



UNIVERSIDAD ESPECIALIZADA DE LAS AMÉRICAS

Facultad de Biociencias y Salud Pública

Escuela de Biociencias

Trabajo de Grado para optar por el título de Licenciadas

en

Ingeniería Biomédica

Tesis

Diseño y construcción de un prototipo de incubadora microbiológica
multiuso.

Presentado por:

Córdoba Baule, Deiveth Esther 8-910-1162

Flores Noriega, Mariana del Carmen 8-900-715

Asesor:

Ing. Ferneliz Díaz

Panamá, 2019

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Berenice y Rogelio, por ser el pilar más importante, demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional a pesar de nuestras opiniones diferentes.

A mis Abuelitos Justo y Digna, que siempre están en mi mente y en corazón.

A mi segunda madre, Marianela, por los consejos y el apoyo brindado en todo momento

A mis familiares y a todas aquellas personas que creyeron en mí desde el inicio.

Deiveth...

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, quien fue y seguirá siendo mi pilar en esta vida, gracias por todo tu amor incondicional.

A mi padre y mis hermanos por ser mi gran apoyo en mi carrera universitaria.

A mis sobrinos José Manuel, Danna Lucia y Rosmery del Carmen por la alegría y sonrisas que me regalan.

A mis familiares que siempre creyeron en mí.

Mariana...

AGRADECIMIENTO

A Dios por el regalo de la vida, por guiarnos en todos estos años y permitirnos ser unas profesionales. A nuestros padres y familiares por siempre estar para nosotras en todo momento.

A nuestros profesores por todos los conocimientos brindados a lo largo de nuestra vida universitaria, especialmente a nuestro asesor de tesis, el profesor Ferneliz Díaz, quien nos ha guiado con paciencia en el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Manuel Batista por brindarnos su apoyo incondicional en el desarrollo técnico de este trabajo.

A nuestros compañeros y aquellos hermanos que nos regala la vida, gracias por brindarnos los mejores recuerdos a través de estos años.

Deiveth y Mariana...

RESUMEN

Diseño y construcción de un prototipo de incubadora microbiológica multiuso.

El cultivo de ciertos microorganismos es de gran importancia para distintos avances científicos, ya que sus efectos nocivos motivan al estudio de su crecimiento, esto se realiza en un ambiente controlado, como el que proporciona una incubadora microbiológica o de laboratorio. Esta incubación brinda la producción de diversos compuestos para la fabricación de fármacos, vacunas, entre otras; para contribuir en la mejora de la salud de la humanidad.

Este trabajo se diseña y construye de una incubadora microbiológica multiuso, que reúne tres tipos de incubación ya existentes para cultivar distintos microorganismos con un constante monitoreo de las variables como temperatura, humedad y concentraciones de dióxido de carbono para el estudio del crecimiento de diversos microorganismos.

Este prototipo logra reunir las características de tres modos de incubación existentes en el mercado, como lo son las incubadoras secas, incubadoras húmedas e incubadoras roller; esto es para obtener un prototipo capaz de cultivar todo tipo de microorganismos.

Palabras claves: Microorganismos, incubadora, temperatura, humedad, dióxido de carbono, muestras.

ABSTRACT

Design and construction of a multipurpose microbiological incubator prototype.

The cultivation of certain microorganisms is of great importance for the different advances, as well as their harmful effects, the study of their growth, the fact that it is a microbiological or laboratory incubator. This incubation provides the production of various compounds for the manufacture of drugs, vaccines, among others; to contribute to the improvement of the health of humanity.

This work is the design and construction of a multi-use microbiological incubator, which brings together the types of incubation already used to grow different microorganisms with a constant monitoring of the variables temperature, humidity and use of carbon dioxide for the detection and study of growth microbacterial in biological samples.

This prototype manages to combine the characteristics of three incubation modes existing in the market, such as dry incubators, wet incubators and roller incubators; this is to obtain a prototype capable of cultivating all types of microorganisms.

Keywords: microorganisms, incubator, temperature, humidity, carbon dioxide, samples

CONTENIDO GENERAL

Páginas

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del problema	13
1.1.1	Problema de la investigación	15
1.2.	Justificación	15
1.3.	Objetivos	16
1.3.1	Objetivos generales	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4.	Tipo de investigación	17

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1.	Incubadora de laboratorio	20
2.2	Tipos de incubadoras	20
2.2.1	Incubadora seca	20
2.2.2	Incubadora de cámara doble	21
2.2.3	Incubadora húmeda de CO ₂	22
2.2.4	Incubadora roller	23
2.3	Principio de operación de las incubadoras	23
2.3.1	Conducción térmica	23
2.3.2	Convección térmica	24
2.4	Microorganismos, tejidos animales y vegetales	24
2.5	Instrumentos electrónicos	25
2.5.1	Arduino	25
2.5.2.	Pantalla LCD 20X4	26
2.5.3	Sensores	27

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1	Diseño de la investigación	31
3.2	Tipo de estudio	31
	3.2.1 Población	31
	3.2.2 Muestra	32
3.3	Sistema de variable	32
	3.3.1 Variable independiente	32
	3.3.2 Variable dependiente	33
3.4	Instrumentos de recolección de datos	36
3.5	Técnicas de recolección de datos	39
	3.5.1 Entrevista libre	39
	3.5.2 Observación asistida	40
3.6	Procedimientos de construcción de sistema controlador y prototipo de incubadora	40
	3.6.1 Diagrama de bloques del funcionamiento del prototipo	40
3.7	Prueba de factibilidad	47
	3.7.1 Temperatura	47
	3.7.2 Homogenización de la temperatura	49
	3.7.3 Dióxido de carbono (CO ₂)	49
3.8	Diseño y construcción de la incubadora de laboratorio	50

CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS

4.1	Prueba de carcasa	57
4.2	Prueba del sensor medidor de temperatura	57
4.3	Resultado de pruebas del sensor medidor de humedad	58
4.4	Resultados de la prueba del sensor medidor de CO ₂	59

CONCLUSIONES	60
---------------------	----

LIMITACIONES	61
---------------------	----

RECOMENDACIONES	62
ANEXOS	63
INFOGRAFIA	66
INDICE DE FIGURAS	68
INDICE DE CUADRO	70
INDICE DE GRAFICAS	71
INDICE DE MAPA	72

INTRODUCCION

Se ha generado una gran aceptación e interés por los temas de seguridad, calidad de los productos y procesos relacionados con las investigaciones de avances científicos, es por esto que cada día se recurre a la implementación de nuevas tecnologías que contribuyan a satisfacer las necesidades de cada estudio.

Desde tiempos remotos los microorganismos han sido empleados como materiales esenciales de trabajo en la obtención de medicamentos (antibióticos, vitaminas y aminoácidos), elaboración de alimentos (pan, queso, leche, bebidas y licores) y fabricación de solventes y reactivos, entre otras aplicaciones.

La presente investigación consiste en el diseño y construcción de un prototipo capaz de funcionar con tres modos incluidos para cultivar todo tipo de microorganismos, tejidos animales y tejido vegetales.

El cultivo de tejidos involucra la extracción de secciones de tejido animal o vegetal. Para guardar estos explantes (tejido vivo separado de su órgano propio) es necesario contar con ambientes controlados de temperatura, CO₂ y humedad. El estudio de estos explantes les ayuda a los investigadores para comprender el funcionamiento de células, también los cultivos de tejidos han ayudado a detectar trastornos en la salud.

Este prototipo permite cultivar microorganismos que requieran CO₂ o que necesiten un ambiente seco, la incubadora está diseñada para trabajar en tres modos; incubadora húmeda de CO₂, incubadora seca e incubadora roller. Capaz de realizar un monitoreo continuo y mostrar sus parámetros, para permitir al operario mantenerse informado sobre los parámetros de la incubación.

Esta investigación tiene como finalidad diseñar y construir una incubadora para el cultivo de microorganismos, logrando incrementar la calidad de la población del cultivo y llevando un control con el proceso de monitoreo continuo para elevar los estándares de calidad.

Para lograr un adecuado estudio del crecimiento bacteriano y de muestras biológicas, es necesario crear ambientes idóneos para el control de las variables que modulan esta reproducción, siendo las incubadoras uno de los dispositivos más empleados para este fin.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La incubadora de laboratorio es ampliamente utilizada en la investigación y producción de medicina, inmunología, oncología, genética, microbiología, ciencias agrícolas y farmacología, y se ha convertido en uno de los instrumentos convencionales más comúnmente usados en los laboratorios en los campos ya mencionados.

En la actualidad encontramos diferentes incubadoras como las incubadoras secas, incubadoras húmedas, incubadora de CO₂ e incubadora roller, que tienen como principal similitud el control de temperatura. Por otro lado, las incubadoras de cultivo convencionales que encontramos en el mercado están diseñadas para un uso en particular.

