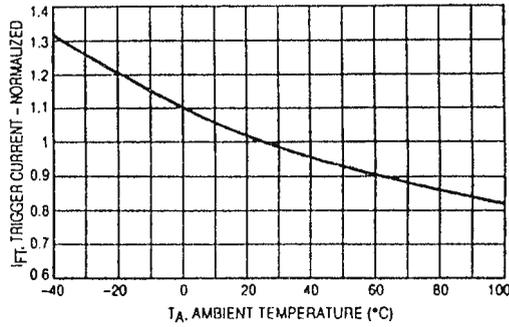


Figure 3. Trigger Current versus Temperature

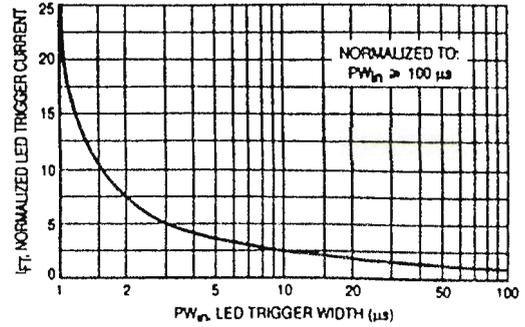


Figure 4. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width

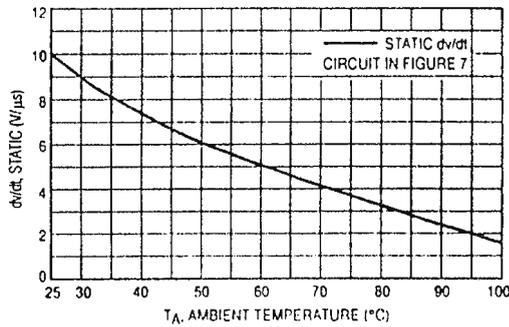


Figure 5. dv/dt versus Temperature

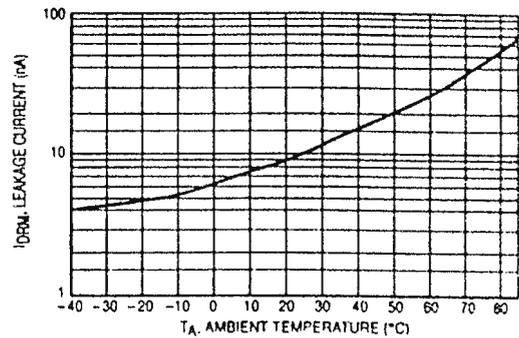
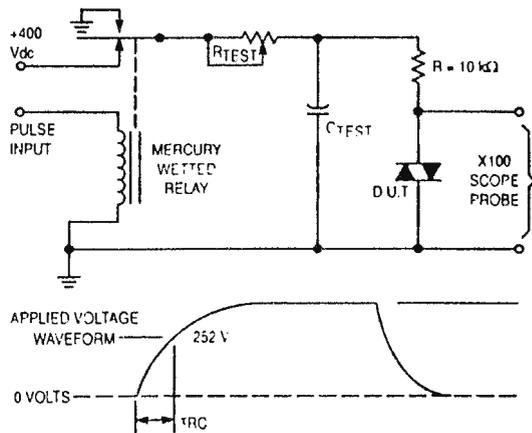


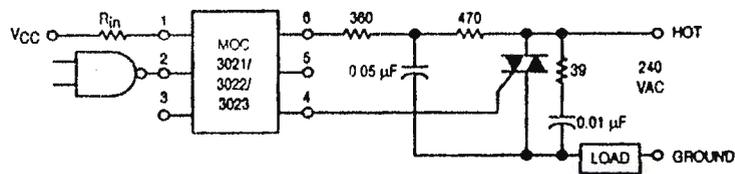
Figure 6. Leakage Current, I_{DRM} versus Temperature



1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ_{RC} is measured at this point and recorded.

Figure 7. Static dv/dt Test Circuit

MOC3021 MOC3022 MOC3023



* This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

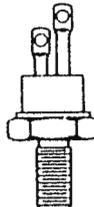
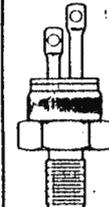
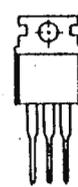
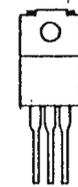
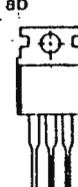
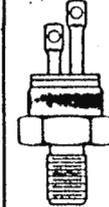
Additional information on the use of optically coupled triac drivers is available in Application Note AN-780A.

In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or ground side.

The 39 ohm resistor and 0.01 μ F capacitor are for snubbing of the triac, and the 470 ohm resistor and 0.05 μ F capacitor are for snubbing the coupler. These components may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

Figure 8. Typical Application Circuit

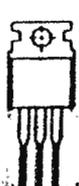
TRIACS (cont'd)

VRRM DC or Peak Volts	IT RMS Max Forward Current (Amps)							
	12 A	15 A		16 A	25 A			
50							ECG5681	
100							ECG5682	
200		ECG5673	ECG56004		ECG56015	ECG56019	ECG5683	
400		ECG5675	ECG56006		ECG56016	ECG56020	ECG5685	
600	ECG5687A	ECG5677	ECG56008		ECG56017		ECG5687	
800	ECG5688A		ECG56010	ECG5671	ECG56018			ECG5699
1000	ECG5689A							
IGT Min (mA) Quadrants I & III	100	50	40	35 Quads I, II, III	50 Quads I, II, III	50	75	50 Quads I, II, III
IGT Min (mA) Quadrants II & IV	100	80	75	70 Quad IV	75 Quad IV	50	100	80 Quad IV
VGT Max (V)	2.5	2.5	2.5	1.5	2.5	2.5	3.0	2.0
ISurge Max (A)	120	100	150	150	250	200	225	250
IHold Min (mA)	100	75	40	30	50	70	75	50
Von Max (V)	2.2	1.8	1.6	1.5	1.85	1.8	1.9	2.0
VGM (V)	---	± 5.0	± 10	± 10	± 10	± 10	± 5.0	± 5.0
PG Av (W)	1	.5	.5	.5	.5	.5	.75	.5
Operating Temperature T _J °C	-40 to +125	-65 to +100	-40 to +125	-40 to +125	-40 to +125	-40 to +110	-40 to +100	-40 to +125
Off State d _v /d _t (Typ) V/μsec	100	100	50	100	40	60	100	40
Operating Quadrants	I, II, III, IV	I, II, III	I, II, III, IV	I, II, III, IV				
Fig. No.	Z48A	Z49	Z41	Z41D	Z41	Z41	Z49	Z41D
Package	TO-64 Metric	TO-48	TO-220	TO-220J	TO-220	TO-220 Isolated Tab	TO-48	TO-220J
								

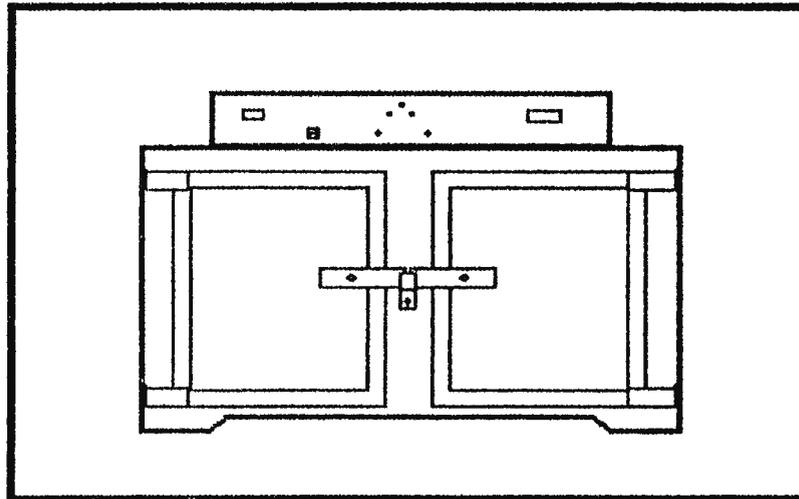
* 3 Mode device not specified in Quadrant IV.

Package Outlines - See page 1-134

TRIAC with Internal Trigger DIAC

ECG Type	IT RMS Amps	VRRM DC or Pk Volts	Operating Quadrants	VBO (V)	IBO (μA)	Max Ratings			Oper Temp T _J °C	Off State d _v /d _t V/μsec	Fig. No.	Package TO-220 Isolated Tab
						V _F (on) Volts	I _{Surge} Amps	I _{Hold} mA				
ECG5646	10 A	600	I, II, III, IV	35 Min	200	1.6	110	50	-40 to +100	60	Z41	

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE BIOMEDICA**



**Manual de Operación y servicio del horno secador y
esterilizador Elconap-4**

**Alberto González
Edward Enrique López
Guillermo Isaac Medrano**

San Salvador, Enero de 1998

Indice

Página

1. Introducción	1
2. Descripción del equipo	1
2.1. Generalidades	
2.2. Principio de Operación	
2.2.1. Análisis del diagrama de bloques	
2.2.2. Análisis del circuito	
3. Procedimiento de Operación	19
3.1. Secado	
3.2. Esterilización	
4. Mantenimiento del equipo	19
4.1. Mantenimiento Preventivo	
4.2. Procedimiento de calibración y ajuste	
4.3. Ubicación de puntos de prueba y calibración	
4.4. Algunas fallas y sus posibles correcciones	
5. Características técnicas	24

MANUAL DE OPERACION Y SERVICIO PARA EL HORNO SECADOR Y ESTERILIZADOR (Elconap 4 modificado)

1. INTRODUCCION

En el presente manual se realiza una descripción del horno secador y esterilizador, y luego se describen los procedimientos a seguir para secar o esterilizar material de laboratorio clínico.

