



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**TEMA  
“DETECCIÓN DE FALLAS CRÍTICAS EN MICROONDAS  
MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE UN  
DETECTOR DE FUGAS POR MEDIO DE UN CIRCUITO  
INTEGRADO”**

**AUTOR  
SOLEDISPA CARRASCO DIEGO JAFET**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MG.**

**GUAYAQUIL, ABRIL 2019**



Ingeniería  
en  
Teleinformática

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD**

Habiendo sido nombrado ING. PLINIO ANDRADE GRECO, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por SOLEDISPA CARRASCO DIEGO JAFET, C.C.: 0931559819, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: DETECCIÓN DE FALLAS CRÍTICAS EN MICROONDAS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE UN DETECTOR DE FUGAS POR MEDIO DE UN CIRCUITO INTEGRADO, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 0% de coincidencia.

The screenshot shows the URKUND interface. On the left, document details are listed: 'Documento: Tesis - Diego Soledispa - urkund.doc (254828263)', 'Presentado: 2019-08-15 04:21 (-05:00)', 'Presentado por: diego.soledispa@ug.edu.ec', 'Recibido: plinio.andrade@ug.edu.ec', and 'Mensaje: Tesis. Mostrar el mensaje completo'. A yellow box highlights '1% de estas 12 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.' On the right, a table titled 'Lista de fuentes' shows one source: 'SOLEDISPA CRISTIAN, SAYCARI HABEN, TESIS 2019.docx'. Below the table are buttons for 'Fuentes alternativas' and 'Fuentes no usadas'. At the bottom right, there are buttons for '1 Advertencias', 'Revisar', and 'Exportar'.

"DETECCIÓN DE FALLAS CRÍTICAS EN MICROONDAS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE UN DETECTOR DE FUGAS POR MEDIO DE UN CIRCUITO INTEGRADO"

AUTOR

SOLEDISPA CARRASCO DIEGO JAFET

INTRODUCCIÓN

Como es de conocimiento general, los hornos microondas son un electrodoméstico indispensable en los hogares a nivel mundial, y estos, a su vez, pese a contener y utilizar sistemas de radiación que son perjudiciales para la salud, se encuentran la mayor parte del tiempo correctamente confinados en el dispositivo para evitar producir lesiones.

Los hornos microondas poseen muchos mecanismos de protección, entre los cuales se encuentra su carcasa metálica para evitar y confinar la radiación electromagnética, por otra parte, también cuenta con una ventana de cristal revestido así mismo con una malla metálica con orificios diminutos. Entonces, cuando se producen fugas de este tipo de radiación, implica directamente que el horno tiene alguna falla y que esto ocasiona dicha fuga. Por lo tanto, muchos microondas en la puerta del horno incorporan un sistema de detección para el

<https://secure.unkund.com/view/53367807-776565-910330>

ING. PLINIO ANDRADE GRECO

CC: 0907921951

**Declaratoria de Autoría**

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

**Diego Jafet Soledispa Carrasco**

**C.C: 0931559819**

### **Dedicatoria**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

## **Agradecimiento**

El amor recibido, la paciencia y la dedicación con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar, creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, gracias a mi padre por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

## Índice del contenido

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

### Capítulo I El problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	2
1.1.1	Ubicación del problema en un contexto	2
1.2	Situación conflicto. Nudos críticos	3
1.3	Formulación del problema	3
1.4	Evaluación del problema	3
1.5	Objetivos Generales y Específicos	4
1.5.1	Objetivo general	4
1.5.2	Objetivos específicos	4
1.6	Justificación e importancia de la investigación	4
1.7	Alcance del problema	5

### Capítulo II Marco teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes del estudio	6
2.2	Fundamentación teórica	7
2.2.1	Ondas Microondas	7
2.2.2	Hornos microondas	8
2.2.3	Jaula de Faraday	10
2.2.4	Detectores de ondas electromagnéticas	11
2.2.5	Señal microondas y señales WIFI	12
2.2.6	Amplificadores Operacionales	12
2.2.7	Capacitor	13
2.2.8	Resistencia	14
2.2.9	Diodo	14

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.2.10	Componentes de un diodo	14
2.2.11	Funcionamiento de un diodo	14
2.2.12	Tipos de diodos	15
2.2.13	Livewire y Circuit Wizard	17
2.2.14	Filtro Activo Pasoaltas	18

### **Capítulo III**

#### **Metodología**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1	Marco Metodológico	19
3.1.1	Tipos de investigación	19
3.1.1.1	Investigación Experimental	19
3.1.1.2	Investigación Descriptiva	19
3.1.1.3	Investigación Cuantitativa	19
3.1.2	Recopilación de datos	20
3.1.3	Población	20
3.1.4	Delimitación geográfica	21
3.1.5	Análisis de resultados de la encuesta	21

### **Capítulo IV**

#### **Desarrollo de la propuesta**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.1	Desarrollo del prototipo de un detector de fugas en hornos microondas	27
4.2	Ensamblaje del prototipo de un detector de fugas en hornos microondas	28
4.2.1	Proceso de elaboración del prototipo	29
4.2.2	Pruebas para determinar la incidencia de fallas electromagnéticas con el prototipo	31
4.2.2.1	Prueba realizada con un enrutador	31
4.2.2.2	Prueba realizada con un microondas sin fuga	32

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.2.2.3	Prueba realizada con un microondas con fuga	32
4.3	Análisis general de las pruebas	33
4.4	Conclusiones y Recomendaciones	35
4.4.1	Conclusiones	35
4.4.2	Recomendaciones	36
	 Anexos	 38
	Bibliografía	39



**Índice de tablas**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Frecuencia de uso de hornos microondas en la muestra obtenida	21
2	Frecuencia de acciones durante el uso del horno microondas	22
3	Conocimientos sobre el principio básico del horno microondas	23
4	Frecuencia de inconvenientes presentados con el horno microondas	24
5	Muestra de clientes que desean un equipo económico para detectar fugas electromagnéticas.	25

## Índice de figuras

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Elementos de un horno de microondas doméstico	9
2	Ilustración esquemática de un magnetrón	10
3	Esquema de un amplificador OPAMP compuerta NAND	13
4	Símbolos más utilizados para las resistencias	14
5	Símbolo del diodo Led	15
6	Símbolo del diodo rectificador	16
7	Símbolo de puentes rectificadores	16
8	Símbolo del diodo zener	17
9	Figura ilustrativa del sector Cooperativa Sub División El Condor	21
10	Frecuencia de uso de hornos microondas en la muestra obtenida para la pregunta 1 de la encuesta	22
11	Frecuencia de acciones durante el uso del horno microondas para la pregunta 2 de la encuesta	23
12	Conocimientos sobre el principio básico del horno microondas para la pregunta 3 de la encuesta	24
13	Frecuencia de inconvenientes presentados con el horno microondas para la pregunta 4 de la encuesta	25
14	Muestra de clientes que desean un equipo económico para detectar fugas electromagnéticas para la pregunta 5 de la encuesta	26
15	Diagrama esquemático del circuito propuesto	27
16	Diagrama esquemático del detector de fugas de ondas microondas	28
17	Base de plástico para el prototipo	29
18	Materiales utilizados para el PCB	30
19	Prototipo en PCB funcionando al 100%	30
20	Diseño PCB con la base de plástico, presentación final	31
21	Prueba del prototipo con dispositivo inalámbrico a 2.4 GHz	31
22	Prueba del prototipo con horno microondas sin fuga	32
23	Prueba del prototipo con horno microondas con fuga	33

## Índice de anexos

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Datasheet y las características más relevantes del integrado CD4093B	38



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“DETECCIÓN DE FALLAS CRÍTICAS EN MICROONDAS MEDIANTE EL  
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE UN DETECTOR DE FUGAS POR  
MEDIO DE UN CIRCUITO INTEGRADO”.**

**Autor:** Soledispa Carrasco Diego Jafet.

**Tutor:** Ing. Elec. Andrade Greco Plinio, Mg.

**Resumen**

En el presente proyecto se desarrolló un estudio a la población objetivo de la cooperativa sub. División El Cóndor, en donde se pudo determinar el nivel de uso del horno microondas, así como también, conocimientos básicos de su funcionamiento y si se han presentado o no inconvenientes con respecto a su uso. Posterior a esto, se evaluó diferentes elementos electrónicos para el diseño y construcción del prototipo de detección de fugas con el cual se puede determinar de forma precisa si existen fugas de ondas electromagnéticas en los electrodomésticos sobre los cuales se levanta este estudio. Consecuentemente se realizó una encuesta para determinar la información necesaria que ayudó a resolver los objetivos planteados y concluir favorablemente hacia el diseño, manufactura y venta de estos dispositivos detectores de fugas para los hogares que lo requieran, que aun cuando en las pruebas realizadas, ningún horno microondas presentó inconvenientes, los usuarios de las pruebas reconocieron la utilidad del prototipo.

**Palabras Claves:** Ondas electromagnéticas, amplificadores operacionales, magnetrón



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**‘DETECTION OF CRITICAL FAILURES IN MICROWAVES THROUGH THE  
DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A LEAK DETECTOR BY MEANS OF  
AN INTEGRATED CIRCUIT’**

**Author:** Soledispa Carrasco Diego Jafet

**Tutor:** Ing. Elec. Andrade Greco Plinio, Mg

**Abstract**

In this project, a study on the target population of ‘Cooperativa Sub. División El Cóndor’ was carried out, where it was possible to determine the level of use of the microwave oven, as well as basic knowledge of its operation and whether or not there have been inconveniences regarding its use. After this, different electronic elements for the design and construction of the leak detection prototype were evaluated, with which it can be determined precisely if there are electromagnetic wave leaks in the appliances on which this study is built. Consequently, a survey was carried out to determine the necessary information that helped to solve the set objectives and conclude favourably towards the design, manufacture and sale of these leak detection devices for households that require it, even when in the tests performed, no microwaves ovens presented inconveniences, test users recognized the usefulness of the prototype.

**Keywords:** Electromagnetic waves, operational amplifiers, magnetron

## **Introducción**

Como es de conocimiento general, los hornos microondas son un elemento indispensable en los hogares a nivel mundial, y estos, a su vez, pese a contener y utilizar sistemas de radiación que son perjudiciales para la salud, se encuentran la mayor parte del tiempo correctamente confinados en el dispositivo para evitar producir lesiones.

Los hornos microondas poseen muchos mecanismos de protección, entre los cuales se encuentra su carcasa metálica para evitar y confinar la radiación electromagnética, por otra parte, también cuenta con una ventana de cristal revestido así mismo con una malla metálica con orificios diminutos. Entonces, cuando se producen fugas de este tipo de radiación, implica directamente que el horno tiene alguna falla y que esto ocasiona dicha fuga. Incluso, muchos microondas en la puerta del horno incorporan un sistema de desconexión hacia el magnetrón (el que emite las ondas electromagnéticas) en cuanto la puerta es abierta, esto para garantizar que la generación de dichas ondas no es realizada en lo absoluto.

En base a lo descrito, se debe resaltar el hecho de que las fugas de ondas electromagnéticas la mayor parte del tiempo son completamente imperceptibles para las personas, por lo que, de no ser revisado por un técnico especializado, las personas estarían expuestas a este tipo de radiación lo cual perjudicaría la salud e inconvenientes de interferencia en el hogar de quienes se mantienen usando dispositivos que presentan fallas.

## **Capítulo I**

### **El Problema**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

##### **1.1.1 Ubicación del problema en un contexto**

En la actualidad la mayoría de los hogares disponen de un microondas sin embargo desconocen cuándo se presenta algún inconveniente en aquel equipo, a fin de proteger la salud de las personas que conviven en el hogar con respecto a las fallas de salidas de las ondas que produce el generador microondas.

Un factor que hay que tomar en cuenta en un microondas es la fuga que permite la salida por parte de las ondas que produce el generador, estas pueden tener efectos secundarios de los cuales el usuario no puede identificar, es por ello por lo que se pretende contribuir a la tranquilidad del usuario en el hogar mediante la implementación de un prototipo que ayude a monitorear las fugas del microondas. El usuario obtendrá una herramienta la cual detecte mediante un led si hay fugas en el microondas.

El desarrollo de este prototipo se hará mediante un circuito integrado de tipo digital, con base en Amplificadores Operacionales, con compuertas inversoras que detectan ondas. Por sus características, este circuito puede funcionar con voltajes de alimentación de hasta 9 voltios, y realmente tiene un consumo de corriente mínimo

#### **1.2 Situación conflicto. Nudos críticos**

El desconocimiento o la falta de preocupación hacia este tipo de fallas en los hornos microondas provoca accidentes o posibles lesiones en la salud de las personas que tienen estos dispositivos cerca y los usa con frecuencia. Dependiendo de las circunstancias, algunos de los escenarios de fallas pueden llegar a causar la muerte de los usuarios.