A nivel mundial se han diseñado diferentes tipos de incubadoras con parámetros específicos, todas estas buscan satisfacer el crecimiento y cultivo de cada una de las muestras para los distintos estudios.

Los primeros modelos de incubadoras solo controlaban la temperatura dentro de la cámara, esto era para producir un ambiente óptimo para el crecimiento de los cultivos. Dentro de estos modelos de incubadoras secas (calefactoras), está el fabricante de origen japonés, PHC Holdings Corporation, en donde establece como aplicaciones versátiles de uno de sus modelos lo siguiente: “Las incubadoras calentadas de la serie PHCbi MIR ofrecen un control preciso de la temperatura y uniformidad consistente, lo que las hace adecuadas para el cultivo en laboratorio, la incubación industrial y diversas aplicaciones de prueba”.

Entre los más sofisticados tenemos: modelo controlador de humedad y control de niveles de dióxido de carbono (CO₂). Un ejemplo este tipo de incubadora es

producido por un fabricante en Singapur, el cual define uno de sus modelos como: “La incubadora CelSafe® CO₂ de Esco con interfaz de usuario con pantalla táctil y la última tecnología avanzada representa la seguridad de sus valiosas muestras, la eficiencia en su trabajo de laboratorio y la experiencia mejorada del usuario”.

Las incubadoras existentes para el área de laboratorio poseen un gran tamaño, pero ninguna de ellas logra reunir todos los parámetros necesarios para el cultivo eficiente de todo tipo de muestra.

Estos equipos son utilizados para distintas investigaciones con miras al desarrollo de curas e identificación de agentes patógenos, por esto es importante regular los factores que hacen posibles las funciones de mantener y crecer los cultivos celulares o cultivos microbiológicos.

Actualmente el seguimiento y control de calidad se ha transformado en una disyuntiva, debido a esto se busca lograr un tipo de incubación estable y fiable para los distintos cultivos para asegurar los resultados y estos puedan ser utilizados para reproducirse en estudios de rutina en el laboratorio.

La actual investigación posee un enfoque en la proyección y construcción de un prototipo que reúna las características principales de tres tipos de incubadoras existentes en la actualidad y ya antes mencionadas.

Este prototipo busca implementar los diferentes parámetros esenciales como temperatura, humedad, CO₂, entre otros; para ofrecer un diseño ergonómico para una incubación completa y factible para cada una de las muestras a cultivar.

Otro aspecto importante presente en el prototipo es la capacidad de ofrecer un monitoreo a través de una pantalla LCD, donde muestra los valores de los

parámetros presentes en la incubación, esto ayuda al operador a tener constante control sobre los niveles de temperatura, humedad y las concentraciones de CO₂ presentes en la cámara.

1.1.1 Problema de investigación

Debido a lo expresado anteriormente nos surge la siguiente pregunta: ¿Es posible diseñar y construir un prototipo de incubadora de cultivos que permita integrar tres tipos de modos de incubación? ¿A este prototipo se le podría implementar un sistema de volteo sin asistencia manual?

Es posible diseñar una incubadora que pueda integrar los parámetros CO₂, secos y húmedos para el cultivo de microorganismos, tejidos vegetales y tejidos animales.

1.2 Justificación

Las incubadoras son indispensables para el proceso de investigación, para crecer y mantener el cultivo de células para determinado estudio. La mayoría de estas no cuentan con un sistema que integre varios modos de incubación, esto se debe al elevado costo de estas, afectando indirectamente las investigaciones.

Cada microorganismo o célula posee características propias de cultivo, como: la temperatura, humedad y cantidad de CO₂, de tal manera que la incubadora debe generar las condiciones adecuadas para que se logre el cultivo.

Investigaciones realizadas en el mercado muestran la inexistencia de una incubadora que integre los tres modos de incubación.

El Doctor Oscar Bulgim, director del Laboratorio Clínico y de Investigación Gastrointestinal y de Genética (GASTROLAB) en Panamá, nos indica que hay

una carencia en el mercado debido al diseño de las incubadoras existentes, a causa de las dimensiones que posee y estas solo manejan un modo de incubación. Gracias a esto surge la necesidad del diseño de una incubadora de dimensiones ergonómicas y que integre tres modos de incubación para optimizar los resultados finales.

Este diseño le da la oportunidad al usuario de adquirir una sola incubadora para realizar sus estudios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

Aplicar los principios básicos de ingeniería biomédica para diseñar el prototipo de incubadora para el cultivo en el laboratorio y cultivos de tejidos animal y vegetal, capaz de funcionar con tres modos de incubación, que pueda controlar cambios de temperatura dentro de un rango establecido y un sistema de volteo sin asistencia manual.

1.3.2 Objetivos específicos

Diseñar y construir los circuitos electrónicos utilizando microprocesadores que permitan manipular variaciones de parámetros biológicos básicos.

Construir el sistema controlador de temperatura, humedad y dióxido de carbono
Diseñar y construir la estructura del prototipo de la incubadora multiusuario.

Utilizar los parámetros de incubación para el diseño del prototipo de la incubadora multiusuario.

Optimizar el proceso de cultivo de los microorganismos en el laboratorio.

Diseñar y construir un dispositivo ergonómico que permita el volteo de la muestra sin asistencia manual.

Evaluar los costos y la eficiencia del prototipo durante los procesos de incubación de los microorganismos

1.4 Tipo de investigación

Para ejecutar los objetivos propuestos en esta investigación, se desarrolló un diseño experimental, ya que actualmente en el mercado no existe una incubadora con los tres modos de incubación integrados.

Además, esta investigación es un experimento puro, debido a que analizamos el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables dependientes sobre otras variables independientes.

Hay que mencionar que el tipo de investigación de acuerdo con el método es experimental controlada, debido a la manipulación de las variables. Investigación en salud.

Cuadro N°1: Investigación en salud

Criterios de Clasificación	Tipo de investigación	Descripción
Nivel (Según los objetivos)	Descriptiva	Se establece la definición de cada proceso de diseño.
Diseño (Manera de recolección de información)	Experimental (experimental pura)	Manipula variables para obtener un ambiente controlado para el crecimiento de los microorganismos factorial puesto que una depende de la otra.
Propósito (externo/interno de la investigación)	Aplicada (proyecto factible)	Es un modelo de propuesta, que busca incluir en una incubadora tres modos de incubación para los microorganismos

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

El tipo de investigación, que por su naturaleza es de carácter experimental, de tal manera que plantearemos las bases suficientes para predecir los posibles resultados que deseamos obtener, identificando los distintos parámetros a estudiar, con el fin de alterarlos y manipularlos para obtener los resultados deseados.

CAPÍTULO II

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Incubadora de laboratorio

Las incubadoras microbiológicas son un tipo de dispositivo para la incubación in vitro de células/tejidos simulando un entorno de crecimiento de una célula/tejido dentro de la cámara de la incubadora, como pH constante (pH: 7,2-7-4), temperatura estable (37°C), y alta humedad relativa (90%), nivel de CO₂ estable (5%). (Jinan Biobase Biotech Co., Ltd, 2015)

Proveniente del vocablo latín “incubare” que representa empollar, el cual es utilizado para conservar un ambiente de humedad, atmósfera y temperatura controladas, para mantener organismos vivos en un entorno adecuado para su desarrollo.

Dentro de sus utilidades más representativas esta la incubación de cultivos de bacterias, celulares, tejidos, virus y conservación de especies.

Las incubadoras cambian en cuanto a funcionalidad y estructura, algunas solo controlan parámetros ambientales. Además controlan la composición atmosférica, debido a que algunas poseen inyección de CO₂ crean condiciones especiales e incrementar el desarrollo de diferentes especies de células y organismos.

2.2 Tipos de incubadoras

2.2.1 Incubadora Seca

Cuando no tenemos en disposición un espacio cuya temperatura asegure el desarrollo celular, es imprescindible obtener una incubadora seca. Existen

habitaciones caliente, a veces es conveniente tener una incubadora para tripsinización (separación de células adherentes del sustrato utilizando tripsina). La incubadora debe tener un tamaño adecuado, unos 50-200 L por usuario, y debe tener circulación de aire forzado, control de temperatura de $\pm 0,2$ °C, y un termostato de seguridad que apague la incubadora si se sobrecalienta o, mejor aún, que regule la incubadora si el termostato no funcionase correctamente.

La incubadora debe ser resistente a la corrosión (por ejemplo, el acero inoxidable o el aluminio anodizado resultan aceptables para una incubadora seca), y deben ser fáciles de limpiar.

2.2.2 Incubadora de cámara doble

Una incubadora de cámara doble, o dos incubadoras apiladas, una encima de la otra, independientemente reguladas, son preferibles a una sola incubadora de gran tamaño, ya que pueden acomodar más cultivos celulares con mejor control de temperatura, y si una de las dos no funciona o necesita ser limpiada, la otra todavía puede ser utilizada. Muchas incubadoras tienen una camisa exterior de agua caliente para distribuir el calor uniformemente alrededor de la caja, evitando así la formación de zonas frías. Estas incubadoras también mantienen su temperatura más tiempo en el caso de un fallo del calentador o un corte de energía eléctrica. Sin embargo, el aislamiento de alta eficiencia y los elementos difusores de la superficie del calentador han eliminado la necesidad de esa camisa de agua y han conseguido que la estructura de la incubadora sea mucho más simple.