Además se presenta el cuidado y mantenimiento preventivo necesario, tanto el que debe brindar el operador, como el que debe brindar el técnico. El manual incluye las características técnicas, los diagramas electrónicos y su respectiva explicación.

2. DESCRIPCION DEL EQUIPO

2.1 GENERALIDADES:

El horno secador y esterilizador Elconap 4, es un equipo producto de la remodelación de la incubadora Elconap 4, a la cual se le ha hecho una cámara de acero inoxidable y se ha rodeado con material refractario. Este horno está fabricado para proporcionar dos temperaturas, dependiendo del modo seleccionado. En el modo de secado de 100°C, y de 170°C en el modo de esterilización. En el modo de esterilización posee además un contador, el cual proporciona una cuenta visible decreciente de una hora (60 minutos), al final de la cual se desconecta automáticamente.

El exterior de el horno está fabricado de plycem (cubierta anterior de la incubadora).

El horno posee una caja de control, la cual puede observarse en las figuras 1 y 2. La

función de sus partes mostradas es la siguiente:

- **Contador de Tiempo:** Este proporciona un conteo en forma descendente de 60 minutos (una hora). El conteo comienza cuando se alcanzan 170 °C dentro del horno en el ciclo de esterilización. Al llegar el contador a cero, el horno se desconecta automáticamente, con lo cual comienza el enfriamiento del horno. El contador sigue con 99 y sigue contando en forma descendente. Luego de llegar a cero, el conteo ya no es válido.
- **Interruptor Principal:** Este enciende o apaga el equipo.
- **Indicador 1 (D9):** Este se enciende cuando se enciende el equipo, ya sea para ciclo de esterilización o secado.
- **Indicador 2 (D8):** Este se enciende cuando comienza el ciclo de esterilización, es decir cuando se ha alcanzado la temperatura de esterilización en el horno (170°C); y se apaga cuando finaliza este ciclo, es decir cuando el contador ha llegado a cero.
- **Indicador 3 (D7):** Este se enciende cuando ha finalizado el ciclo de esterilización, e indica que ha comenzado el tiempo de espera para abrir la puerta (Hasta que el termómetro marque 50°C Aprox).
- **Termómetro Digital:** Este posee tres posiciones válidas y una de apagado. Las tres posiciones válidas muestran la temperatura de secado (aproximadamente 100°C), la de esterilizado (aproximadamente 170°C) y la otra

posición muestra la temperatura sensada dentro de la cámara. Es importante el mencionar que está es válida cuando muestra 50°C hacia arriba. Temperaturas menores a estas no se asegura su veracidad para este termómetro.

circuito de control de temperatura. La alarma de sobrettemperatura es activada a través de la señal de salida del sensor de temperatura interna.

2.2 PRINCIPIO DE OPERACION

2.2.1. ANALISIS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

La entrada del sistema desde el operador está dada por el selector de temperatura, el cual proporciona un voltaje de acuerdo a la función seleccionada (secado o esterilizado). Un sumador algebraico (un restador) toma esta señal y la proporcionada por el sensor de temperatura interno (termocupla). La diferencia de estas señales es entregada al control de temperatura, de modo que al encender el equipo, el voltaje sensado es mucho menor (casi cero) que el fijado por el operador, y la salida entregada al control es grande; a medida que la temperatura aumenta, la diferencia disminuye y el control es disparado en un tiempo mayor (acercandose al final del semiciclo de la señal de 60Hz).

El control de procesos cambia de estado dependiendo de la temperatura sensada y del temporizador. El termómetro digital toma la señal entregada por el sensor de temperatura interna y la muestra en escala de grados centígrados.

El control de temperatura es desconectado por el temporizador, cuando ha llegado al fin del tiempo.