Las causas notorias de posibles fugas de ondas electromagnéticas incluyen una mampara de visualización rota o con grietas, también pueden presentarse inconvenientes al cerrar la puerta del microondas, ocasionado por un daño o rotura del pestillo de esta, de igual forma cuando el microondas continúa funcionando cuando se abre la puerta. Las fugas en estos electrodomésticos también pueden ser causadas por una bisagra de la puerta con defectos, ya sea por daños de fábrica, sacudidas o caídas del aparato antes mencionado. En estos casos es cuando los daños pueden ser mucho más perjudiciales, ya que a simple vista no se pueden detectar solo observando o usando el dispositivo.

Desde el año 2011, no se han reportado personas heridas por exposición a radiación de microondas, esto ha sido corroborado por la Administración de Alimentos y Fármacos de Estados Unidos. Los reportes de lesiones relacionados a los hornos microondas que si fueron reportados fueron: quemaduras con líquidos hirviendo y quemaduras también comunes a los aparatos de cocción tradicionales, pero a nivel general este porcentaje no sobrepasa el 11.34%.

### 1.3 Formulación del Problema

¿Cuál es el propósito de la investigación?

El propósito de la investigación es poder diseñar un circuito electrónico capaz de permitir detectar con certeza si existen fallas dentro de un horno microondas y de esta forma poder solucionar con antelación posibles afectaciones físicas o de salud en los lugares en los cuales se hace uso de los dispositivos antes indicados.

### 1.4 Evaluación del Problema

Los aspectos generales de evaluación son:

**Delimitado:** Comprende a la investigación que afecta directamente a las áreas tecnológicas y de hogar.

**Claro:** Debido al claro uso cotidiano de estos dispositivos es importante manejar y conocer cuando éste puede presentar alguna falla que cause afectaciones de salud.

**Evidente:** Con el apoyo de especialista en la materia se podrá lograr tener una excelente explicación de los riesgos que implica no conocer el correcto funcionamiento de los hornos microondas y por ende sus posibles fallas.

**Identifica los productos esperados:** Con los resultados que se obtendrán después del desarrollo del prototipo se podrá esclarecer un posible producto final capaz de ser comercializado y que cumpla con las expectativas propuestas para el presente proyecto de investigación.

### 1.5 Objetivos Generales y Específicos

#### 1.5.1 Objetivo General

Ayudar a la comunidad a evitar problemas relacionados a las fugas de los microondas mediante un prototipo.



### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- 1) Indagar a qué frecuencia electromagnética trabaja el horno de microondas y los inconvenientes al tener fugas.
- 2) Analizar la frecuencia del uso del horno microondas en las familias de la cooperativa Sub División El Condor, del sector de la Prosperina en la ciudad de Guayaquil.
- 3) Desarrollar un prototipo de un detector de fugas en hornos de microondas mediante un circuito integrado.
- 4) Realizar pruebas para determinar la incidencia de fallas electromagnéticas en los microondas de la comunidad utilizando el prototipo.

### **1.6 Justificación e importancia de la investigación**

El diseño de un prototipo encargado para la detección de fugas en un microondas contribuye de alguna forma a la sociedad actual asistiendo a las familias mientras ellos conviven en su hogar.

El desarrollo de este prototipo es muy importante, es aquí donde la tecnología juega un papel significativo, porque al estar dirigido como apoyo a las familias que por todas las ocupaciones y actividades que realizan se les dificulta estar en todo momento con la preocupación de si su microondas este presentando algún tipo de inconveniente, se implementará mediante un circuito integrado con base en Amplificadores Operacionales, con compuertas inversoras que detectan ondas. Por sus características, este circuito puede funcionar con voltajes de alimentación de hasta 9 voltios, y realmente tiene un consumo de corriente mínimo, ya que puede funcionar durante varios meses, de esta forma ayuda a estar prevenidos mediante este tipo de anomalías en el microondas y así evitar enfermedades.

A más de esto, una peculiaridad importante que brinda este prototipo es la portabilidad, porque este prototipo de un detector de fugas en hornos de microondas podrá colocarse en el microondas de manera sencilla y el usuario la podrá detectar la fuga en el momento que se encienda el led, fácil de usar y económica para las personas.

### **1.7 Alcance del problema**

Si bien es cierto la mayoría de los dispositivos electrónicos domésticos tienen incorporados una serie de pruebas técnicas de calidad que las hacen muy poco probables a sufrir averías en su funcionamiento. Pero, así también, por el constante uso de los hornos

microondas estos pueden presentar pequeñas fallas imperceptibles en los hogares lo cual es perjudicial, por lo que, es importante enfocar el presente proyecto hacia la resolución de esta pequeña problemática que aqueja por sobre todo a los hogares en donde se cuenta con hornos microondas y en general, cualquier otro dispositivo o elemento domestico que pueda causar inconvenientes a sus posibles horarios finales.

El poder diseñar adecuadamente y por bajo costo, sistemas de detección de fallas o fugas de ondas electromagnéticas hace de esta solución una gran arma para asociarse a campos de seguridad industrial y mejorar consecuentemente el rendimiento y vida útil de los equipos.

Se realizará el diseño y construcción del prototipo, adicionalmente se realizarán pruebas en 20 hogares diferentes dentro de la cooperativa Sub División El Cóndor, del sector Prosperina, en la ciudad de Guayaquil, esto con el fin de verificar el estado de los microondas en cada hogar.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Antecedentes del estudio**

Desde los primeros años de uso de los hornos microondas han surgido interrogantes y cierto grado de preocupación por posibles fugas de radiación en estos dispositivos. Se llegó a pensar que la radiación emitida por los hornos microondas eran similares a la radiación atómica, motivo por el cual, en muchos lugares no se lo utilizaba por temor a sufrir heridas o enfermedades graves relacionadas a dicha radiación como, por ejemplo, el cáncer.

Para fines del análisis del proceso de detección de fugas de emisiones electromagnéticas en hornos microondas, se han estudiado emisiones en ambientes comunes como cafeterías, comedores y hogares, en donde, a diferentes distancias se han realizado mediciones para determinar los niveles máximos de fugas. Consecuentemente, se analizó de igual forma, las radiaciones emitidas a nivel de campo en radios de 20 m de los lugares antes indicados, esto con el fin de determinar si hubo exposición de las personas a estas radiaciones.

Ahora bien, de forma un poco más general, desde hace varias décadas atrás, la relación entre la radiación electromagnética y la salud se ha mantenido en un debate constante, para poder determinar de forma adecuada, que niveles y que tipos de radiación son en efecto nocivas para el ser humano. De forma particular, en la última década ha aumentado la emisión de esta radiación, de forma muy rápida en zonas urbanas y hogares, por lo que, para muchos especialistas en salud, este tipo de radiaciones son de tipo acumulativas, por ende, sus efectos secundarios también lo son, produciendo así daños en la salud, en especial en niños y jóvenes.

De acuerdo al estudio realizado sobre: “Incidencia de los campos electromagnéticos en los sistemas vivos” se concluyó que: “No cabe duda que la exposición a campos electromagnéticos muy intensos puede ser perjudicial para la salud” “Ayudar a crear una conciencia precautelativa fundamentada en estudios y no simplemente en especulaciones” Por ende, si el horno microondas presenta algún tipo de fuga electromagnética, puede causar algún tipo de enfermedad. (CORTES, GALLEGO, & CHAVES O., 2006)

El calentamiento con microondas se refiere al uso de ondas electromagnéticas de ciertas frecuencias para generar calor en un material (DAVIDSON, 2011)

El calentamiento con microondas involucra principalmente dos mecanismos: dieléctrico y iónico. El agua en el alimento es la principal responsable del calentamiento dieléctrico. Debido a su naturaleza dipolar, las moléculas de agua tratan de acoplarse y seguir al campo electromagnético asociado con la radiación electromagnética conforme oscila a frecuencias

muy altas. Estas oscilaciones de las moléculas de agua producen calor. El segundo mecanismo de calentamiento es a través de la migración oscilatoria de iones en el alimento que genera calor bajo la influencia del campo eléctrico oscilatorio. (DAVIDSON, 2011) (Schlegel, 1992) (ANANTHESWARAN, 1994) (M.E.C.OliveiraA.S.Franca, 2002)

## **2.2 Fundamentación Teórica**

### **2.2.1 Ondas Microondas**

Las ondas electromagnéticas que se encuentran entre los 300 MHz y 30 GHz son conocidas como ondas microondas, las cuales tienen un periodo de oscilación de entre 33 ns a 33 ps y una longitud de onda de entre 1m a 10 mm respectivamente, cabe indicar que, de acuerdo con la definición del estándar, los rangos de frecuencia y longitud de onda pueden variar. (Pantoja, 2002)

Las ondas microondas son generadas por dispositivos de estado sólido y dispositivos de tubos de vacío. Para los de estado sólido se cuentan con elementos electrónicos de silicio o arseniuro de galio (semiconductores), también transistores de efecto campo (FETs), transistores de unión bipolar (BJTs) y diodos IMPATT y Gunn. Por otra parte, los dispositivos basados en tubo de vacío generan las ondas microondas gracias al movimiento balísticos de los electrones en el vacío, el cual, es influenciado por campos eléctricos y magnéticos, generados por elementos como el girotrón o el magnetrón. (Jhonk, 1999)

Las ondas microondas tienen algunos campos de aplicación, entre los que se destacan el área domestica (hornos microondas), las telecomunicaciones, la industria armamentística. (Jhonk, 1999)

En el sector de las telecomunicaciones las ondas microondas son bastante usadas en la radiodifusión por cuanto dichas ondas tienen facilidad de transporte a través de la atmosfera y con una interferencia relativamente baja comparada con otras longitudes de onda. Por otra parte, se considera que el ancho de banda de las ondas de microonda es mayor con respecto al resto del espectro radioeléctrico.

En base a lo indicado, las ondas de microondas son usualmente aplicadas en enlaces de televisión, ya que, se realizan transmisiones de señales desde un punto geográfico remoto hacia una estación de televisión desde un automóvil equipado con lo necesario para dicha transmisión.

Es importante indicar que en la industria armamentística las ondas microondas son utilizadas en la creación de armas de incapacitación momentánea o permanente, aplicada a los enemigos en un radio limitado. También se emplean en los sistemas de radares para

detectar parámetros como, rango, velocidad, información meteorológica o alguna otra característica esencial de un objeto remoto.

### **2.2.2 Hornos Microondas**

Los hornos microondas son electrodomésticos que permiten calentar y cocinar alimentos a través de calentamiento dieléctrico, es decir, mediante la radiación microondas se calientan las moléculas de los alimentos colocados para producir una excitación uniforme en casi todos los elementos que se introduzcan en este electrodoméstico. Esta radiación se logra gracias a un elemento conocido como magnetrón, el cual, convierte la corriente alterna (alimentación de energía eléctrica de 110 V) a emisiones electromagnéticas de 2450 MHz (frecuencia de operación común de los hornos microondas) que se producen gracias a que el magnetrón posee un transformador elevador rectificador con filtro, generando voltajes de entre 3 a 4 KV DC (Corriente Continua) (Ramirez, 2017)

Por otra parte, toda esta energía generada por la parte eléctrica del horno microondas es canalizada hacia la cavidad de horno mediante una guía de onda y con un agitador se esparce las ondas microondas de la forma más uniforme posible a través de todo el horno. Ahora bien, dentro de la cavidad del horno existen muchos niveles de protección, estos permiten contener toda la radiación dentro del horno y así evitar la proliferación de las ondas que pueden ser dañinas para la salud. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Uno de los niveles de seguridad para fugas es detener la emisión de ondas si la puerta del horno no está correctamente cerrada o es abierta si está activo. Adicionalmente, los hornos microondas cuentan con una pintura interna especial que permite que las ondas reboten de forma uniforme, por lo que, si en la cavidad del horno hay puntos o zonas despintadas, esto puede generar sobrecalentamiento en el magnetrón, lo que finalmente terminará quemando este elemento.