Los estantes de las incubadoras suelen estar perforados para facilitar la circulación de aire. Sin embargo, las perforaciones pueden dar lugar a irregularidades en la distribución de células en cultivos mono capa, con variaciones en la densidad celular siguiendo el modelo de aberturas en los estantes. Las variaciones pueden deberse a las corrientes de convección

generadas en los puntos de contacto en relación con los agujeros en el estante, o pueden ser relacionados con las áreas que se enfrían más rápidamente cuando se abre la puerta. Aunque esto no es un problema en general, los frascos y las placas de cultivos deben ser colocados en una baldosa aislada o en una bandeja de metal, para aquellos experimentos en los que la densidad uniforme sea importante.

2.2.3 Incubadora húmeda de CO₂

Aunque los cultivos celulares pueden ser incubados en frascos sellados en una incubadora seca o en una habitación caliente, algunos recipientes, por ejemplo, las placas de Petri o las placas de pocillos múltiples, requieren de un ambiente controlado con una humedad alta y una presión parcial de CO₂ elevada. La manera más barata de controlar la fase gaseosa es colocar los cultivos en una caja de plástico o en una cámara (Bellco, MP Biomedicals), añadir al recipiente la mezcla correcta de CO₂ y luego sellarlo. Si la incubadora no está totalmente llena de placas, incluir un recipiente abierto con agua permite aumentar la humedad dentro de la cámara.

Las incubadoras de CO₂ son más caras, pero su facilidad de uso y un control superior de la presión de CO₂ y de la temperatura justifican el gasto (los frascos anaeróbicos y los desecadores tardan más en calentarse).

LEEC Culture Safe CO₂ Incubators “Una atmósfera controlada se logra mediante el uso de una bandeja de humidificación y el control de la presión de CO₂ con un dispositivo de monitorización del CO₂, que extrae el aire de la incubadora en una cámara de muestra, determina la concentración de CO₂, e inyecta CO₂ puro en la incubadora para compensar cualquier deficiencia. El aire circula alrededor de la incubadora por convección natural o mediante el uso de un ventilador para mantener uniformes tanto el nivel de CO₂ como la temperatura. Se afirma que las incubadoras con ventiladores se recuperan más rápido después de la apertura, a pesar de que las incubadoras de convección

natural también consiguen una recuperación rápida y reducen considerablemente los riesgos de contaminación” (LEEC, 2015).

2.2.4 Incubadoras roller

Son incubadoras o estufas que poseen un rotor de baja velocidad en su interior. Se utilizan con cultivos que no requieren CO₂, dispuestos en botellas cerradas (roller bottles), con una gran superficie de crecimiento, con la finalidad de disponer de una gran superficie para la adhesión de las células.

2.3 Principio de operación de las incubadoras

La incubadora es un equipo que utiliza distintos medios para transferir calor y control ambiental, para obtener condiciones en las cuales se puedan efectuar procedimientos de laboratorio.

En general, poseen un sistema de resistencias eléctricas que son controladas por medio de termostatos o microprocesadores. Las incubadoras utilizan como sistemas de transferencia de calor la conducción térmica y la convección natural o forzada.

2.3.1 Conducción térmica

En las incubadoras que poseen este sistema, el conjunto de resistencias eléctricas transfiere directamente el calor a las paredes de la cámara, donde se incuban las muestras. Las resistencias constituyen una región de alta temperatura, mientras que la cámara es una región de menor temperatura.

La transferencia de energía térmica se presenta siempre desde la región de mayor temperatura hacia la región de menor temperatura, según la siguiente ecuación:

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

Donde:

q = cantidad de calor transferido por conducción

k = conductividad térmica del material

A = área de transferencia de calor

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = gradiente de temperatura en la dirección del flujo de calor

El signo menos (–) se introduce en la ecuación para que se cumpla la segunda ley de la termodinámica

2.3.2 Convección térmica

Las incubadoras que trabajen mediante convección térmica, el calor generado por el sistema de resistencias es transferido a un fluido (aire) que circula en la cámara de incubación, transfiriendo el calor a las muestras; la eficiencia de este proceso depende de los patrones de flujo del mismo.

2.4 Microorganismos, tejidos animales y vegetales.

Los microorganismos suelen ser organismos vivos que no son visibles. Esta descripción no incluye las algas, ni los hongos, ya que ambos son microorganismos principalmente unicelulares.

El vocablo microorganismo proveniente del griego, formado por "mikro" que significa pequeño, más la raíz "órgano" que quiere decir órgano, herramienta o

instrumento, y el sufijo "ismo" que significa actividad o sistema. (Leeuwenhoek A., 1753).

Importancia de los microorganismos:

“La vida en nuestro planeta no existiría sino fuera por las bacterias.” (Punset Eduardo)

En la ecología microbiana hay diferentes tipos de relaciones que pueden establecer los microorganismos entre sí y con los humanos.

Los microorganismos realizan unas funciones geoquímicas de gran importancia como, por ejemplo: la producción del nitrógeno para la creación de materia orgánica y la generación de niveles de oxígeno suficientes

2.5 Instrumentos electrónicos

2.5.1 Arduino

“Arduino es un software para la creación de programas electrónicos, que consiste principalmente en un microcontrolador, con lenguaje de programación abierto que cualquiera puede copiar, modificar o mejorar, en entorno de desarrollo que soporta la entrada y salida de datos y señales “(Caicedo Pedrera, 2017).

Esta placa microcontrolador nos permiten conectar distintos sensores de manera sencilla permitiendo la versatilidad del proyecto.

Este software es gratuito y puede ser instalado en computadoras con distintos sistemas operativos como Windows, MacOS, Linux, entre otros. Esto es

importante ya que nos permite escribir la información, compilar (verificación de errores) y cargar (subir el programa a la placa Arduino).

Existe una gran variedad de placas de Arduino, es por esto que hay distintos modelos destinados a brindar un sin fin de opciones que dependerán de las características que se requieran para el desarrollo del proyecto.

Esta placa puede utilizar una computadora como fuente de alimentación o de manera independiente, ya sea conectándola a una batería o a una fuente de alimentación externas.

Gracias al tamaño del Arduino nano, esta placa es ideal para desarrollar proyectos compactos y en espacios pequeños. Esta placa posee 14 pines digitales, los cuales permiten comunicación serial, comunicación SPI, interrupciones externas y salidas PWM; permite controlar el led de la placa a través del pin 13 y poseen 8 pines análogos. Esta placa posee una memoria flash de 32kb, memoria SRAM de 2kb y memoria EEPROM de 1kb.

El puerto existente para la comunicación entre la computadora y la placa es el mini-USB, el cual sirve para brindar alimentación eléctrica; ya que no posee entrada de alimentación AC, además de la ya mencionada, una batería externa de 7 a 12V, es perfecta para proporcionar alimentación.

La corriente continua (DC) es el flujo de electrones en un solo sentido a través de un cable conductor, el cual se realiza, desde la terminal negativa, que es atraída por la terminal positiva debido a un campo eléctrico en un circuito cerrado.

2.5.2 Pantalla LCD 20x4

La pantalla LCD, por su nombre en inglés “Liquid Cristal Display”, está diseñada para mostrar información de manera gráfica. La mayoría de las pantallas LCD

tienen integrada placas de circuito y poseen entrada/salida tanto análogas como digitales para los datos; estos son enviados gracias a la librería Liquid Crystal que viene junto con el programa de Arduino. Las pantallas LCD son de fondo azul con leds blancos para formar los distintos textos a mostrar, es necesario regular el contraste de la pantalla para su visualización, para esto se recomienda colocar una resistencia variable (potenciómetro) en la pata n°3 (Vo). Estas pantallas pueden encontrarse en dos configuraciones: 16x2 (16 caracteres y 2 líneas) y 16x4 (16 caracteres y 4 líneas).

2.5.3 Sensores

“Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, CO₂, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad o un sensor capacitivo), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.” (Banner Engineering ,19966).

Estos sensores dependiendo de los datos de salida, se pueden clasificar en sensores análogos y digitales. Dentro de estos sensores podemos mencionar los siguientes:

Sensor DHT11: Es un dispositivo electrónico sensor de temperatura y humedad digital, utilizado como capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos del Arduino. Este sensor consta de tres pines, VCC que va conectada a la alimentación; el GND que va conectado a tierra; y el pin de DATA que va conectada a una de las salidas digitales del Arduino.

