



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

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

**ÁREA
ELECTROMAGNETISMO**

**TEMA
“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍA DE IMÁGENES
THZ COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE
CALIDAD DE ALIMENTOS PROCESADOS”.**

**AUTORA
VILLAFUERTE COBOS ANGI LILIBETH**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. ELÉC. PARRA LOPEZ RODOLFO ANTONIO, MG.**

GUAYAQUIL, ABRIL 2021



**ANEXO XI
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**



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

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:			
Análisis del uso de tecnología de imágenes THz como alternativa para el control de calidad de alimentos procesados.			
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Villafuerte Cobos Angi Lilibeth	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Ing. Parra López Rodolfo, Mg./ Ing. Gallegos Zurita Diana, Mg.	
INSTITUCIÓN:		Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:		Facultad de Ingeniería Industrial	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:		Ingeniería en Teleinformática	
FECHA DE PUBLICACIÓN:		24 de septiembre del 2021	No.DE PÁGINAS:
			110
ÁREAS TEMÁTICAS:		Electromagnetismo	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:		Tecnología Terahertz (THz), Alimentos procesados, Inocuidad alimentaria, Estándares de calidad alimenticia.	
RESUMEN/ABSTRACT			
Resumen			
<p>Las técnicas de obtención de imágenes se han utilizado ampliamente en diversas áreas como herramientas de inspección: superficial o interna, durante las últimas décadas el uso de sistemas de visión espectral para reducir cualquier material anormal en el alimento ha sido un punto clave para garantizar la inocuidad alimentaria, por consiguiente, el objetivo del presente trabajo de titulación consiste en el análisis del uso de tecnología de imágenes THz como alternativa para el control de calidad de alimentos procesados, donde se recolecto información de artículos referentes a la tecnología de análisis, se realizó dos tipos de encuesta: una dirigida a consumidores y otra a productores, permitiendo observar el tipo de anomalía encontrado en el alimento procesado y las tecnologías de uso común en el proceso de inspección de contaminantes en los alimentos, con la información obtenida se realizó un respectivo análisis mediante el empleo de matriz, en la cual se</p>			

comparó el uso aplicativo de la tecnología de imagen THz referente a las tecnologías vecinas en el sector industrial.

Abstract

Imaging techniques have been widely used in diverse areas as inspection tools: superficial or internal. For the last decades, the use of spectral vision systems to reduce any abnormal material in the food has been a key point to guarantee food safety. Therefore, the objective of this titration work consists in the analysis of the use of THz imaging technology as an alternative for the quality control of processed foods, where information was collected from articles referring to the analysis technology. Two types of the survey were made: one type aimed at consumers and the other one at producers, allowing to observe the type of anomaly found in the processed food and the technologies commonly used in the process of contaminants' inspection in foods. With the information obtained a respective analysis was carried out through the use of a matrix, in which the applicative use of the THz imaging technology referring to neighboring technologies in the industrial sector was compared.

ADJUNTO PDF:	SI	x	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0967880224		E-mail: angi.villafuertec@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, Mg.		
	Teléfono: 593-2658128		
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec		



**ANEXO XII DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **VILLAFUERTE COBOS ANGI LILIBETH**, con C.C. No. **0951894971**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍA DE IMÁGENES THZ COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS PROCESADOS**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Villafuerte Cobos Angi Lilibeth
C.C. 0951894971



**ANEXO VII
CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD**



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

Habiendo sido nombrado ING. RODOLFO PARRA LÓPEZ, MG., tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por VILLAFUERTE COBOS ANGI LILIBETH, C.C.: 0951894971, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de “INGENIERA EN TELEINFORMÁTICA”.

Se informa que el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍA DE IMÁGENES THZ COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS PROCESADOS”, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 1% de coincidencia.



Document Information

Analyzed document	Villafuerte Cobos Angi -TESIS 2021C1_v04.docx (D112209011)
Submitted	9/8/2021 5:38:00 AM
Submitted by	
Submitter email	angi.villafuertec@ug.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	ingrid.garcia.ug@analysis.urkund.com

<https://secure.urkund.com/view/106914515-203198-376149>



Firmado electrónicamente por:
**RODOLFO
ANTONIO PARRA
LOPEZ**

**Ing. Rodolfo Parra López, Mg.
Tutor de trabajo de titulación
C.C. 0909770448**

Fecha: 10 de septiembre de 2021



**ANEXO VI. -CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 10 de septiembre de 2021

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación
**“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍA DE IMÁGENES THZ COMO
ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS
PROCESADOS”** de la estudiante **VILLAFUERTE COBOS ANGI LILIBETH**,
indicando que ha (cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa
vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del
trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines
pertinentes, que la estudiante esta apta para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**RODOLFO
ANTONIO PARRA
LOPEZ**

Ing. Rodolfo Parra López, Mg.
Tutor de trabajo de titulación
C.C. 0909770448

Fecha: 10 de septiembre de 2021



**ANEXO VIII.-INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 23 de septiembre del 2021

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, Mg.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Telemática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a usted el informe correspondiente de la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación titulado: **“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍA DE IMÁGENES THZ COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS PROCESADOS”** del estudiante, **VILLAFUERTE COBOS ANGI LILIBETH**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 18 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sub-líneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación

Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**DIANA ERCILIA
GALLEGOS
ZURITA**

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.

Docente Tutor Revisor

C.C. 1204926313

Fecha: 23/09/2021

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	2
1.2	Formulación del problema	3
1.3	Sistematización del problema	4
1.4	Objetivos generales y específicos	4
1.4.1	Objetivo general.	4
1.4.2	Objetivos específicos.	4
1.5	Delimitación del problema	4
1.6	Justificación	5
1.7	Hipótesis prospectiva	6
1.8	Operacionalización de las variables	7

Capítulo II Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes de la investigación	8
2.2	Marco histórico	11
2.3	Marco teórico	15
2.3.1	Brecha THz (Gap THz).	15
2.3.2	Aplicaciones de la tecnología en imágenes THz.	16
2.3.3	Modos de radiación de imágenes THz.	17
2.4	Marco Conceptual.	18
2.4.1	Tecnología en imágenes de ensayos no destructivos.	18
2.4.2	Técnicas de imágenes de inspección volumétrica actuales.	18
2.4.3	Técnicas de imagen de inspección volumétrica THz.	21
2.4.4	Clasificación de los sistemas de imágenes THz.	23
2.4.5	Fuentes más comunes para la generación de imágenes THz.	26
2.6	Marco contextual	30
2.6.1	Tipos de riesgos que existen en alimentos procesados.	30

N°	Descripción	Pág.
2.6.2	Tecnología THz empleada en el control de calidad de alimentos.	31
2.6.3	Tecnología THz empleada en la detección de fraudes alimenticios.	32
2.6.4	Tecnología THz empleada para garantizar la seguridad alimentaria.	33
2.6.5	Tecnología THz empleada en parámetros de calidad de alimentos.	35
2.7	Marco Legal	36

Capítulo III

Metodología y Propuesta

N°	Descripción	Pág.
3.1	Descripción	38
3.2	Modalidad de la investigación	38
3.2.1	Investigación descriptiva.	38
3.3	Enfoque de la investigación	39
3.3.1	Investigación cualitativa.	39
3.3.2	Investigación cuantitativa.	39
3.4	Población y Muestra	40
3.4.1	Encuesta.	41
3.4.2	Resultado de la encuesta.	41
3.5	Factibilidad de la investigación	56
3.5.1	Factibilidad técnica.	56
3.5.2	Factibilidad legal.	56
3.5.3	Factibilidad operacional.	56
3.6	Propuesta de la investigación	57
3.7	Resultado del análisis	58
3.8	Conclusiones	61
3.9	Recomendaciones	62
	Anexos	63
	Bibliografía	87

Índice de tablas

Nº	Descripción	Pág.
1	Variables de investigación	7
2	Inspección mediante técnicas THz en alimentos procesados	22
3	Métodos de generación de imágenes THz	26
4	Riesgos posibles en alimentos procesados	30
5	Tecnología de imágenes existentes vs la tecnología de imagen THz	57
6	Alternativas tecnológicas para inspección de contaminantes en alimentos	58

Índice de imágenes

Nº	Descripción	Pág.
1	Dimensión de la radiación THz en el espectro electromagnético	5
2	Tecnología THz como detector en proceso de producción	6
3	Fibroscopía en frecuencia 1,1 THz	8
4	Investigadores THz, Rubén Criado y Jesús Palacio	9
5	Componentes para sistemas terahercios	12
6	Cámaras de imágenes de terahercios	13
7	Cronología del electromagnetismo y la integración del gap THz	14
8	THz en el espectro electromagnético	15
9	Aplicación tecnológica THz en diversos campos industriales	16
10	Cabina de radiografía fija con intensificador de imágenes	19
11	Sistema de inspección ultrasónica	20
12	Analogía de la radiación infrarroja	21
13	Sistemas pulsados de terahertz	24
14	Sistemas mediante onda continua THz	25
15	Esquema del funcionamiento de la antena fotoconductora	28
16	Grafica de óptica no lineal	29
17	Comparación de imágenes sub-terahercios e imágenes de rayos X	34
18	Aplicabilidad de estándares para la inocuidad alimentaria	42
19	Uso de tecnologías para evitar contaminantes alimenticios	42
20	Tipos de tecnologías utilizadas para la inspección de contaminantes	43
21	Calificación de desempeño de las tecnologías empleadas	44
22	Reportes de no conformidad de los alimentos procesados	44
23	Medios de recepción para reclamos de consumidores	45
24	Frecuencia de reporte de no conformidad	45
25	Tipos de reclamos más frecuentes de no conformidad	46
26	Impacto de no conformidad del alimento procesado	47
27	Conocimiento colectivo sobre la tecnología de imágenes THz	47
28	Aceptación de innovación tecnológica para reducir contaminantes	48
29	Clasificación por sexo de la persona a ser encuestada	49
30	Identificación del rango de edad de la persona a ser encuestada	49
31	Cantidad de consumo de alimentos procesados	50

N°	Descripción	Pág.
32	Presencia de alimentos procesados en la canasta familiar	50
33	Razones de consumo de alimentos procesados	51
34	Presencia de contaminantes encontrados en los alimentos	51
35	Tipo de material encontrado en el alimento procesado	52
36	Lesión causada por presencia de contaminantes	53
37	Gestión de reporte de no conformidad	53
38	Accionar del consumidor sobre el alimento contaminado	54
39	Opinión de los consumidores a la importancia de la innovación tecnológica	55
40	Alternativas tecnológicas para inspección de contaminantes en alimentos	58

Índice de Anexos

Nº	Descripción	Pág.
1	Estándares para evitar la inocuidad alimentaria	64
2	Reglamentos para garantizar la inocuidad alimentaria	65
3	Encuesta realizada a las industrias de alimentos procesados del norte de Guayaquil: tipo de tecnologías e inconvenientes	70
4	Encuesta realizada a un grupo de personas de la ciudad de Guayaquil: impacto de consumo de alimentos procesado y sus contaminantes	73
5	Ficha de fotos de las encuestas realizadas a las industrias	76
6	Ficha de fotos de las encuestas realizadas a consumidores	77
7	Ficha de información de empresas seleccionadas para la encuesta	78
8	Tecnologías de inspección mediante el sistema THz	79
9	Tecnologías más comunes de inspección existentes	81
10	Tecnología THz como sistema de inspección para la inocuidad alimentaria	85



**ANEXO XIII RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



**“ANÁLISIS DEL USO DE TECNOLOGÍA DE IMÁGENES THZ COMO
ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS
PROCESADOS”.**

AUTOR: Villafuerte Cobos Angi Lilibeth

TUTOR: Ing. Parra López Rodolfo Antonio, Mg.

Resumen

Las técnicas de obtención de imágenes se han utilizado ampliamente en diversas áreas como herramientas de inspección: superficial o interna, durante las últimas décadas el uso de sistemas de visión espectral para reducir cualquier material anormal en el alimento ha sido un punto clave para garantizar la inocuidad alimentaria, por consiguiente, el objetivo del presente trabajo de titulación consiste en el análisis del uso de tecnología de imágenes THz como alternativa para el control de calidad de alimentos procesados, donde se recolectó información de artículos referentes a la tecnología de análisis, se realizó dos tipos de encuesta: una dirigida a consumidores y otra a productores, permitiendo observar el tipo de anomalía encontrado en el alimento procesado y las tecnologías de uso común en el proceso de inspección de contaminantes en los alimentos, con la información obtenida se realizó un respectivo análisis mediante el empleo de matriz, en la cual se comparó el uso aplicativo de la tecnología de imagen THz referente a las tecnologías vecinas en el sector industrial.

PALABRAS CLAVES: Tecnología Tera Hertz (THz), Alimentos procesados, Inocuidad alimentaria, Estándares de calidad alimenticia.



**ANEXO XIV RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



**“ANALYSIS OF THE USE OF THz IMAGING TECHNOLOGY AS AN
ALTERNATIVE FOR THE QUALITY CONTROL OF PROCESSED FOODS”**

AUTHOR: Villafuerte Cobos Angi Lilibeth

ADVISOR: Ing. Parra López Rodolfo Antonio, Mg.

Abstract

Imaging techniques have been widely used in diverse areas as inspection tools: superficial or internal. For the last decades the use of spectral vision systems to reduce any abnormal material in the food has been a key point to guarantee food safety. Therefore, the objective of this titration work consists in the analysis of the use of THz imaging technology as an alternative for the quality control of processed foods, where information was collected from articles referring to the analysis technology. Two types of the survey were made: one type aimed at consumers and the other one at producers, allowing to observe the type of anomaly found in the processed food and the technologies commonly used in the process of contaminants' inspection in foods. With the information obtained a respective analysis was carried out through the use of a matrix, in which the applicative use of the THz imaging technology referring to neighboring technologies in the industrial sector was compared.

KEYWORDS: Terahertz (THz) technology, Processed food, Food safety, Food quality standards.

Introducción

Fragoso Castilla, et al. (2020) refiere que según los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el consumo de alimento contaminados con organismos micro orgánicos o sustancias químicas afectan a 600 millones de personas con enfermedades no transmisibles, y que 420.000 personas fallecen al año por alimentos insalubres derivados de las deficientes prácticas de producción, recolección, empaque y transporte del alimento.

Es evidente que la globalización ha cambiado en su mayoría la manera en la que adquirimos los alimentos, pasando de la comida tradicional a productos procesados, desde su cosecha hasta la forma en que los alimentos se exhiben en el mercado, debido a su accesibilidad, durabilidad, facilidad, y reconocimiento de marcas que logran ciertas industrias alimentarias, sin embargo, a cuanto más demanda del producto o los productos a elaborar crece el riesgo de contaminantes alimenticios ya sea estos de forma intencional o no intencional.

El enfoque de este trabajo se direcciona al análisis de la tecnología de imágenes THz como una técnica de visión artificial de manera no invasiva que pueda emplearse en el proceso de producción en las industrias de alimentos procesados para garantizar la inocuidad del alimento, el mismo que es desarrollado en tres capítulos:

En el Capítulo I, de este proyecto se detalla el planteamiento del problema, formulación del problema con sus respectivas preguntas directrices, objetivo general y específicos que permitan solucionar la problemática planteada, delimitación y alcance en la cual se indica el resultado a alcanzar, así como la justificación la cual le da la relevancia al tema de investigación.

El Capítulo II, comprende de los antecedentes de la investigación, marco teórico donde se describe el sistema de las variables del tema de análisis, marco histórico, conceptual, contextual, y fundamentación legal para garantizar la inocuidad en los productos de uso y consumo humano.

Capítulo III, consta de la metodología la cual describe la modalidad de la investigación, enfoques e instrumentos de recolección de datos con sus respectivos resultados, mediante la cual con los informes obtenidos del desarrollo de los capítulos anteriores y las encuestas se realizará el análisis del tema propuesto consiguiendo con las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I

El problema

1.1. Planteamiento del problema

El incremento de productos procesados en la canasta alimentaria familiar es evidente conforme avanzan los años, donde la alimentación, la cual es una parte fundamental para la existencia del hombre ha tenido que adaptarse al estilo rápido, provocando una migración de comida tradicional a comida procesada, por su fácil acceso y rápida preparación.

Evidencia de ello es que las ventas de productos procesados en el mundo han aumentado 43,7% entre el 2000 y el 2013, y en América Latina la venta de alimentos procesados y bebidas azucaradas, 48%. Asimismo, en Ecuador, el consumo per capita de dichos productos lo hizo 19,8% entre el 2000 y 2013, pasando de 73,4 kg per cápita a 87,9 kg en 2013. (Díaz, et al., 2017, p. 2)

Indicando que, mediante transcurre el tiempo es evidente el aumento de alimentos procesados según las respectivas organizaciones estatales de cada país, siendo algo casual encontrarse con algún producto procesado dentro de la canasta familiar, para cumplir con la demanda las empresas dedicadas a la industria de alimentos, emplean maquinarias capaces de producir en masa.

Es así, donde el eslabón productor-consumidor que está compuesto por etapas desde su origen hasta consumo suma un desafío para las industrias alimentarias, que se aseguran de emplear buenas prácticas de manufactura para garantizar la inocuidad de su producto final y así poder ser distribuidos a diferentes cadenas de mercado.

La integridad del alimento, es decir libre de cualquier contaminante es un asunto de gran importancia para las empresas de productos procesados. Conforme a la definición estándar ampliamente utilizado para los sistemas de seguridad de los alimentos, indica el Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN ISO/TS 22002-1] (2014) “contaminante es cualquier agente biológico o químico, material extraño u otras sustancias no agregadas intencionalmente a los alimentos, que puede comprometer la inocuidad o idoneidad de los alimentos” (p. 2).