Dentro del horno, de igual manera, se tiene una lámina o malla que recubre la puerta en su cara interna, esto sirve como un atrapa ondas, es decir, todas las ondas que reboten en la puerta del horno serán contenidas por esta malla y así evitar fugas frontales de las ondas generadas. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Ahora bien, conociendo el funcionamiento, seguridades y precauciones que se deben tener al usar los hornos microondas, la mayoría de los gobiernos, industrias y la Organización Mundial de la Salud (OMS) está a favor del uso de este dispositivo en los hogares pese a que no se ha demostrado que su uso es seguro. Como ya se indicó, la frecuencia de trabajo es de 2.4 GHz y con dicha frecuencia se consigue influenciar las

moléculas y células de los tejidos por lo que de no seguir las siguientes recomendaciones se puede afectar negativamente los tejidos corporales: (Organización Mundial de la Salud, 2006)

- 1) No introducir recipientes metálicos o de aluminio en el horno, ya que podrían generar chispas y posteriormente un incendio.
- 2) Tomar precauciones al usar el horno para calentar líquidos, ya que, el efecto de sobrecalentamiento (acumulación de temperatura superior al del punto de ebullición) puede causar quemaduras.
- 3) Respetar las normas de seguridad en la reparación de los hornos microondas, para evitar riesgos de electrocución aun cuando el dispositivo se encuentre desconectado de la energía eléctrica (cuentan con capacitores de gran tamaño que pueden almacenar energía).

Son varios los componentes de un horno de microondas, se podrán ver reflejados en la figura 1, la operación de calentamiento se basa en tres de ellos: (Schlegel, 1992)

**Magnetrón:** Es la unidad que convierte la energía eléctrica en energía de microondas de alta frecuencia, es un diodo termoiónico que posee un ánodo y un cátodo calentado directamente (Michael, D., Mingos, P. y Baghurst, R., 1997)

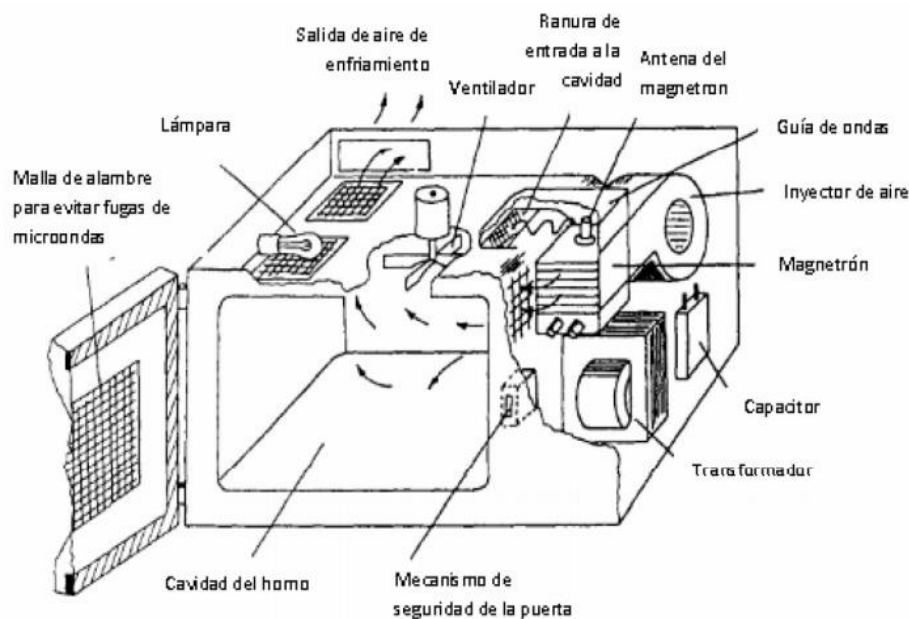


Figura 1. Elementos de un horno de microondas doméstico, 1997. Información tomada de *Applications of microwave*. Elaborado por Baghurst

En la figura 2 se muestra el esquema del magnetrón.

**Sistema guiador de ondas:** Es un acoplador y sintonizador direccional que guía la energía de microondas al punto de aplicación. Al enfocar la energía directamente a un área pequeña se garantiza un óptimo en la eficiencia, así como una larga vida del magnetrón.

**Cámara de tratamiento:** El alimento es expuesto a las microondas dentro de la cámara, un espacio cerrado cuyo centro se encuentra acoplado al sistema guiador de ondas y que se encuentra aislado.

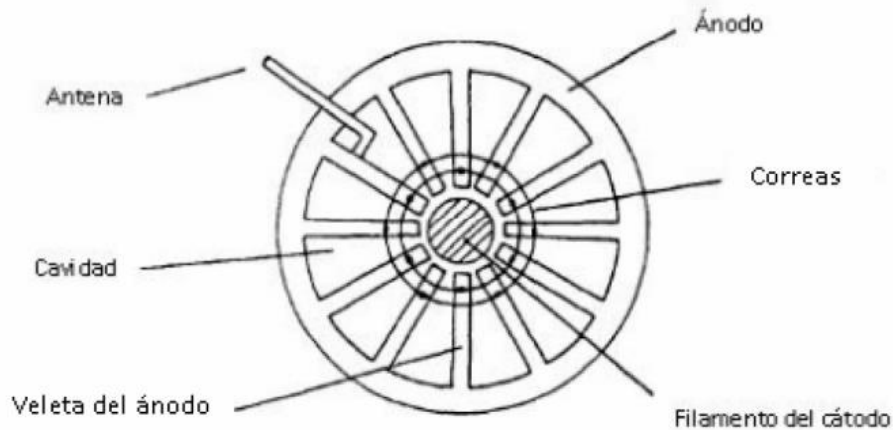


Figura 2. Ilustración esquemática de un magnetrón, 1997. Información tomada de *Applications of microwave*. Elaborado por Baghurst

### 2.2.3 Jaula de Faraday

Es una caja metálica cuya finalidad es el de proteger los campos eléctricos estáticos, ya que en su interior el campo es nulo y se utiliza para proteger de descargas eléctricas. Su funcionamiento se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático; la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, donde las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red, los electrones son libres y comienzan a moverse actuando una fuerza sobre ellos:  $F=eE_{\text{ext}}$ , ( $e$ ) es la carga del electrón (con movimiento en sentido contrario al campo eléctrico),  $E_{\text{ext}}$  es la intensidad del campo eléctrico externo. (Herrerías, 2017)

Cuando las cargas en el interior comienzan a desplazarse, crean un campo eléctrico de sentido contrario al campo externo de la caja; en consecuencia, el campo eléctrico resultante en el interior del conductor es nulo, por lo que ninguna carga puede atravesarla. A este fenómeno se le denomina apantallamiento eléctrico y se utiliza para proteger a los dispositivos de cargas eléctricas. Algunos dispositivos, sin estar equipados de una jaula de Faraday actúan como tal, por ejemplo: los ascensores, los coches, los aviones, entre otros; por esta razón se recomienda permanecer en el interior del coche durante una tormenta

eléctrica, su carrocería metálica actúa como una jaula de Faraday, lo que significa que en el interior el campo es nulo y lo hace seguro. (Herrerías, 2017)

#### **2.2.4 Detectores de ondas electromagnéticas**

Como es conocido y con lo expuesto en las secciones anteriores, las ondas electromagnéticas son todos los desplazamientos que sufre la radiación electromagnética a través del espacio, es decir, este desplazamiento no se realiza a través de un medio físico para propagarse.

Dicha propagación se hace a una velocidad de 3000000 [Km/s], producida por variaciones de campos magnéticos y eléctricos al mismo tiempo, los cuales, pueden producir fenómenos conocidos como la luz visible, ondas de microonda, señales de radio y televisión, entre otros.

Al ser una onda que se propaga por el espacio, existen muchos parámetros que pueden ser considerados en lo que respecta al espectro radioeléctrico como lo son, la amplitud, la posición de equilibrio, el desplazamiento máximo, la frecuencia, la longitud de onda, el canal, entre otros. (Rodríguez, 2010)

Es importante mencionar que la unidad de medida de la intensidad de las ondas electromagnéticas es el decibelio, por otra parte, la frecuencia de la señal es el número de ciclos por unidad de tiempo, la interferencia son las perturbaciones que presenta la señal del lado del receptor, ya sea por causas inherentes en el medio o de forma artificial por presencia de señales adicionales en el medio de transmisión.

De forma general, los medidores de ondas electromagnéticas también se los conoce como Gaussímetros, que basan su funcionamiento en la medición de campos electromagnéticos. Con los Gaussímetros se puede medir la intensidad de radiación de los campos electromagnéticos que se generan por diversas fuentes tales como:

- Equipos de audio y video
- Líneas de transmisión eléctrica
- Equipos de transmisión eléctrica
- Hornos microondas
- Equipos de aire acondicionado
- Refrigeradores



Por lo general los Gaussímetros son adquiridos en el mercado de acuerdo con el rango del espectro que se desea medir, ya sea este unos pocos hercios, hasta llegar a medir radiaciones alfa, beta y gamma.

Adicionalmente otro de los criterios que diferencia este aparato de medición es el alcance de las mediciones, puesto que, los umbrales de detección se relacionan con la seguridad durante el proceso de medición. (Rodríguez, 2010)

### **2.2.5 Señal microondas y señales WiFi**

Como es de conocimiento general, la señal WiFi trabaja en la frecuencia de 2. GHz, aunque actualmente también se tienen dispositivos capaces de trabajar en banda dual de 2.4 y 5 GHz. Por otra parte, las señales microondas también operan a la misma frecuencia por lo que, de encontrarse próximas ambas fuentes de emisión de ondas electromagnéticas, se generará interferencia en la señal WiFi, produciendo en los dispositivos conectados, pérdidas de conexión, problemas de velocidad de navegación, entre otras. (González, 2016)

Desde que la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en 1947 estableció las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) para los electrodomésticos debido a su bajo requerimiento de potencia para funcionar, bastaba para ofrecer lo necesario para las tareas de calentar alimentos, sin necesidad de tener que comunicarse con otro elemento o dispositivo. Posteriormente, una vez que se introdujo el internet y las comunicaciones inalámbricas vía WiFi, se necesita una banda que ofrezca bajos costes de implementación y niveles de capacidad decentes, por tal motivo se escogió la banda de 2.4 GHz para que operen las señales y dispositivos WiFi. (González, 2016)

### **2.2.6 Amplificadores Operacionales**

Los amplificadores operacionales u OP-AMP (Operational Amplifier) son dispositivos activos y lineales de una ganancia alta, también conocidos como circuitos integrados (CI), específicamente diseñados para brindar funciones de transferencia, de acuerdo con lo que se desee implementar. Internamente los OPAMPs están compuestos por circuitos electrónicos de entrada dual y salida única, entrada inversora y la no-inversora (terminal (-) y terminal (+) respectivamente). (Boylestad, 2009a)

En la actualidad el uso de los OPAMPs está orientado más a realizar aplicaciones de bajo costo, con rapidez de implementación y en escenarios donde el tamaño juega un papel determinante. Dentro de estas aplicaciones están:

- Amplificadores de instrumentación
- Amplificadores Diferenciales
- Convertidores de corriente a voltaje
- Temporizadores
- Comparadores
- Detectores de voltaje
- Acondicionadores de señales para convertidores analógico-digital

La simbología del amplificador operacional NAND es tal como se la muestra en la Figura 3, es una combinación de las compuertas NOT y AND que se representa con la compuerta AND con un círculo a la salida, al tener sus entradas activas “1” la salida se encuentra inactiva “0”, otra variación con respecto a las entradas mantendrá su salida en estado activo “1”.



Figura 3. Esquema de un amplificador Operacional OPAMP Compuerta NAND, 1999. Información tomada de Microwave. Elaborado por Coughlin & Driscoll.