Sensor de CO₂ MH-Z14A: Rango de medición: 0 ~ 5% VOL opcional Voltaje de trabajo: 4.5 V ~ 5.5V DC Modos de salida: UART, señal de voltaje analógica, onda PWM El módulo de gas infrarrojo MH-Z14 NDIR, módulo de sensor de gas CO₂, es un tipo común, sensor de tamaño pequeño, que utiliza el principio infrarrojo no dispersivo (NDIR) para detectar la existencia de CO₂ en el aire, con buena selectividad, no dependiente de oxígeno y larga vida. El sensor de temperatura incorporado puede hacer compensación de temperatura; Y tiene salida digital y salida analógica de voltaje.

Este sensor de gas infrarrojo de tipo común se desarrolla mediante la estrecha integración de la tecnología de detección de gas absorbente de infrarrojo maduro, diseño de circuito óptico de precisión y diseño de circuito superior.

Termocupla Tipo J: Las termocuplas son dispositivos de medir de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se construye con dos alambres de distinto material unidos (soldados generalmente). Su funcionamiento cuando le aplican temperatura en la unión se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) milivolts el cual se eleva con la temperatura.

Resistencias eléctricas: Este concepto se refiere a la capacidad que posee un dispositivo en generar calor a partir de un estímulo de energía eléctrica. Este descubrimiento nace en el siglo XIX, cuando el físico James Prescott Joule describió que, si a un material conductor se le aplica corriente eléctrica, este es capaz de generar calor. Gracias a los movimientos provocados por la electricidad, los átomos chocan ocasionando que se eleve la temperatura del material conductor.

Controlador Tipo PLC Código EBCHQ 58008: Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómatas programables, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos

electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Display: 4 Dígitos

Tipos de entrada:

Termocuplas: J-K-S-E

RTD: Pt-100, CU50

Modos de Control: ON-OFF, FUZZY PID

Salida de Control: Relé

Alarmas: 1

Funciones: Autosintonizado y manual / automático

Alimentación: 85-242Vac

Tamaño: H96 x W48mm

Origen: China

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Diseño de la investigación

La presente investigación se basa en estructuración y ejecución de un prototipo de incubadora de laboratorio que abarca tres tipos de modos de incubación, para un cultivo de microorganismo eficiente en una incubadora.

En esta investigación se analiza la manipulación de las variables, es por esto, que nuestra investigación es de nivel descriptiva, posee un diseño experimental puro, de tipo experimental controlada, con propósito aplicado de proyecto factible.

3.2 Tipo de estudio

Dentro de las investigaciones encontramos el estudio experimental, el cual está caracterizado por la manipulación de las variables de estudio por el investigador y por la aleatorización de los casos en grupos generalmente llamados control y experimental.

Se puede decir que esta investigación es de estudio experimental ya que incubaremos muestras de microorganismos en nuestro prototipo, donde estas serán el grupo experimental, y las mismas, serán comparadas con muestras incubadas en una incubadora de laboratorio existente, donde las misma serán el grupo control.

3.2.1 Población

La población de los elementos de esta investigación son las incubadoras microbiológicas para el cultivo de microorganismo.

3.2.2 Muestra

La muestra tomada para esta investigación son los distintos sensores para las lecturas de las diferentes variables.

3.3 Sistema de Variables

Al ser una investigación experimental, las variables se clasifican en dependientes e independientes, ya que algunos parámetros influyen sobre otros, se tomaron en cuenta las siguientes variables.

3.3.1 Variables Independientes

Voltaje

Definición conceptual: “El diccionario de la Real Academia Española (RAE) define al voltaje como la cantidad de voltios que actúan en un aparato o en un sistema eléctrico. De esta forma, el voltaje, que también es conocido como tensión o diferencia de potencial, es la presión que una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz ejerce sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado”(RAE.2017).

Definición operacional: En esta investigación los distintos componentes eléctricos conectados en el circuito producen una diferencia de voltaje, donde esta es tomada y transformada en valores numéricos para su lectura de acuerdo con su parámetro.

3.3.2 Variables dependientes:

Temperatura

Definición conceptual: La temperatura es una proporción física que refleja la cantidad de calor, y de un cuerpo, de objeto o del ambiente.

Definición operacional: es generada por una resistencia eléctrica y sus valores dependerán del cambio de voltaje producido por la misma. Principalmente es utilizada para el cultivo de los microorganismos.

Humedad

Definición conceptual: La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en una superficie.

Definición operacional: La humedad es uno de los parámetros que hace posible el cultivo de muestras dentro de la incubadora, la cual es producida por la evaporación de agua producida por la temperatura dentro del prototipo.

Dióxido de carbono

Definición conceptual: Se llama dióxido de carbono al gas que se forma cuando se combina un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno: CO_2 . Este gas, que provoca el denominado efecto invernadero, es generado por la combustión de distintos materiales.

Definición operacional: Es uno de los modos de incubación principalmente utilizado para el cultivo de los microorganismos. Es suministrado por un tanque de CO_2 y regulado a través de una electroválvula debido a los cambios de voltaje.

Cuadro N°2: Diseño Conceptual

Objetivo Específico	Variable	Tipo de variable	Dimensión	Definición conceptual
Diseñar y construir los circuitos electrónicos utilizando microprocesadores que permitan manipular variaciones de parámetros biológicos básicos.	Interfaz	Independiente	Interfaz gráfica	Sistema que permite la comunicación entre el circuito y el operador.
Construir el sistema controlador de temperatura, humedad y dióxido de carbono	Etapas para el diseño y construcción del sistema controlador	Independiente	Dispositivos físicos	Ensamblaje de los sensores que permite la lectura de los parámetros para su control
		Independiente	Conexión de electroválvula	Dispositivo neumático para la cantidad de co2 a utilizar
		Independiente	Circuito	Placa aislante, con pequeños aros de cobre que sirven para la comunicación entre los componentes conectados en ella.
Construir Y diseñar el sistema de estructura del prototipo	Etapas para el diseño y construcción del prototipo	Independiente	Estructura física	Distribución y adecuamiento de los dispositivos a utilizar dentro del prototipo
Diseñar y construir la estructura del prototipo de la incubadora multiuso.	Normas de incubación	Dependiente	Seguimiento de normas de incubación	Comparación de nuestros resultados contra resultados de un grupo control

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Cuadro N°3: Diseño Operacional

Dimensión	Operacionalización	Indicador	Unidad de medida	Técnica de recolección de datos e instrumentos
Interfaz gráfica	Entorno que permite la comunicación entre el operador y el prototipo	Resolución de pantalla LCD	Pixel (px)	Programación
Dispositivos físicos	Componentes conectados para la medición y recolección de datos	Lectura en pantalla LCD	Voltaje (v)	Programación
Conexión de electroválvula	Componente conectado para permitir el paso de agua y CO ₂	Lectura de sensores	Voltaje (v)	Programación
Circuito	Placas diseñadas para cada etapa del prototipo para la recolección de datos	Tamaño	Centímetros (cm)	Observación
Estructura física	Distribución y ordenamiento de los componentes utilizados en el prototipo	Dimensiones	Centímetros (cm)	Construcción
Seguimiento de normas de control	Comparación para un correcto control de incubación	Lecturas		Comparación

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

3.4 Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos necesarios para el desarrollo de este prototipo, se utilizaron los siguientes instrumentos para llevar a cabo la investigación:

Controlador 58008, dispositivo capaz de controlar la temperatura producida por la resistencia eléctrica y sensada a través de termocuplas (ver Figura N°1).

Figura N°1 Controlador 58008



Fuente: <http://ingecomsas.com/producto/control-de-temperatura-digital-ecbhq-58008/>

Termocupla Tipo J, es un sensor de temperatura cuyo rango máximo de lectura es de 450°C, este es utilizado para la lectura de la temperatura dentro del prototipo producida por la resistencia eléctrica (ver Figura N°2).

Figura N°2 Termocupla tipo J



Fuente: https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=637

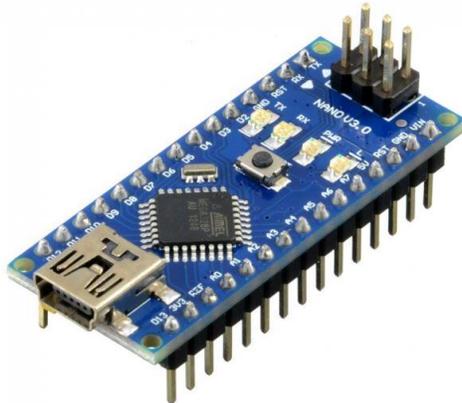
Plataforma Arduino, Software utilizado para la programación del microcontrolador Arduino Nano para el control y la lectura de los dispositivos electrónicos conectados en él (Ver Figura N° 3 y Figura N°4).