La resistencia de salida es manejada por el

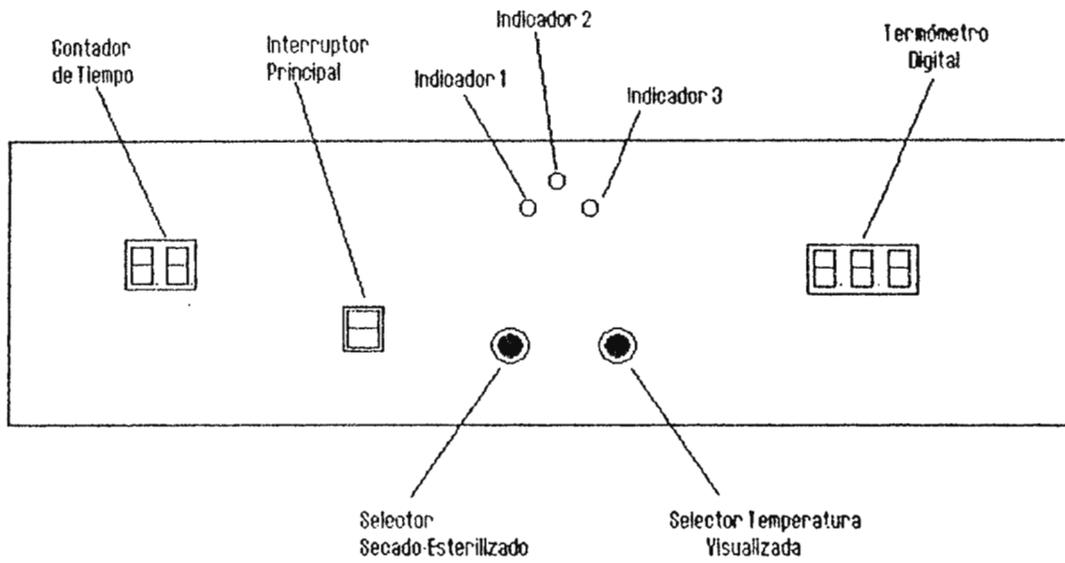


Figura 1. Vista frontal de la caja de control

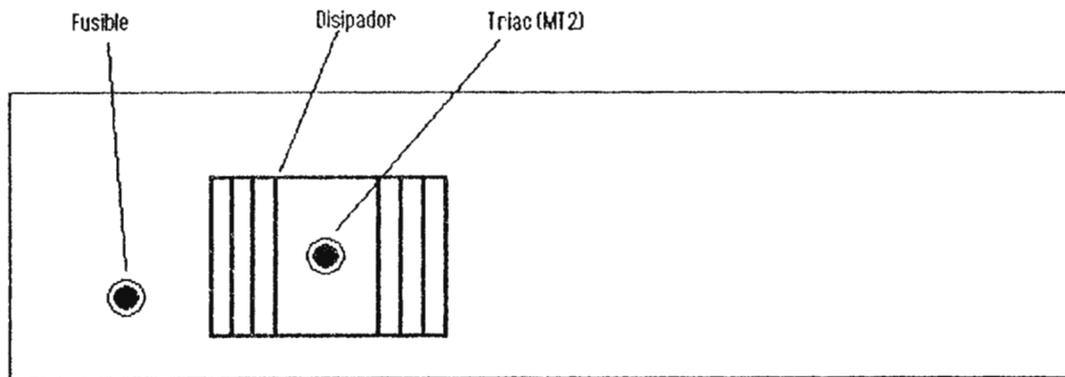


Figura 2. Vista posterior de la caja de control

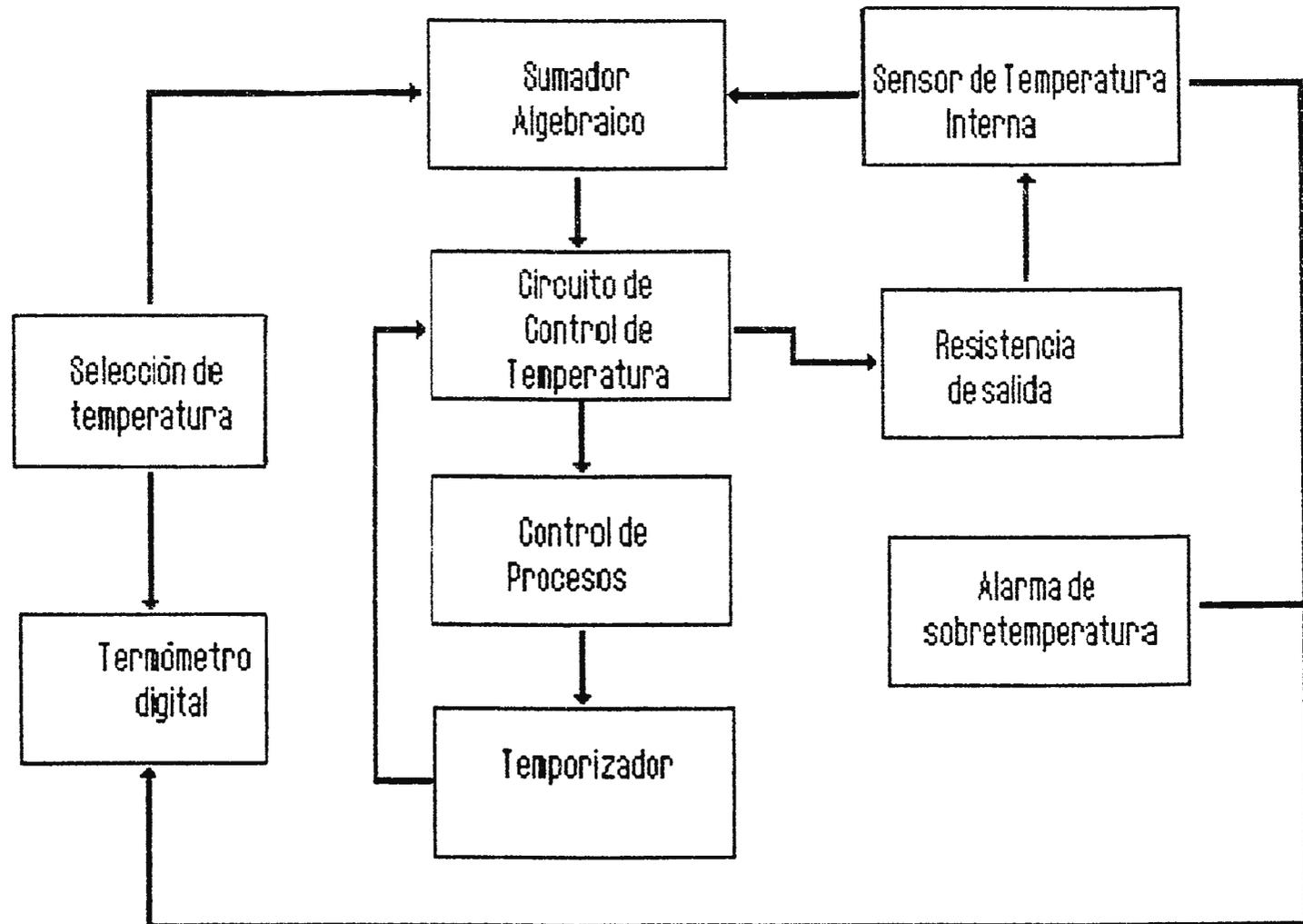


Fig. 3 Diagrama a bloques del sistema implementado.

2.2.2. ANALISIS DEL CIRCUITO

A. FUENTE DE ALIMENTACION

Los dispositivos electrónicos funcionan con corriente directa por lo cual es necesaria la rectificación de la corriente alterna que es tomada de la red de 110 voltios. Es necesaria la reducción del voltaje de línea a través de un transformador reductor (T1) el cual disminuye el voltaje hasta 24 Vac con una línea de referencia o tap central. Este es rectificado por medio de un puente de diodos (BD1) para así obtener un voltaje DC pulsante el cual es aplicado a un filtro capacitivo C1 y C2 para así obtener un voltaje DC lineal. Este voltaje es utilizado para la alimentación de los diferentes circuitos tomando para cada uno de estos un valor fijo de voltaje el cual es obtenido a través de reguladores fijos de voltaje (IC1 -- IC5).

B. TERMOMETRO DIGITAL

Para los procesos de secado y esterilizado es necesario llevar la temperatura a dentro de la recámara a valores determinados para asegurar un óptimo resultado. Como se ha mencionado anteriormente la temperatura de esterilizado será de 170 °C y la de secado será de 100°C.

La termocupla provee un voltaje proporcional

con incrementos lineales a la temperatura a la que está sometido. Este voltaje es amplificado por un amplificador de instrumentación formado por IC14-IC15 e IC16 y es aplicado al pin inversor del IC18, fig.16 , el cual provee una ganancia unitaria y cuyo propósito es el de invertir el voltaje de entrada para trabajar con voltajes positivos.

El dispositivo encargado de convertir una señal analógica a una salida digital es el convertidor analógico-digital IC6. Este integrado recibe un voltaje discreto y ofrece la conversión de dicha entrada en código de 7 segmentos de hasta 3.5 dígitos.

Pero no puede aceptar como voltaje de entrada voltajes mayores de 2 voltios.

El convertidor utilizado es el 7107 que además de las ventajas mencionadas necesita únicamente la conexión de una resistencia R2 y un capacitor C13 para proveer el reloj de oscilación cuya frecuencia viene dada por la siguiente ecuación:

$$F=45/R2C3$$

Con el divisor de voltaje para la entrada de voltaje de referencia pin 36 se fija un nivel de $V_{ref}/2$ indicando que cuando el voltaje de entrada, pines 30 y 31 sea igual al voltaje de referencia se obtiene media