Otro de los beneficios que presenta este integrado es la alta impedancia que ofrece entre sus terminales de entrada y una impedancia muy baja en la salida, así mismo, su respuesta en frecuencia, cambio de fase y alta ganancia son definidas por la retroalimentación que sea configurada entre la entrada y la salida. (Coughlin, 1999)

### 2.2.7 Capacitor

Un capacitor o también conocido como condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía a través de campos eléctricos (uno positivo y uno negativo). Este se clasifica dentro de los componentes pasivos ya que no tiene la capacidad de amplificar o cortar el flujo eléctrico. Los capacitores se utilizan principalmente como filtros de corriente continua, ya

que evitan cambios bruscos y ruidos en las señales debido a su funcionamiento. (Mecafenix, 2019)

### 2.2.8 Resistencia

La resistencia eléctrica es una de las magnitudes fundamentales que se utiliza para medir la electricidad y se define como: la oposición que se presenta al paso de la corriente. La unidad que se utiliza para medir la resistencia es el ohmio ( $\Omega$ ) y se representa con la letra R. (Mecafenix, 2018a)

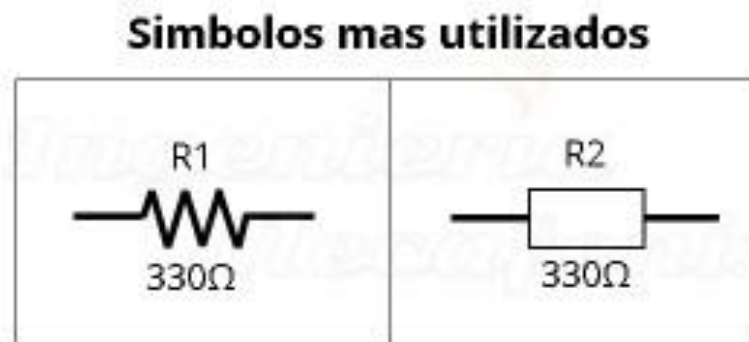


Figura 4. Símbolos más utilizados para las resistencias, 2018a. Información tomada de Ingeniería Mecafenix. Elaborado por Mecafenix

### 2.2.9 Diodo

Es un componente electrónico que solo autoriza el flujo de la electricidad en un solo sentido, debido a esto su manejo se parece a un interruptor el cual abre o cierra los circuitos. Este equipo está conformado por dos tipos de materiales diferentes los cuales se traducen a dos terminales, un ánodo (+) y un cátodo (-). (Mecafenix, 2018b)

#### 2.2.10 Componentes de un diodo

El diodo está construido por dos tipos de componentes un “P” y un “N”

**Material tipo P:** Este componente se obtiene a través de un proceso de dopado, en el cual se añaden átomos al semiconductor para intensificar el número cargas positivas o huecos. (Mecafenix, 2018b)

**Material tipo N:** Este componente se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado, en este proceso también se añaden átomos al semiconductor, pero con la diferencia que se intensifica el número de cargas negativas o electrones. (Mecafenix, 2018b)

### 2.2.11 Funcionamiento de un diodo

Al tener dos terminales podemos polarizar de dos formas (directa e inversa) diferentes a los diodos y su manejo depende mucho del tipo de polarización que le ponga. (Mecafenix, 2019)

**Polarización Directa:** El ánodo se enlaza al positivo de la fuente de voltaje y el cátodo se une al negativo, con esta configuración el diodo se comporta como un interruptor cerrado. Una consideración relevante dentro de esta configuración es que el diodo provoca una caída de voltaje de 0.6 a 0.7v. (Mecafenix, 2018b)

**Polarización Inversa:** El ánodo se enlaza al negativo de la fuente de voltaje y el cátodo se une al positivo, en esta configuración la resistencia del diodo incrementa en grandes cantidades y esto hace que se comporte como un interruptor abierto. (Mecafenix, 2018b)

### 2.2.12 Tipos de diodos

**Diodo Led:** Los diodos emiten una luz cuando la corriente eléctrica atraviesa a través de ellos. Sin embargo, para que estos puedan encender deben de polarizarse de forma directa. Una manera fácil de identificar el ánodo y el cátodo en un led es observar las terminales y siempre la más pequeña es el cátodo. (Mecafenix, 2018b)

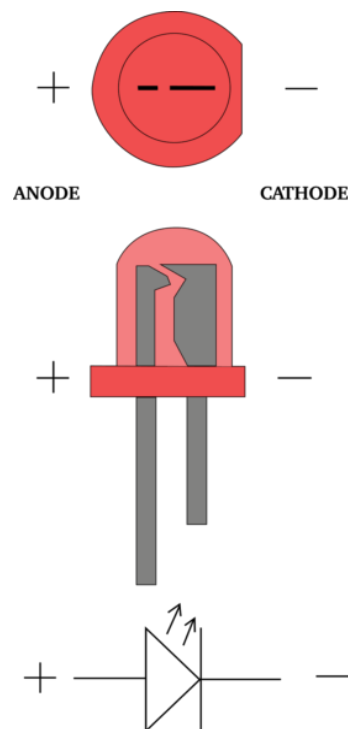


Figura 5. Símbolo del diodo Led, 2018b. Información tomada de Ingeniería Mecafenix. Elaborado por Mecafenix

**Diodo Rectificador:** Los diodos rectificadores son empleados en las fuentes de voltaje para que pueda convertir la corriente alterna (CA) en corriente directa (CD). Además, son usados en circuitos en los cuales han de pasar grandes cantidades de corrientes a través del diodo.

Todos los diodos rectificadores están creados con silicio y por lo tanto, tienen una caída de tensión directa de 0,7 V (Mecafenix, 2018b)

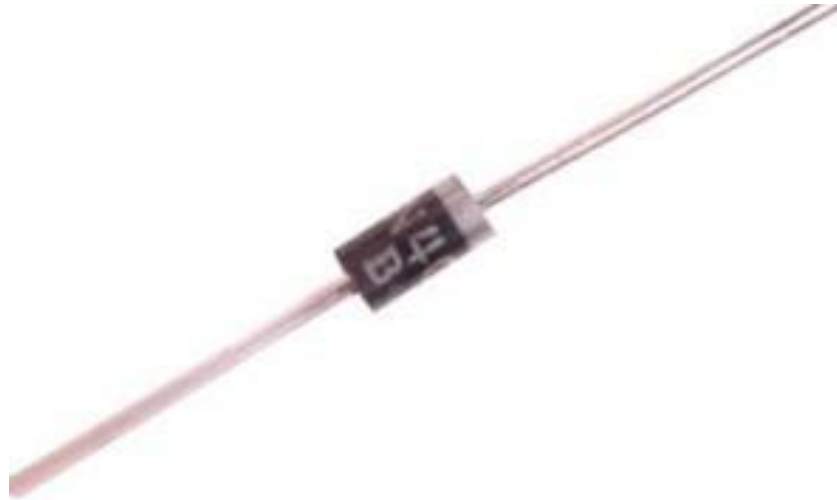


Figura 6. Símbolo del diodo Rectificador, 2018b. Información tomada de Ingeniería Mecafenix. Elaborado por Mecafenix

**Puentes Rectificadores:** Dentro de los puentes rectificadores existen los de media y de onda completa, para poder construirlos se necesitan ya sea 1 o 4 diodos rectificadores según el tipo de onda que se vaya a emplear. Actualmente, podemos hallar encapsulados especiales que contienen los cuatro diodos requeridos. Tienen cuatro pines o terminales: los dos de salida de corriente directa que son señalados con + y -, los de entrada de corriente alterna están rotulados con el símbolo ~. (Mecafenix, 2018b)

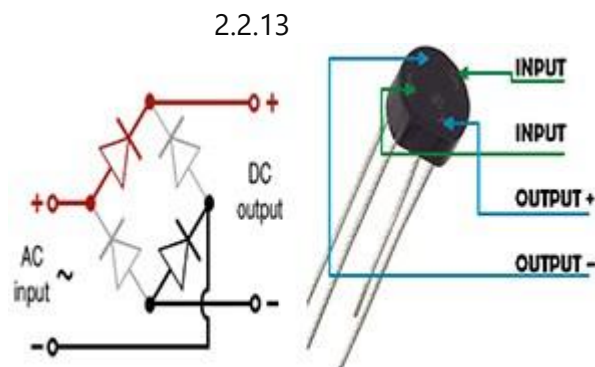
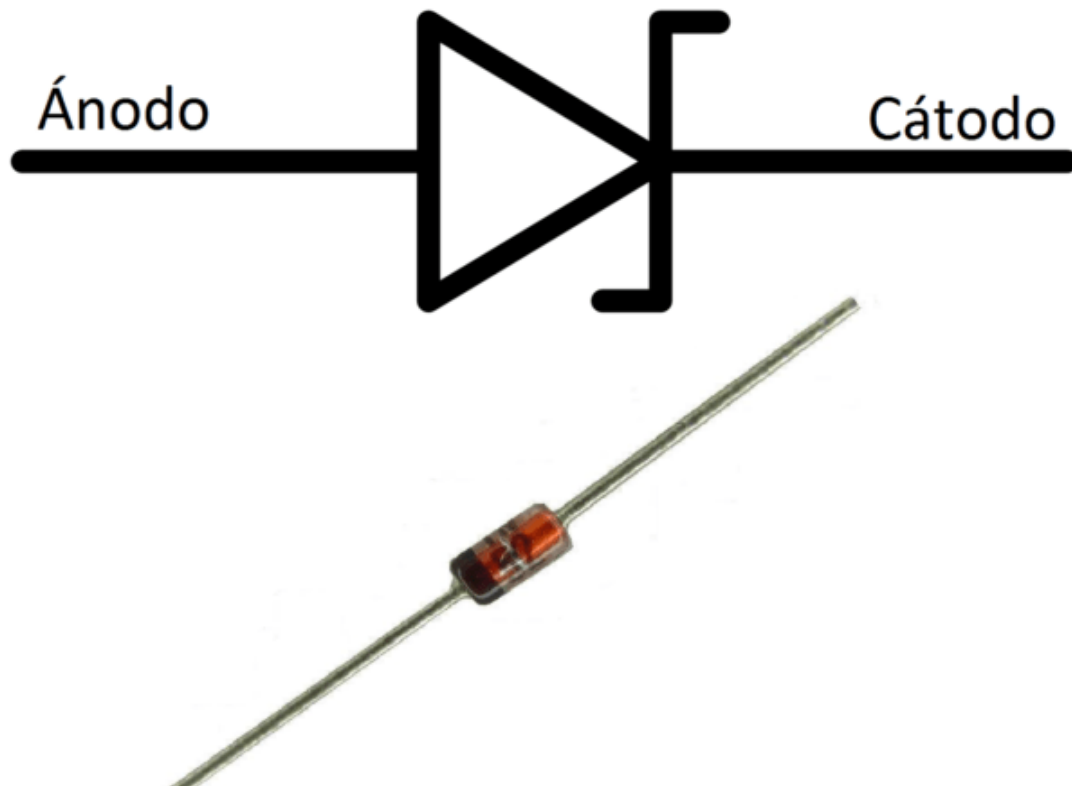


Figura 7. Símbolo del diodo Rectificadores, 2018b. Información tomada de Ingeniería Mecafenix. Elaborado por Mecafenix

**Diodos Zener:** Los diodos zener se utilizan para mantener un voltaje fijo. Se encuentran diseñados para trabajar de una manera confiable de forma que pueden ser empleados en polarización inversa para conservar fijo el voltaje entre sus terminales. Se les puede diferenciar de los diodos comunes por su símbolo y su código ya que suelen ser BZX o BZY, su tensión inversa de ruptura se encuentra grabada con la letra V en lugar del punto decimal  $4V7 = 4.7V$  (Mecafenix, 2018b)



*Figura 8. Símbolo del diodo Zener, 2018b. Información tomada de Ingeniería Mecafenix. Elaborado por Mecafenix*

#### 2.2.14 Livewire y Circuit Wizard

En lo que respecta al desarrollo y análisis de circuitos y diagramas esquemáticos, se utilizaron las herramientas Livewire y Circuit Wizard para dicha tarea. Livewire es un laboratorio virtual que permite realizar simulaciones de circuitos electrónicos, en este, se pueden observar en tiempo real variaciones si se realiza un cambio en el circuito, ya sea mediante animaciones o sonido. Este programa fue desarrollado por New Wave Concepts con el objetivo de demostrar las leyes fundamentales como lo son, la ley de Ohm y la ley de Kirchhoff. Es importante indicar que como tal este programa solo permite realizar simulaciones y ver comportamientos electrónicos del diseño, mas no realizar diseños de la placa PCB. (NWC, 2007b)

Por otra parte, para el diseño del circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board) se utilizó el software Circuit Wizard (desarrollado también por New Wave Concepts), el cual es un programa de diseños CAD/CAM de circuitos electrónicos, el cual es muy popular para escuelas y colegios. El software permite incluso pruebas de PCB antes de que se pase a implementarla, garantizando así el buen funcionamiento del prototipo. (NWC, 2007a)

En estos simuladores, se utilizaron los siguientes elementos:

- R(2-3) - Resistor 10 M $\Omega$
- R4 - Resistor 1 M $\Omega$
- R1 - Resistor 100 K $\Omega$
- R5 - Resistor de 820  $\Omega$
- C1 - Capacitor de 0.01  $\mu$ F
- D(1-2) - Diodo D1N4148
- IC1(a-d) - OPAMP CD4093

#### **2.2.15 Filtro Activo Pasoaltas**

Se puede implementar un circuito de filtrado utilizando elementos pasivos como resistores y capacitores con amplificadores operacionales. Este circuito permite el paso de señales por arriba de una frecuencia de corte. Para obtener la frecuencia de corte se debe utilizar la siguiente formula:  $F = \frac{1}{2\pi RC}$  (Boylestad, 2009b)

## **Capítulo III**

### **Metodología**

#### **3.1 Marco Metodológico**

En este capítulo se describirán los procesos, métodos y técnicas necesarias para obtener la información requerida para la investigación a desarrollar. Aquí se explica de forma precisa los datos necesarios para resolver la problemática planteada.