Para las industrias alimentarias detectar a tiempo una anomalía en el alimento puede evitar pérdida de tiempo y recursos en una producción, pero si no es detectado a tiempo el consumidor puede llegar a ingerirlo y provocar que se atragante, causarle posible lesiones en la boca (heridas o piezas dentales rotas) o al darse cuenta lo retiraría con la comprensible repulsión y rechazo del alimento, es por ello, que la adulteración de ingredientes, aditivos o materiales extraños en el alimento, ya sea intencional o no, puede causar graves problemas de salud en los seres humanos, siendo las enfermedades no transmisibles (ENT) la segunda causa de muerte en el mundo, estima la Organización Mundial de la Salud (2020):

Cada año enferman en el mundo unos 600 millones de personas —casi 1 de cada 10 habitantes— por ingerir alimentos contaminados y que 420 000 mueren por esta misma causa, con la consiguiente pérdida de 33 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad. (párr. 3)

Mediante esta problemática muchas industrias adoptan medidas de acuerdo al riesgo de contaminación que haya en su proceso de producción. En la actualidad en el mercado existen tecnologías basadas en rayos x para la inspección en la producción de alimentos, sin embargo, es conocido que la frecuencia que emite esta radiación es de tipo ionizante, por ello en las últimas décadas se ha venido estudiando el rango THz (10^{12} Hz).

Gap/brecha THz (conocida así por estar entre la tecnología electrónica y óptica) es una frecuencia situada entre las ondas microondas y el infrarrojo, la cual sería una alternativa segura y no destructiva a los rayos X, ya que cuenta con propiedades similares a estas, permitiendo detectar cuerpos extraños físicos o examinar la estructura interna de los alimentos ayudando a cumplir con los crecientes requisitos de los consumidores y los organismos reguladores al momento de una auditoría. (Loughborough University, 2020)

1.2. Formulación del problema

Ante la problemática planteada, el consumo de alimentos industrializados ha ido en incremento en los últimos años, por la cual, en casos necesarios, ciertas normas como la IFS (International Food Standard) y BRC (British Retail Consortium) exigen a las industrias alimentarias como buena práctica, el uso de detectores de cuerpos extraños o metales.

- ¿De qué manera influiría el uso de la tecnología basada en imágenes THz como alternativa en el proceso de control de calidad en las industrias de alimentos procesados?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Qué tipo de tecnología de imágenes THz sería el más adecuado como alternativa para el proceso de control de calidad de alimentos procesados?
- ¿Existiría dificultad de aceptación de tecnologías de imágenes THz al integrarse como alternativa de un proceso de control de calidad en las industrias alimentarias?
- ¿Qué desafíos actuales existen para la operacionalización de tecnologías de imágenes en el rango frecuencial THz?

1.4. Objetivos generales y específicos

1.4.1. Objetivo general.

Analizar el estado de las tecnologías actuales en comparación con la alternativa de tecnología de imágenes en las frecuencias THz, y su viabilidad en el proceso de producción para la inocuidad de los alimentos procesados.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Especificar las principales teorías que fundamenten el estudio adecuado de la tecnología en imágenes THz.
- Diagnosticar la situación actual sobre la presencia y consecuencia de objetos extraños encontrados en alimentos procesados.
- Inquirir mediante una encuesta el tipo de tecnologías que utilizan las industrias alimenticias del sector norte de Guayaquil para garantizar la inocuidad del producto procesado.

1.5. Delimitación del problema

Campo: Tecnología basadas en imágenes THz

Área: Procesamiento de alimentos

Delimitación temporal: el desarrollo de investigación del presente trabajo de titulación será de cinco meses, con conocimientos previos adquirido desde el inicio de mi carrera profesional.

Delimitación del Contenido: el trabajo de investigación se enfocará en una explicación breve sobre Gap/Brecha THz, abarcando específicamente la tecnología basadas en imágenes THz y el uso que a esta se le puede dar como alternativa en el control de calidad en las

industrias de alimentos procesados que ameriten dicho uso, para lograr cumplir con el objetivo general establecido.

Alcance: El presente análisis tiene como resultado presentar una investigación descriptiva no experimental, en la cual se va a especificar las aplicaciones que se da a la tecnología de imágenes THz, tipos de métodos y técnicas para su radiación, con la información obtenida de artículos de investigación referentes a dicha frecuencia se verificara en los procesos que esta podría ser útil en las industrias de alimentos procesados que ameritan su uso de acuerdo al grado de contaminación en su producción, se realizará encuestas para medir el consumo de alimentos procesados con sus posibles contaminantes físicos, también se indagara las tecnologías de uso actuales en las industrias de alimentos procesados en el sector Norte de Guayaquil, para así recolectar información que sea de ayuda para detallar la viabilidad operacional.

1.6. Justificación

El estudio de los rayos “T” (rango Tera hercios 10^{12}), se ha vuelto un campo atractivo para los investigadores por las propiedades que sus ondas pueden ofrecer. Las ondas electromagnéticas en la región de Tera hercios (THz) del espectro, nominalmente es de 300 GHz / 0.3 THz a 10 THz (aunque algunos consideran que comienza en 100 GHz / 0.1 THz) esto presenta un dilema técnico (Schweber, 2020). [100 GHz es una longitud de onda de 0,003 metros / 3 mm; 10 THz corresponde a 0,03 mm] Está en el extremo superior y más allá de la parte de ondas milimétricas del espectro de RF (radiofrecuencia).

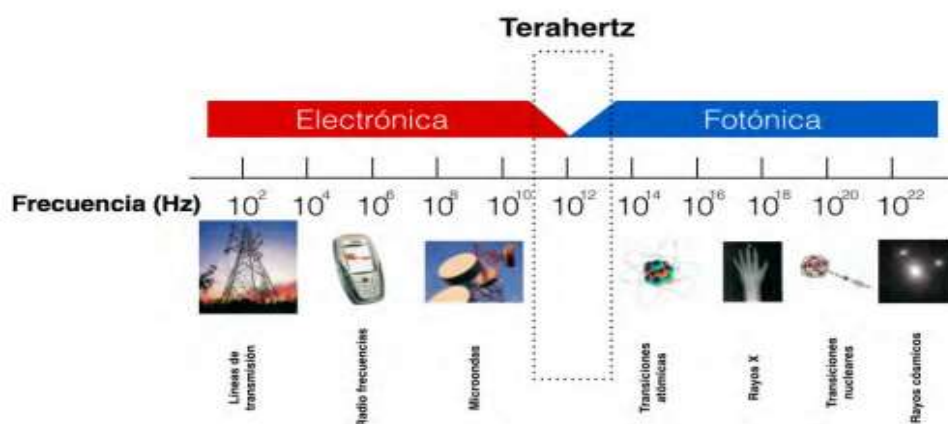


Figura 1. Dimensión de la radiación THz en el espectro electromagnético.

Fuente: Tomada del trabajo de Maestría en ciencias ópticas de Hernández Serrano, 2014.

Esto indica que se encuentra entre las microondas y el infrarrojo lejano, lo que su estudio lleva al límite a la tecnología electrónica y a la tecnología fotónica, con un dominio de penetración, resolución, y seguridad,” (La radiación de Tera hercios tiene propiedades muy útiles), dice Claudia Gollner del Instituto de Fotónica de TU Wien, puede penetrar fácilmente muchos materiales no eléctricamente conductivos, pero a diferencia de los rayos X, es inofensivo porque no es radiación ionizante" (ScienceDaily, 2020). De esta manera al tener la capacidad de sondear en algunos materiales como la piel, algunos plásticos, ropa, papel o cartón, entre otros, este cuenta con métodos no invasivos, es decir que el objeto que esté sometido a prueba no estará expuesto a radiación ionizante, haciendo de este rango frecuencial aplicable para diferentes categorías tecnológicas.

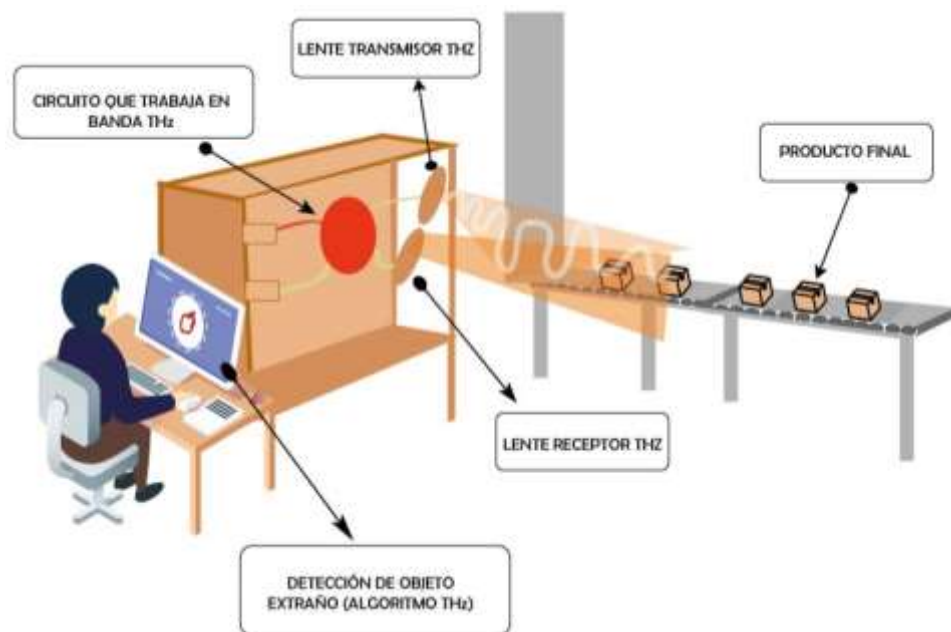


Figura 5. Tecnología THz como detector en proceso de producción.

Fuente: Adaptado de Alfa, revista de seguridad nuclear y protección, 2018.

1.7. Hipótesis prospectiva

Mediante la aplicación de imágenes de ondas de terahercios, es posible implementar sistemas capaces de inspeccionar anomalías internas y externas de manera inofensiva (no ionizante) en el campo de la ingeniería de la industria alimentaria, tecnología capaz de gestionar de manera óptima los procesos de producción, asociados al control e inocuidad de los alimentos mejorando o conservando la alta calidad y una imagen de marca positiva en el producto para el consumo humano.

1.8. Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Variables de investigación

Variables	Definición	Dimensiones	Característica para medir (Indicadores)
Independiente: Tecnología de imágenes en THz	Tecnología de sensores basados en el uso de los THz que penetrar materiales de manera no ionizante (papel, ropa o plásticos, entre otros)	Rango en el espectro electromagnético.	Frecuencia usada en la tecnología.
		Tipo de tecnología usada.	Tipo de pulso utilizado (fuentes continuas (CW). fuentes pulsadas)
		Calidad de imágenes.	Cantidad de pixeles en imágenes.
Dependiente: Control de calidad de alimentos procesados.	Control sanitario aplicado a productos alimentarios utilizando parámetros tecnológicos, físicos, químicos, microbiológicos, nutricionales que aseguren alimentos sanos.	Presencia de algún elemento que no corresponde dentro del empaque, como puede ser un insecto, trozo de metal o restos de sustancias toxicas.	Enlistar el tipo de contaminante físico más común en el alimento procesado.
		Detectar parámetros de calidad de los alimentos	Cantidad de alimentos detectados con presencia de contaminación física.
		Prevenir productos en mal estado antes de su comercialización y consumo.	Grado de no conformidad del producto reportado por el consumidor

Elaboración: El autor.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

La detección de objetos ocultos en diferentes materiales opacos (aquellos que no son travesados por la luz visible) es una de las tareas clave de la tecnología moderna. Una posible solución es utilizar imágenes de terahercios (THz), ya que esta puede penetrar la mayoría de los materiales no eléctricamente conductores, siendo estos transparentes a la longitud de onda de la luz en Tera hercios (Kulya, et al., 2017). Es por ello que, a diferencia de los sistemas convencionales de inspección de alimentos procesados existentes, la tecnología en imágenes THz proporciona mayor precisión de escaneo para cuerpos extraños de baja densidad dentro de materiales que son opacos en la banda óptica, de forma no ionizante, información que ha sido tomada en recientes investigaciones:

En el terreno de las industrias de fideos instantáneos una inspección realizada encontró que este estaba contaminado por diferentes tamaños de gusano (longitud: 8, 11, 15, 22 mm; grosor: 2, 2, 2,5, 3 mm) y grillos (longitud: 35, 50 mm; espesor: 5,5, 7 mm) fue escrutado por imágenes de THz de onda continua (CW) en 0,2 THz y rayos X. Los pedazos de gusanos fueron invisibles con imágenes de rayos X mientras que todos los tamaños de gusanos y las piezas de grillo fueron detectables usando imágenes CW THz, lo que indica que un cuerpo extraño de baja densidad escondido en la comida las matrices podrían examinarse de forma más eficaz utilizando CW THz imágenes. (Chao-Hui & Chiko, 2020, p. 14)

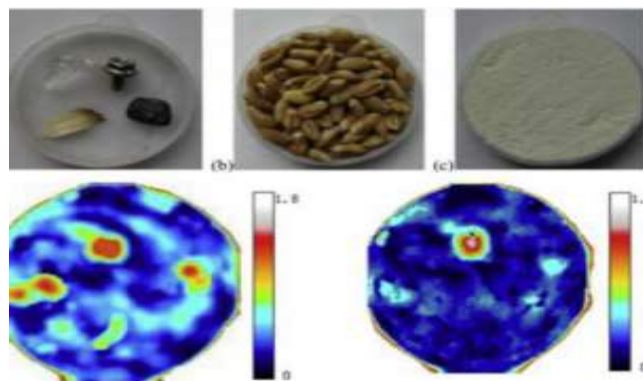


Figura 6. Fibroscopía en frecuencia 1,1 THz.

Fuente: Tomada de Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición por Chao-Hui & Chiko, 2020.

La integración de las tecnologías ópticas que puedan realizar un control de calidad y de seguridad rápida, no destructiva de las muestras que se sometan al proceso de evaluación como: seguridad alimentaria, calidad alimentaria y control de procesos industriales, es uno de los objetivos más predecibles para incorporar la llegada de la industria 4.0 al sector agroalimentario la cual se compromete a: trabajar en sincronía con proveedores y clientes, anticipar los problemas de seguridad alimentaria, atender al creciente número de consumidores conectados o reducir la producción derrochadora. (TechPress, 2017), la cual hace referencia a la cuarta revolución industrial que representa una nueva forma de integrar la tecnología en la sociedad, gracias a la automatización de procesos.

Muchas de las aplicaciones de la radiación en terahercios tiene que ver con el control de calidad, ya en 2008, un grupo de científicos demostró que era posible encontrar objetos dentro de unas barritas de chocolate. De este modo, era posible detectar antes de que hiciesen daño a los consumidores trozos de piedra, plástico o cristal que habrían superado la prueba del detector de metales que se aplica a estos productos de consumo para evitar que incluyan objetos peligrosos. (Mediavilla, 2018, p. 11)

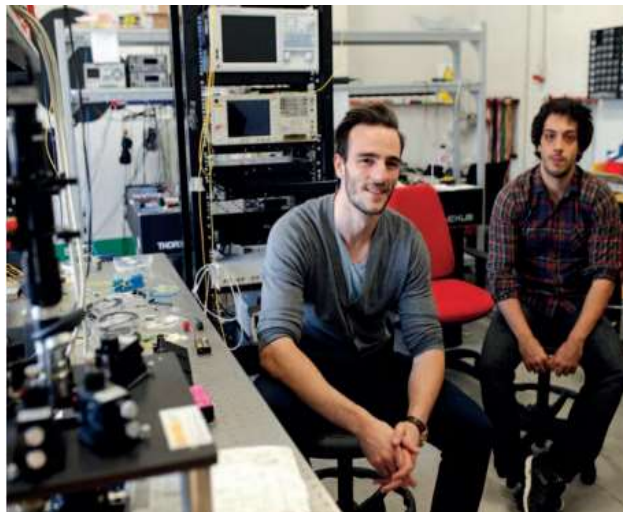


Figura 7. Investigadores THz, Rubén Criado y Jesús Palacio.

Fuente: Tomada de Alfa Revista de seguridad nuclear y protección radiológica por Mediavilla, 2018.

La mayoría de los materiales eléctricos no conductivos son transparentes a la radiación THz, es decir que sus ondas traspasan el objeto sometido a prueba, obteniendo información de su grosor, densidad y propiedades estructurales, permitiendo detectar materiales que sean diferentes al producto analizado.

En la actualidad para que se considere que un producto es integro, las empresas se ven obligadas a cumplir con al menos uno de los estándares de calidad impuestos por las leyes reguladoras de su país que garanticen una producción segura, según registro de la revista de las industrias alimentarias manifiesta:

“Hoy en día innumerables clientes, exigen a sus proveedores alimentos que se acojan a normas reconocidas como: HACCC (Hazard analysis and critical control points), IFS (International Food Standard), BRC (Brish Retail Consortium), o la más popular en estos momentos la ISO 22000” (Issuu, 2019, p. 43).

En Riobamba se realizó un estudio sobre los peligros y puntos críticos de control en la planta procesadora de quinua COPROBICH ubicada en el cantón de Colta donde la evaluación realizada arrojó datos por encima del 50% de acatamiento con las BPM (Buenas Prácticas de Manufactura), sin embargo, se registró incumplimientos en los envases donde no se aseguró que estos estén limpios de objetos extraños y desinfectados, incitando al tesista recomendar a la empresa un detector de metales para garantizar el proceso final de la producción. (Hernández Aynaguano, 2020), siendo así donde se refleja que para garantizar la inocuidad alimentaria es necesario cumplir en su totalidad con el estándar de calidad implementado, incorporando tecnologías que certifiquen que el alimento éste libre de sustancias que puedan ser dañinas para el consumidor.