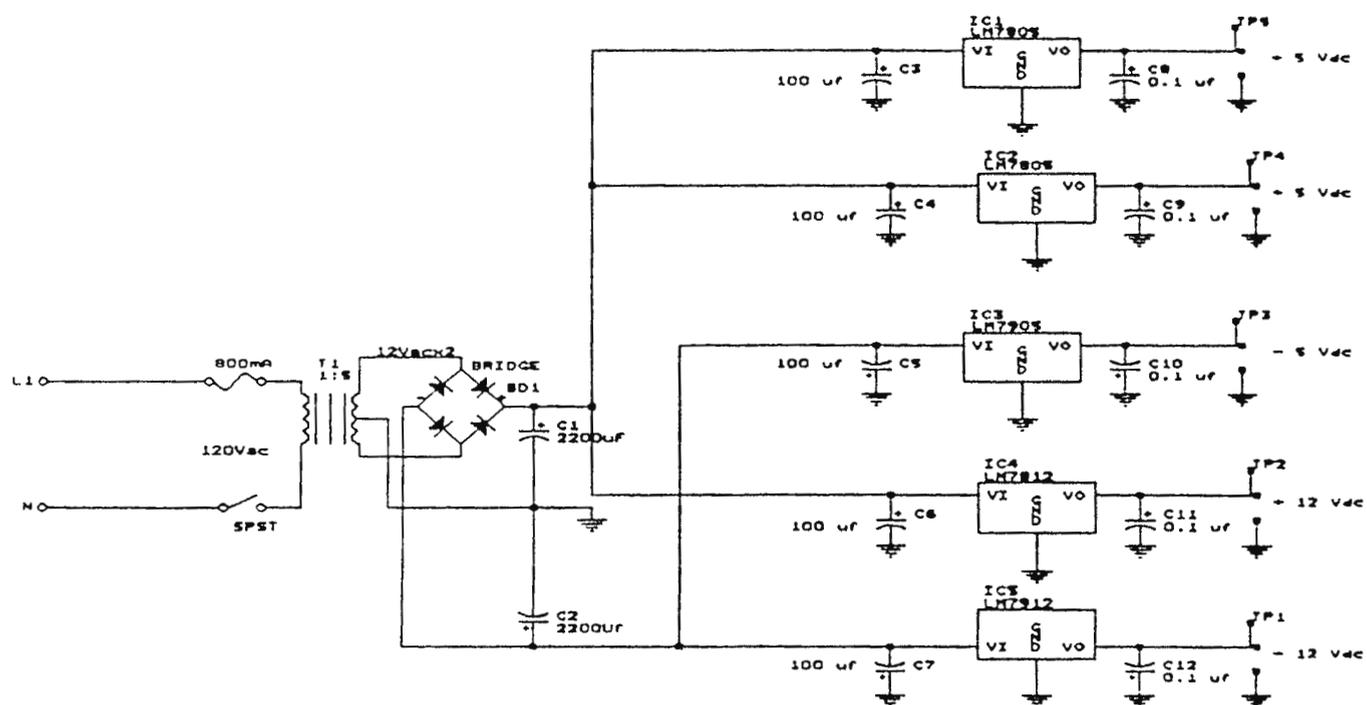


FIG.4. Diagrama Eléctrico de Fuentes de alimentación

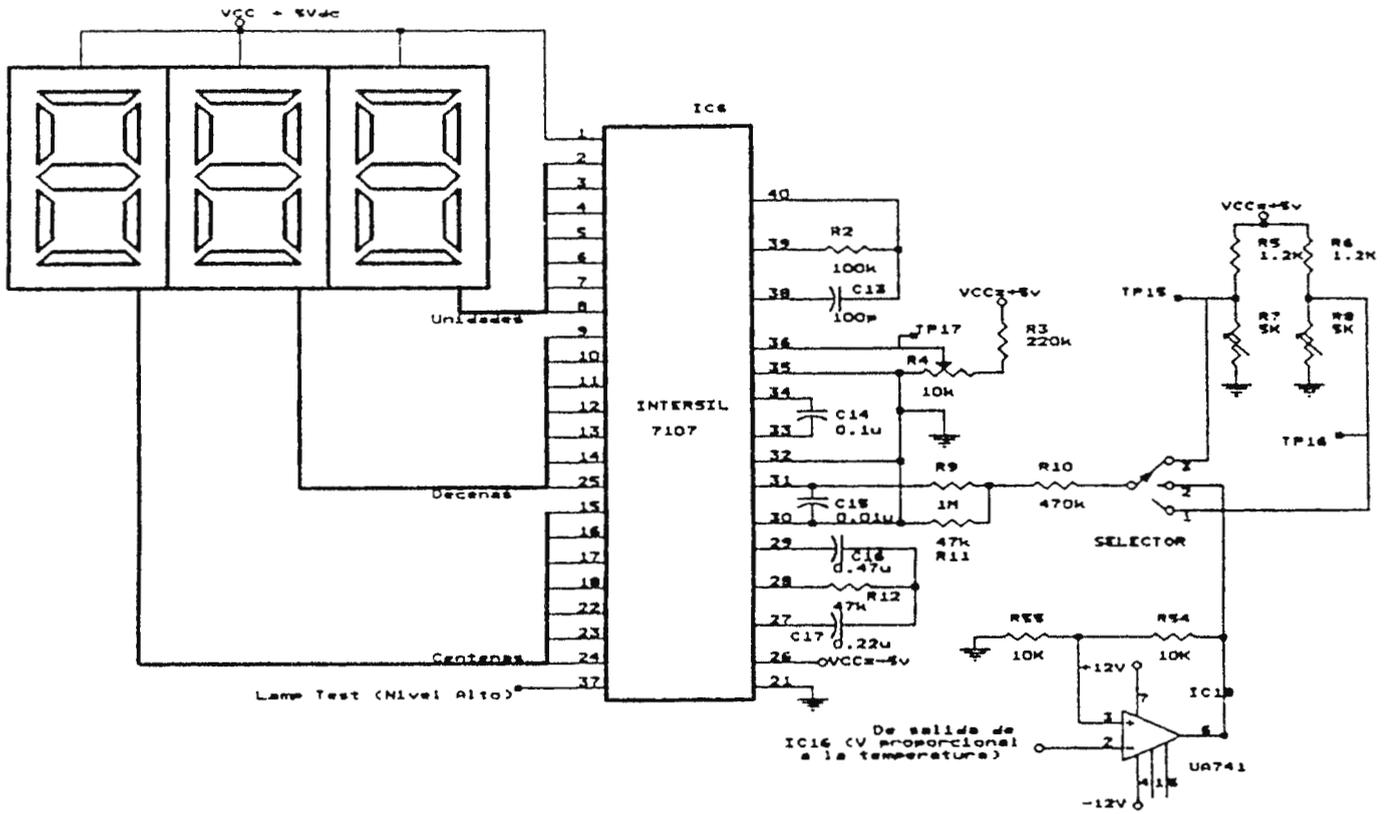


FIG. 5 Circuito de Termómetro Digital.

escala y cuando el voltaje de entrada es dos veces el voltaje de referencia, escala completa. (Con To máx. 1999).

Un resistor de integración debe conectarse al pin 28 para mantener una óptima región de linealidad en el rango de los voltajes de entrada.

Además de la resistencia de integración R12 se conecta un capacitor que debe ser seleccionado de tal manera que al máximo voltaje de operación no se sature al oscilador. El valor nominal de este capacitor es de 0.22uf (C17).

Al pin 29 se le conecta un capacitor que ofrece proteger al integrado del ruido (C16). Los valores típicos para este capacitor son de 0.47 a 0.047 uf.

A través de R9, R10y R11se escalea el voltaje de entrada para realizar la conversión de voltajes en el orden de los milivoltios y operar dentro de los límites de IC6.

Existen tres temperaturas a visualizar, dos temperaturas de programación que corresponden a 100° C y a 170°C y otra temperatura que corresponda al valor existente en la recámara. La selección de

estas temperaturas es posible con el cierre de un interruptor de un polo tres tiros. Las temperaturas programadas para 100 y 170°C se consigue con divisores de voltaje, R5,R6,R7 y R8.

R7 y R8 son potenciómetros para obtener exactitud en los voltajes proporcionales a las temperaturas programadas.

Temperatura	100°C	160°C	170°C	200°C
Voltaje	2.7V	3.9V	4.18V	4.96V

Tabla 1. Voltajes proporcionales a temperaturas utilizadas.

C. CONTROL DE TIEMPO

El proceso de esterilización se realiza durante un intervalo de tiempo dependiendo de la la temperatura en recámara. En esterilizado se utiliza la temperatura de 170 °C por una hora. Este circuito de temporizado se logra de la conexión en cascada de dos contadores decadales 74192 (IC10 e IC11) y cuyas salidas binarias son convertidas a código de 7 segmentos por medio de IC12 e IC13 (Decoders) para display de ánodo común. Fig6.

Puesto que el tiempo de esterilización es de 60 minutos, se utiliza la carga paralela de los contadores y así presentan el N° 60 en decimal, gracias a una red RC que da el nivel de carga a los pines 11 de los contadores.

El tiempo de esterilización debe ser efectivo desde el momento que la recámara sobrepasa un umbral. Esto se hace con un comparador IC9, El cual, cuando el voltaje a la salida de IC18 sea menor que un voltaje predeterminado a la temperatura de umbral (Aprox .170 °C), se saturará negativamente, inhabilitando el regulador serie 4. Cuando el voltaje de umbral es sobrepasado, significa que la temperatura en la cámara es la deseada para iniciar el tiempo de esterilización. El comparador se saturará positivamente, polarizando la base de Q4 que actuará como una fuente de voltaje para el oscilador de relajación.

Oscilador de Relajación.

El oscilador de relajación es formado por R37, R38, R39, R41, C20, y PUT 1 y funciona de la siguiente manera:

Un voltaje fijo se establece en el divisor de R38 y R39 (Vgate) este voltaje viene dado por la siguiente formula $V_G = (R38/R38+R39)*12 \text{ Vdc} + 0.7\text{V}$.

VG: El condensador C20 se carga a través de

R37. Como se desea un pulso de descarga de C20 en R41 cada 60 seg. La fórmula del período de oscilación es

$$T = R37C20 \ln(12 \text{ Vdc}/12 \text{ Vdc}-V_p)$$

Donde $V_p = V_g + 0.7\text{V}$

Cuando el capacitor C20 sobrepase en 0.7 V el V_g se hará fluir una corriente a través del ánodo de PUT1 hacia el cátodo. Haciendo que el condensador se descargue en R41 dando un pulso de reloj hacia los contadores. Como el capacitor se descarga, V_g vuelve a ser mayor que el voltaje en el ánodo y se abrirá Put1 repitiendo el ciclo cada minuto.

D. CONTROL DE TEMPERATURA

En conjunto el control de temperatura funciona de la siguiente manera:

Un transformador toma la señal AC senoidal de 110 voltios para reducirla a 24 voltios rms con tap central, este transformador es el utilizado en la fuente de voltaje. Luego la señal pasa por un divisor de voltaje (R13 Y R14) para tener un voltaje de 6.36 voltios pico, el cual entra a un detector de cruce por cero (IC 7A e IC 7B).

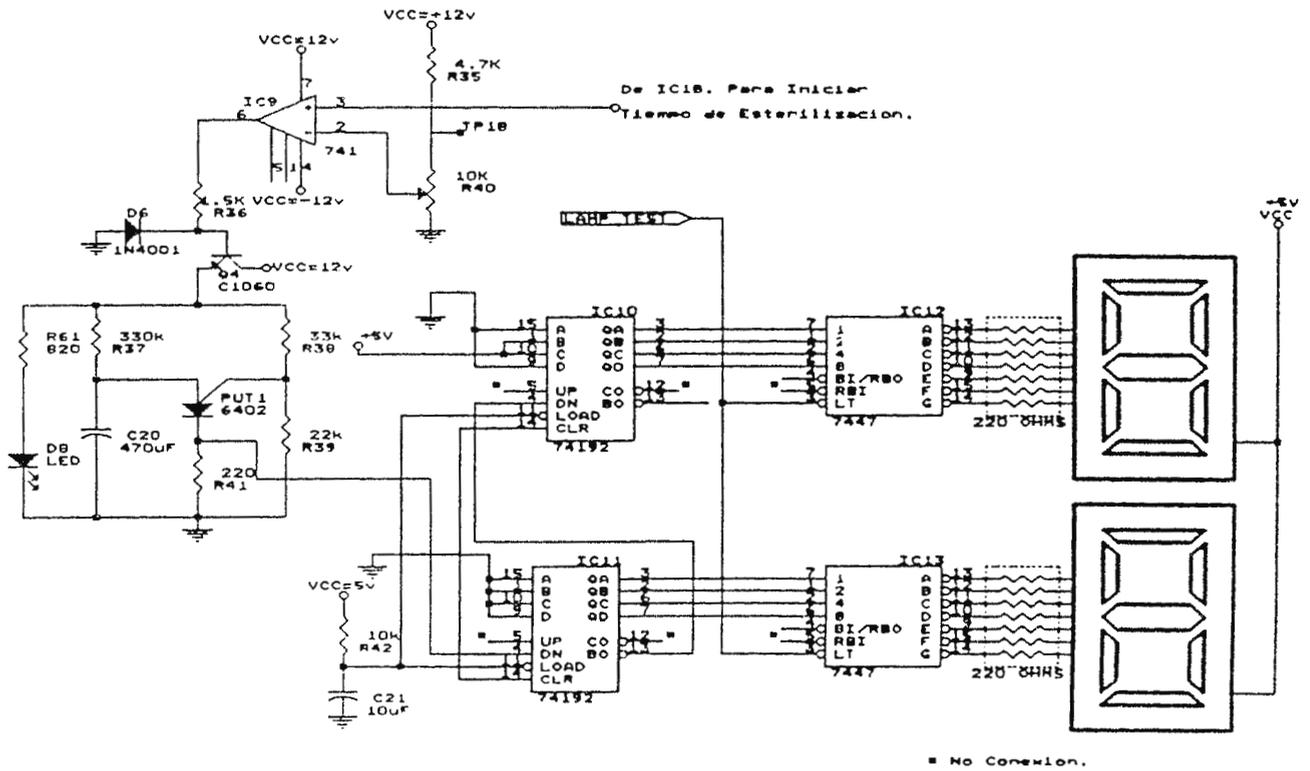


FIG. 6 Circuito del Temporizador.