De forma general, el marco metodológico es el medio mediante el cual los objetivos planteados para la investigación se cumplirán, esto en base a no solo fundamentos teóricos, sino también, con pruebas y hechos que confirmen las hipótesis planteadas. Adicionalmente, es importante destacar que el marco metodológico va a variar según el tipo de análisis o estudio que se realice, lo fundamental es alinear el tipo y formato de investigación para, en base a los enfoques cualitativos y cuantitativos que se le dé, se obtengan los resultados esperados. A continuación, se detalla brevemente cada enfoque utilizado.

##### **3.1.1 Tipos de investigación**

###### **3.1.1.1 *Investigación Experimental***

Por cuanto se hace uso de un enfoque científico, haciendo uso de variables constantes y variables sujetas a análisis o experimentos.

###### **3.1.1.2 *Investigación Descriptiva***

Por cuanto se puntualizan las características de la población que está siendo objetivo de estudio. Es descriptivo también porque con esta investigación se definen preguntas y se analizan los datos recopilados con respecto al tema en cuestión.

###### **3.1.1.3 *Investigación Cuantitativa***

Por cuanto todos los datos de las encuestas y el análisis de los datos fueron realizados en base a magnitudes numéricas que pueden ser posteriormente tratadas mediante herramientas estadísticas.

El presente trabajo de titulación se basa en una investigación de campo, debido a que se realizará un levantamiento de información (muestras y análisis de fugas de ondas electromagnéticas) en los hogares de la zona de estudio mencionada en secciones anteriores. Este proceso se hace para poder tener una idea del alcance, impacto y beneficios que brindaría la implementación de un dispositivo capaz de medir las fugas en los hornos microondas.



Por otra parte, la investigación que se plantea también se hace por factibilidad, por cuanto, en base al diseño del detector de fugas, se determinará posterior al análisis correspondiente si la propuesta realmente es factible en base a los objetivos específicos planteados y como se cumplirán estos planteamientos en función de los resultados que se obtengan en las pruebas.

Es importante destacar el hecho de que, todos estos métodos de investigación están relacionados al método científico, ya que, dicho método hace uso de técnicas y procedimientos que permitan obtener un conocimiento certero y con validez científica del fenómeno estudiado, apoyándose en el uso de instrumentos de medición fiables, descartando por completo la subjetividad del proceso.

### **3.1.2 Recopilación de datos**

La idea de recopilar datos es proporcional a la variedad de fuentes desde las cuales se tome dicha información. Este método hace uso de diferentes técnicas para obtener información primaria, la cual es vital para la consecución del proyecto, mientras que la información secundaria permite mejorar y corroborar los datos ya obtenidos. A continuación, se describe la técnica de recopilación de datos más relevante.

Encuesta: Con estas fichas de registro de información se pueden analizar las respuestas con métodos cuantitativos, dándole valores numéricos.

### **3.1.3 Población**

El término población hace referencia al total de elementos que tienen las características específicas para realizar una investigación, sin importar el enfoque. Estas características permiten obtener la información necesaria para a su vez establecer las conclusiones acerca del objeto de estudio de la investigación. Entonces la población de la investigación planteada, son todas las viviendas de la ciudad de Guayaquil que cuentan con un horno microondas entre sus electrodomésticos.

De la población definida, se esclarece cual es la muestra con la cual se va a trabajar, tomando como principio que la muestra es una fracción seleccionada de la población objetivo, con esta porción de la población se obtiene información real para desarrollar de forma precisa el objetivo de estudio y en base al cual se realizarán los análisis respectivos de la información que se tenga. Siendo así, como ya se indicó en secciones anteriores, la muestra será de 20 viviendas dentro de la cooperativa Sub División El Cóndor, del sector Prosperina, en la ciudad de Guayaquil.

### 3.1.4 Delimitación Geográfica

El estudio se realiza en la Cooperativa Sub División “El Condor” del sector de la Prosperina. En este tipo de estudios, es importante definir el alcance demográfico para tener una idea clara de la población objetivo y como a través de este primer segmento de hogares, plantear a futuro ampliar la zona de trabajo, es decir, tener escalabilidad para el proyecto.

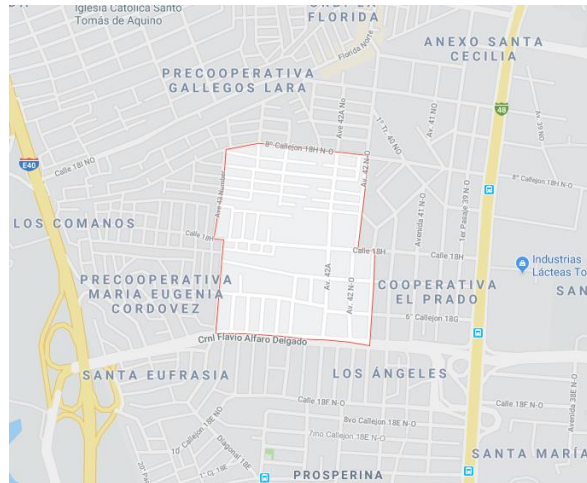


Figura 9.. Figura ilustrativa del sector Cooperativa Sub División El Cónдор, 2018. Información tomada de Google Maps. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego

### 3.1.5 Análisis de resultados de la encuesta

En este apartado se hará un análisis estadístico de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas, dicho análisis será elaborado en base al software Minitab en donde se insertaron los datos tabulados. A continuación, se mostrarán tablas de frecuencia e histogramas para analizar la información obtenida para cada pregunta planteada.

#### 1. ¿Qué tan a menudo utiliza el microondas?

Para esta pregunta se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 1.** Frecuencia de uso de hornos microondas en la muestra obtenida.

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
1-Muy Frecuentemente (10 - 8 veces a la semana)	7	35%
2-Frecuentemente (7 - 5 veces a la semana)	3	15%
3-Pocas Veces (4 - 2 veces a la semana)	4	20%
4-Rara Vez (1 vez a la semana)	4	20%
5-Nunca (No tiene horno microondas)	2	10%

Información tomada de encuesta ejecutada en el presente trabajo de Titulación. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego

En la tabla 1 se observa que, de la muestra obtenida, el 35% usa muy frecuentemente el horno microondas en sus hogares y un 20% indica que lo usa pocas veces y rara vez. Esta información puede ser corroborada en la Figura 10, en donde se detalla el histograma de frecuencias correspondiente.

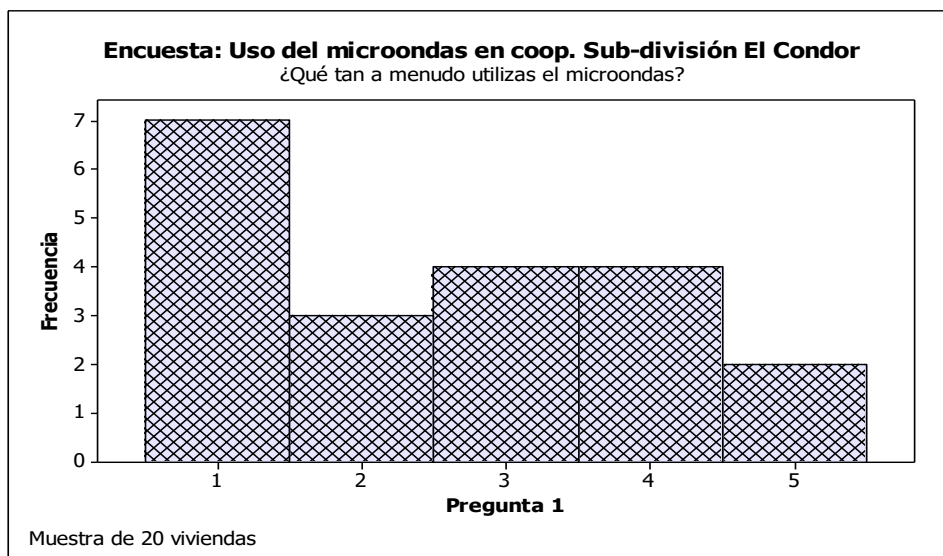


Figura 10. Frecuencia de uso de hornos microondas en la muestra obtenida para la pregunta 1 de la encuesta, 2019. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

## 2. Cuando enciende el microondas, ¿Qué acción realizas?

Para esta pregunta se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 2.** Frecuencia de acciones durante el uso del horno microondas.

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
1-Se queda junto hasta que termine la cocción	4	20%
2-Se va y espera el sonido de finalización de cocción	8	40%
3-Dependiendo de los alimentos decide quedarse cerca o regresar cuando esté listo	8	40%

Información tomada de encuesta ejecutada en el presente trabajo de Titulación. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

En la tabla 2 se observa que, de la muestra obtenida, el 40% indicó que prefiere irse y volver cuando estén listos los alimentos y así mismo, dependiendo del tipo de alimento deciden si quedarse o no, con una ocurrencia del 40% del total de la muestra.

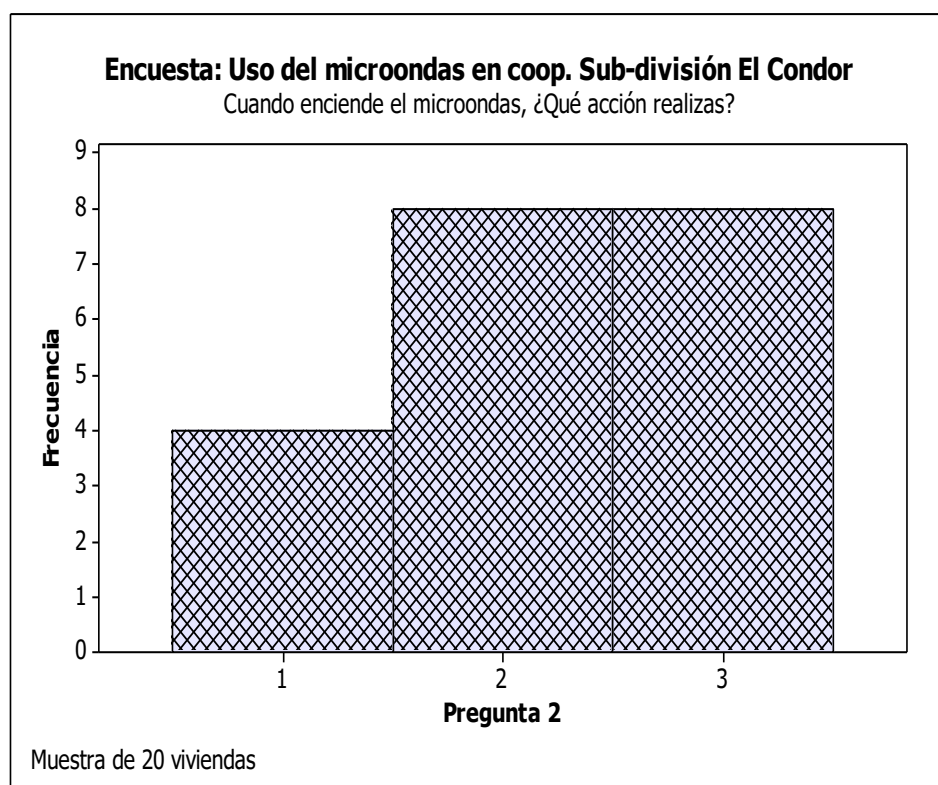


Figura 11. Frecuencia de acciones durante el uso del horno microondas para la pregunta 2 de la encuesta, 2019. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

### 3. ¿Sabe el principio fundamental del funcionamiento del microondas?

Para esta pregunta se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 3.** Conocimientos sobre el principio básico del horno microondas.

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
0-SI	9	45%
1- NO	11	55%

Información tomada de encuesta ejecutada en el presente trabajo de Titulación. Elaborado por Soledispa Carranza Diego.

En la tabla 3 se observa que, de la muestra obtenida, un 55% indica desconocer el principio básico de funcionamiento del horno microondas, y tan solo un 45% de los encuestados indicó conocerlo. Esta información se encuentra plasmada en el histograma adjunto en la Figura 12.