Por consiguiente, Manobanda Zapata & Chicaiza Guanoluisa (2018) en su auditoría realizada en “Chocolates Monge”, indicó que la microempresa cumplía por encima del 50% con las respectivas normativas de salubridad en cuanto al envasado, etiquetado y empacado, sin embargo en su defecto conto con un porcentaje alto de aseguramiento y control de calidad que evitase la contaminación del producto, en la cual recomendó un sistema de detección de cuerpos extraños, ya que estos como se ha mencionado anteriormente son la segunda causa de muertes en todo el mundo, “4 de las 5 principales causas de muerte en Ecuador están asociadas con las ENT (enfermedades no transmisibles), que representan 31,11% del total de muertes en el país (Díaz, et al., 2017).

Es así que en busca de avalar la integridad de sus productos las grandes industrias de alimentos procesados en su mayoría incorporan tecnologías como: detector de metales o detector de objetos extraños al proceso de fabricación, para evitar la contaminación del alimento, es así que, varias investigaciones en el campo de imágenes THz mencionaron su efectividad en resolución de imágenes a comparación de tecnologías vecinas como: detector de metales y rayos x.

En América Latina, existen innumerables estudios sobre la implementación de las BPM (buenas prácticas de manufactura), las cuales la mayoría concluyen que es necesario implementar no solo un detector de metales sino también un detector de cuerpos extraños no deseados en el producto elaborado.

Por ahora en Ecuador hay empresas que ofrecen servicios a industrias de alimentos para el proceso del control de contaminación en la producción, una de ellas es **Coreptec S.A** la cual cuenta con detectores de metales (identifican contaminantes metálicos en el producto) y Sistemas de Inspección por Rayos X (identifican cuerpos extraños ajeno al producto), aunque la técnica en inspección de objetos extraños por rayos THz no es una tecnología madura como para ser comercializada a gran escala, el simple hecho que pueda resolver o cubrir funciones parecidas a los rayos x de manera inocua, es decir en un rango frecuencial no ionizante hace que las propiedades que esta tecnología puede ofrecer sea muy sugerente en un futuro.

2.2. Marco histórico

Desde que Maxwell en 1865 fundamento la teoría de las ondas electromagnéticas, comenzaron diversos experimentos haciendo uso del espectro electromagnético hasta nuestros días, la bobina de inducción de Hertz fue el primer invento conocido capaz de producir y detectar ondas electromagnéticas, posteriormente surgieron tecnologías en rangos superiores a los GHz, “rayos caloríficos” o infrarrojos, de Herschel en 1800, los “rayos químicos” o ultravioletas, de Johann Ritter en 1801, los rayos X de Wilhelm Conrad Roentgen en 1895, los rayos gamma de Paul Villard de 1900, que mostraron que era posible obtener un rango muy amplio y continuo de longitudes (y frecuencias) de ondas electromagnéticas (Universidad de Porto, 2016).

Por lo expuesto se considera que, “científicos identificaron dos grandes regiones del espectro electromagnético y las agruparon como la región electrónica y óptica. La primera de ellas comprende las ondas de radio, las microondas; mientras que la segunda abarca desde el infrarrojo hasta los rayos gamma” (Ruiz Santoyo & Romero Servín, 2019, p. 1). Sin embargo, en medio de ambas regiones se localiza una brecha o zona oscura que ha sido estudiada apenas a principios de 1900, denominada como la región de terahertz, es ahí donde:

A finales de los años 1800 Nichols y Tear notaron la presencia de una brecha en el espectro electromagnético, la cual fue publicada en 1923, a inicios del siglo XX investigadores de varias disciplinas (como, electrónica, óptica, física, entre otros) se han

dedicado a explorar la llamada “brecha THz/gap THz”, llamada así por estar comprendida entre el infrarrojo lejano y las microondas de más alta frecuencia. Una de las investigaciones publicadas en la revista del instituto español de estudios estratégico (IEEE) afirma que:

La definición del rango de frecuencia de una onda de Tera hercios varía en la literatura. Algunos se refieren al Tera hercios como el espectro entre 300 GHz ($\lambda = 1$ mm) y 3 THz ($\lambda = 0,1$ mm) para distinguirlo de su contraparte de onda milimétrica (30-300 GHz). Otros adoptan un patrón decimal y un rango de frecuencia poco definido de 100 GHz a 10 THz. Según esta última definición, probablemente el primer intento documentado para alcanzar la frecuencia de Tera hercios se publicó en un artículo en Physical Review en 1923. (Ruonan Han, et al., 2019, p. 1)

La tecnología THz ha tenido participación en varios campos desde su origen aplicativo en 1960 con sus primeras fuentes y detectores como en: astronomía, biología, medicina e industria demostrando resultados favorables. Fedir Sizov (2019) manifestó: “Históricamente las tecnologías THz se utilizaron principalmente dentro de la comunidad astronómica para estudiar el trasfondo de la radiación cósmica del infrarrojo lejano” (p. 68).

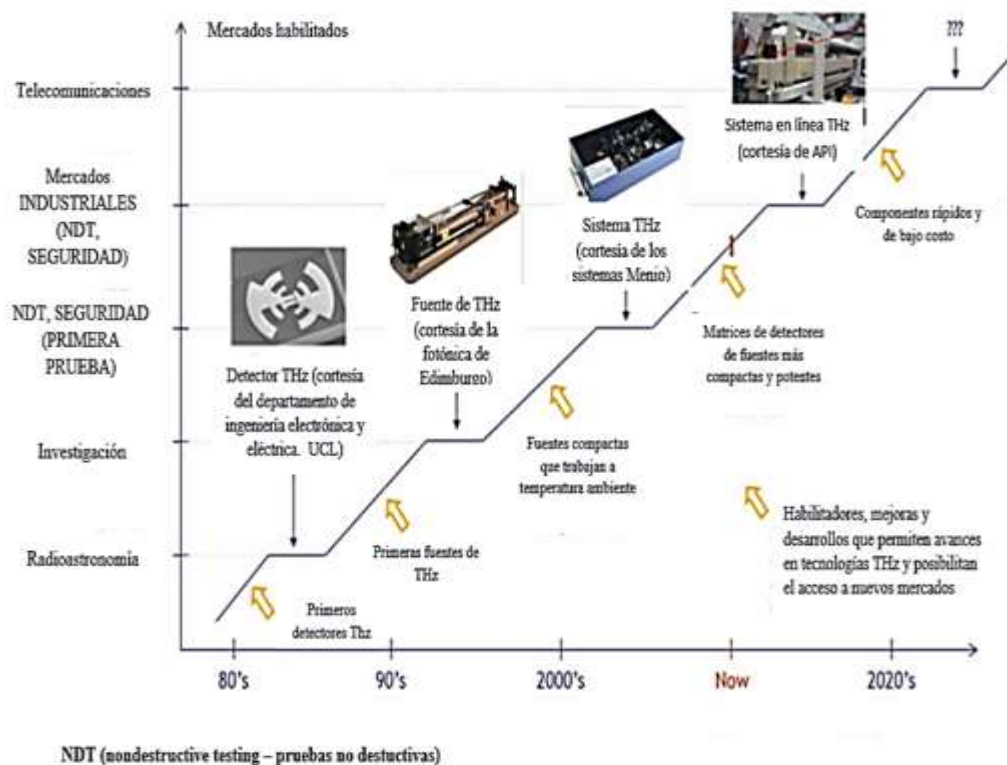


Figura 8. Componentes para sistemas terahercios.

Fuente: tomada de Market & Technology Report, 2017.

A partir de ello el estudio en su frecuencia fue en auge, siendo así que en 1995 la espectroscopía THz se convirtió en un tema de gran interés que aún se mantiene, en el 2002 Agencia Espacial Europea (ESA) en el laboratorio Rutherford Appleton produjo la primera imagen THz pasiva (detector THz altamente sensible para recibir la señal emitida por un objeto), en el 2004 la empresa ThruVision demostró la primera cámara THz compacta del mundo para aplicaciones de control de seguridad (Prabira, Sethy, & Ranjan, 2015). Existiendo actualmente empresas tecnológicas especializadas en el control de calidad y seguridad que desarrollan tecnología THz, por citar algunas entre ellas, El Instituto Nacional de Óptica, TeraView, Thruvision, entre otras

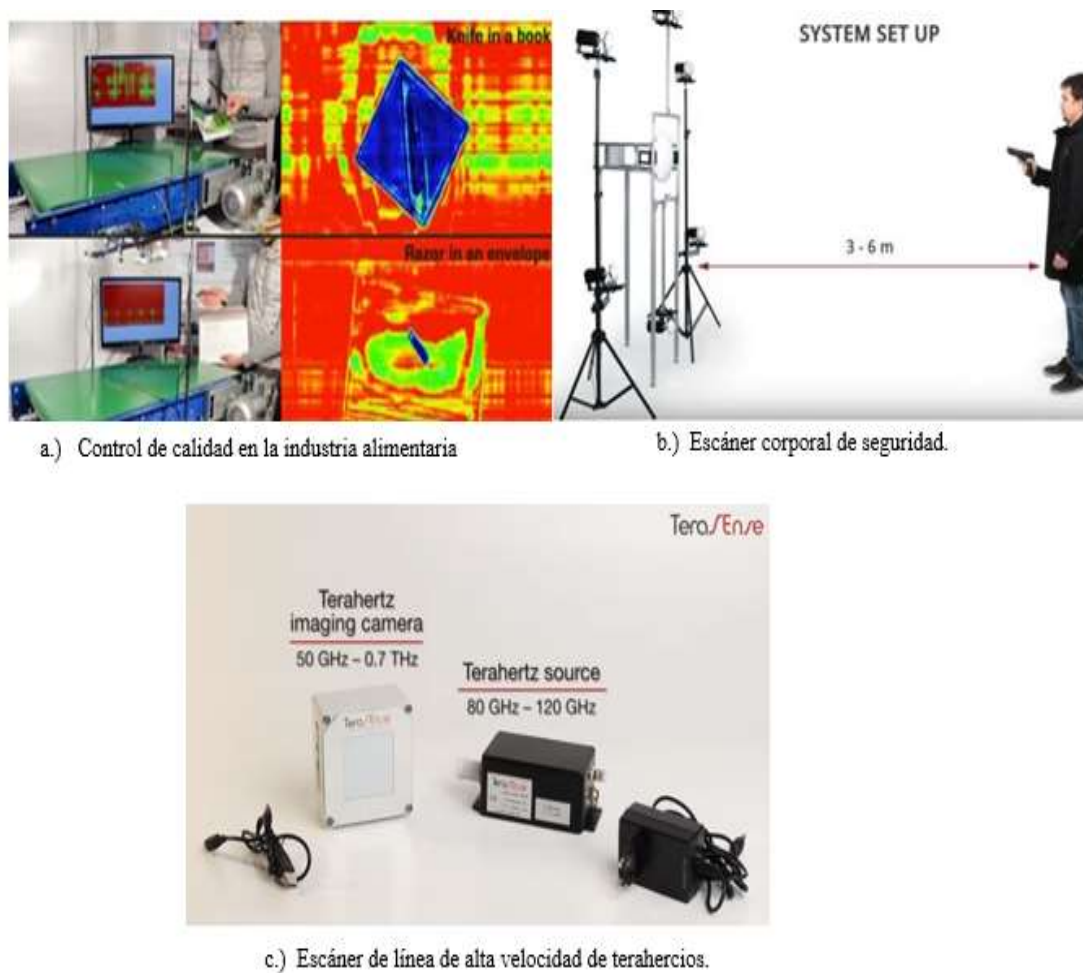


Figura 9. Cámaras de imágenes de terahercios.

Fuente: Tomada de TeraSense, 2018.

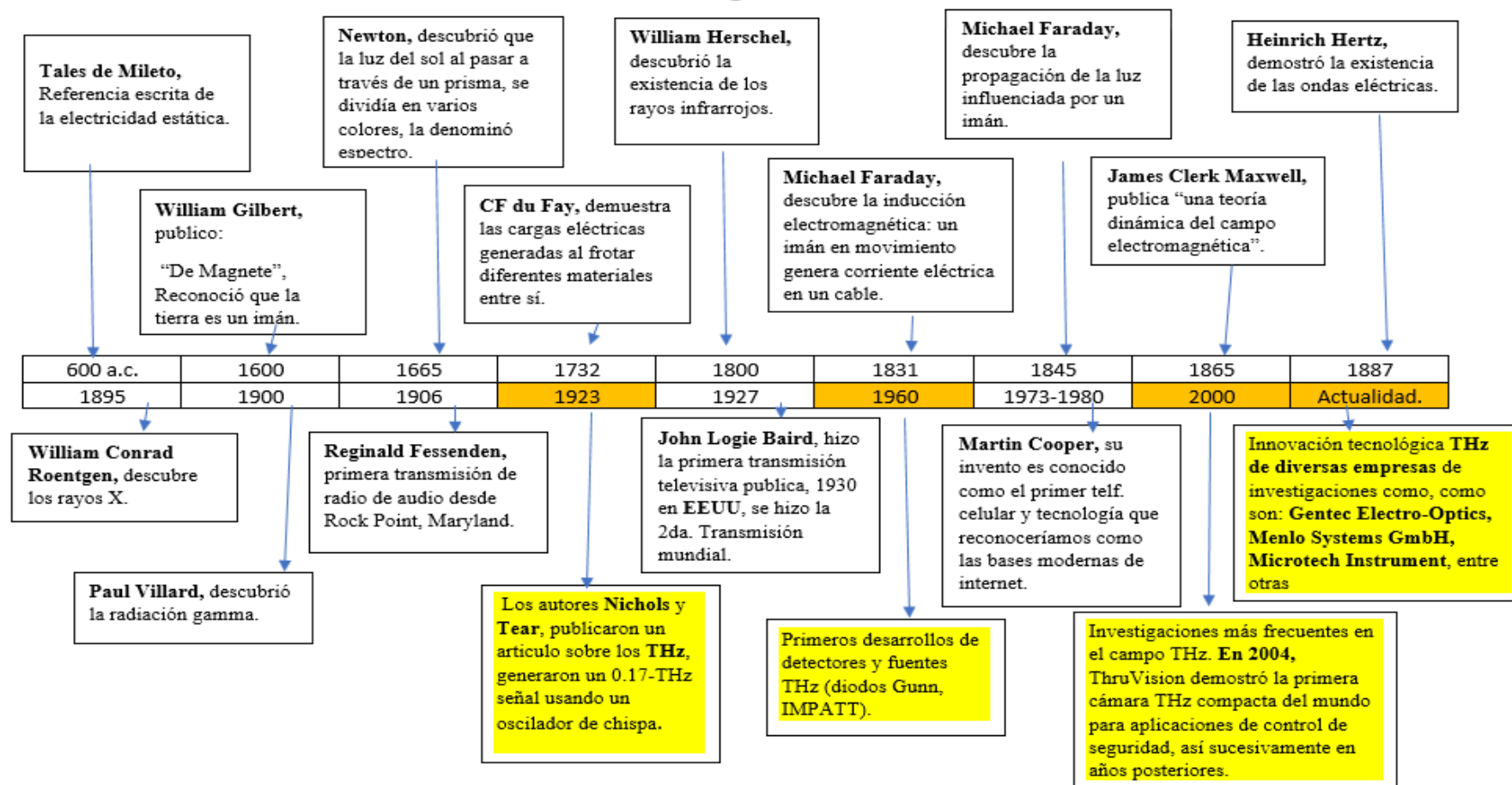


Figura 10. Cronología del electromagnetismo y la integración del gap THz.

Fuente: Adaptado de New England Wireless & Steam Museum, 2016.

2.3. Marco teórico

2.3.1. Brecha THz (Gap THz).

Al conjunto de radiaciones electromagnéticas se las conoce como espectro electromagnético, las cuales se dividen en 7 secciones, la forma de propagación y comportamiento de una onda electromagnética varía de acuerdo a su frecuencia o longitud de onda, por esta razón se divide en secciones ordenadas, en un extremo las ondas largas con frecuencias bajas (no ionizantes) y en el otro las ondas las ondas cortas con mayor frecuencia (ionizantes).

Sin embargo, se denomina brecha THz a la frecuencia que se encuentra intercalada entre el infrarrojo y las microondas, por esta razón ha recibido varios nombres como: onda submilimétrica, infrarroja lejana y casi milimétrica. La radiación de Terahercios ocupa el rango de 100 GHz a 10 THz (describiéndola de forma literaria) del espectro electromagnético, correspondiente a longitudes de onda de 3mm a 30 μ m y energías de fotones 0.41356845 meV a 41.35684 meV, radiación que no posee suficiente energía para arrancar electrones de un átomo (es decir producir ionización). Luis Roso (2016) en su entrevista realizada en el centro especializado de Láseres Pulsados (CLPU) en Salamanca, afirma como radiación electromagnética ionizante cuya longitud de onda permanece constante por debajo de 100 nanómetro, es decir, para energías de fotones superiores a 12,4 electrovoltios, los cuales son capaces arrancar un electrones de los átomos con los que interaccionan.