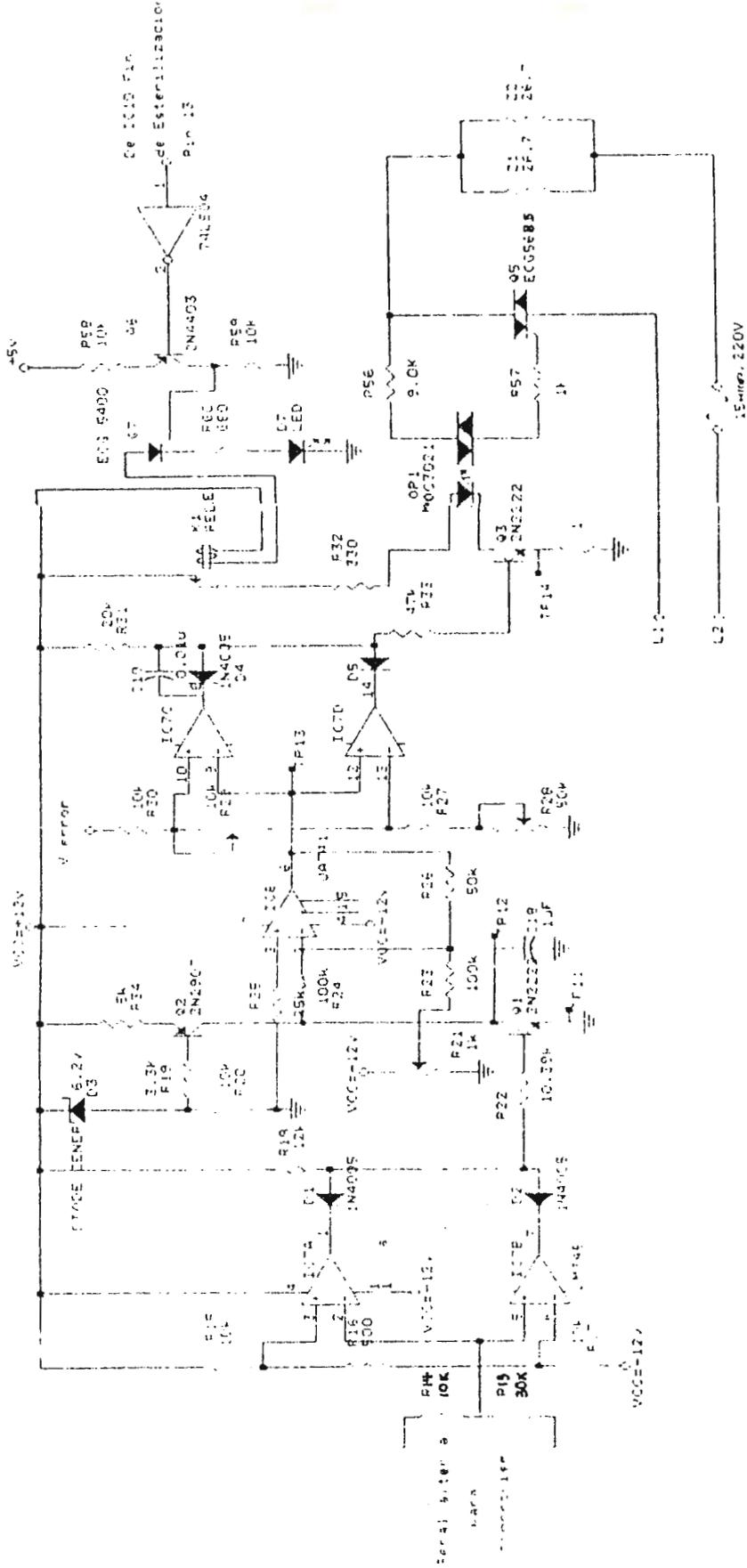


FIG. 7 A Diagrama eléctrico de control de temperatura.

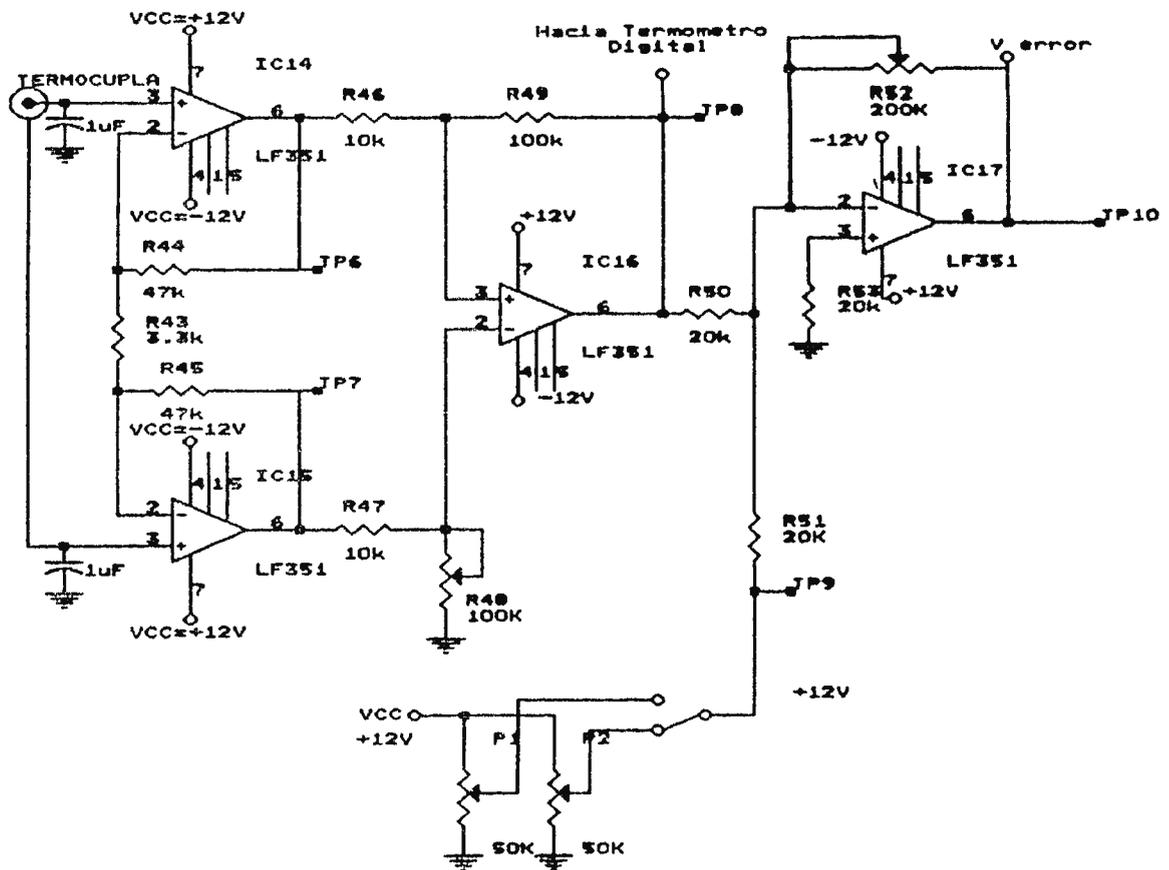


FIG. 7B Diagrama eléctrico de control de temperatura.

Este detector de cruce por cero maneja un transistor Q1 entre los estados de saturación y corte, lo cual permite descargar rápidamente o permitir la carga de un capacitor C18. Este capacitor está alimentado por una fuente de corriente constante (R34 y Q2), de modo que su señal de carga tenga una forma lineal, obteniéndose así una rampa. Esta rampa es invertida por un amplificador sumador IC8, el cual suma -10 voltios (R21) a la señal, de modo que a partir de la rampa ascendente del capacitor, se obtenga una descendente. Esta señal de rampa de voltaje es introducida a una ventana determinada por la señal de error de retroalimentación (Red de R27-R30 e IC7C-IC7D). La señal de error de retroalimentación proviene de la resta de la señal obtenida por la termocupla (IC17) y la programada por el usuario. La salida del detector de ventana controla a su vez un circuito de disparo del optotriac (OP1), mediante un transistor.

El optotriac es el que se encarga de disparar al triac (Q5), inyectando corriente a la compuerta de este, cada vez que es disparado por el detector de ventana. De

este modo cada vez que la temperatura programada sea mucho mayor que la sensada, el sistema disparará al triac al principio de la onda senoidal de 220V. A medida que la diferencia de la temperatura sensada y la programada es menor, el comparador de ventana dispara al triac mucho más cerca del final de la rampa descendente, es decir, mucho más alejado del inicio del ciclo de la onda de 220V.