Figura N° 3 Arduino



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

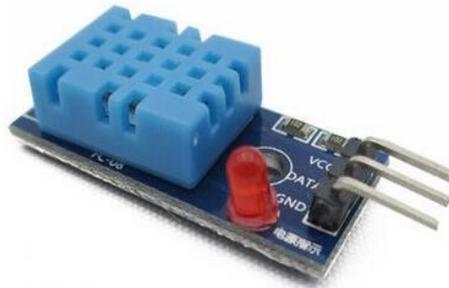
Figura N° 4 Arduino Nano



Fuente: <https://core-electronics.com.au/nano-v3-0-board.html>

Sensor DHT11, es capaz de medir el valor de la temperatura y la humedad presente en el prototipo y permitir su lectura a través del Arduino (ver Figura N°5).

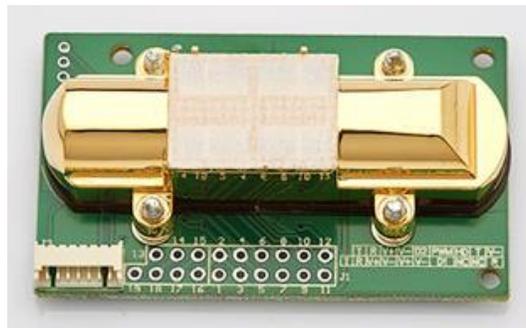
Figura N° 5 Sensor DHT11



Fuente: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/05/16/trabajando-con-el-sensor-de-temperatura/>

Sensor de CO2 MHZ14A, sensor de infrarrojo no dispersivo (NDIR) para detectar la cantidad de CO2 dentro del prototipo de la incubadora (ver Figura N°6).

Figura N° 6 Sensor MHZ14A



Fuente: <https://www.winsen-sensor.com/products/ndir-co2-sensor/mh-z14a.html>

Sensor de nivel de agua, capaz de medir la cantidad de agua presente en el reservorio para producir la humedad (ver Figura N°7)

Figura N° 7 Sensor de agua



Fuente: <https://www.prometec.net/sensor-agua/>

Incubadora de CO₂, utilizamos la incubadora RB150 de Thermo Scientific para comparar los valores de CO₂ medidos contra los valores de CO₂ arrojados por el sensor MHZ14A (ver Figura N°8).

Figura N°8 Incubadora RB150



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

3.5 Técnicas de Recolección de Datos

Los datos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación fueron las siguientes:

3.5.2 Entrevista libre

Se realizó una entrevista oral a manera de conversatorio al Dr. Oscar Bulgim, director de GASTROLAB, quien tiene experiencia en cuanto a las características y operabilidad de las incubadoras de laboratorio, como también de los distintos microorganismos a incubar.

3.5.2 Observación asistida

A través de esta técnica fue posible captar y visualizar los distintos datos para el desarrollo de esta investigación, gracias a los instrumentos utilizados y detallados anteriormente en el punto 3.4, proporcionándonos fiabilidad en los resultados obtenidos.

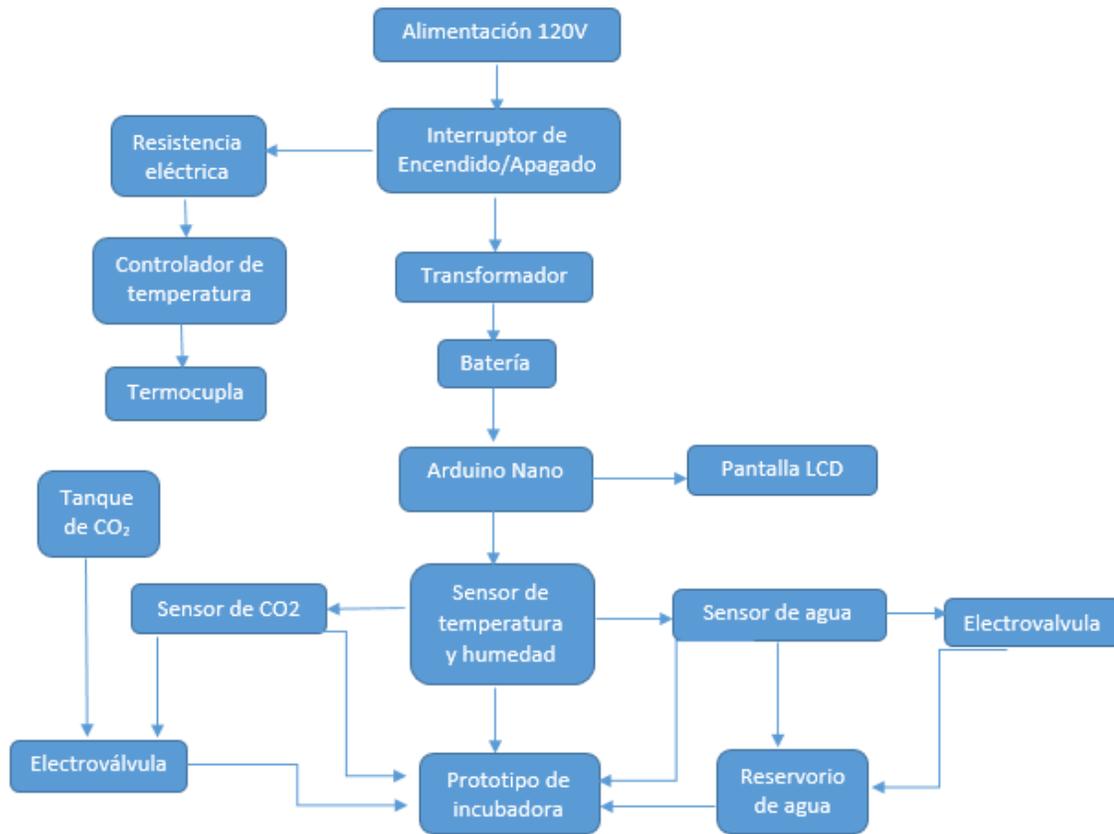
3.6 Procedimiento de construcción del sistema controlador y prototipo de la incubadora.

En el presente trabajo tiene como fin el diseño y construcción de un equipo de incubadora de laboratorio que incluya tres modos de incubación, con un sistema ergonómico en cuanto a tamaño, espacio de trabajo y de fácil manejo. A continuación, detallaremos cada etapa del procedimiento de manera individual y la interrelación que mantienen entre sí.

3.6.1 Diagrama de bloques del funcionamiento del prototipo

Este prototipo cuenta con 5 etapas necesarias para el funcionamiento de este, como son la etapa de alimentación, etapa de calor, etapa de detección, etapa de control, etapa de visualización; las cuales se pueden visualizar en el Figura N°9.

Mapa N°1: Diagrama de bloque de funcionamiento del prototipo



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

3.6.1.1 Etapa de alimentación

Es la etapa más importante ya que aquí se da la alimentación eléctrica del circuito, permitiendo el funcionamiento de cada uno de los dispositivos electrónicos integrados en él. Este prototipo cuenta con dos modos de funcionamiento, el primero, es conectado directamente a la toma eléctrica, la cual tiene un valor de 120V; y la segunda, a través de un transformador, obtenemos una batería de 6VDC. De acuerdo con las características de fabricación de cada uno de los componentes conectados en las etapas del prototipo, algunas etapas serán alimentadas con 120V, como es el caso de la etapa de calor; en cuanto a las demás etapas, estas serán alimentadas con una batería de 6VDC.

3.6.1.2 Etapa de calor

Para la generación de calor utilizamos resistencias eléctricas, cuyo calor a generarse dentro de la cámara es de 37°C, ya que esta es la temperatura óptima para el cultivo de microorganismos.

Para obtener estas resistencias eléctricas, recurrimos a REGA, S.A. (Resistencias Eléctricas Grimaldo Arroyo), donde gracias a la ayuda y conocimientos del Ing. Emilio Grimaldo realizamos distintas pruebas para establecer el valor apropiado de la resistencia eléctrica a utilizar.

A este prototipo se le implemento una resistencia de 80 W para la generación de calor, la cual es controlada a través de un controlador de temperatura, al cual está conectado la resistencia eléctrica y la termocupla tipo J para delimitar cuando la temperatura llega al valor establecido en el controlador.

3.6.1.3 Etapa de detección

Dentro de esta etapa están los sensores de temperatura y humedad, sensor de CO₂ y el sensor de nivel de agua; estos sensores son capaces de detectar los valores de cada uno de los parámetros necesarios para la incubación.

Sensor de temperatura y humedad DHT11, el cual es conectado a uno de los puertos de salida digital del Arduino, y es alimentado a través de los 5V producidos por el Arduino.

Sensor de CO₂ MHZ14A, mide el porcentaje de dióxido de carbono presente dentro de la cámara, este está conectado en una de las salidas análogas del Arduino. Este sensor posee un rango de lectura de CO₂ de 0-10000ppm.

Sensor de agua, mide la cantidad de agua dentro del reservorio de agua para producir la humedad a través de la evaporación del agua. El sensor de agua está conectado a

una resistencia de 220Ω , a un diodo emisor de luz y a su vez a un transistor TIP122 para amplificar la señal del sensor y accionar la electroválvula para el paso del agua hacia el reservorio.