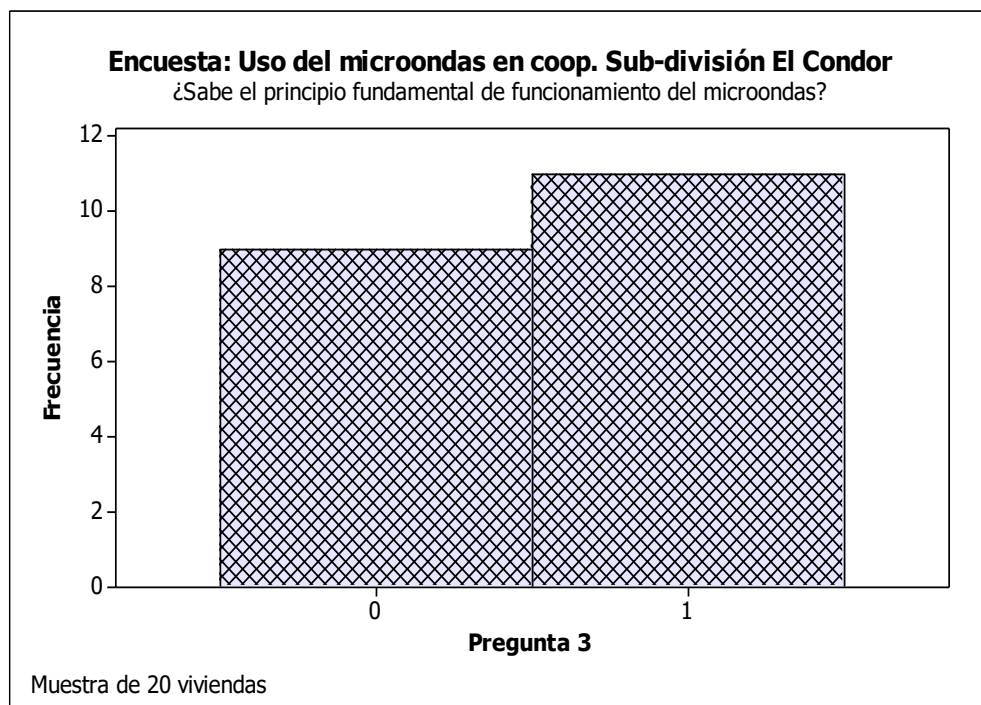


Figura 12. Conocimientos sobre el principio básico del horno microondas para la pregunta 3 de la encuesta, 2019. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

#### 4. ¿Ha presentado algún inconveniente con el microondas?

**Tabla 4.** Frecuencia de inconvenientes presentados con el horno microondas.

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
0-SI	14	70%
1- NO	6	30%

Información tomada de encuesta ejecutada en el presente trabajo de Titulación. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

En la tabla 4 se observa que, de la muestra obtenida, un 70% indica haber tenido inconvenientes con su horno microondas (la mayoría indicó que el problema fue que el dispositivo dejó de calentar, al hacerlo revisar el magnetrón estaba quemado) y un 30% de la población encuestada mencionó no haber presentado problemas con dicho electrodoméstico. En la Figura 13 se muestra gráficamente lo antes mencionado.

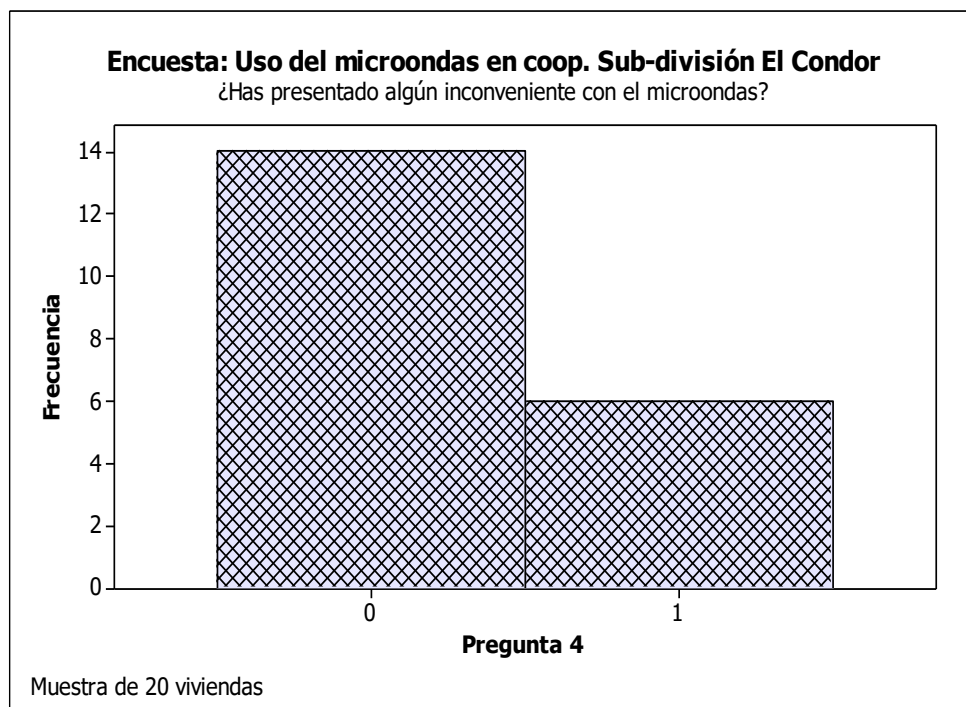


Figura 13. Frecuencia de inconvenientes presentados con el horno microondas para la pregunta 4 de la encuesta, 2019. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

##### 5. ¿Te gustaría saber si su microondas tiene fugas electromagnéticas mediante un equipo económico?

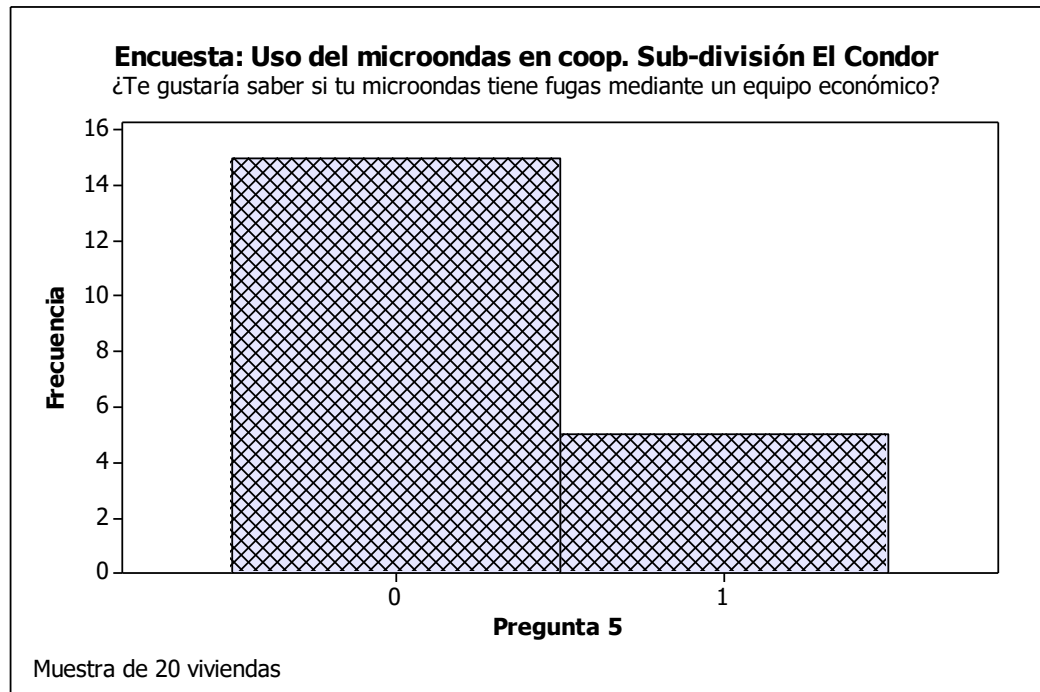
Para esta pregunta se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 5.** Muestra de clientes que desean un equipo económico para detectar fugas electromagnéticas.

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
0-SI	15	75%
1- NO	5	25%

Información tomada de encuesta ejecutada en el presente trabajo de Titulación. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

En la tabla 5 se observa que, de la muestra obtenida un 75% mencionó estar de acuerdo con tener un dispositivo capaz de detectar fugas de ondas electromagnéticas de sus hornos microondas, esto una vez que conocieron los posibles efectos nocivos en la salud. De igual forma, un 25% indicó no necesitar el dispositivo de detección. Lo antes mencionado se muestra en la Figura 14.



*Figura 14. Muestra de clientes que desean un equipo económico para detectar fugas electromagnéticas para la pregunta 5 de la encuesta, 2019. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*

Entonces, en base a lo encontrado en la encuesta de 5 preguntas realizada, se pudo concluir que, la población el uso del horno microondas es bastante frecuente y que, pese a que no todos los encuestados conocen el principio básico de funcionamiento del mismo y luego de conocer los efectos negativos que puede causar en la salud, su respuesta frente a si desean un dispositivo de bajo costo capaz de determinar fugas de ondas electromagnéticas fue favorable, por lo cual se justifica los objetivos planteados para el presente proyecto de investigación.

## Capítulo IV

### Desarrollo de la Propuesta

#### 4.1 Desarrollo del prototipo de un detector de fugas en hornos microonda

Con la información obtenida y analizada a través de las encuestas, las personas consideran importante que exista un dispositivo que pueda detectar las fugas de ondas electromagnéticas en sus hornos microondas, ya que, la opinión mayoritaria indica que, con esto, los usuarios de este dispositivo, pueden ser conscientes cuando su electrodoméstico presente algún tipo de inconveniente, con lo que se pueden a su vez, evitar algún tipo de interferencia en la banda de 2.4GHz.

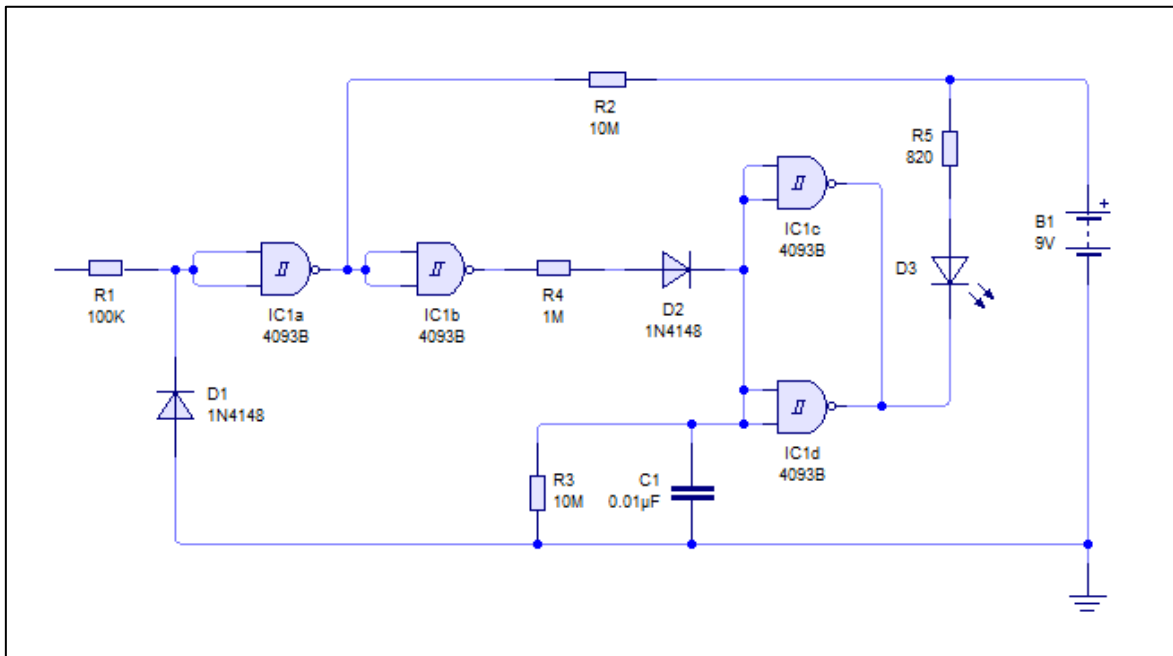


Figura 15. Diagrama esquemático del circuito propuesto. Información adaptada por (Orozco, s.f.) Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

En la Figura 15 se puede observar el diseño del circuito realizado en Circuit Wizard, se destaca el uso del integrado 4093B con el cual se utilizó una configuración Schmitt Trigger, el cual se compone de un OPAMP con retroalimentación positiva con el fin de que su comportamiento sea inestable y la salida del amplificador se sature siempre en el voltaje de alimentación positivo o el negativo. Este detector, funciona de la siguiente forma: en ausencia de una señal electromagnética de 2.4GHz, sobre R1 no se induce señal alguna y en la entrada de la compuerta IC1a habrá un 0 lógico, en su salida (que es la entrada de IC1b) habrá un 1 lógico y por lo tanto sobre R4 se tendrá un “0”, D2 está cortado, en las entradas de IC1 (c y d) hay un “0” y por lo tanto en sus salidas hay un “1”.