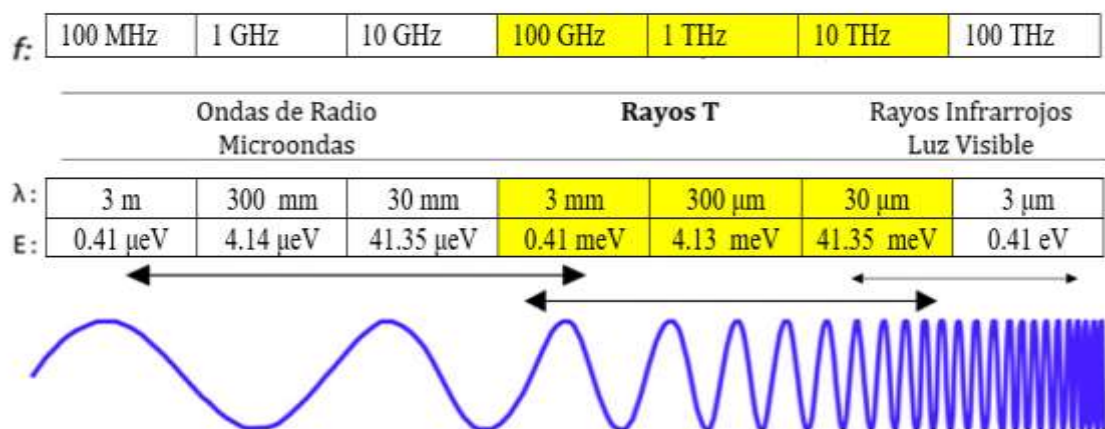


Figura 11. THz en el espectro electromagnético.

Fuente: Adaptado de Trabajos TIC, 2016.

2.3.2. Aplicaciones de la tecnología en imágenes THz.

Desde el descubrimiento de la fotografía a mediados de la década de 1820, la tecnología de imágenes se ha movido mucho más allá del rango de longitud de onda visible, como, las técnicas de imagen en los radares que emplean longitudes de onda de varios metros, a las longitudes de onda subatómicas (capaces de sondear dentro de un objeto). Sin embargo en los últimos años el campo de la tecnología de imágenes de Terahercios se ha convertido en una área de interés, debido a sus diversas ventajas, las ondas “T” no son ionizantes ni invasivas y, por lo tanto, no tienen ningún riesgo para la vida de los organismos, también pueden proporcionar imágenes comparables a las imágenes de rayos X (Biswas, Banerjee, Acharyya, Inokawa, & Jintendra Nath Roy, 2020), llevando a esta a un vasto campo aplicativo a desarrollarse, como se detalla en el siguiente mapa conceptual.

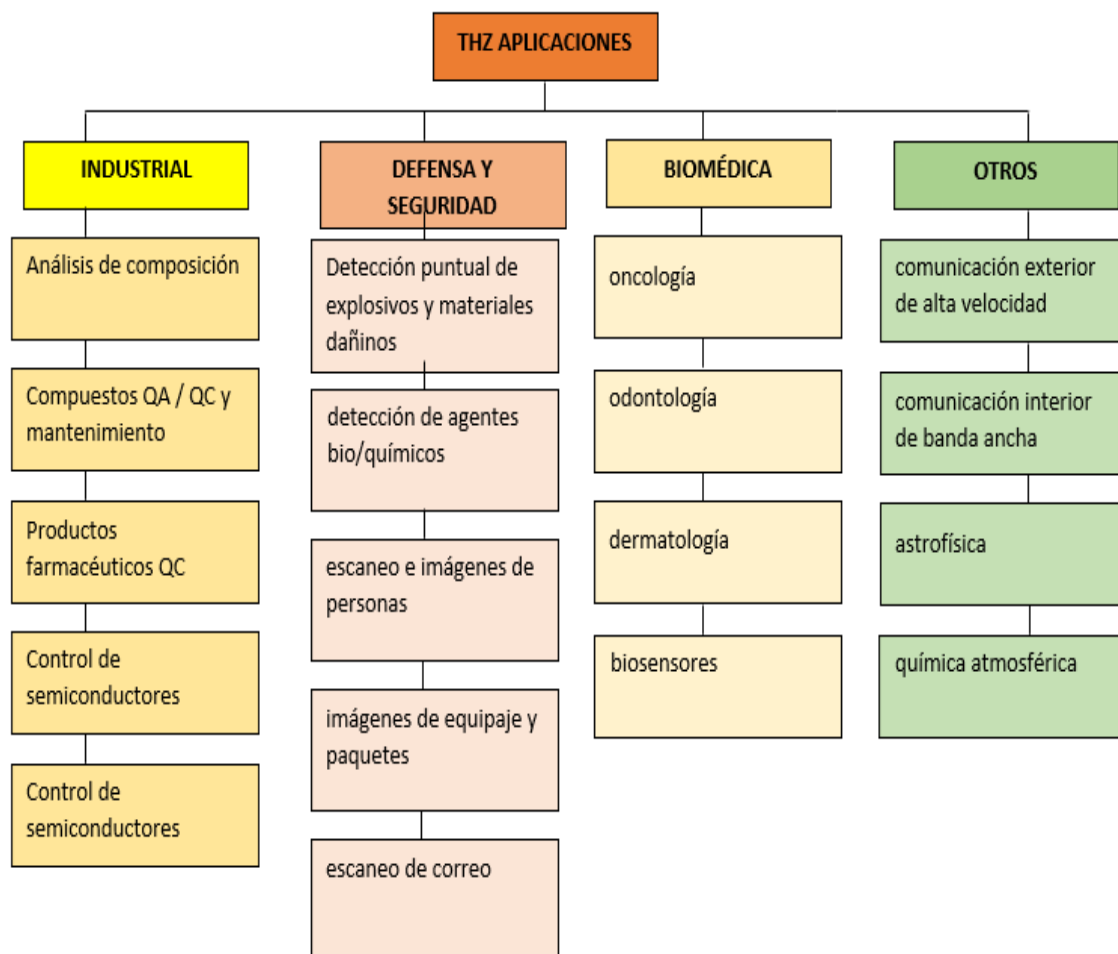


Figura 12. Aplicación tecnológica THz en diversos campos industriales.

Fuente: Tomada de *Tematys exploration of photonics markets* por Thierry Robin, 2016.

Esto se debe a la longitud de onda que caracteriza al rango THz, que se encuentran intercaladas en dos regiones del espectro y comparte ciertas características, tanto de la luz infrarroja, permitiendo ver a través de objetos opacos con un alto grado de sensibilidad, y por otro lado, la radiación microondas, la cual no es ionizante (no llevan suficiente energía fotónica para ionizar (eliminar electrones) Átomos o moléculas) y pueden penetrar varios materiales no conductores como prendas de vestir, cuero, papel, cartón, madera, plástico, cerámica, entre otros.

2.3.3. Modos de radiación de imágenes THz.

Los sistemas ópticos de imágenes THz se dividen en modo: activo y pasivo, los cuales constan de diferentes técnicas y principios, El sistema de imagen activo detecta la radiación de THz reflejada desde el objeto, mientras que el sistema de imágenes pasivos recibe sólo radiación térmica THz del objeto (Dolganova, Zaytsev, Metelkina, & Yurchenko, 2016).

Como resultado, los sistemas activos tienen como característica principal un cierto tipo de fuente para iluminar el objeto, y un detector para recibir la señal reflejada desde la superficie del objeto para obtener la imagen THz, mientras que los sistemas pasivos detectan radiación natural que emite un objeto o la radiación de THz de los alrededores de este que puede ser dispersada o reflejada convirtiendo así los datos captados en una imagen electrónica THz.

Por consiguiente, la emisión, manipulación y detección de radiación de Tera hercios se ha desarrollado rápidamente, estos avances han promovido la generación de imágenes THz para aplicaciones prácticas, según el tipo de fuente, estas pueden ser separadas en dos categorías: imágenes pulsadas de Tera hercios y Tera hercios de onda continua (CW-THz) (Chen Wang, et al., 2018).

Es decir, según el modo de generación de la fuente THz a emplear, las imágenes T pulsadas pertenecen a un grupo caracterizado por láseres de femtosegundo, y las imágenes T basadas en onda continua(cw) eliminarían el láser femtosegundo (necesarias para el método pulsado).

2.4. Marco Conceptual.

2.4.1. Tecnología en imágenes de ensayos no destructivos.

Los ensayos no destructivos (END), son técnicas que se realizan en objetos que impiden que estas cambien sus propiedades físicas, dimensionales o químicas, existen diferentes métodos de pruebas no destructivas, las cuales dependiendo su aplicación y profundidad a inspeccionar ya seas superficial (técnicas que comprueban la integridad externa) o volumétrica (técnicas que comprueban la integridad internas que no son visibles en superficie), tomaran diferentes técnicas que proporcionaran información sobre discontinuidades superficiales, internas y subterráneas (Ferrer-Dalmau, 2019).

2.4.2. Técnicas de imágenes de inspección volumétrica actuales.

Las inspecciones volumétricas pertenecientes a los ensayos no destructivos son un tipo de técnicas cuya aplicación permite conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza (Araujo González, 2017). Tal es el caso de que en la actualidad este tipo de tecnología es comúnmente utilizada en varios campos aplicativos, el cual se hará referencia en el sector industrial, entre las más conocidas se mencionan:

Radiografía (RT) industrial: desde el hallazgo de las propiedades que la radiografía ofrece descubierto en 1895 por mencionar los rayos X, se lo ha empleado tanto en el campo de la medicina como en el sector industrial en el muestreo microestructural o chequeo interno a través de materiales oscuros, es así como el repositorio de revistas de Costa Rica en uno de sus artículos menciona:

La radiografía industrial es uno de los métodos más utilizados en el control no destructivo de diferentes procesos de fabricación de piezas o componentes industriales. Este se basa en la interacción de ondas electromagnéticas de alta energía (rayos X o gamma) con la materia. Esta radiación de alto poder de penetración puede originarse en un equipo eléctrico o en un radioisótopo, tiene la capacidad de atravesar el material y dejar una impresión del objeto estudiado. La gran ventaja de este método en comparación con otros, radica en la posibilidad de dejar un registro permanente o imagen real de la pieza u objeto analizado, pudiéndose observar cualquier anomalía o

discontinuidad presente y permitiendo guardar dicha imagen para estudios posteriores. (Chaverri Quirós & Conejo Solís, 2017, p. 120)

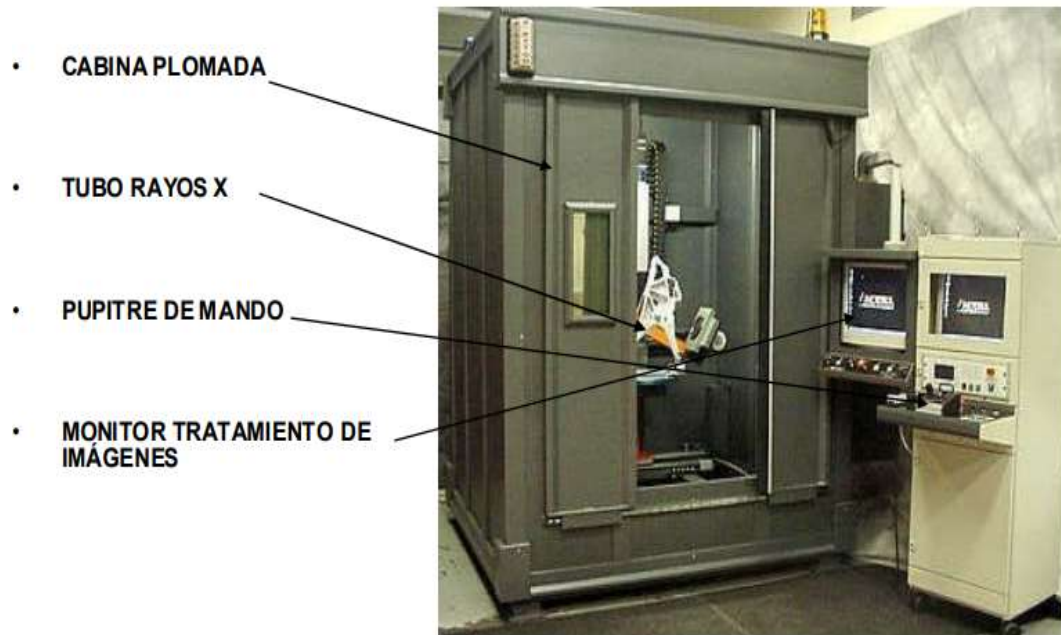


Figura 13. Cabina de radiografía fija con intensificador de imágenes.

Fuente: Tomada del consejo de seguridad nuclear, 2016.

Ultrasonido (UT) Industrial: la técnica de ultrasonido industrial se lo utiliza más para dar un mantenimiento preventivo a las maquinas que se emplean en el proceso de fabricación, esta es aplicada para medir la continuidad del objeto sometido a prueba, en la que verifica los puntos de fugas que suelen presentar con el desgaste de la maquinaria, haciendo que esta afecte a la producción.

Por tal motivo, el ultrasonido tiene como objetivo la detección de discontinuidades internas, en materiales metálicos y no metálicos. Es un método de inspección volumétrico. Sé basa en la emisión por parte de un transductor (palpador) de un haz, o un conjunto de ondas sonoras de alta frecuencia (mayor que la capacidad audible del oído humano) (20 Hz – 20 KHz). El método de ultrasonido también es utilizado para detectar defectos superficiales, y para definir características de la superficie del material, como medida de corrosión, y medida del espesor. Aunque con menor aplicación, adicionalmente son capaces de darnos información del tamaño de grano, estructura, y constantes elásticas de los materiales por los que se propaga (Solé & Onecha, 2017).



Figura 14. Sistema de inspección ultrasónica.

Fuente: Tomada del centro de ingeniería de integridad y corrosión por Minchola Guillermo, 2015.

Emisión acústica (AE) Industrial: la calidad del producto son una de las demandas que el consumidor exige al empresario, en las que no solo el control es aplicado al producto a procesar sino también a las maquinarias que se utilizan para su elaboración, como inspección geométrica, dimensional y de fugas, para la prevención y deterioro de las máquinas de proceso y almacenamiento, siendo la emisión acústica una de las técnicas empleadas para identificar los puntos críticos del material que se somete a prueba.

Las emisiones acústicas son una faceta de la vibración, a frecuencias mucho más altas que las monitoreadas por técnicas tradicionales de medición de vibraciones; frecuencias muy por encima 20 KHz. Esta técnica busca señales de alta frecuencia de grietas o impactos., en lugar de movimiento repetitivo sincrónico de vibración. Es una técnica puramente pasiva, a diferencia de la inspección ultrasónica, en el que el ultrasonido se transmite y detecta a través de objetos (Engenharia e Sistemas Ibericos [DMC], 2020).

Termografía (END) Industrial: una de las tecnologías de control no destructivo basadas en la inspección de superficies y volúmenes es la termografía industrial, que se encarga de posicionar componentes específicos, es decir, cuando hay componentes conectados de diferentes materiales y la inspección visual se vuelve complicada. De acuerdo a las normas ISO 18434-1 (2008) citado por Aldana Rodríguez & Muñoz Rodríguez (2017) indica:

Este método de inspección es de no contacto y no destructivo, generalmente empleado para el diagnóstico de sistemas o procesos productivos; con él podemos obtener la distribución térmica sobre todos los componentes sistema y determinar la temperatura

presente en cada punto de la superficie en forma instantánea y representada como una foto. (p. 13)

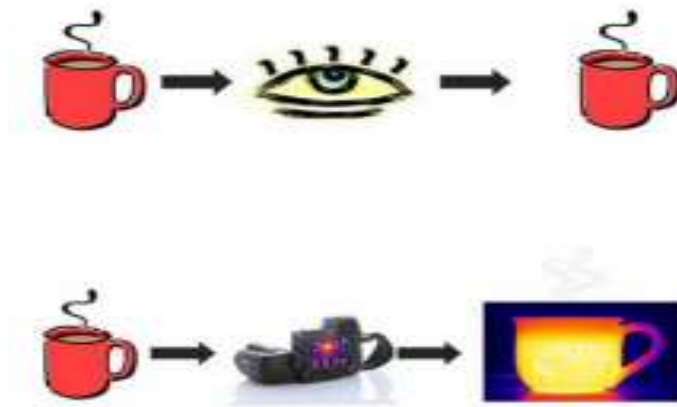


Figura 15. Analogía de la radiación infrarroja.

Fuente: Tomada del programa de ingeniería aeronáutica por Rodríguez & Muñoz, 2017.

2.4.3. Técnicas de imagen de inspección volumétrica THz.

En la actualidad, existen dos sistemas de control de visión artificial de uso común para la radiación de Tera hercios: espectroscopia THz e imágenes THz en CW, la mayoría de los compuestos muestran espectros de absorción dependientes de la frecuencia muy específicos en la región THz (Hu y Nuss, 1995) y las sustancias químicas en los alimentos pueden detectarse y cuantificarse basándose en sus huellas dactilares de THz-TDS, la detección de toxinas, antibióticos, aditivos y compuestos nocivos son algunas de las aplicaciones importantes de la tecnología de Tera hercios en la industria alimentaria (Afsah-Hejri, Hajeb, Ara, & Ehsani, 2019).

De manera similar, como se mencionó anteriormente, la radiación de Tera hercios penetra fácilmente materiales como plástico, cartón y materiales de empaque comunes, ya que estas interactúan muy débilmente con las ondas de Tera hercios. Esto significa que se pueden usar Tera hercios para verificar fácilmente el contenido de cuerpos oscuros, y la espectroscopia de Tera hercios se puede usar para evaluar el contenido micro orgánicos de los alimentos. Las aplicaciones de la espectroscopia y las imágenes THz en el control de procesados de alimentos se muestran en la posterior tabla.