3.6.1.4 Etapa de control

En esta etapa se da el control de todos los parámetros presentes en el prototipo a través de la programación de nuestro Arduino nano, el cual procesa todas las señales provenientes de los sensores y también interpreta las mismas y las convierte en valores para luego ser visualizadas.

La programación utilizada para el control de nuestros dispositivos es la siguiente:

```
#include <MeanFilterLib.h> // FILTRO DIGITAL
#include "MeanFilterLib.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // LIBRERIA
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <SimpleDHT.h>
```

```

#define CO2_TX A0
#define CO2_RX A1

SoftwareSerial SerialCO2(CO2_RX, CO2_TX); // RX, TX

#define I2C_ADDR 0x3F
LiquidCrystal_I2C      lcd(I2C_ADDR, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);
int pinSonda = A2;
float escala = 100; //100 para voltios, 0.1 para milivoltios
int H2O = 8;
int pinDHT11 = 2;
SimpleDHT11 dht11;
//int median;
MeanFilter<int> meanFilter(5);
//MeanFilter<int> meanFilter(5);

const uint8_t cmd[9] = {0xFF, 0x01, 0x88, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x79};
int getCO2() {

    uint8_t response[9];
    for (int i = 0; i < 9; i++) {
        SerialCO2.write(cmd[i]);
    }

    if (SerialCO2.available()) {
        for (int i = 0; i < 9; i++) {
            response[i] = SerialCO2.read();
        }
    }

    int responseHigh = (int) response[2];
    int responseLow = (int) response[3];
    int ppm = (responseHigh << 8) + responseLow;
}

```

```

    return ppm;
}
void setup() {
  Wire.begin();
  pinMode(H2O, OUTPUT);
  pinMode(pinSonda, INPUT);
  //lcd.init(); //inicializar i2c
  lcd.begin (16, 2);          // Inicializar LCD
  SerialCO2.begin(9600);
  lcd.setBacklightPin(3, POSITIVE);    // PARA ENCENDER LUZ
  DE FONDO DE LCD
  lcd.setBacklight(HIGH);
  Serial.begin(9600);
  SerialCO2.begin(9600);
  Serial.println("Initialized.");
}

void loop() {
  float lectura = analogRead(pinSonda);
  lectura = map(lectura, 0, 1023, 0, 500);
  float voltaje = lectura/escala;
  //int median = medianFilter.AddValue(getCO2());
  int median = meanFilter.AddValue(getCO2());
  byte temperature = 0;
  byte humidity = 0;
  byte data[40] = {0};
  if (dht11.read(pinDHT11, &temperature, &humidity, data)){
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("ERROR 001"); //error del sensor de humedad y temp
    return;
  }
}

```

```

lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(String("PPM") + String(" CO2:") + String ((int)median)+
String("")+ String ((float) voltaje));
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(String(" T:") + String ((int)temperature) + String ("C") +
String(" H:") + String ((int)humidity));
  Serial.println(voltaje);
  if((voltaje <= 2.0)) {
    digitalWrite(H2O, HIGH);
  }
  if(voltaje > 2.7) {
    digitalWrite(H2O, LOW);
  }
  /*lcd.print("Temp:");
  lcd.setCursor(1, 1);

lcd.print("Hum:");
  lcd.setCursor(5, 0);
  lcd.print((int)temperature);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(10, 2);
  lcd.print((int)humidity);
  lcd.print("%");
  lcd.setCursor(1,5);
  lcd.print("CO2:");
  lcd.setCursor(1,9);
  lcd.print(median);
  Serial.println(median);*/
  delay(500);
}

```

3.6.1.5 Etapa de visualización

En esta etapa se encuentra la pantalla LCD 20x4 la cual nos ayuda a la visualización de los distintos valores de los parámetros medidos y establecidos en la programación del Arduino nano, esta pantalla está conectada a un I2C, el cual sirve para regular la iluminación de la pantalla y obtener una lectura clara.

3.7 Pruebas de Factibilidad

3.7.1. Temperatura:

Para establecer el valor de la resistencia eléctrica a utilizar, realizamos tres pruebas con distintos valores, obteniendo como resultado lo siguiente:

3.7.1.1 Primera prueba:

Se realizó con dos resistencias de 300 watt cada una, como resultado obtuvimos un rápido aumento de la temperatura dentro de la cámara en poco tiempo.

Cuadro N°4: Resistencias de 300 watt

Tiempo	Temperatura
0 min	25°C
1 min	35°C
2 min	42°C
3 min	51°C
4 min	65°C
5 min	70 °C

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

3.7.1.2 Segunda prueba:

Se realizó con una resistencia de 200 watt, teniendo como resultado la siguiente Cuadro.

Cuadro N° 5: Resistencia de 200 watt

Tiempo	Temperatura
0 min	25°C
1 min	30°C
2 min	38°C
3 min	44°C
4 min	47°C
5 min	50°C

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

3.7.1.3 Tercera prueba:

Se realizó con una resistencia de 80 watt, donde la temperatura óptima se logró luego de haber transcurrido 9 minutos.

Cuadro N°6: Resistencia de 80 watt

Tiempo	Temperatura
0 min	25°C
2:13 min	31°C
3:27 min	32°C
4:35 min	33°C
5:43min	34°C
6:53 min	35°C
7:54 min	36°C
9:05 min	37°C

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Esta última fue la escogida, esta posee la cualidad de brindarnos tres valores de wataje diferentes (80, 120 ó 200 watts), esto depende únicamente de su conexión (ver Figura N°9)

Figura N° 9: Resistencia eléctrica de 80W



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

3.7.2 Homogeneización de la temperatura:

Para tener un óptimo cultivo para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos, es importante tener una temperatura homogénea. Para obtener esta homogeneización utilizamos un ventilador pequeño de 12VDC conectado a una batería para tener un ambiente uniforme en cuanto a la temperatura, que se encarga de distribuir todo el aire caliente dentro de la incubadora, logrando obtener un ambiente estable.

3.7.3. Dióxido de Carbono (CO₂):

Para este parámetro realizamos pruebas en una incubadora de CO₂ de marca Termo Scientific, modelo RB150 que se encontraba en el Laboratorio Gastrolab. Esta incubadora posee dimensiones mayores a las establecidas en nuestro prototipo.

Estas pruebas se hicieron con el fin de asegurarnos si nuestro sensor estaba leyendo adecuadamente el CO₂ y al mismo tiempo establecer cuantas partes por millón (ppm) representan el 5% de dióxido de carbono que se necesita para la incubación.

En nuestro circuito de CO₂ utilizamos el sensor MH-Z14A, el cual posee un rango de lectura de 5000 ppm. Introducimos el circuito del sensor dentro de la incubadora,

cerramos la puerta de manera que no se escapará el CO₂ y esperamos a que la temperatura llegará a los 37°C. Luego de haber llegado a los 37°C, abrimos la puerta y al observar la lectura que se mostrada en el LCD conectado en el circuito del sensor, esta mostraba un error, lo que representaba que el sensor se había saturado.

Realizamos una segunda prueba donde solo dejamos que la temperatura llegara a 32°C, para determinar cuántas partes por millón había en ese momento dentro de la incubadora; al abrir la puerta y observar la medición, la pantalla LCD mostraba el mismo mensaje que en la primera prueba, lo que representó que el sensor estaba nuevamente saturado.

Realizamos una tercera prueba con un medidor de CO₂ externo que se encontraba en el laboratorio, la función de este es detectar si hay fuga de gas, ya que como sabemos, el CO₂ es peligroso. Introducimos el sensor dentro de la incubadora y luego de que la temperatura llegó a 37°C, procedimos abrir la puerta y observamos que el sensor también se había saturado.

3.8 Diseño y construcción de incubadora de laboratorio.

A continuación, detallaremos los procedimientos para la construcción del prototipo y también la ficha técnica del prototipo (ver cuadro N°7)

Cuadro N°7: Ficha técnica del prototipo

 <h2 style="text-align: center;">FICHA TECNICA</h2>			
Nombre del Prototipo	INCUBADORA MULTIUSO		
Modelo :	PRO-1	Fabricante	UDELAS (Ing.Biomédica)
Funcion y uso	Capacidad de incubar cualquier tipo de Microorganismo, utilizando los principios básicos de cualquier tipo de incubadora. Con un sistema ergonómico de Tamaño , espacio de trabajo. De Fácil manejo.		
Descripcion Fisica	Prototipo de Acero Inoxidable con dimensiones 25cm x 25cm y 23 cm x 23cm . Camara intema con bandejas de acero inoxidable,sistema de control y entrada de sensores .		
Especificaciones Tecnicas	Alimentacion de 120V 50-60Hz		
	Sistema de Control con Microprocesador Arduino.		
	Elevador de Temperatura hasta 37°C		
	Medidor de Humedad		
	Medidor de Flujo de gradiente de agua		
	Incluye 3 modos de incubacion : Incubacion Seca , Incubacion Humeda, Incubacion metodo de volteo sin asistencia manual .		
Reloj medidor de tiempo de Cultivo			

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Observaciones:

Capacidad de incubar cualquier microorganismo, utilizando los principios básicos de cualquier tipo de incubadora.