De esta manera el diodo D3 no conduce y, por lo tanto, no enciende. Cuando la sonda está en presencia de una señal electromagnética de 2.4GHz o de mayor frecuencia, se induce una señal sobre la antena que, por capacidad, genera una tensión sobre R1, haciendo cambiar de estado a IC1a y con esto al resto de las compuertas. Cabe aclarar que, si se tiene una señal variable como consecuencia de la inestabilidad de la señal inducida, por medio de D2 y capacitor C1 se filtra la señal amplificada para que en la salida de IC1 (c y d) haya un “0” estable que mantenga encendido al led en presencia de señal sobre la sonda. Se destaca el hecho de que R2 genera una pequeña realimentación que evita disparos erráticos en el led.

#### 4.2 Ensamblaje prototipo de un detector de fugas en hornos microondas

A continuación, se detallará el esquemático utilizado para el dispositivo detector de fugas de ondas microondas y así mismo, se analizarán los datos obtenidos de forma experimental con el circuito construido.

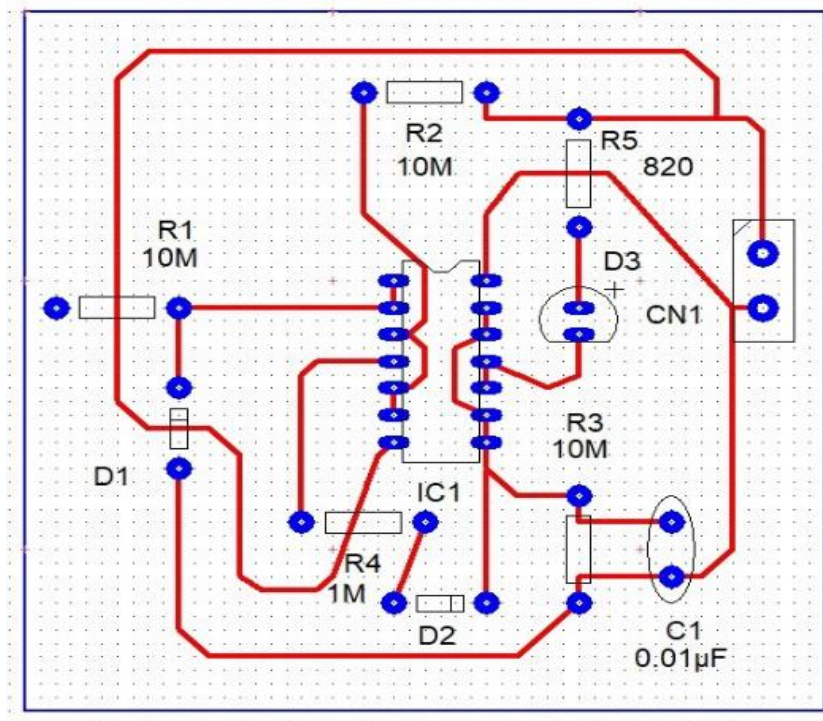


Figura 16. Diagrama esquemático del detector de fugas de ondas microondas. Información adaptada por (Orozco, s.f.) Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.

En la Figura 16 se muestra el circuito empleado para detectar las ondas electromagnéticas generadas por fugas en los hornos microondas, en dicho circuito, se emplean los siguientes elementos:

- Resistor 10 M $\Omega$  - 2 unidades
- Resistor 1 M $\Omega$  - 1 unidad
- Resistor 100 K $\Omega$  - 1 unidad
- Resistor de 820  $\Omega$  - 1 unidad
- Capacitor de 0.01  $\mu$ F – 1 unidad
- Diodo D1N4148 – 2 unidades
- OPAMP CD4093 – 1 unidad

#### 4.2.1 Proceso de elaboración del prototipo

A continuación, se muestran las diferentes etapas de la elaboración del prototipo funcional, desde la construcción de la base, hasta el diseño tanto del PCB como el encapsulado.

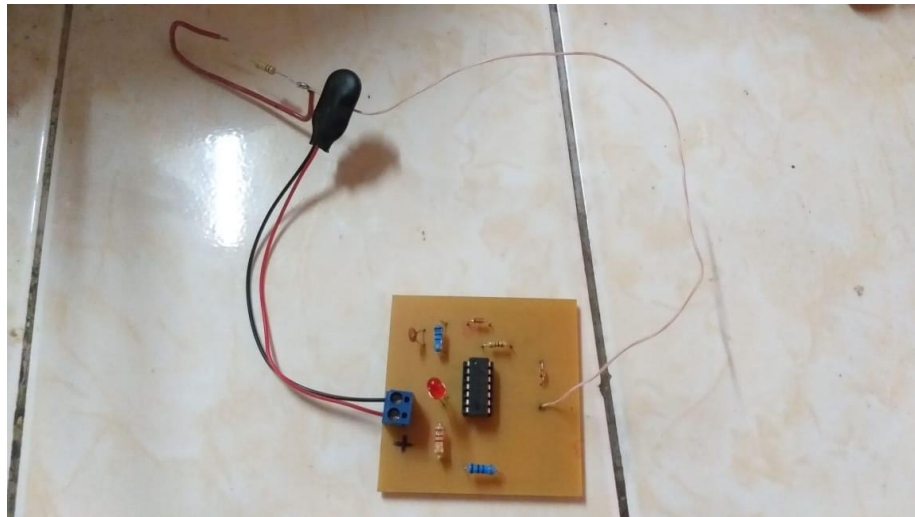


*Figura 17. Base de plástico para el prototipo. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*



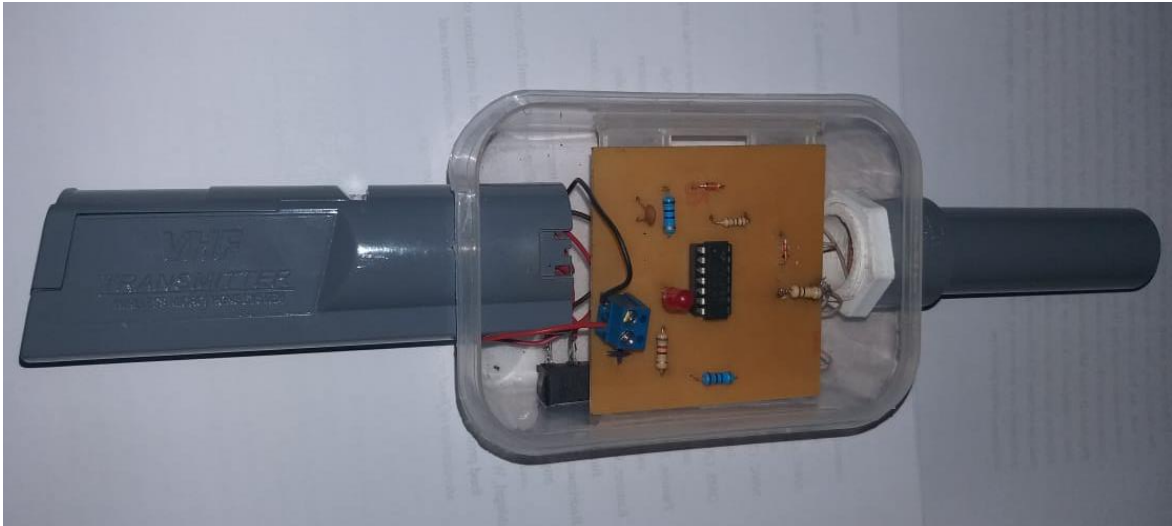
*Figura 18. Materiales utilizados para el PCB. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*

En la Figura 17 y Figura 18 se observan los elementos utilizados tanto para el circuito final colocado y soldado en la PCB, así como también, el envase de plástico, o base en la cual se colocará el prototipo para mejorar la presentación del mismo y sea de fácil uso para cualquier persona.



*Figura 19. Prototipo en PCB funcionando al 100%. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*

En la Figura 19 se realizaron cambios de elementos (específicamente de amplificador operacional) con el cual mejoró considerablemente el funcionamiento del circuito. En un primer intento la señal recibida por la antena no era lo suficientemente fuerte por lo que se tuvo que colocar aluminio (tubo) a la misma, para mejorar la recepción.



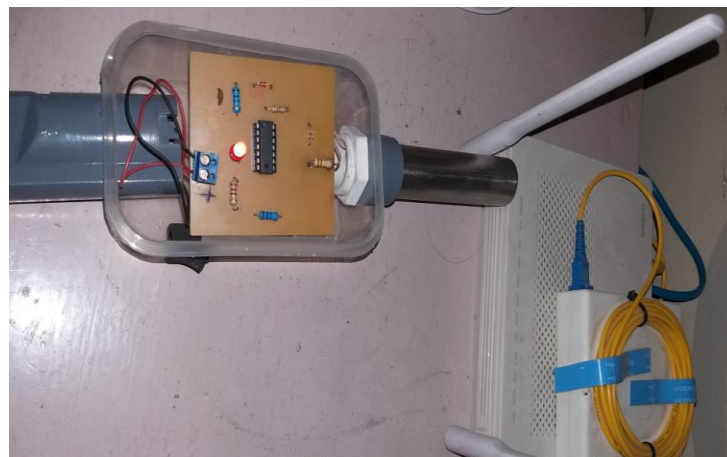
*Figura 20. Diseño PCB con la base de plástico, presentación final. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*

En la Figura 20 se muestran los elementos ya ensamblados y listos para ser utilizados. Se destaca el uso de una batería de 9V para hacer el dispositivo portable y con una duración media-alta del prototipo, en función del tiempo de uso. Adicionalmente se destaca la utilización de un tubo de aluminio para mejorar la recepción de las ondas electromagnéticas por posibles fugas presentadas en los hornos microondas.

#### **4.2.2 Pruebas para determinar la incidencia de fallas electromagnéticas con el prototipo**

##### **4.2.2.1 Prueba realizada con un enrutador**

En la Figura 21 se observa la prueba realizada en un enrutador que emite ondas electromagnéticas a 2.4 GHz. Con esto se pudo evidenciar la confiabilidad del prototipo diseñado.

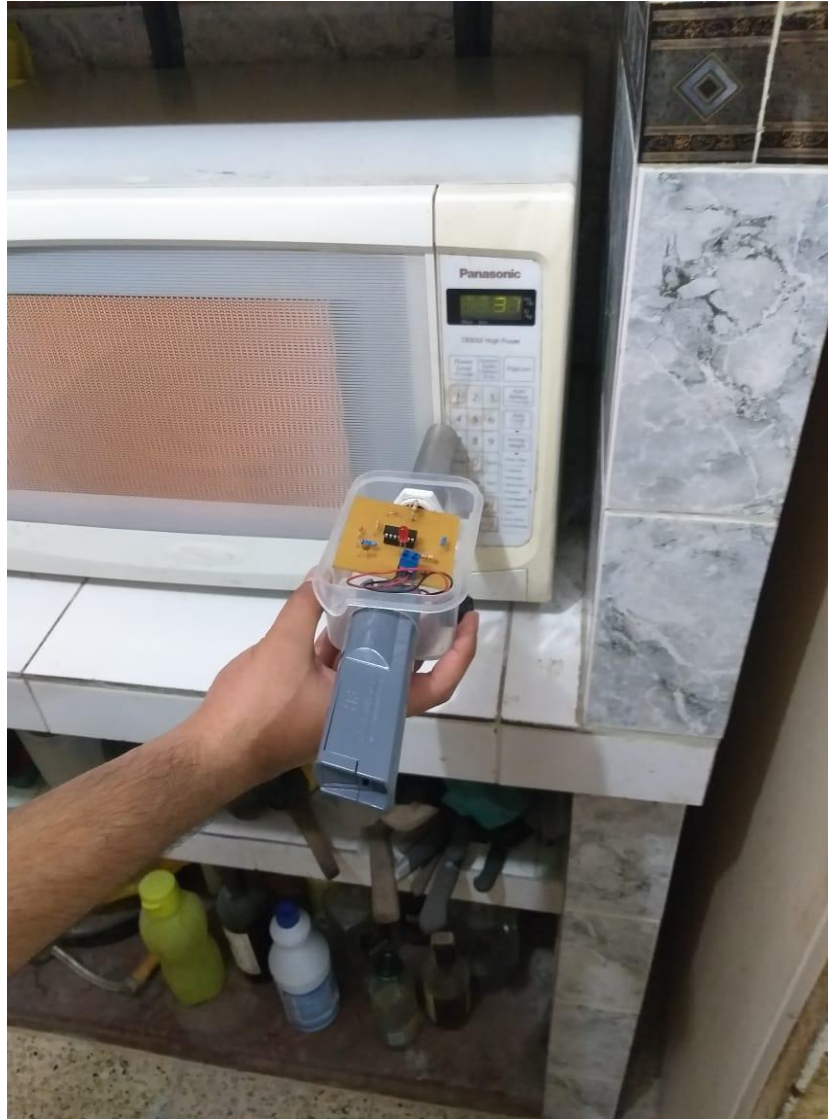


*Figura 21. Prueba del prototipo con dispositivo inalámbrico a 2.4 GHz. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*



#### 4.2.2.2 Prueba realizada con un microondas sin fugas

En la Figura 22 se observa la prueba realizada en el horno microonda que emite ondas electromagnéticas a 2.4 GHz para la cocción de los alimentos. Si el horno de microondas presenta algún tipo de fuga electromagnética el prototipo encenderá un Led como alarma para notificar al usuario, sin embargo, no se evidenció fuga en las pruebas realizadas.