Tabla 2.

Inspección mediante técnicas THz en alimentos procesados.

PRODUCTO SOMETIDO A PRUEBA	RANGO DE THZ/MODO	APLICACIÓN	RESULTADOS	REFERENCIA
Cúrcuma molida	2 a 10 THZ THZ-TDS	Detección de adulteración	Se encontraron mezcla de polvo de cúrcuma y polvo de pasta amarilla, se tomó las muestras puras y adulteradas las cuales mostraron un espectro completamente diferente.	Nallappan y col. (2013).
Frescura de la carne	0,2 a 1,5 THZ THZ-TDS	Inspección de alimentos y el control de calidad	La técnica THz-TDS se utilizó como método rápido y no destructivo para la detección de carne en conserva y carne en mal estado, en la cual se reflejó la descomposición del material tisular y la reducción del contenido de agua.	Huang y col. (2015).
Residuos nocivos en la miel	0,5 a 6 THZ THZ-TDS	Detección de compuestos tóxicos y nocivos	Se detectaron mezclas de antibióticos como (Amitraz, sulfapiridina, sulfatiazol) e insecticidas en la miel.	Massaouti y col. (2013).
Insectos en la harina de fideos	0,2 THZ CW	Detección de cuerpos extraños	Fue posible identificar objetos orgánicos blandos dentro de las muestras de alimentos, como cuerpos extraños de baja densidad (grillo y trozos de gusanos) las cuales se detectaron claramente con la técnica CW-THz.	Lee y col. (2012).
Evaluación de la calidad de la nuez	0 a 2 THZ THZ-TDS	Inspección de alimentos y el control de calidad	Se detectaron insectos vivos y muertos en diferentes partes de la nuez, tales como insectos de nuez (gorgojo), su espesor demostró: 1 a 3 mm de ancho: 1 cm a 2 cm de largo.	Li y col. (2010).
Productos lácteos adulterados con grasa en polvo	0,1 a 1,5 THZ THZ-TDS	Detección de adulteración	Se realizó un experimento con leche descremada y semidescremada la cual demostró una concentración de grasa en polvo del 50% y efectivamente fue detectado con un 88, 62 % de efectividad.	Liu (2017).
Barras de chocolate	50 GHZ Y 2,5 THZ THZ-TDS	Detección de cuerpos extraños	Se detectaron pequeñas piedras, astillas de vidrio y tornillos de metal.	Jördens y col. (2006).

Fuente: Adaptada de Journal Food Science and Food Safety , 2019.

2.4.4. Clasificación de los sistemas de imágenes THz.

Los sistemas de imágenes THz se pueden clasificar en:

Sistema pulsadas de Tera hercios: la radiación pulsada de Tera hercios se genera con láseres de femtosegundo en una configuración típica en el dominio del tiempo, el pulso láser se divide en dos; una parte viaja al emisor de Tera hercios y la otra parte después de interactuar con una muestra viaja al detector.

Las señales pulsadas son ondulatoriamente limitadas en el tiempo y cubren un amplio intervalo en el dominio de la frecuencia, inversamente proporcional a la anchura del pulso en el tiempo, Los sistemas pulsados se asocian con la espectroscopía en el dominio del tiempo (TDS). (Pintor Buyo, 2018, p. 9)

Los sistemas pulsados generan señales de banda ancha que es adecuada para espectroscopía, el método fotoconductor y el método de rectificación óptica se utilizan comúnmente para generar pulsos THz en los sistemas THz-TDS.

Zhang en colaboración con el artículo sobre imágenes THz (2020) menciona que el método fotoconductor utiliza materiales de alta velocidad como fuente de corriente transitoria para generar radiación THz mediante un láser de zafiro Ti autobloqueado. El método de rectificación óptica utiliza el proceso inverso del efecto electroóptico de ZnTe o LiTaO_3 para generar pulsos de THz, y la potencia de la radiación está relacionada con la potencia de la radiación incidente y la eficiencia de conversión de energía.

Para detectar formas de onda de THz mediante el sistema de pulsos en el dominio del tiempo, se adoptan comúnmente tanto el método de muestreo electro-óptico como la tecnología de antena fotoconductor. El método de muestreo electro-óptico tiene un ancho de banda de detección amplio, por lo que es adecuado para imágenes de campo completo. El receptor fotoconductor, utilizando el método de detección de escaneo de retardo coherente, puede obtener la potencia en tiempo real de la forma de onda THz. Este método puede mejorar la relación señal-ruido (SNR) del sistema, pero las estructuras de los sistemas pulsados son complejas (Zhang, et al., 2020).

Generalmente, la espectroscopia en el dominio del tiempo (THz-TDS), es un pulso fundamental en el método de imagen THz, ya que sobre ellas se han desarrollado otros métodos de obtención de imágenes como las imágenes de Tera hercios en tiempo real y las imágenes de campo cercano de Tera hercios (Chen Wang, et al., 2018).

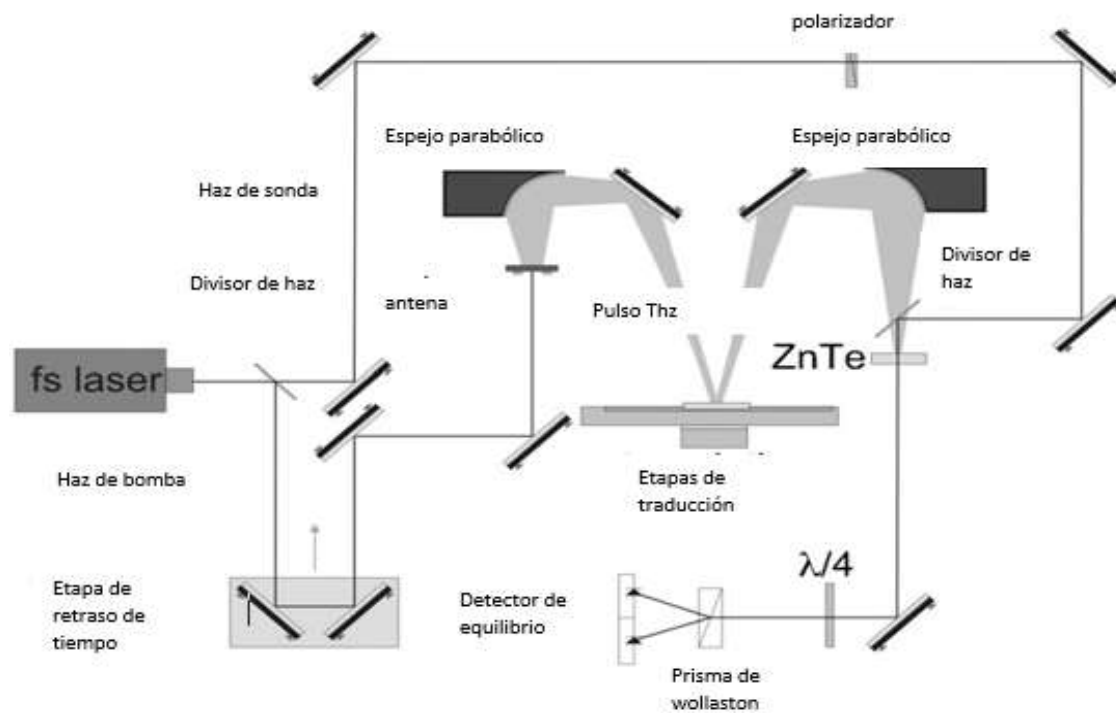


Figura 16. Sistemas pulsados de terahertz.

Fuente: Tomada de semiconductor Science and technology por Karpowicz, 2005.

Es decir, el tiempo de respuesta en este sistema es de milisegundos a minutos, dependiendo del número de muestras, como ya se ha mencionado cuenta con un mayor ancho de banda, pero con una resolución no tan buena como el sistema CW, el pulso de banda ancha detectado se puede analizar utilizando la transformada rápida de Fourier para obtener el espectro de la señal, estas proporcionan información útil que no es accesible en un sistema CW, toda esta información se registra con una medición de un detector y se puede reprocesar para encontrar con precisión la información requerida para cada aplicación, pero son relativamente más complejos y costosos, requiriendo un procesamiento más avanzado para ser utilizados por completo.

Sistemas de onda continua (CW): un estudio de Zhang, et al. (2020) menciona las fuentes THz CW producen una señal de banda estrecha que generalmente se genera mediante técnicas de fotomezcla (es decir fotodetectores con otros componentes electrónicos) o láseres de cascada cuántica (QCL) enfriados criogénicamente, proporcionan datos de intensidad y estos simplemente se almacenan en una matriz, que se puede convertir directamente en una imagen de trama, Las fuentes CW THz incluyen láseres de gas THz

bombeados ópticamente, osciladores de onda inversa, láseres de cascada cuántica (QCL) y diodos Gunn.

El detector se puede dividir en escaneo de puntos y detección de matriz de área de acuerdo con el principio de funcionamiento. El primero incluye el diodo Schottky y la celda Golay, y el segundo incluye matrices de microbolómetros (tipo específico de bolómetro usado como detector en cámaras térmicas) y cámaras piroeléctricas (utilizadas en sensores infrarrojos). En consecuencia, la tecnología de imágenes CW THz incluye principalmente imágenes de escaneo de un solo punto CW THz, imágenes de campo completo e imágenes tridimensionales CW THz. (Zhang, et al., 2020).

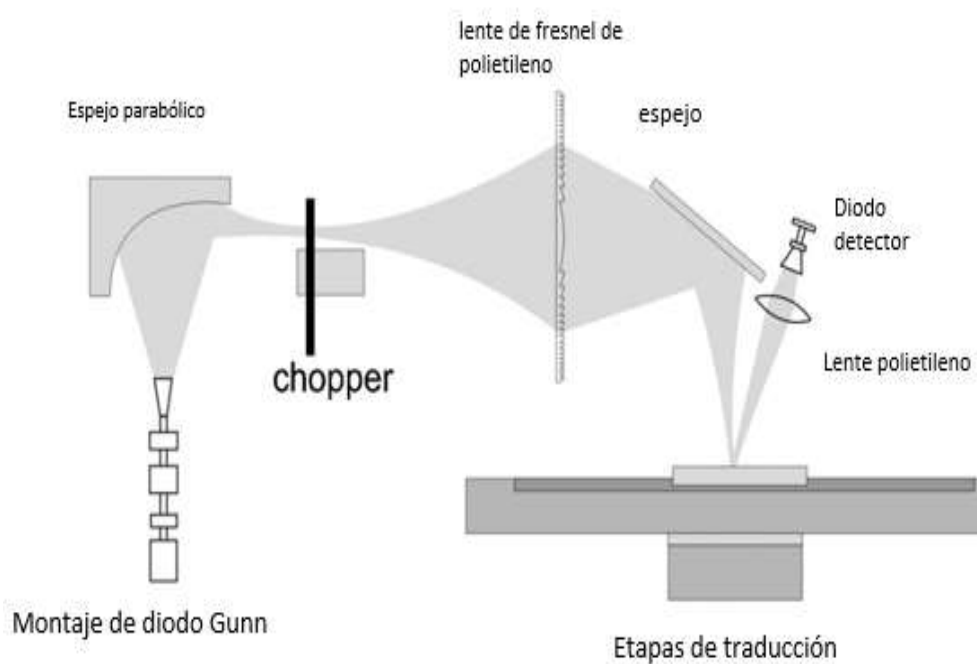


Figura 17. Sistemas mediante onda continua THz.

Fuente: Tomada de semiconductor Science and Technology por Karpowicz, 2005.

La radiación de Tera hercios de onda continua (cw) se obtiene mediante la denominada heterodinación óptica (técnica que consiste cuando dos ondas ópticas de diferentes longitudes inciden en un fotodetector) en semiconductores de gran ancho de banda, la salida de dos láseres de cw se convierte en radiación de Tera hercios, exactamente a la frecuencia de diferencia de los dos láseres, las señales son generadas en el dominio de la frecuencia. (Figueras Mateo, 2018, p. 14).

Este sistema, tiene resultados de potencia de salida superior a la de las fuentes de pulsos THz con un tiempo de respuesta de minutos a horas, dependiendo de la resolución y el tiempo de reloj, la geometría de los sistemas de imágenes CW THz es compacta y en tiempo real sin elementos de detección óptica.

2.4.5. Fuentes más comunes para la generación de imágenes THz.

Las técnicas que se actualmente se usan para generar radiación THz incluyen:

Tabla 3.

Métodos de generación de imágenes THz

Ondas continuas (CW) THz:	Ondas pulsadas THz
✓ Mezcla fotónica	✓ Excitación fotónica de impulso ultracorto
✓ Electrónica de estado sólido	✓ Óptica no lineal
✓ Tubo electrónico	✓ Óptica no lineal
✓ Generador laser	✓ Excitación fotónica de impulso ultracorto

Elaboración: El autor.

Mezcla fotónica: al introducir dos longitudes de onda de luz láser en un dispositivo fotoconductor o fotodiodo, se puede realizar la conversión fotoeléctrica mediante la mezcla de fotones para generar una onda THz. Usando un fotodiodo con portador progresivo (UTC-PD) con características de alta velocidad y alta intensidad de salida, se puede generar luz con una frecuencia superior a 1 THz (Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, 2016).

Electrónica de estado sólido: tradicionalmente se ha desarrollado mediante dispositivos de microondas y de ondas milimétricas, Se basan en osciladores de diodos diseñados a frecuencias de microondas, por lo que Puede funcionar a una frecuencia más alta.

Entre varios diodos, es posible mencionar: Diodo Gunn, diodo de tiempo de tránsito de avalancha con capacidad de ionización Impacto (IMPATT), diodo de tiempo de recorrido de túnel de inyección (TUNNET) y diodo de túnel Resonancia (RTD); este último es más efectivo para generar directamente señales de THz entre 1-2 THz, donde el voltaje

disminuye a medida que aumenta la corriente Aumenta, lo que hace que el diodo resuene y produzca ondas en la región de Tera hercios (Pintor Buyo, 2018).

Es así como en su investigación de grado Buyo (2018) indica que este genera ondas de THz mediante la multiplicación de frecuencia con una fuente de microondas (BWO, IMPATT, o diodos Gunn), se lleva a cabo normalmente mediante diodos Schottky de barrera (SBD), ya que son los mejores multiplicadores electrónicos a altas frecuencias, proporcionando buenos resultados, dispositivos electrónicos en el rango de los microondas para generar ondas THz a través de multiplicadores de frecuencia electrónica.

Tubo electrónico: se pueden dividir en dos grupos: no relativistas, que constan: fuentes Smith Purcell, osciladores de onda regresiva (BWO) y girotrones(fuente para radiación microonda), en el segundo grupo se encuentran fuentes relativistas, que incluyen sincrotrones y los FEL (láseres de electrones libres), ambos usan un haz de electrones acelerados a velocidades cercanas a las de la luz, que se propagan en el vacío a través de un fuerte campo magnético que varía espacialmente, haciendo que los electrones oscilen y emitan fotones, por razones de espacio, los más ampliamente utilizados como fuente son los SmithPurcell y los BWO (Pintor Buyo, 2018).

Generador laser: el láser de cascada cuántica (QCL) tiene una estructura de materiales en capas semiconductores con barreras de energía de diferentes alturas, del orden de nanómetros el grosor de la oscilación del láser se logra mediante la transición entre las sub-bandas, a pesar de que inicialmente el ancho de línea era muy estrecho y en realidad se limitaba a baja temperatura (la temperatura máxima de trabajo de la excitación del pulso es 200K) la potencia de salida resulta igual a frecuencias superiores a 1 THz que es relativamente grande (Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, 2016).

las fuentes de onda continua (CW) basadas en láseres de cascada cuántica ahora pueden generar hasta 1 W de potencia a 3,4 THz. Sin embargo, estas fuentes también requieren enfriamiento. y su funcionamiento está limitado a frecuencias superiores a 2 THz. (Hillger, Grzyb, Jain, & Pfeiffer, 2019, p. 2)

Excitación fotónica de impulso ultracorto: actualmente es el método más utilizado para generar pulsos en THz. Al excitar con fotones un cristal no lineal (NLC), una antena fotoconductor (PCA), semiconductores y superconductores, etc., usando láseres de pulso ultracorto con una duración de aproximadamente un femtosegundo se pueden conseguir modulaciones de corriente fotoconductoras en los semiconductores inferiores al picosegundo y se puede generar un impulso óptico en THz de banda ancha utilizando

polarización no lineal secundaria (rectificación de la luz) mediante medios no lineales no resonantes, este método es ampliamente utilizado en espectroscopía de Tera hercios en el dominio del tiempo (THz-TDS) (Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, 2016).