D.1. Detector de cruce por cero

Este sistema toma la señal del voltaje reductor utilizado en la fuente de voltaje DC, y es introducida a un divisor de voltaje (R13-R14), el cual proporciona un voltaje de 6.36 voltios pico a un detector de cruce por cero, el cual es el núcleo de la sincronización del sistema. Este detector de cruce por cero está formado por dos amplificadores operacionales, IC7A e IC7B, y una red de resistencias y potenciómetro como se muestra en el diagrama correspondiente, R15-R17. Este entrega una señal negativa a un interruptor de estado sólido, es decir, compuesto por un transistor, R22 y Q1. Si se detecta un cruce

activado en forma óptica por un led. El optotriac está conectado a la compuerta de un triac de potencia, el cual está conectado a las resistencias calefactoras (Z1 y Z2) y a la red de 220 voltios; es decir, que este último es el encargado de manejar la conducción de las resistencias calefactoras. De esta forma cada vez que el transistor active al optoacoplador, se hará conducir al triac, y, por tanto, el encendido o apagado de las resistencias calefactoras.

D.5. Muestreo de la temperatura real

Este consiste en un sensor (termocupla tipo J, ver características técnicas en anexo), un amplificador diferencial (IC14 e IC15) y un sumador algebraico con ganancia (IC16). El amplificador diferencial está formado por dos etapas, una que consiste en un amplificador diferencial de tipo double ended y otro tipo single ended.

El amplificador diferencial “double ended” (IC14 IC15) es utilizado para poder tomar la señal proveniente de la termocupla (14.3 mV para 170°C y 8.55mV para 100°C), el cual le proporciona a la señal una ganancia de 15.7. A continuación un amplificador

tipo “single ended”(IC16) amplifica diez veces más la señal. Esta configuración ha sido adoptada debido a que por su pequeño valor, la señal de la termocupla es sujeta a la interferencia de ruido por los sistemas de alimentación, así como efecto de carga por la no ideal impedancia de entrada de los amplificadores. Luego esta señal amplificada pasa por un sumador (IC17), el cual suma un voltaje amplificado de la termocupla negativo con un voltaje de referencia positivo programado por el operador, obteniéndose de esta forma un restador, el cual realiza la diferencia entre el voltaje correspondiente a la temperatura programada por el operador, y la sensada por la termocupla. El resultado es una señal llamada voltaje de error,(salida de IC17), cuando la diferencia entre la temperatura sensada y la programada sea cero la señal de error será cero. Cuando la diferencia sea grande la señal de error también será grande. Esta señal es introducida al comparador de ventana explicado anteriormente.

E. CONTROL DE PROCESOS

Para conseguir el esterilizado es necesario que la cámara alcance una temperatura, una forma gráfica de representar el ciclo de la esterilización es a través de un control de procesos que indica en forma consecutiva los estados por los que cruza la operación de esterilizado.

Se utiliza un código para indicar el estado de operación del circuito de control de todo el sistema.

En general se reconocen tres estados principales:

- 1- Encendido - Calentamiento
- 2- Activo - Esterilizando
- 3- Fin - Inactivo

La combinación de los indicadores visuales para los tres estados se muestra en la siguiente tabla:

	D9	D8	D7
Encendido – Calentamiento	ON	OFF	OFF
Activo – Esterilizado	ON	ON	OFF
Fin – Inactivo	ON	OFF	ON

TABLA 2. Secuencia de los indicadores de los procesos para el esterilizado.

- 1- Encendido – Calentamiento: Está controlado de acuerdo con la puesta en funcionamiento del sistema, pues está conectado directamente a la alimentación principal, a través de R62 que actúa como resistencia limitadora de corriente para D9.
- 2- Activo – Esterilizando: Está controlado mediante el comparador de Temperatura formado por el IC9, el cual está sensando de una manera constante la temperatura dentro de la cámara a través de la termocupla. Mientras no se alcance la temperatura de esterilizado el comparador da a la salida saturación negativa porque el voltaje prefijado por el divisor de R35 y R40 es mayor que el voltaje proporcional a la temperatura dentro de la cámara. Cuando la cámara alcanza la temperatura de esterilizado IC9 bascula a saturación positiva polarizando el transistor Q4 que actúa como regulador serie, permitiendo la polarización de R61 y D8 indicando, por consiguiente, el estado activo.
- 3- Fin – Inactivo: Está controlado por medio de la etapa de tiempo formada por los contadores IC 10 e IC11. Al terminar la cuenta descendente IC10 da un pulso en

E. CONTROL DE PROCESOS

Para conseguir el esterilizado es necesario que la cámara alcance una temperatura, una forma gráfica de representar el ciclo de la esterilización es a través de un control de procesos que indica en forma consecutiva los estados por los que cruza la operación de esterilizado.

Se utiliza un código para indicar el estado de operación del circuito de control de todo el sistema.

En general se reconocen tres estados principales:

- 1- Encendido - Calentamiento
- 2- Activo - Esterilizando
- 3- Fin - Inactivo

La combinación de los indicadores visuales para los tres estados se muestra en la siguiente tabla:

	D9	D8	D7
Encendido - Calentamiento	ON	OFF	OFF
Activo - Esterilizado	ON	ON	OFF
Fin - Inactivo	ON	OFF	ON

TABLA 2. Secuencia de los indicadores de los procesos para el esterilizado.

- 1- Encendido - Calentamiento: Está controlado de acuerdo con la puesta en funcionamiento del sistema, pues está conectado directamente a la alimentación principal, a través de R62 que actúa como resistencia limitadora de corriente para D9.
- 2- Activo - Esterilizando: Está controlado mediante el comparador de Temperatura formado por el IC9, el cual está sensando de una manera constante la temperatura dentro de la cámara a través de la termocupla. Mientras no se alcance la temperatura de esterilizado el comparador da a la salida saturación negativa porque el voltaje prefijado por el divisor de R35 y R40 es mayor que el voltaje proporcional a la temperatura dentro de la cámara. Cuando la cámara alcanza la temperatura de esterilizado IC9 bascula a saturación positiva polarizando el transistor Q4 que actúa como regulador serie, permitiendo la polarización de R61 y D8 indicando, por consiguiente, el estado activo.
- 3- Fin - Inactivo: Está controlado por medio de la etapa de tiempo formada por los contadores IC 10 e IC11. Al terminar la cuenta descendente IC10 da un pulso en

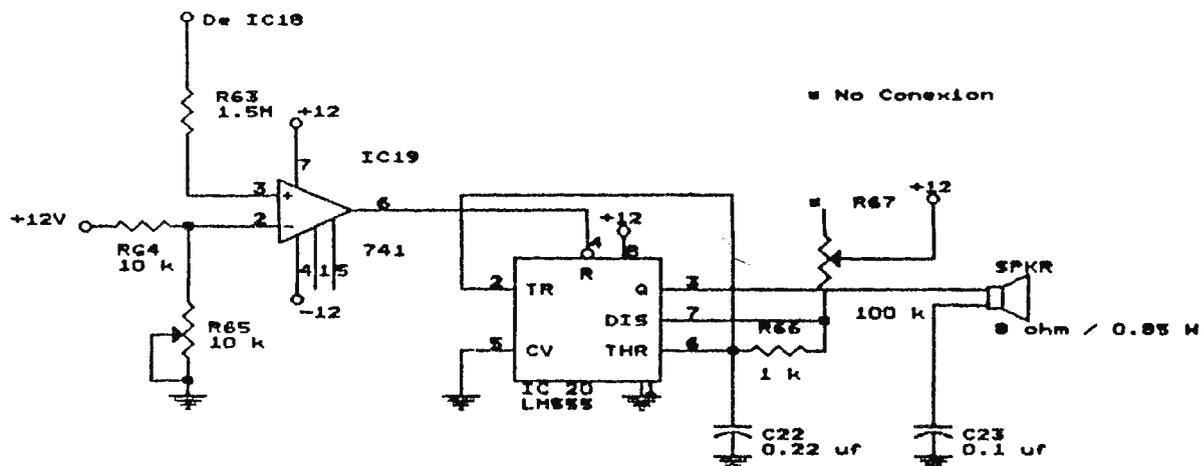
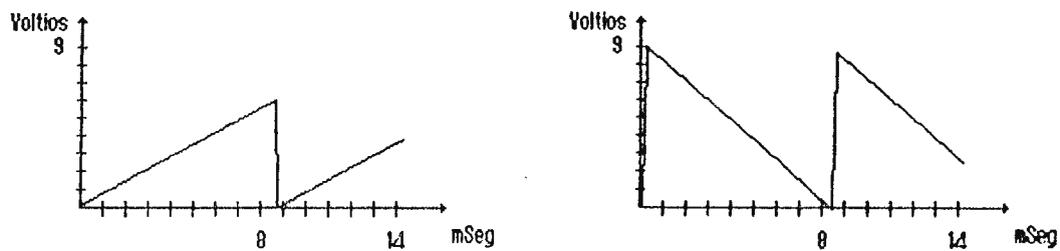


FIG. 8 Circuito de alarmas



a) Forma de onda en punto de prueba N12

b) Forma de onda en punto de prueba N13

Fig. 9

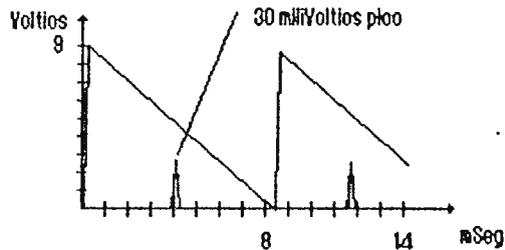


Fig. 10. Forma de onda punto de prueba N°14

3. OPERACIÓN DEL EQUIPO

3.1 SECADO

En el modo secado, los pasos a seguir son los siguientes:

- Colocar el instrumental escurrido en la recámara.
- Cierre las puertas y abra las ventoleras.
- Seleccionar la posición de secado en el interruptor.
- Encender el equipo (con el interruptor principal)
Una vez ha terminado el proceso de secado:
- Apagar el equipo (con interruptor principal).
- Esperar hasta que se enfríe (45 minutos aproximadamente).
- Retirar el material ya seco.