*Figura 22. Prueba del prototipo con horno microondas sin fuga. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*

#### 4.2.2.3 Prueba realizada con un microondas con fuga

Se adquirió un microondas que se encontraba dañado para detectar mediante el prototipo si hay algún tipo de fuga, se valida en la figura 23, cuando el horno microondas se encuentra en funcionamiento el prototipo detecta la fuga y se enciende el led.



*Figura 23. Prueba del prototipo con horno microondas con fuga. Información tomada por Soledispa Carrasco Diego. Elaborado por Soledispa Carrasco Diego.*

### **4.3 Análisis general de las pruebas**

Se puede verificar que el prototipo funciona de la manera adecuada, se realizan pruebas con un enrutador que trabaja con la banda de 2.4GHz, en donde el prototipo detecta la señal y enciende el led, se realizaron pruebas en hornos microondas de la comunidad, no se detectaron fugas, sin embargo se adquirió un horno microondas averiado para verificar la operabilidad del prototipo, se conectó y se colocó en funcionamiento, en el instante que comenzó a trabajar el horno microondas, se realizó la prueba con el dispositivo detector de ondas electromagnéticas y se validó una alarma en el led que nos da a conocer que el equipo tiene fugas electromagnéticas, se presenta fuga en la puerta del microondas, se puede evidenciar que el horno de microondas presenta un inconveniente en la cerradura de la puerta, por lo tal, no permite el cierre completo del horno microondas y esto hace que no se

comporte como una Jaula de Faraday. lo que permite la fuga de las cargas y al colocar el prototipo detector de ondas electromagnéticas nos muestra la alarma y se activa el diodo led.

## **4.4 Conclusiones y Recomendaciones**

### **4.4.1 Conclusiones**

Mediante el estudio del horno microondas se pudo validar que los enrutadores trabajan en la misma banda que los hornos microondas, por lo tanto, si el horno microondas presenta fugas electromagnéticas puede ocasionar interferencias en la red inalámbrica.

En base a los hogares encuestados en la cooperativa Sub. División El Condor, de los 20 hogares encuestados se puede concluir que el 70% de la muestra presenta o presentó inconvenientes con su horno microondas, ya sea, por fugas, roturas en la parte frontal o en su defecto por daños en el magnetrón, para este último, se corroboró que todos los afectados tuvieron que realizar cambios de este.

Se concluye que el uso de circuitos integrados OPAMPs permite trabajar de forma más eficiente la detección de ondas electromagnéticas en el rango de microondas, con lo que se pueden determinar fugas en los hornos microondas y por ende salvaguardar la salud de los usuarios.

Mediante las pruebas realizadas se pudo conocer que, al ser un dispositivo de bajo costo el 75% de la población encuestada se encuentra abierta a la posibilidad de adquirir el producto con el fin de tener una herramienta de identificación de posibles daños o fallas en los hornos de microondas, con lo que se puede prevenir riesgos en la salud y darle mantenimiento al electrodoméstico de forma preventiva.

Se realizaron las pruebas en los hogares, sin embargo, no se encontraron anomalías en los microondas que fueron analizados, lo que permite concluir que, en la mayor parte de los casos, los hornos microondas tienen un rendimiento y ciclo de vida acorde a lo que especifica cada fabricante.

Finalmente, se concluye que con este tipo de dispositivo se puede ayudar a la comunidad a conocer principios fundamentales de electromagnetismo y motivarlos a entender estos fenómenos naturales que se encuentran presente en casi todas las herramientas o aparatos que se tienen en el hogar o en el lugar de trabajo.

#### **4.4.2 Recomendaciones**

En lo que respecta al proceso de diseño de circuitos electrónicos, de forma general es recomendable revisar la disponibilidad de los elementos, así como también, validar los rangos de funcionamiento (voltaje/corriente de salida y entrada) y configuraciones especiales que puedan requerir para operar, esto con la finalidad de garantizar que, al construir el prototipo en un protoboard, se puedan obtener los resultados esperados.

En el proceso de medición de fugas en los hornos de microondas se pudo comprobar que la antena de recepción de ondas no es lo suficientemente potente, por lo cual se recomienda utilizar un tubo de aluminio en la misma para incrementar la captación de radiación y así obtener mediciones más precisas en el rango de trabajo permitido del prototipo.

Se recomienda también realizar pequeñas capacitaciones del funcionamiento básico, tanto del horno microondas como del detector, con el fin de darle al usuario final todas las herramientas necesarias para que pueda aprovechar el prototipo al máximo y utilice de forma segura su electrodoméstico.



**ANEXOS**

# Anexo N° 1

## Datasheet y las características más relevantes del integrado CD4093B

**TEXAS  
INSTRUMENTS**  
Data sheet acquired from Harris Semiconductor  
SCHS115D – Revised September 2003

## CD4093B Types

### CMOS Quad 2-Input NAND Schmitt Triggers

High-Voltage Types (20 Volt Rating)

■ CD4093B consists of four Schmitt-trigger circuits. Each circuit functions as a two-input NAND gate with Schmitt-trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive- and negative-going signals. The difference between the positive voltage ( $V_P$ ) and the negative voltage ( $V_N$ ) is defined as hysteresis voltage ( $V_H$ ) (see Fig. 2).

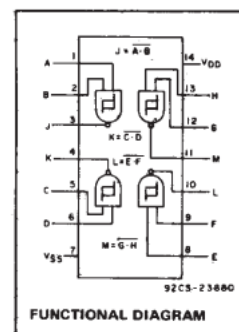
The CD4093B types are supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 14-lead small-outline packages (M, MT, M96, and NSR suffixes), and 14-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

#### Features:

- Schmitt-trigger action on each input with no external components
- Hysteresis voltage typically 0.9 V at  $V_{DD} = 5$  V and 2.3 V at  $V_{DD} = 10$  V
- Noise immunity greater than 50%
- No limit on input rise and fall times
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Maximum input current of 1  $\mu$ A at 18 V over full package-temperature range, 100 nA at 18 V and 25°C
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

#### Applications:

- Wave and pulse shapers
- High-noise-environment systems
- Monostable multivibrators
- Astable multivibrators
- NAND logic



**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS**  
For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges.

CHARACTERISTIC	MIN.	MAX.	UNITS
Supply Voltage Range ( $T_A$ = Full Package Temp. Range)	3	18	V

#### MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, ( $V_{DD}$ ) Voltages referenced to $V_{SS}$ Terminal)	-0.5V to +20V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to $V_{DD} + 0.5$ V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	$\pm 10$ mA
PACKAGE THERMAL IMPEDANCE, $\theta_{JA}$ (See Note 1):	
E package	80°C/W
M package	86°C/W
NS package	76°C/W
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR FOR $T_A$ = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE ( $T_A$ )	-55°C to +125°C
STORAGE TEMPERATURE RANGE ( $T_{stg}$ )	-65°C to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING): At distance 1/16 $\pm$ 1/32 inch (1.59 $\pm$ 0.79mm) from case for 10s max	+265°C

NOTE 1: Package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

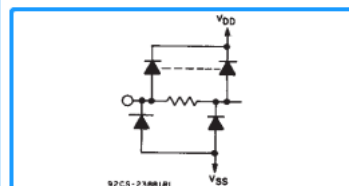
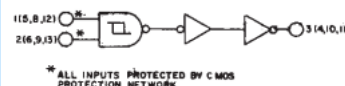


Fig. 1 – Logic diagram—1 of 4 Schmitt triggers.

## Bibliografía

- ANANTHESWARAN, R. C. (Marzo de 1994). Artículo. Journal of Food Science. Parameters Affecting Destruction of Salmonella spp. by Microwave Heating. General, 59: 447 – 451.
- Boylestad, R. L. (2009a). Libro. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Recuperado de: <http://web.fi.uba.ar/> pp. 594
- Boylestad, R. L. (2009b). Libro. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Recuperado de: <http://web.fi.uba.ar/> pp. 655 - 657
- CORTES, J. A., GALLEG0, H. A., & CHAVES O., J. (2006). Repositorio. Universidad Tecnológica de Pereira. Incidencia de los campos electromagnéticos en los sistemas vivos. doi: <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.6573>
- Coughlin, R. F. (1999). Libro. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Amplificadores inversores y no inversores. <https://www.studocu.com/es/document/universidad-santiago-de-cali/circuitos-electronicos-i/otros/amplificadores-operacionales-y-circuitos-integrados-lineales-robert-f-coughlin/4878911/view> pp. 60 - 62
- DAVIDSON, A. K. (02 de Agosto de 2011). Artículo. Journal of Food Science. Microwave and Radio Frequency Processing. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2000.tb00616.x>
- González, C. (2016). Sitio Web. Por qué el microondas es el peor enemigo de tu WiFi. <https://www.adslzone.net/2016/09/24/p190306/>
- Herrerías, O. (2017). Repositorio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Vida científica. ISSN 2007-4905 <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n10/r3.html>
- Jhonk, C. T. (1999). Artículo. Limusa. Teoría electromagnética: campos y ondas. General. 225, 226
- M.E.C.OliveiraA.S.Franca. (Agosto de 2002). Artículo. Journal of Food Engineering. Microwave heating of foodstuffs. doi: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00176-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00176-5)
- Mecafenix, F. (2018a). Sitio Web. La resistencia eléctrica ¿Qué es y para que sirve? <https://www.ingmecafenix.com/electronica/resistencia-electrica/>

- Mecafenix, F. (2018b). Sitio Web. El diodo ¿Qué es y para que sirve?  
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/diodo-semiconductor/>
- Mecafenix, F. (2019). Sitio Web. ¿Qué es un capacitor? Y sus tipos.  
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-capacitor/>
- Michael, D., Mingos, P. y Baghurst, R. (1997). Libro. Applications of microwave dielectric heating effects to synthetic problems in chemistry: Microwave Enhanced Chemistry. <https://www.udlap.mx/> pp. 1 – 54.
- NWC. (2007a). Sitio Web. Circuit Wizard. <https://www.new-wave-concepts.com/ed/circuit.html>
- NWC. (2007b). Sitio Web. LiveWire. <https://www.new-wave-concepts.com/ed/livewire.html>
- Organización Mundial de la Salud (2006). Sitio Web. Los campos electromagnéticos y la salud pública. <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs304/es/>
- Pantoja, J. M. (2002). Sitio Web. Ingeniería de microondas: técnicas experimentales. Aplicaciones de la ingeniería de microondas.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RChVaWXDxrUC&oi=fnd&pg=PP14&dq=Ingenier%C3%ADa+de+microondas:+t%C3%A9cnicas+experimentales.&ots=4Kvp9OKgb3&sig=64WfM56sVaGJfSxYw10sWzAIKdQ#v=onepage&q&f=false> pp. 16 - 23
- Ramirez, C. (2017). Sitio Web. Como funciona un microondas <https://como-funciona.co/un-microondas/>
- Rodríguez, J. (2010). Sitio Web. Detector de ondas electromagnéticas  
<http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/practica2/pr-86/pr-86.html>
- Schlegel, W. (1992). Artículo. Food Technology. Commercial pasteurization and sterilization of food products using microwave technology. pp. 62 - 63