Las antenas fotoconductoras (PCA) en semiconductores están hechas de materiales semiconductores con bandas metálicas (electrodos) en su superficie. Cuando se exponen a luz con una energía de fotón suficiente para superar la barrera del gap, la región activa de la antena fotoconductora cambia su conductividad eléctrica debido a los pares de huecos electrónicos generados ópticamente bajo la superficie. Los portadores de carga libres se aceleran mediante el campo electrostático creado por los electrodos, generando una corriente temporal de rápida variación en el tiempo que emite ondas electromagnéticas. Los materiales más utilizados para antenas fotoconductoras en THz son silicio sobre zafiro, InAs, InP, ZnTe y GaAs desarrollado a bajas temperaturas. (Pintor Buyo, 2018, p. 23)

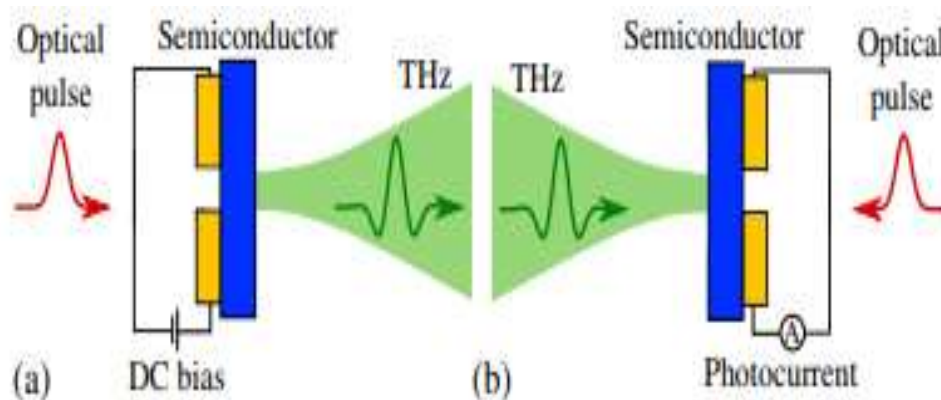


Figura 18. Esquema del funcionamiento de la antena fotoconductora.

Fuente: Tomada del libro *optics and photonics* por Guerboukha, Nallappan, & Skorobogatiy, 2018.

Para generar y detectar pulsos THz se utiliza una antena fotoconductora (PCA), la cual esta echa de dos electrodos metálicos depositados sobre un semiconductor, mediante un pulso laser ultrarrápido la cual debe ser en subpicosegundos se logra crear portadores fotoexcitados lo cual generan un impulso óptico THz, este es uno más de los métodos principales que se utiliza en la espectroscopia THz.

Se debe tener en cuenta que varía dependiendo la estructura, el tipo de cristal a utilizar y la longitud de onda de excitación del láser, como se mencionó anteriormente se suele utilizar InAs, InP, ZnTe y GaAs, esta es una fuente basada más en el tipo de fotoconductores semiconductor a emplearse.

Óptica no lineal: este método de generación se divide en generación de parámetros y generación de frecuencia diferencia (DFG). La generación de parámetros implica el uso Polaritones de fotones dentro de cristales no lineales como LiNbO_3 , se caracteriza por funcionamiento a temperatura ambiente por consiguiente la generación por frecuencia diferencia (DFG) aprovecha el efecto óptico no lineal secundario de los cristales no lineales (Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, 2016).

La rectificación óptica (OR) es un método sencillo y común para la generación de THz. Está basada en efectos electroópticos inversos de segundo orden en cristales no lineales. En este caso se requiere también un láser de femtosegundos, pero se genera la radiación de THz directamente de la excitación del pulso láser, sin necesidad de aplicar un voltaje de polarización al cristal semiconductor como en los elementos fotoconductores, en los cuales el haz óptico funciona como un detonante. La eficacia en este caso depende principalmente del coeficiente no lineal de los materiales y de las condiciones de coincidencia de fase de la energía óptica incidente con la frecuencia de THz, lo cual ocurre con un nivel de eficiencia relativamente bajo (Pintor Buyo, 2018).

Se considera a la rectificación óptica un proceso no lineal de segundo orden que se utiliza comúnmente para generar radiación pulsada de THz, esta es una técnica de óptica no lineal, donde un pulso óptico ultrarrápido se propaga dentro del cristal o el medio electro-óptico no lineal, se suele utilizar LiNbO_3 (cristal con coeficiente no lineal amplio) los pulsos láser de femtosegundos generan pulsos de Tera hercios de banda ancha mediante rectificación óptica.

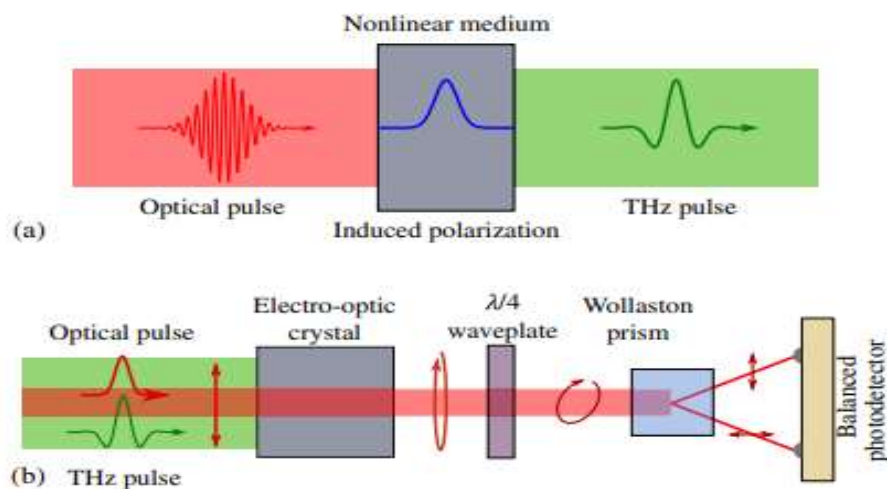


Figura 19. Grafica de óptica no lineal.

Fuente: Tomada del libro *optics and photonics* por Guerboukha, Nallappan, & Skorobogatiy, 2018.

2.6. Marco contextual

2.6.1. Tipos de riesgos que existen en alimentos procesados.

Antes de pasar al proceso de producción existen diversos factores que inciden que la materia prima sea contaminada, ya sea en su almacenamiento, tratamiento, o los mismos equipos de producción, por agentes externos, como: insectos, pelo, semillas no pertenecientes al material, polímeros sintéticos, lana, u objetos personales de los mismos operadores, a continuación, se detalla en la tabla el nivel de afectación y regulación.

Tabla 4.

Riesgos posibles en alimentos procesados

Posibles contaminantes	Tipo de Riesgo	Nivel de Afectación	Causas Posibles	Normas de Regulación
Insectos	Dolor, Enfermedades	Afectación de la piel	Procesamiento y almacenamiento de la materia prima	Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados-Resolución 67: art. 99, 100, 110, 118(Ver Anexo 2)
Residuos Materia Prima no deseada (piel, pelo, semillas)	Infección, Asfixia	Enfermedades Estomacales	Pre Tratamiento de materia prima, Descuido del personal en la higiene	Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados-Resolución 67: art. 97, 113, 122(Ver Anexo 2)
Material de Aislamiento (Polímeros sintéticos, Lana Mineral)	Atragantamiento	Dificultad para respirar, Enfermedades como la Mesotelioma un cáncer mortal, Afectaciones en los pulmones	Defectos en la construcción, Debilitamientos en las paredes, Movimientos del suelo o cargas externas	Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados-Resolución 67: art. 98, 105, 124(Ver Anexo 2)
Objetos Personales de los empleados	Corte, rotura de dientes, Asfixia	Dificultad para digerir los alimentos, Cirugía para remover fragmentos	Equipos de Seguridad en mal estado, Mala distribución del espacio, Inexistencia de una planeación	Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados-Resolución 67: art. 101, 106, 109, 121(Ver Anexo 2)

Elaboración: El autor.

2.6.2. Tecnología THz empleada en el control de calidad de alimentos.

La calidad de los productos alimentarios ha captado una atención significativa en la sociedad moderna, sin embargo, el exceso de aditivos, residuos nocivos, y generación de sustancias tóxicas durante el proceso de producción de los alimentos, ocasiona una gran preocupación en la industria alimentaria, el enfoque sin precedentes en la calidad o seguridad del producto hace que la evaluación de la calidad de los alimentos sea lo más importante y desafiante.

Es por ello de gran importancia evaluar el contenido de los ingredientes en los alimentos, identificar la contaminación y detectar patógenos transmitidos por los alimentos tales como: residuos de plaguicidas, residuos de medicamentos veterinarios, herbicidas, aditivos, aflatoxinas, etc. (Ren, et al., 2019)

La industria alimentaria está sujeta a estrictas normativas de seguridad en cuanto a ambiente de producción y calidad alimentaria el control de residuos de plaguicidas en alimentos y productos agrícolas sujeto a límites máximos de residuos (LMR) por el organismo internacional de normas alimentarias comisión del Codex alimentarius), lo que los lleva a aplicar tecnología de espectroscopia (métodos que se utilizan para estudiar en un espacio del espectro electromagnético las radiaciones que emite un determinado objeto) y el cromatografía (método para la identificación de diferentes componentes de distinta naturaleza en mezclas complejas) las cuales tarda mucho en detectar y cuantificar plaguicidas en los alimentos.

En una investigación realizada por Homayouni, et al., (2020) indica los pesticidas, incluidos los insecticidas, herbicidas y fungicidas, son utilizados para controlar plagas, malezas, mohos, bacterias, roedores e insectos en campos agrícolas, la espectroscopia THz se puede utilizar como una técnica rápida y no destructiva para la detección de plaguicidas en productos agrícolas.

2.6.3. Tecnología THz empleada en la detección de fraudes alimenticios.

Existen varias técnicas de detección una de ellas es la espectroscopia de imágenes THz, la cual utiliza un sistema de fuente pulsada como son antenas fotoconductoras y cristales electroópticos. Además, los plasmas inducidos por aire / láser, aceleradores de electrones y fotoemisores, entre otros, la cual se utiliza para identificar y diferenciar materia extraña de los alimentos procesados. Afsah-Hejri, Hajeb, Ara, & Ehsani (2019) afirma:

la contaminación de alimentos es uno de los principales problemas de seguridad alimentaria principalmente la adulteración con melamina provocando enfermedades catastróficas tales es la insuficiencia renal y cálculos renales, los estudios de detección de melamina (elemento químico como resultado de los procesos de producción que se pueden adherir al alimento como: plásticos, cartón, adhesivos entre otros) y otras formas de adulteración (la adición de glucosa o grasa en polvo) de manera eficiente enumeran el uso de la espectroscopia THz. (p. 43)

Las pruebas de autenticidad de los alimentos son una parte importante en la calidad y seguridad alimenticia el desarrollo de herramientas esenciales como análisis físico-químico, análisis de datos mediante software ayudan a verificar la integridad de los alimentos, técnicas que han facilitado crear lo que se conoce como "huellas digitales químicas" las cuales permiten analizar un gran número de muestras con una que ya haya sido tratada, permitiendo identificar la posible adulteración y contaminación del alimento si se presentara el caso.

La adulteración del alimento puede darse de manera intencional o no intencional, esto sucede por el afán de cumplir la demanda en el mercado tergiversando la información del producto para obtener beneficios monetarios. Massaouti y col. citado por Posudin, Peiris, & Kays, (2015) señala la espectroscopia de terahercios es nueva en comparación con otros métodos, sin embargo está emergiendo como una nueva tecnología que se puede utilizar en aplicaciones de detección de residuos de antibióticos en la industria alimentaria, en el rango de frecuencias de 0,1 y 2 THz demostró su efectividad para para aplicaciones de cribado (proceso que clasifica y separa por tamaño el objeto sometido a prueba) permitiendo detectar el exceso de los antibióticos y los residuos de plaguicidas en los productos agroalimentarios lo cuales son de gran preocupación para los consumidores y legisladores.

2.6.4. Tecnología THz empleada para garantizar la seguridad alimentaria.

En los últimos años, los consumidores se han preocupado cada vez más por la calidad y la seguridad de los alimentos, y el tema de la autenticidad, inocuidad alimentaria se ha vuelto cada vez más polémico centrándose cada vez en la gravedad de este problema y las graves consecuencias de materiales nocivos en el alimento. Hassoun, et al., (2020) menciona:

La espectroscopia de terahercios (THz) es otra tecnología que brinda una excelente alternativa a la tecnología de rayos X para obtener imágenes de alta resolución del interior de objetos sólidos en los dominios de frecuencia y tiempo, esta tecnología se utiliza para determinar la composición elemental de los alimentos. Algunos temas de investigación recientes de tecnología de imágenes terahercios fue compilado previamente por el investigador Afsah-Hejri, tales como: grasa en polvo de leche adulterada, contaminantes en la miel, entre otros demostrando la efectividad que tiene en la espectroscopia. (p. 40)

La tecnología de imágenes THz, usa dos principales técnicas CW y pulso THz, la fuente THz-TDS puede detectar objetos extraños no pertenecientes al alimento, como es el caso común de la recolección de trigo que para el ojo humano o métodos convencionales sería muy dificultoso el ser percibido.

El trigo es un producto agrícola importante que muestra poca resistencia a insectos y características antimicóticas, granos dañados (como los que están infestados por gusanos y hongos, y la germinación fácilmente durante el almacenamiento post-cosecha, por lo tanto, el desarrollo de técnicas de evaluación rápidas y no destructivas para mantener la seguridad y reducir las pérdidas son de gran interés de estudio. (Kaiqiang, Sun, & Hongbin Pu, 2017, p. 99)

La combinación de la espectroscopía THz con métodos computacionales según investigaciones realizadas en el rango THz ha identificado exitosamente el proceso del grano en sus diferentes etapas, pudiendo así seleccionar de manera adecuada la semilla sana de la dañada, Chua y col. citado por Homayouni, et al., (2020) menciona que se demostró que los sensores de THz se pueden utilizar para la medición de humedad en línea e inspección de calidad de granos y esta combinación puede ser utilizado como una herramienta útil para el control de calidad no destructivo del trigo, específicamente de granos mixtos de diferentes orígenes geográficos, típicamente, los granos de trigo se almacenan con un contenido de humedad entre el 8 y el 10% para prevenir la germinación.

Los cuerpos extraños a menudo se depositan en los alimentos durante la fabricación y embalaje, por lo tanto, la detección en tiempo real, es fundamental en el proceso de producción. La radiación THz puede penetrar diferentes materiales no conductores como la piel, algunos plásticos, ropa, papel o cartón, entre otros e identificar densidades de varios tipos con poca o alta atenuación, no solo ofreciendo una inspección no destructiva del objeto sometido a prueba, sino también garantizando una detección segura debido a la radiación no ionizante (Chen Wang, et al., 2018)

Un ambiente limpio controlado es la regla más importante para cumplir con los altos estándares de seguridad, sin embargo, durante el proceso de fabricación aún pueden caer contaminantes en el producto a granel o en el proceso de envasado, los métodos de inspección clásicos, como el muestreo aleatorio, detector de metales son métodos de detección que tienen una resolución espacial limitada haciéndolo imposible localizar las impurezas con la suficiente precisión al contrario de la tecnología de imágenes THz la cual posee radiación no ionizante.

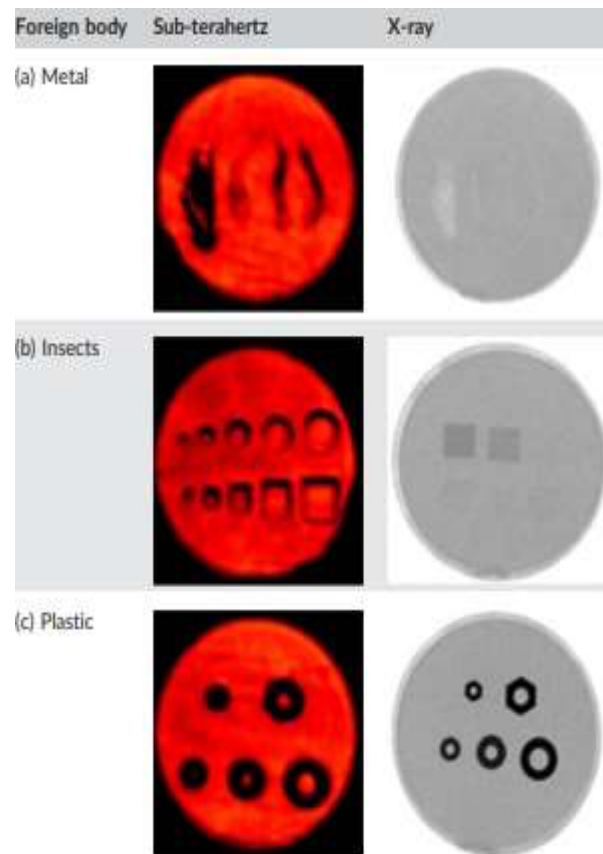


Figura 20. Comparación de imágenes sub-terahercios e imágenes de rayos X.

Fuente: Tomada de *Journal of Food Process Engineering* por Ok et al, 2018.

2.6.5. Tecnología THz empleada en parámetros de calidad de alimentos.

Desde el proceso de la materia prima hasta el producto final, existen varios factores que influyen en los parámetros de calidad del producto, tales como las condiciones sanitarias donde se elabora el producto, los insumos agrícolas (antibióticos, pesticidas y fertilizantes químicos), y el cambio que sufre el alimento durante el proceso del almacenamiento, entre otras, implicando la calidad del producto.

La espectroscopía gracias a sus sensores electroópticos permite inspeccionar diferentes densidades en el alimento entre ellas destaca las imágenes THz las cuales proporcionan una detección bastante transparente de adulterantes / especias envasados, productos químicos entre otros. (Natarajan & Ponnusamy, 2020), estos informes de artículos científicos han demostrado mediante pruebas que la tecnología en imágenes THz es eficiente tanto en la inspección, adulteración y control de hidratación de un alimento, siendo muy favorable su uso en la industria alimenticia.