NOTA: Si usted desea iniciar nuevamente el ciclo de secado, encienda nuevamente el equipo y repita el proceso anteriormente descrito.

3.2 ESTERILIZACION

NOTA. Los únicos materiales esterilizables con calor seco son: Instrumentos de vidrio, vaselinas, aceites, talcos.

- Colocar el material a esterilizar perfectamente seco, dentro de la cámara.
- Cerrar puertas y ventoleras.
- Colocar interruptor secado-esterilizado en posición de esterilizado.
- Encender el equipo.
- Una vez que el led de fin de esterilización enciende, espere por lo menos una hora treinta minutos antes de abrir, para que la cámara se enfríe lo suficiente (50°C).

- Apagar el equipo.
- Sacar el instrumental.

NOTA: Si usted desea comenzar nuevamente el ciclo de esterilización apague el equipo y enciéndalo nuevamente repitiendo los pasos señalados anteriormente.

4. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Diariamente, al final de las labores:

- Limpiar y secar cualquier condensado ya sea en el interior o exterior del horno.
- Desinfección diaria de la cámara de acero inoxidable con germicida no inflamable pero volátil
- Limpiar las puertas de vidrio.

Trimestralmente:

- Aspirar con cuidado cualquier residuo de polvo dentro de la caja de control.
- Presionar con cuidado los integrados en sus bases.
- Revisar el estado del cable de alimentación y las conexiones externas al horno.
- Verificar estado de cables de interconexión entre tabletas.
- Revisar en las tarjetas de control en los demás puntos de prueba los niveles de voltaje de acuerdo a los valores indicados en la sección de ubicación de puntos de prueba y calibración.

4.2. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN Y AJUSTE.

A) Fuentes de alimentación. Verificar con un voltímetro, la existencia de los voltajes de alimentación para circuitos digitales y análogos, colocando una punta del voltímetro en un punto de masa y la otra punta en el punto de prueba de salida de la fuente.

B) Circuito de control de tiempo. La salida de la termocupla gobierna el inicio de la cuenta descendente en esterilizado. Esta variable depende de un voltaje en el cual la termocupla alcanza la temperatura de esterilizado y es comparado con un voltaje establecido por R40 y medible en TP18.

C) Termómetro Digital. Para obtener una lectura confiable de la temperatura en la recámara, es necesario que la entrada de voltaje a temperaturas programadas se mantenga lo más estable posible, al igual que el voltaje de referencia, útil para la conversión digital de la entrada análoga en IC6. Estos voltajes se miden en: TP15 para una temperatura de 100°C y ajustable con R7; TP16 para una temperatura de 170°C y regulado por R8, y de 40 mV en TP17, ajustado por R4. TP19 puede utilizarse para la conexión a tierra del voltímetro.

D) Control de Temperatura.

Verificar con un osciloscopio en los puntos 12, 13 y 14, las formas de onda mostradas en las figuras 9 y 10. Ajustar el nivel DC de la rampa de la figura 9 a), con el potenciómetro R21. Ajustar el pulso de disparo, de modo que al encender el equipo se dispare a 1.11 mSeg después del inicio de la rampa, usando

los potenciómetros R28. R29 es utilizado para ajustar el ancho del pulso de disparo (ajustarlo a 20 uSeg.).

4.3. UBICACIÓN DE PUNTOS DE PRUEBA Y CALIBRACION

TEST POINT	Valor nominal (Voltios)	Calibrado por
Nº1	-12	----
Nº2	-5	----
Nº3	+12	----
Nº4	+5	----
Nº5	+5	----
Nº6	214 mV (secado) 450 mV (esterilizado)	----
Nº7	Referencia para el Nº6	----
Nº8	-2.14(secado) -4.5 (esterilizar)	R48
Nº9	2.43 (secado) 4.77 (esterilizar)	P1 P2
Nº10	10.5 voltios (al encender el equipo)	R52
Nº11	GND	----
Nº12	Ver rampa (fig 9) con osciloscopio	----
Nº13	Ver rampa (fig.9b) con osciloscopio	R21
Nº14	Ver disparo (fig 10) con osciloscopio	R28, R29
Nº15	2.96	----
Nº16	4.54	----
Nº17	0.80-0.87	----
Nº18	4.0	----
Nº19	GND	----