Con un sistema amigable, todo en un solo equipo, de fácil manejo.

De acero inoxidable Calibre 20, de larga duración.

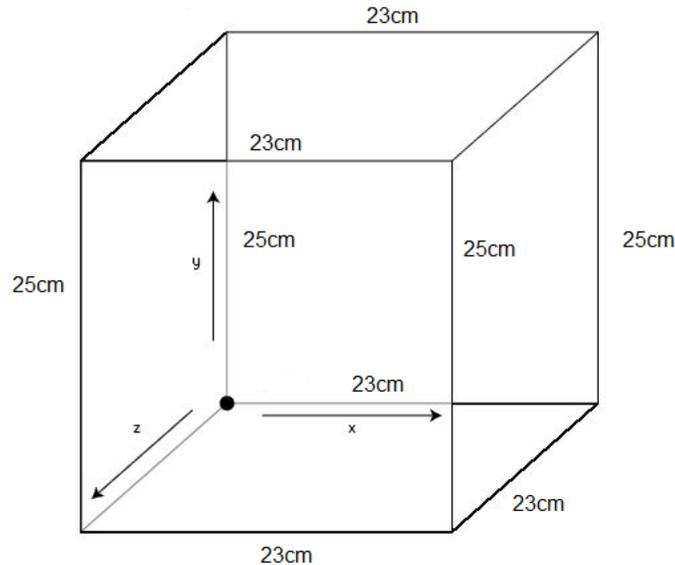
Con capacidad para 2 platos Petri.

Calculo de área de la cámara del prototipo (ver Figura N°10)

Donde a=23cm ; b=25cm

$$\text{Área} = a*b = (23\text{cm})(25\text{cm}) = 575\text{ cm}^2$$

Figura N° 10: Área de la cámara del prototipo



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

La Incubadora consta con un ambiente controlado con sensores de CO₂, temperatura y humedad; posee una cámara interna y una cámara externa, la primera construida de acero galvanizado y cubierta con pintura epóxica, la segunda construida con acero inoxidable.

La estructura de la carcasa fue construida en el taller de Hojalatería Gálvez, una empresa ubicada en el distrito de Arraiján, corregimiento de Nuevo Chorrillo; la cual lleva 12 años en el sector de la producción de piezas de hojalatería.

Con respecto a los accesos a la cámara, contamos con una doble puerta para introducir los microorganismos a cultivar, la primera puerta de acero galvanizado, mientras que la segunda puerta hecha de acrílico transparente; ambas puertas constan de un contorno de banda de caucho para un cierre hermético, para no tener fugas dentro de esta.

La Cámara interna de acero Inoxidable fue diseñada con remaches y para brindar más hermeticidad se colocó una silicona para metal, la misma para evitar cualquier tipo de fuga.

Nuestra cámara externa posee dimensiones de 25x25 cm, mientras que la cámara interna posee una dimensión de 23x23 cm. Se realizan los cortes del metal, dejando 2 centímetros por encima de las medidas para hacer los dobleces y colocar los remaches.

En los espacios que se encuentran entre ambas cámaras, colocamos fibra cerámica para que el calor producido por la resistencia eléctrica no caliente la cámara externa y provoque quemaduras al usuario (Ver Figura N°11).

Figura N° 11 Colocación de fibra cerámica



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

En la cámara interna se colocó la termocupla que está conectada al controlador de temperatura para monitorizar la temperatura dentro de la cámara y controlar la resistencia eléctrica.

Dentro de la cámara interna colocamos un pequeño ventilador para recircular el aire caliente dentro del prototipo y así obtener un ambiente homogeneizado para una mejor incubación. Este ventilador está conectado a l circuito del controlador de temperatura,

para que cuando el mismo llegue a la temperatura deseada deje de circular el aire, y se vuelva a encender cuando la temperatura llegue al mínimo establecido.

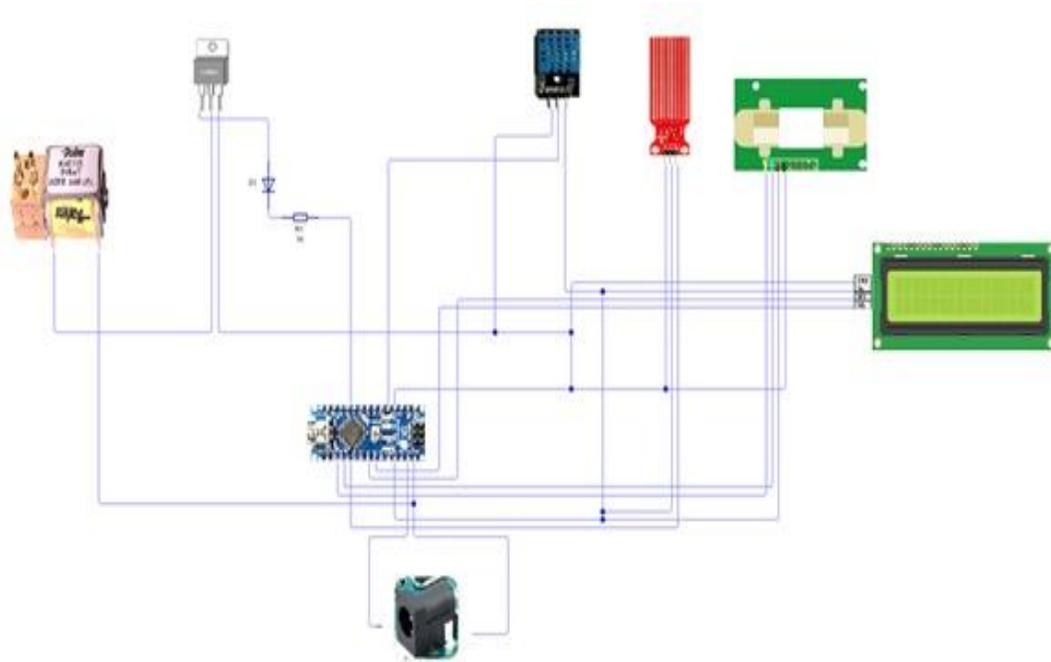
Buscando la ergonomía, diseñamos un espacio para la circuitería aislado de la cámara, con el fin de realizar actualización de una manera más prudente, sin alterar la estructura interna de la cámara.

La temperatura a la que debe llegar el prototipo fue calculada bajo la disposición de los microorganismos que se iban a incubar, de acuerdo con esto se establecieron los rangos de la incubadora.

El panel de control ubicado en la parte superior del prototipo y alberga todos los circuitos eléctricos utilizados, los switch de encendido y apagado, botonera, y una pantalla LCD 20 x 4 que muestran los valores medidos.

Se armó el sistema para generar vapor de agua, el mismo crea la humedad para la incubación, este consiste en un reservorio de agua en la parte posterior del prototipo y conectado a una electroválvula, en donde el sensor de agua controla la cantidad del agua que atraviesa la manguera hasta la placa calentadora para producir la humedad dentro del prototipo.

Figura N° 12: Circuito del prototipo



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS

El periodo de resultados y datos fue dividido en 3 áreas:

4.1 Prueba de Carcasa: esta incluye la revisión de ensamblaje, también la hermeticidad, para esto utilizamos trozos de incienso, para verificar que la cámara interna no tuviera ninguna fuga.

Procedimiento de prueba: se encienden los palitos de incienso y se introducen en la cámara, después de 5 minutos observamos que la cámara tenía una fuga por una esquina.

Como medida de contingencia se colocó una silicona para metal para poder subsanar esa falla en el acoplamiento.