Una investigación reciente sobre el parámetro de calidad del ginseng rojo y las nueces indicó que ha sido un tema donde se ha aplicado diferentes sistemas de imágenes de transmisión de ondas sub-longitudinales, donde se optó por estudiar la calidad del mismo con la tecnología terahercios obteniendo información de los compuestos químicos del producto de análisis, debido a que la imagen de THz demostró que se puede identificar la autenticidad del ginseng rojo y las nueces con medidas de 20-30 mm pudiéndose inspeccionar sin causar daños la estructura interna de estos objetos. (Zappia, Crocco, & Catapano, 2021)

Los parámetros de calidad de un alimento se definen según su grado de modificación la cual puede ocurrir a través de la adición de agua, sustitución de productos de alta calidad por productos de baja calidad, venta de productos inmaduros o demasiado maduros, adición de antibióticos, conservantes, nitratos, transgénicos y estimuladores o inhibidores de la maduración del producto, también sumergiéndolos en agua fría para aumentar su peso, es allí donde el producto se ve afectado en su etapa de almacenamiento. Ren, et al., (2019) menciona el contenido de humedad de los alimentos deshidratados puede ser medido con técnicas de THz, la humedad afecta las propiedades del alimento como su sabor, textura, peso, color, sabor, composición, crecimiento bacteriano y vida útil, es importante detectar y controlar el contenido de humedad de los alimentos para evitar el crecimiento de moho que sucede cuando el contenido de agua excede el nivel normal.

2.7. Marco Legal

En este proceso, se presentará artículos relacionados con las leyes constitucionales que actualmente rigen como normativas en las industrias alimentarias de la República Ecuatoriana, que buscan prevenir y controlar la ocurrencia de peligros físicos (materiales extraños al producto elaborado), químicos y biológicos, mediante normativas y estandarizaciones, en la elaboración de los alimentos procesados, que podrían afectar la salud de los consumidores o clientes.

En Ecuador, bajo la dirección del Dr. Gustavo Noboa Bejarano (expresidente del Ecuador), se emitió el “Decreto Administrativo No. 3253, el cual fue publicado en el Registro Oficial N.º. 696 el 4 de noviembre de 2002”, promulgó el “**Reglamento sobre Buenas prácticas de fabricación de alimentos procesados**”, indica:

Capítulo II de los equipos y utensilios, la selección, fabricación e instalación de equipos debe estar de acuerdo con las operaciones a realizar esto incluye las máquinas utilizadas para las diferentes etapas de producción. (Ver Anexo 2)

Capitulo III operaciones de producción, los procedimientos de producción deben cumplir con los estándares correspondientes a su tipo de operacional para evitar contaminación de agentes externos. (Ver Anexo 2)

En la sección de garantía de calidad, indica como BPM, todas las industrias de alimentos deben contar con sistemas de control para asegurar la inocuidad alimentaria. (Ver Anexo 2)

Mediante la Resolución 67, suscrito por la Ministra de Salud Pública en fecha 11 de mayo de 2017, mediante el cual reforma la “**Normativa Técnica Sanitaria para Alimentos Procesados**” publicado en el Suplemento del Registro Oficial N.º 681 del 1 de febrero de 2016, indica:

En la generalidad de alimentos procesados, deben cumplir con especificaciones físico-químicas, y microbiológicas, ya sean mediante norma técnicas nacionales o internacionales. (Ver Anexo 2)

En los requisitos higiénicos de fabricación, en la sección de las materias primas e insumos establece que la materia prima e insumos que se utilicen en el proceso de producción debe someterse a inspección antes de ser utilizados en la elaboración del producto procesado. (Ver Anexo 2)

En las operaciones de producción, mencionan que el proceso de inspección de calidad se debe llevar antes, durante y después del proceso de producción. (Ver Anexo 2)

Que mediante Resolución N.º 10, publicada en el Registro oficial N.º 760 del 23 de mayo del 2016 la dirección ejecutiva de la Agencia Nacional De Regulación, Control Y Vigilancia Sanitaria-ARCSA se expide la **“Norma Técnica Sanitaria para el Control de Productos Consumo Humano”**, define:

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria - ARCSA, es la entidad que está en el deber de sancionar incumplimientos sanitarios en los productos de consumo humano, mientras que el responsable de la producción debe tener equipos que sustenten que sus productos no presenten falsificación ni adulteración, y es deber, responsabilidad de la población alertar y reportar inconvenientes en productos de uso y consumo humano sujetos a vigilancia y control sanitario. (Ver Anexo 2)

El consejo supremo de gobierno, emitió el decreto supremo 3640, publicado en el registro oficial N.º 891 de 08 de agosto de 1979, decreto el **“Reglamento de Seguridad Radiológica”**, indica:

Las instalaciones (industria, hospitales, clínicas, oficinas, etc.) que posean y operen equipos generadores o fuentes de radiación ionizantes de Clase 5 estarán sujetas a inspecciones de documentos por parte de las autoridades reguladoras para verificar las condiciones de seguridad personal y protección radiológica. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2018)

Sobre máquinas de Rayos X en Radiografía Industrial, en la cual para el uso de estas maquinarias en el área de producción deberán constar con certificaciones CEEA, en la cual se deberá tomar las precauciones correspondientes para su libre funcionamiento en el área operacional de producción o inspección de calidad. (Ver Anexo 2)

Capítulo III

Metodología

3.1. Descripción

Las enfermedades transmitidas por Alimentos (ETA), por presencia bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas perjudiciales para la salud, es la segunda causa de muerte en el mundo, es por ello que mediante la problemática se plantea un análisis de la tecnología de imágenes THz (visión artificial **END** (ensayo no destructivo)) como alternativa para el control de alimentos procesados en la cual se empleara diferentes técnicas de recolección de datos, con el fin de obtener información necesaria para el desarrollo del proyecto.

3.2. Modalidad de la investigación

La modalidad de una investigación define el tipo de estudio que se llevará a cabo y las herramientas que se deberá emplear para la recolección de datos, el desarrollo del presente trabajo de titulación se caracteriza por ser descriptivo de modo transversal con la finalidad de describir de modo objetivo, detallado y sistemático, más que inferir ¿cómo?, ¿cuándo? o ¿por qué? ocurrió un fenómeno en particular.

Por consiguiente, el presente proyecto ha detallado parte de la trazabilidad de la tecnología de imagen THz, los métodos con la cual se genera, la tecnología electrónica y óptica que actualmente utiliza y la aplicabilidad en el sector de industrias alimenticias.

3.2.1. Investigación descriptiva.

Se menciona que la información suministrada por una investigación descriptiva debe ser verídica, precisa y sistemática, se debe evitar hacer inferencias en torno al fenómeno, los métodos de recolección de datos empleados son la observación, encuesta y estudio de casos, a partir de la observación, se suelen extraer datos cualitativos, mientras que la encuesta suele proporcionar datos cuantitativos (Guevara Alban, Verdesoto Arguello, & Castro Molina, 2020). Es por ello, que en base de los artículos seleccionados se ha recopilado información con el propósito de analizar el estado actual de la tecnología THz aplicada a imágenes, como y su posibilidad de inserción en el proceso de producción para la inocuidad de los alimentos procesados.

3.3. Enfoque de la investigación

Una investigación tiene como enfoque descubrir respuestas a determinadas interrogantes a través de la aplicación de procedimientos científicos, es decir, la búsqueda de esa respuesta constituye la esencia de la actividad investigativa la que puede cumplir con dos fines fundamentales: producir conocimientos y teorías (investigación básica o fundamental), y resolver problemas prácticos (investigación aplicada) (Hernández Escobar, et al., 2018).

El enfoque de una investigación determina el razonamiento lógico con el que se desarrollara la investigación, en este caso se considerara los siguientes aspectos:

- ✓ Investigación cuantitativa
- ✓ Investigación cualitativa

3.3.1. Investigación cualitativa.

El análisis de datos cualitativos es un proceso dinámico y creativo que nos permite extraer conocimiento de una gran cantidad de formas heterogéneas de texto o datos narrativos. Los datos cualitativos pueden provenir de una variedad de fuentes y pueden estar en formato de texto, audio, imagen o video.

estudian la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido de o interpretar los fenómenos de acuerdo a los significados que tienen para las personas implicadas. La investigación cualitativa implica la utilización y recogida de una gran variedad de materiales, entrevistas, experiencia personal, etc., que describen la rutina, las situaciones problemáticas y los significados en la vida de las personas.

(Díaz Herrera, 2018)

3.3.2. Investigación cuantitativa.

Mediante este método se tomará la información proporcionada de las encuestas realizadas sobre el consumo e inconvenientes de alimentos procesados y la entrevista que se realizó a tres industrias sobre la metodología que utilizan para la inspección de sus productos elaborados. Es aquella en la que se realiza un análisis y estudio de la realidad objetiva, mediante el establecimiento de mediciones y valoraciones numéricas que permiten recabar datos fiables, con el propósito de buscar explicaciones contrastadas y generalizadas, fundamentadas en el campo de la estadística (Neill & Cortez Suárez, 2018)

3.4. Población y Muestra

La población es el total de elementos establecidos en un lugar o sección determinada, la cual, para obtener información aceptable para el análisis del presente tema, se aplicará la fórmula para calcular el tamaño de una muestra finita tanto para las industrias alimentarias del sector norte de Guayaquil y consumidores de la ciudad de Guayaquil, en la cual por motivos de pandemia el margen de error variará en los dos cálculos a realizar siendo:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

Tamaño muestral Industrias

Donde:

n = tamaño de la muestra

z = nivel de confianza 95%, equivale a 1.96

p = probabilidad a favor 0.5%

q = probabilidad en contra 0.5 %

N = universo o población (62 Industrias de alimentos procesados)

e = margen de error 5%

Resultado:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 62}{0,05^2(62 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{59.5448}{1.103125}$$

$$n = 53.97828$$

$$n = 54$$

Tamaño muestral consumidores

Donde:

n = tamaño de la muestra

z = nivel de confianza 95%, equivale a 1.96

p = probabilidad a favor 0.5%

q = probabilidad en contra 0.5 %

N = universo o población (2'723.665 habitantes en Guayaquil)

e = margen de error 8%

Resultado:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 2723665}{0,08^2(2723665 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{2615807.866}{17432.41}$$

$$n = 150.054428$$

$$n = 151$$

3.4.1. Encuesta.

La encuesta es una herramienta para recopilar información cualitativa y / o cuantitativa de una población determinada con el fin de obtener información sobre una situación en particular, en este caso está dirigida a dos grupos, la primera a las industrias de alimentos procesados del sector norte de Guayaquil cifra que fue tomada del directorio de la Superintendencia de compañías (Superintendencia de compañías, 2021), la segunda al consumidor registro tomado de la base de datos del INEC en base a la proyección poblacional del 2021 (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2021).

3.4.2. Resultado de la encuesta.

De acuerdo con las encuestas realizadas se obtuvo lo siguiente: en el primer grupo la cual es el sector industrial alimenticio el tamaño a encuestar era de 54 pero se consiguió información de 69 en total, en la cual se pudo conocer el tipo de tecnología más común para el proceso de control de calidad de alimentos procesados, y las limitaciones que estas poseen entre otras, en el segundo grupo que fue dirigida a los consumidores se obtuvo un resultado de 151 cantidad definida por la fórmula de muestreo, la cual refleja las consecuencias de un

alimento nocivo, el formato de las encuestas se indica en el Anexo 2, los datos de la misma se detallan a continuación:

Resultado de la encuesta realizada a las industrias

1. ¿La industria aplica estándares de calidad para prevenir, eliminar o reducir la infestación de roedores, plagas o cuerpos extraños ya sea micro o macro dentro de los alimentos procesados?

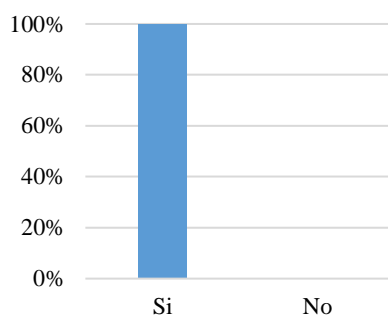


Figura 21. Aplicabilidad de estándares para la inocuidad alimentaria.

Elaboración: El autor.

Análisis. – las preguntas realizadas a las 69 industrias indican que el 100% aplican estándares de calidad que les permite reducir infestaciones de roedores y a su vez contaminantes físicos o biológicos en el proceso de producción garantizando su correcto funcionamiento y la inocuidad de los productos que elaboran.

2. ¿En los alimentos que procesan utilizan tecnologías para disminuir contaminantes alimenticios (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal, sustancias químicas, biológicas entre otras)?

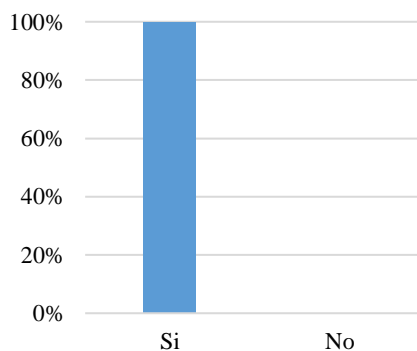


Figura 22. Uso de tecnologías para evitar contaminantes alimenticios.

Elaboración: El autor.

Análisis. – El 100% de las industrias encuestadas afirman que utilizan tecnología en su proceso de fabricación para disminuir contaminantes químicos, biológicos y físicos tales como trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal entre otros que pueden integrarse de manera intencional o no, pudiendo ocurrir durante la transportación, manipulación y el procesamiento, comprometiendo la calidad del producto para el consumo humano.

3. ¿Qué tipo de tecnología utiliza actualmente para disminuir contaminantes alimenticios (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal, sustancias químicas, biológicas entre otras) en los productos que procesan?

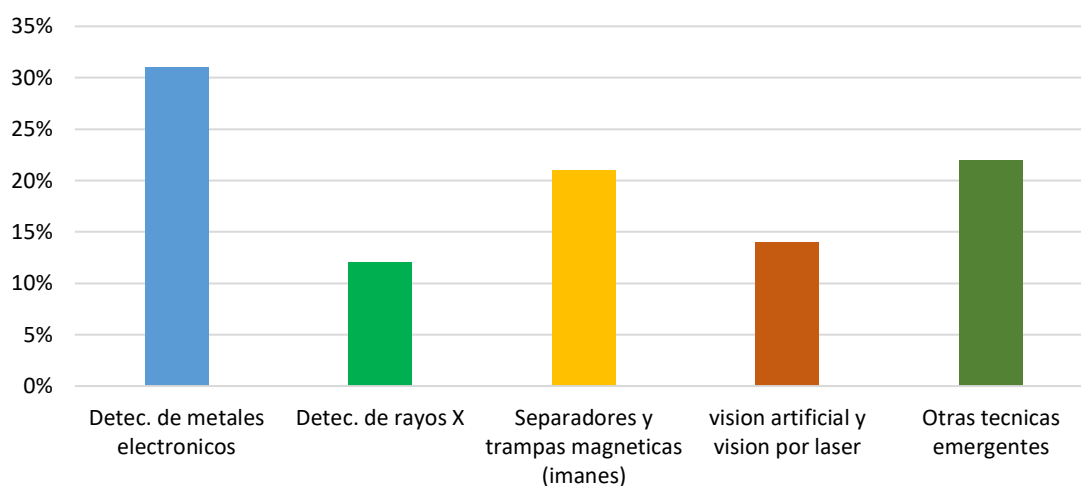


Figura 23. Tipos de tecnologías utilizadas para la inspección de contaminantes.

Elaboración: El autor.

Análisis. – dependiendo el grado de contaminación de un producto a procesar se pueden utilizar diferentes métodos y técnicas para disminuir materias no perteneciente al alimento ya sean estos físicos, químicos y biológicos, es por ello que se dejó la opción de selección múltiple en la cual se puede observar 81 respuestas, teniendo como principal tecnología de uso el detector de metales electrónico con un 31% equivalente a 25 industrias, siendo otras técnicas emergentes como la termografía, la visión multispectral, la visión en el espectro infrarrojo, el segundo tipo de tecnología más usada con un 22% equivalente a 18 industrias, como tercer lugar los separadores y trampas magnéticas (imanes) ideales para filtrar partículas metálicas ferrosas con un 21% equivalente a 17 industrias, siguiéndole las técnicas de ultrasonido con un 14% equivalente a 11 industrias, finalizando con los detectores de rayos X las cuales permiten la inspección interna del producto reflejando el área contaminada en escala de color gris con un 12% equivalente a 10 industrias.

4. ¿Cómo calificaría el tipo de tecnología que utiliza actualmente para disminuir contaminantes alimenticios (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal, sustancias químicas, biológicas entre otras) en los productos que procesan?

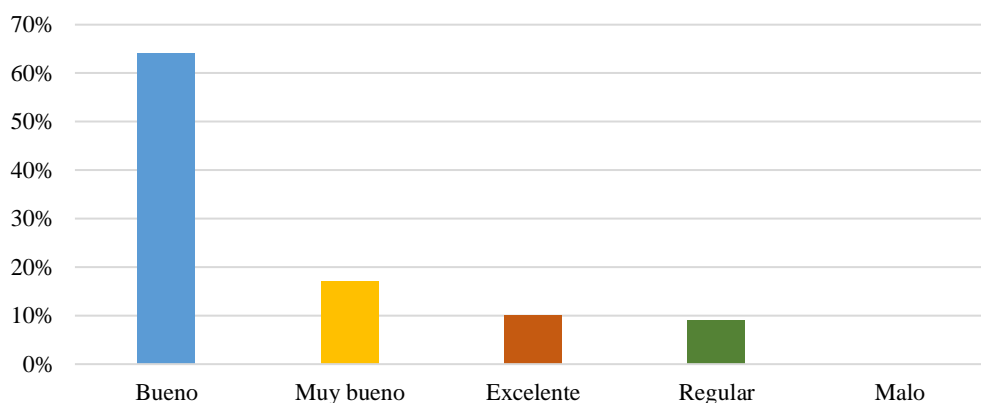


Figura 24. Calificación de desempeño de las tecnologías empleadas.

Elaboración: El autor.