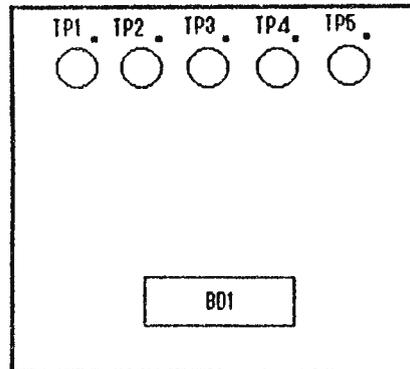


FIG. 11 Vista superior de tableta de Fuente de voltaje

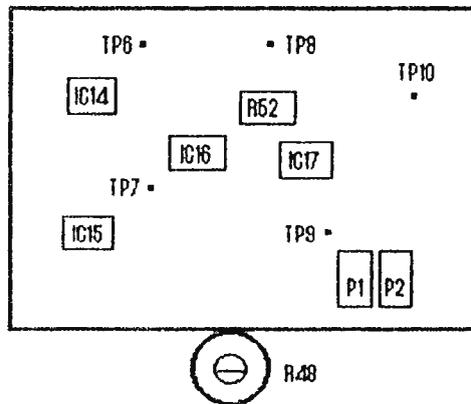


FIG. 12 Vista superior de tableta Preamplificadora de termocupla

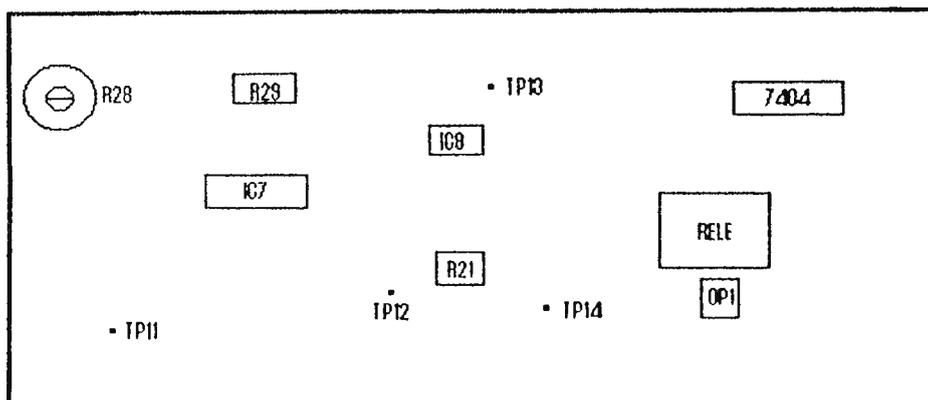


FIG. 13 Vista superior de tableta del circuito de control de temperatura

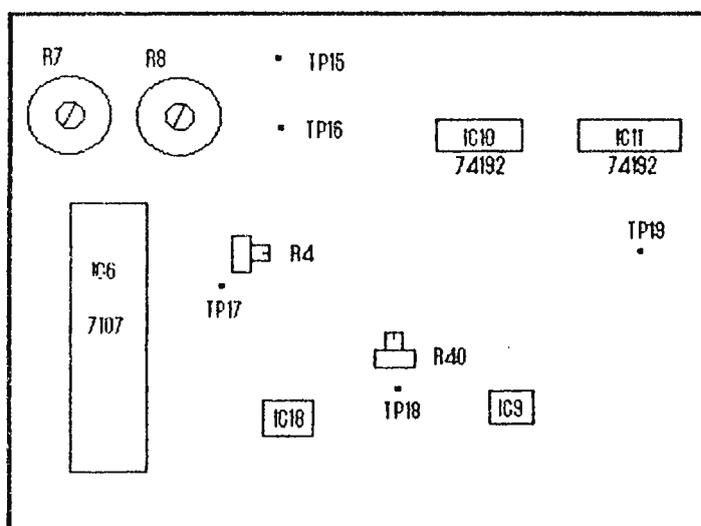
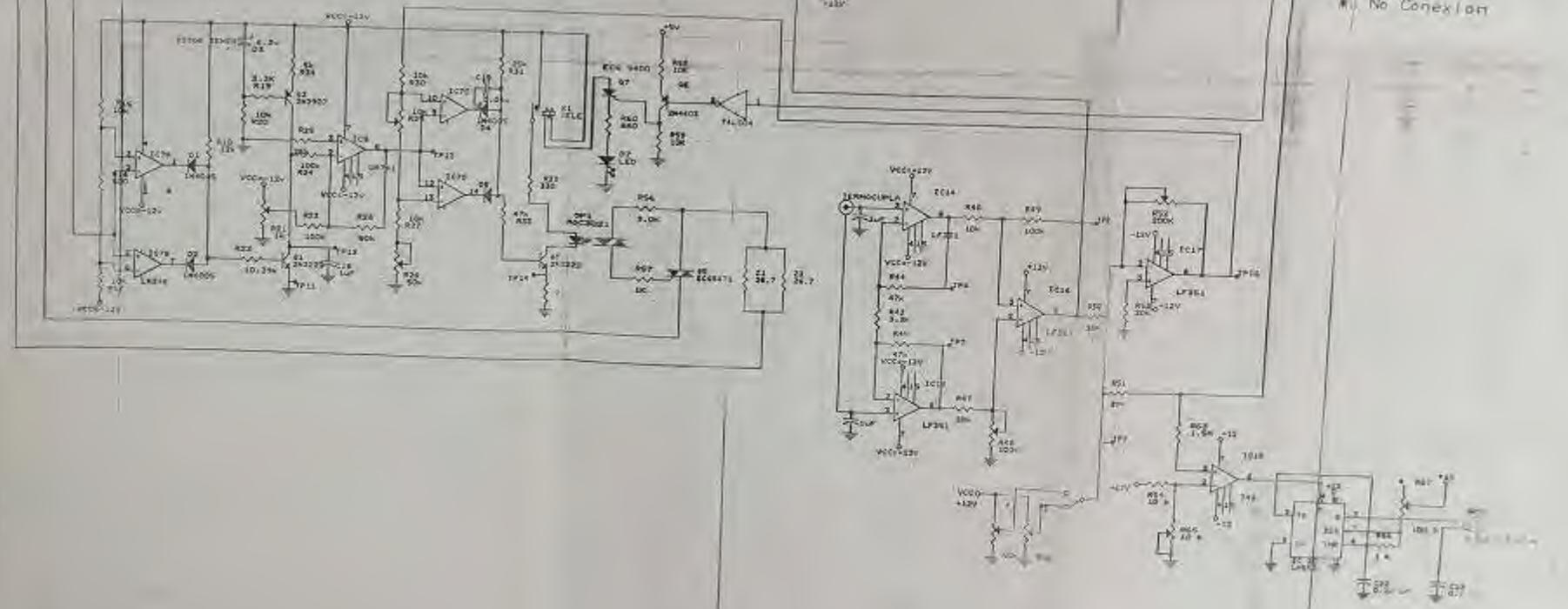
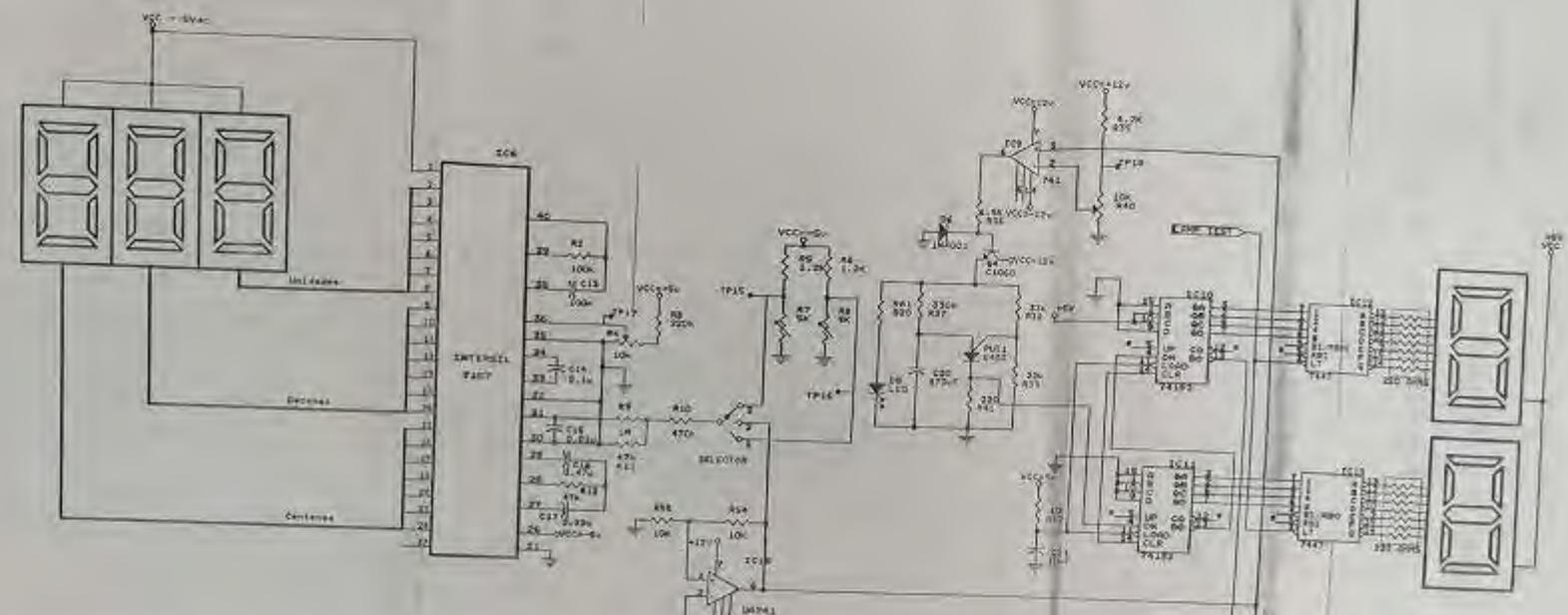
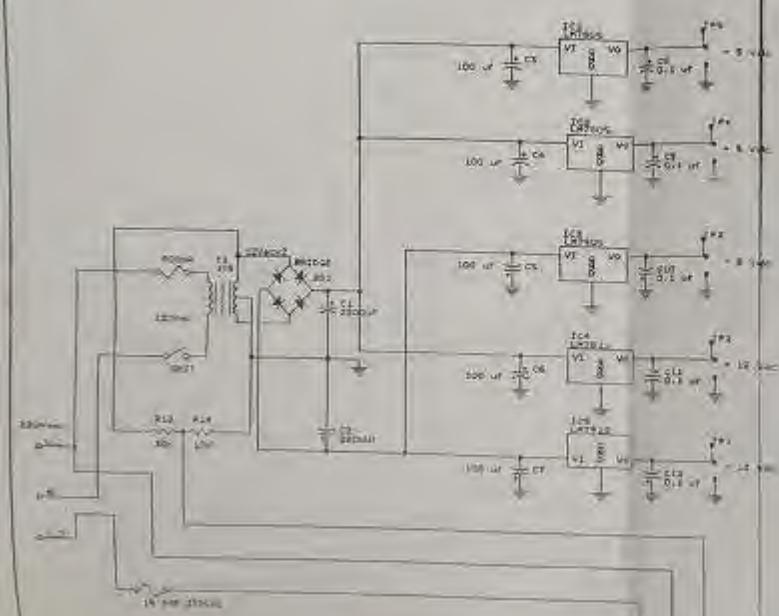


FIG. 14 Vista superior de tableta del termómetro y temporizador

4.4 ALGUNAS FALLAS Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

Problema	Posible Solución
<ul style="list-style-type: none"> No enciende el horno 	<ul style="list-style-type: none"> Asegurarse que la alimentación eléctrica está bien conectada. Revise el buen estado del fusible.
<ul style="list-style-type: none"> El horno enciende pero no calienta hasta la temperatura deseada 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar la selección del proceso correcto (esterilización-secado) Revisar que las puertas están cerradas (si es proceso de esterilización ventoleras cerradas). Revisar que el voltaje de red sea el adecuado (200 voltios mínimo)
<ul style="list-style-type: none"> El horno calienta y la alarma de sobret temperatura suena. 	<ul style="list-style-type: none"> El sumador (IC17) no está funcionando Verificar lectura del Termómetro
<ul style="list-style-type: none"> El contador no comienza su conteo descendente o tarda demasiado en comenzar. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar que el selector de función esté en la posición correcta (esterilizado). Revisar que el voltaje de red sea adecuado (200 voltios mínimo) Revisar que la lectura del termómetro se mantenga cerca de los 170°C



5. CARACTERISTICAS TECNICAS

ESPECIFICACIONES FISICAS

DIMENSIONES FISICAS EXTERNAS

ALTURA: 83 cm (sin incluir caja de control)

ANCHO: 98 cm

PROFUNDIDAD: 51.5 cm

VOLUMEN: 418,901 cm³

MATERIALES: plycem, acero inoxidable.

DIMENSIONES DE LA CAMARA

INTERNA

ALTURA: 78 cm.

ANCHO: 93 cm.

PROFUNDIDAD: 46.5cm

VOLUMEN: 333, 684 cm³

MATERIAL: Acero inoxidable

MATERIAL REFRACTARIO: Fibra cerámica (SiO₂).

DIMENSIONES DE LA CAJA DE

CONTROL

ALTURA: 10 cm

ANCHO: 63.5 cm

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

VOLTAJE PRINCIPAL: 220 vac Tipo Trifilar.

POTENCIA: 4,320 W (máximo)

LONGITUD DEL CABLE: 1.80 mts.

FUSIBLE DE CIRCUITO ELECTRONICO: 0.5 Amperios.

FUSIBLE DE CIRCUITO ELECTRICO: 20 Amp.

EQUIPO DE CLASE I: Chasis Aterrizado.

ESPECIFICACIONES DE

FUNCIONAMIENTO

TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO:

Secado: 100°C

Esterilizado: 170°C

CONVECCION: Natural

ALARMA: De sobret temperatura (200°C) de tipo audible