Cuadro N°8 Resultados de prueba de carcasa

Número de Pruebas	Resultados	Diagnostico	Medida
Prueba 1	5 min , hay una fuga en la esquina superior	El acoplamiento de los bordes no fue el correcto.	colocamos silicona Siclafex en todas las uniones de los bordes
Prueba 2	5 min, Ok no hay fugas	No hay fugas	No hay fugas

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

4.2 Pruebas del sensor medidor de temperatura

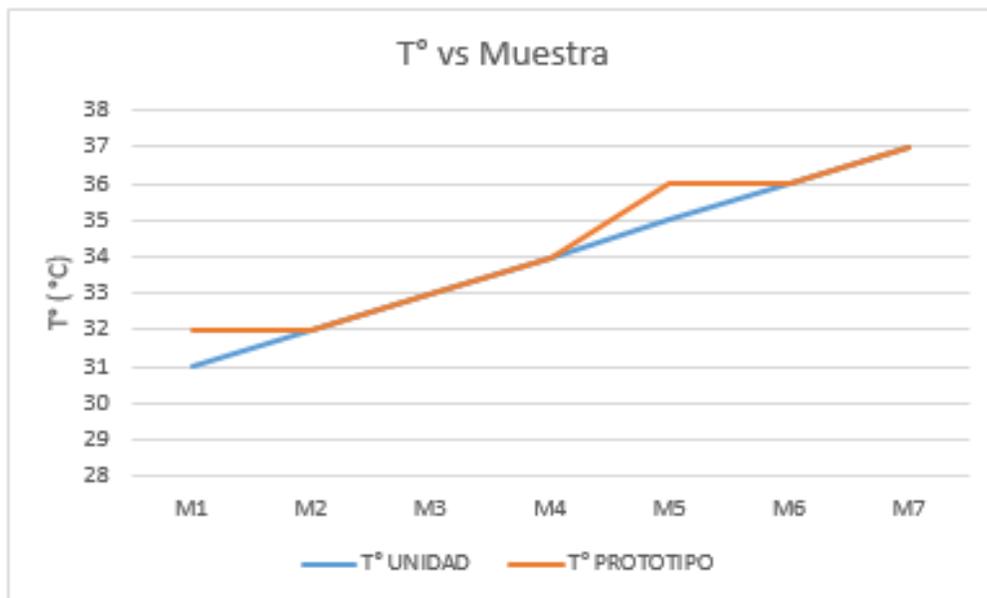
Esta prueba consistió en la utilización de una termocupla que fue introducido en la cámara de la incubadora, con el fin de comprar las mediciones de temperaturas.

Cuadro N° 9: Resultados de sensor de temperatura

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
°T UNIDAD (°C)	31	32	33	34	35	36	37
°T PROTOTIPO(°C)	32	32	33	34	36	36	37

Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Gráfica N° 1 Temperatura vs Muestra de Temperatura con termómetro



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Materiales para la prueba: termocupla con multímetro, termómetro de mercurio, prototipo de incubadora.

4.3 Resultados de pruebas del sensor medidor de Humedad

Materiales: electroválvula, prototipo de incubadora.

Procedimiento, por medio de una electroválvula se introdujo diferentes cantidades de agua a la cámara con el fin de que las mismas caigan en el fondo de la incubadora y se

evaporen por el efecto de la resistencia térmica y que el sensor las logre identificar el cambio de ambiente.

4.4 resultados de la pruebas del sensor medidor de CO₂

Se realizaron las pruebas para corroborar que el valor medido por parte de nuestro sensor fuera el correcto, utilizamos la incubadora de CO₂ que se encontraba en el laboratorio GASTROLAB, la misma antes mencionada; como resultado obtuvimos que el sensor de CO₂ MHZ14A el cual posee un rango de lectura de 0–10000ppm, no era el correcto.

Esto es debido a que el sensor debe medir el 5% del CO₂ dentro de la cámara, y antes de que el mismo llegara a su valor operacional, nuestro sensor ya se había saturado debido a que el valor era superior al rango de trabajo del sensor.

No pudimos definir qué porcentaje representaban 10000ppm, ya que estábamos trabajando con una incubadora de CO₂, el cual es altamente peligroso, y la misma estaba herméticamente sellada, por lo que no pudimos visualizar dicho valor en nuestro circuito.

CONCLUSIONES

Esta tesis tuvo como objetivo diseñar y construir un prototipo de incubadora para microorganismos con tres modos de incubación, aplicando los principios básicos de la biomédica.

Para realizar este diseño fue importante hacer una revisión de modelos de incubadoras de cultivos de microorganismo para identificar cuáles son las características propias de las mismas, buscando integrar todo en una.

El microprocesador utilizado Arduino nos permitió realizar variaciones y en base a estas lograr construir un rango medible.

Optimizamos los procesos de cultivo de los microorganismos en el laboratorio con el volteo sin asistencia manual y con la integración de los métodos de cultivos en una sola incubadora.

LIMITACIONES

La presente investigación tuvo las siguientes limitaciones al momento de realizarse:

El Sensor de CO₂ no cumplía con las características que necesitamos, y debido a la falta de tiempo y dinero no se pudo realizar la compra de otro sensor.

Debido a las características del sensor de CO₂, este no nos permitió realizar mediciones correctas en cuanto a la cantidad de dicho gas dentro del prototipo para la incubación de microorganismo.

No tener los recursos económicos de manera inmediata para obtener los materiales para la pronta construcción del prototipo, ya que en su mayoría se consiguieron en el extranjero, lo que nos dificultó la realización de pruebas, ya que el término de entrega de los componentes eran muy largos.

RECOMENDACIONES

A medida que se desarrolló este prototipo surgieron varios inconvenientes que se podrían mejorar en el mismo, la primera de ellas es el sensor de CO₂, el mismo se saturaba, podría considerarse cambiar el sensor que posea un rango mayor al mismo.

Por el lado de una configuración más sencilla, se podría tener una configuración auxiliar mediante el uso de unos pulsadores y un LCD, o algo similar.

El método de volteo debe poseer un sistema más automatizado.

El circuito debe ser impreso en una placa de cobre, para mejorar su estética.

ANEXO

Figura N° 13: Armado del circuito controlador



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Figura N° 14 Conexiones para circuito cotrolador de temperatura



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Figura N°15 Colocación del circuito controlador de temperatura



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Figura N°16 Colocación de resistencia eléctrica



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, graduandas de Ingeniería Biomédica 2019

Figura N°17: Proceso de pintado del prototipo



Fuente: Deiveth Córdoba y Mariana Flores, Estudiantes graduandas 2019

INFOGRAFIA

Arian, (s.f.). Pt100, **su operación, instalación y Cuadros.**

<http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

ATICA. (s.f.). **Manual Básico de Creación de Páginas Web.** Obtenido de Universidad de Murcia

<https://www.um.es/atica/documentos/html.pdf>

Catedu. (19 de Junio de 2014). **Arduino Referencia.** Obtenido de Arduino Apuntes 2013

http://facilitamos.catedu.es/secundariatecnologia/wpcontent/uploads/sites/19/2014/06/ARDUINO_APUNTES_2013.pdf

COMPIC. (s.f.). COMPIC. Obtenido de MOC3041 **Acoplador de Arduino**

<http://www.compico.es/con-salida-atric/363-optoacoplador-moc-3041.html>

Villamil Gutiérrez Jorge Enrique. (2005). Incubadora. **En Manual de Mantenimiento de Incubadora**

(149-157). Washington DC.: Organización Panamericana de la Salud.

<http://tesis.cujae.edu.cu/bitstream/handle/123456789/4031/lbrain%20Ceballo%20Acosta.%20B0039.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramírez Erickson(2009) **TRABAJO DE GRADO ENCUBADORA DE POLLOS,**

Universidad Central de Venezuela.

http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6789/1/Incubadora_para_el_Estudio_de_Embriones_de_Pollo.pdf

Equipos de Laboratorio Colombia (2007) **TODO SOBRE LAS INCUBADORAS**

https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=5921

PHCBY (2003) ,**Incubadoras Biológicas, Partes y accesorios**

<https://www.phchd.com/us/biomedical/incubators/heated-incubators/mir-162>

INDICE DE FIGURAS

Número de Figura	Descripción	Página
Figura N° 1:	Controlador 58008	36
Figura N° 2:	Termocupla tipo J	36
Figura N° 3:	Arduino	37
Figura N° 4:	Arduino nano	37
Figura N° 5:	Sensor DHT11	38
Figura N° 6:	Sensor MHZ14A	38
Figura N° 7:	Sensor de nivel de agua	38
Figura N° 8:	Incubadora RB150	39
Figura N° 9:	Resistencia eléctrica 80 watts	49

Figura N° 10:	Área de la cámara del prototipo	52
Figura N° 11:	Colocación de la fibra cerámica	53
Figura N° 12:	Circuito del prototipo	55
Figura N° 13:	Armando del circuito controlador	63
Figura N° 14:	Conexiones para circuito controlador de temperatura	63
Figura N° 15:	Colocación del circuito controlador de temperatura	64
Figura N° 16:	Colocación de resistencia eléctrica	64
Figura N° 17:	Pintado de pintado del prototipo	65

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Descripción	Página
Cuadro N° 1:	Investigación en salud	18
Cuadro N° 2:	Diseño conceptual	34
Cuadro N° 3:	Diseño conceptual	35
Cuadro N° 4:	Resistencia de 300 watts	47
Cuadro N°5:	Resistencia de 200 watts	48
Cuadro N° 6:	Resistencia de 80 watts	48
Cuadro N° 7:	Ficha técnica del prototipo	51
Cuadro N° 8:	Resultados de prueba de carcasa	57
Cuadro N° 9:	Prueba de Sensor de Temperatura	58

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA No.	Descripción	Página
GRAFICA N° 1:	Temperatura Vs Muestras de temperatura con termómetro	58

INDICE DE MAPA

MAPA No.	Descripción	Página
MAPA N° 1:	Diagrama de bloque funcionamiento del prototipo	41