Análisis. – los datos recopilados reflejan que el 64% de las 69 industrias encuestadas califican como bueno la tecnología de uso actual, como muy bueno un 17% equivalente a 12 industrias, seguido con un 10% igual a 7 que estiman que la tecnología que están usando es excelente, mientras que un 9% reflejado a 6 industrias opinan no estar conforme calificando como regular la tecnología de uso actual.

5. ¿Recibe reportes de no conformidad en los alimentos que procesan?

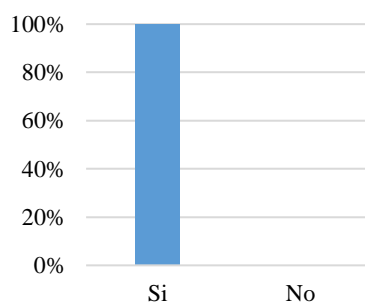


Figura 25. Reportes de no conformidad de los alimentos procesados.

Elaboración: El autor.

Análisis. – los reportes de no conformidad por especificaciones del cliente refieren a procesos que producen resultados insatisfactorios, es decir, incumplimiento a requisitos establecidos para el producto, pudiendo ser adulterados, contaminados, defectuosos entre otros, en los datos recopilados en esta pregunta, se visualiza que las 69 industrias

encuestadas con totalidad del 100% presentan reportes de no conformidad en los alimentos que procesan.

6. ¿Por qué medio de comunicación se reciben los reclamos, sugerencias o inquietudes de los consumidores?

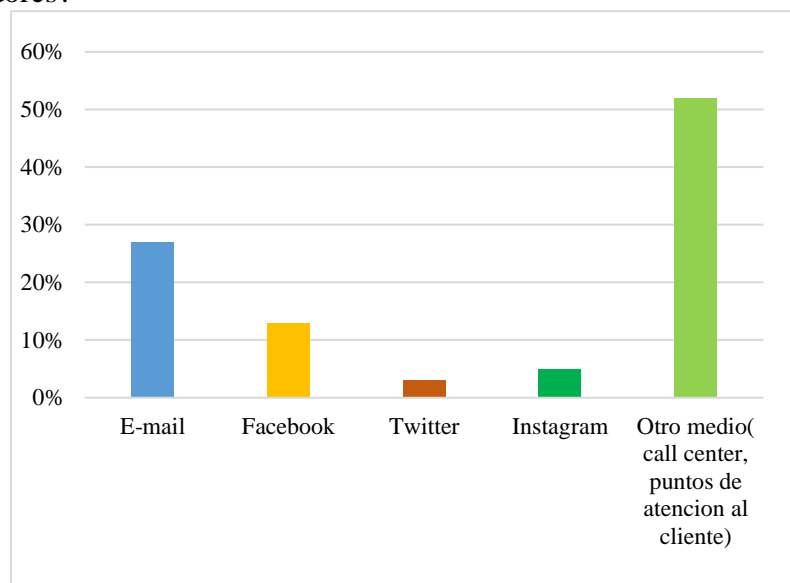


Figura 26. Medios de recepción para reclamos de consumidores.

Elaboración: El autor.

Análisis. – conforme a la información obtenida se visualiza que un 52% del 100% reciben reclamos, sugerencias o inquietudes mediante call center, o puntos de atención al cliente, mientras que un 27% equivalente 19 industrias reciben por vía email, seguido de Facebook con un 13% igual a 9 encuestadas del total, siendo Twitter con un 3% e Instagram con un 5% los medios de comunicación menos usados para atención al servicio al cliente.

7. ¿Al mes con qué frecuencia recibe reclamos de no conformidad en los alimentos que procesan?

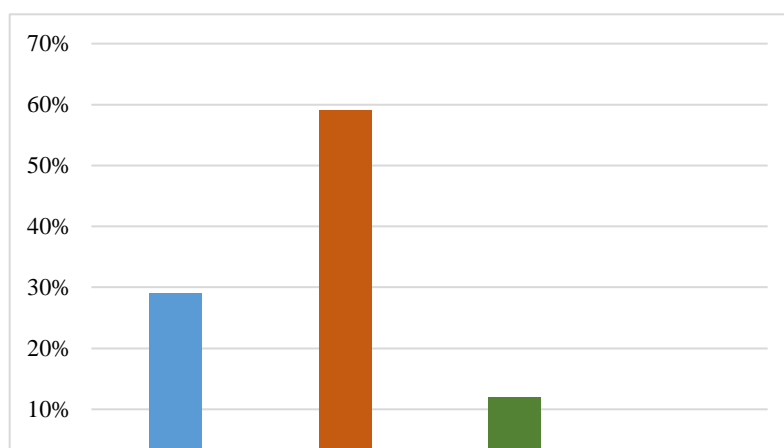


Figura 27. Frecuencia de reporte de no conformidad.

Elaboración: El autor.

Análisis. – en la figura 24, se observa de acuerdo a la pregunta 7, que la frecuencia más común por no conformidad en los alimentos es de 5 a 10 veces al mes con un total de 59% perteneciente a 41 del total de las encuestadas, seguido de 1 a 5 veces con un 29% equivalente a 20 industrias que indican que es el número de reporte que reciben por mes, mientras que el 12% igual a 8 mencionan solo recibir de 10 a 15 veces inconformidad en los alimentos que procesan , siendo nulo el máximo de 15 reportes por mes.

8. ¿Cuándo recibe algún tipo de reclamo, de que índole es más frecuente?

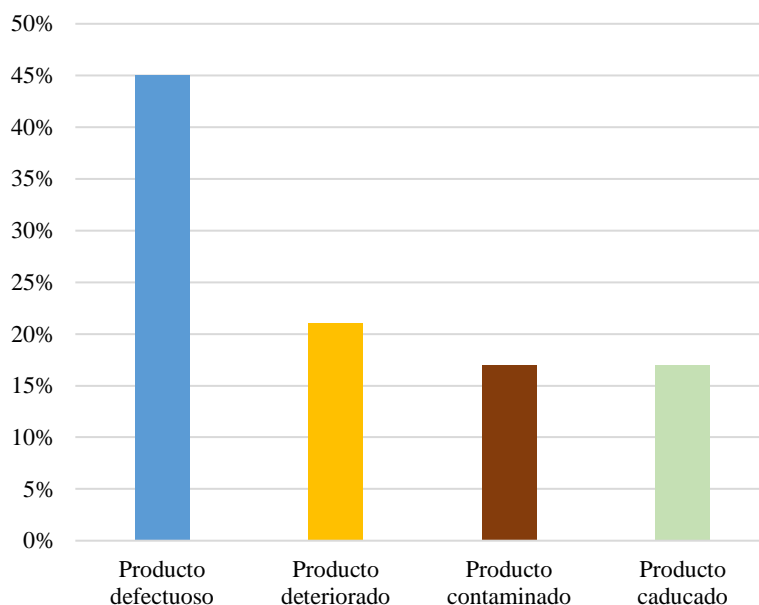


Figura 28. Tipos de reclamos más frecuentes de no conformidad.

Elaboración: El autor.

Análisis. – conforme a la información obtenida se puede visualizar que 45% de las industrias encuestadas reciben reportes por productos defectuosos es decir que no se considera seguro para el consumidor presencia de macro y microorganismos, el 21% mencionan que es por el deterioro del producto corresponde aquel dañado por agentes infecciosos (micro) resultado más común es el moho, mientras que 17% indican que es por contaminación del producto a esta se le atribuye presencias de contaminantes visibles por el ojo humano (macro) por mencionar trozos de plástico, piedras, metal, entre otros, con un porcentaje igual a anterior reflejan reportes de productos caducados donde el producto a partir de la fecha estimada de caducidad comienzan a alterar las características organolépticas (características físicas del producto olor, sabor, textura) siendo esto un riesgo para la salud.

9. ¿De qué grado ha sido el impacto de no conformidad del alimento procesado en su mercado?

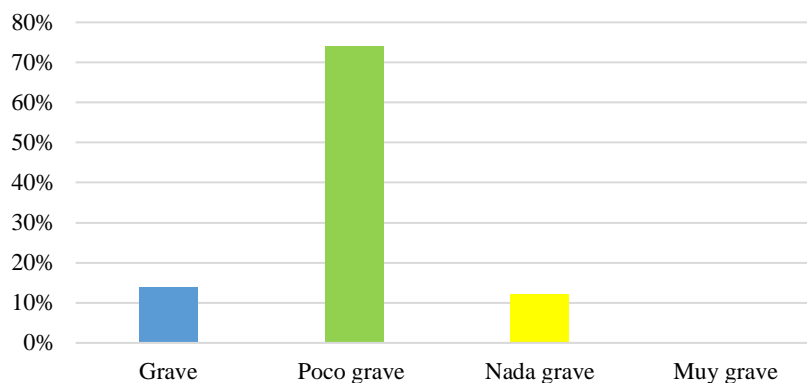


Figura 29. Impacto de no conformidad del alimento procesado.

Elaboración: El autor.

Análisis. – mediante esta pregunta de percepción se indaga la gravedad de no conformidad del alimento procesado es decir la reputación de la industria o marca, siendo un 74% equivalente a 51 industrias que mencionan los inconvenientes causados han sido de poca gravedad, sin embargo el 14% igual a 10 industrias indican que ha sido grave, y un 12% señalan que el impacto no ha sido nada grave, dejando en evidencia que de una u otra forma estos inconvenientes ya sean grande o pequeños generan malestar tanto del lado productor como consumidor.

10. ¿Ha escuchado sobre los beneficios que ofrece la tecnología de imágenes THz(terahertz)?

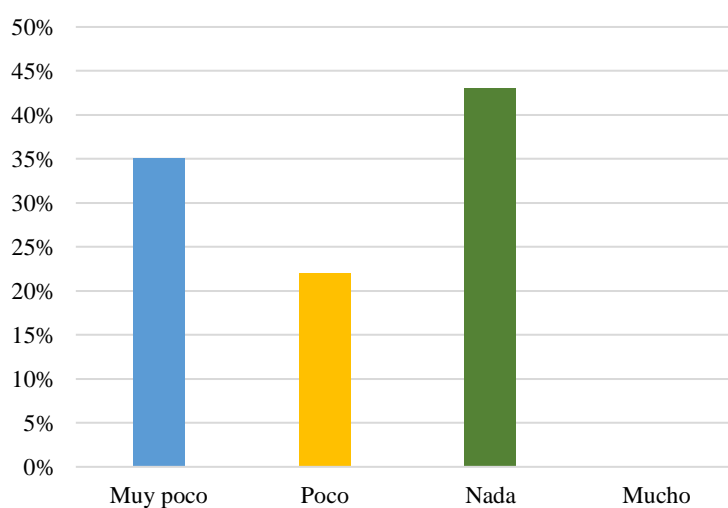


Figura 30. Conocimiento colectivo sobre la tecnología de imágenes THz.

Elaboración: El autor.

Análisis. – respecto al conocimiento de las tecnologías en inspección para detectar anomalías en los alimentos, esta pregunta en específico fue realizada para saber si las personas que respondieron la encuesta tienen conocimientos sobre la tecnología de imágenes THz, la cual deja en evidencia que el 43% no tienen conocimiento del tema, mientras que un 35% indican saber muy poco respecto a la tecnología de imágenes THz interpretado a que alguna vez han escuchado algo referente pero ha quedado sin investigación, mientras que un 22% tienen conocimiento limitado al tema calificado como poco por parte de los encuestados.

11. ¿Está de acuerdo que la industria cuente con tecnología que permita localizar impurezas inclusive estando sellado el producto de manera no invasiva?

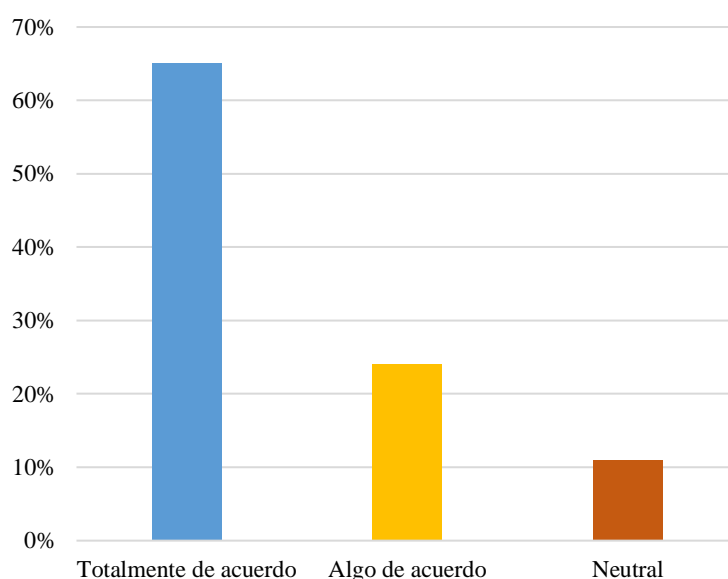


Figura 31. Aceptación de innovación tecnológica para reducir contaminantes.

Elaboración: El autor.

Análisis. – en base a la información que se visualiza con respecto a que la industria cuente con tecnología que permita localizar impurezas inclusive estando sellado el producto de manera no invasiva, un 65% correspondiente a 45 industrias están totalmente de acuerdo con la innovación tecnológica, mientras que un 24% igual a 17 encuestadas indican estar algo de acuerdo con la integración de nueva tecnología, dejando a un 11% igual a 8 industrias que selecciona la opción neutral es decir que estas no están ni a favor ni en contra lo que expresa que se sienten conforme con la tecnología que están usando.

Resultado de la encuesta realizada al consumidor.

1. Identifique a que genero pertenece.

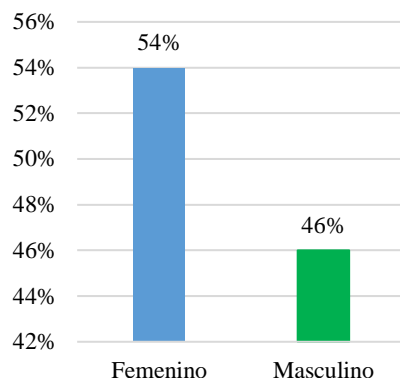


Figura 32. Clasificación por sexo de la persona a ser encuestada.
Elaboración: El autor.

Análisis. – la información recopilada por la encuesta realizada para visualizar el impacto de consumo de alimentos procesados a 151 personas refleja que un 54% equivalente a 82 encuestados corresponden al género femenino y un 46% igual a 69 personas pertenecen al género masculino.

2. Identifique a que rango de edad pertenece

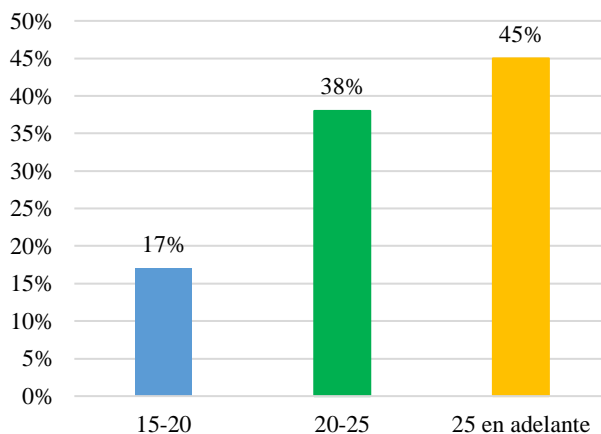


Figura 33. Identificación del rango de edad de la persona a ser encuestada.
Elaboración: El autor.

Análisis. – mediante la información reflejada en el grafico se entiende que el porcentaje más alto corresponde al rango de edad de más de 25 años con un 45% igual a 68 personas, el rango siguiente con un 38% equivalente a 57 encuestados tiene la edad entre 20-25 años, mientras que un 17% igual a 26 personas pertenece al grupo más joven con el rango de 15 a 20 años de edad.

3. ¿En su alimentación considera usted que la mayoría de los alimentos que consume son procesados?

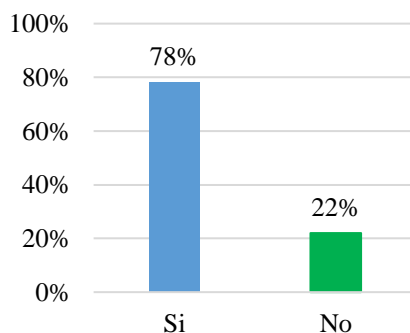


Figura 34. Cantidad de consumo de alimentos procesados.

Elaboración: El autor.

Análisis. – del total de los encuestados para visualizar el impacto de consumo de alimentos procesados el 78% equivalente a 118 personas opinan que efectivamente los productos que consumen son mayormente procesados, frente a un 22% igual a 33 sujetos que descartan la idea de que todo alimento es procesado.

4. ¿En su hogar al momento de realizar compras de alimentos, adquiere usted productos como snack, gaseosa, dulces o proteínas de origen animal (atún, embutidos, carnes molidas entre otros)?

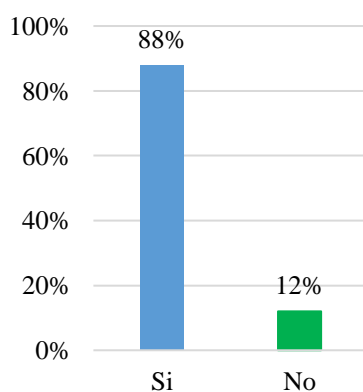


Figura 35. Presencia de alimentos procesados en la canasta familiar.

Elaboración: El autor.

Análisis. – de acuerdo con la pregunta realizada a las compras de alimentos procesados en la canasta familiar como snack, gaseosa, dulces o proteínas de origen animal los encuestado manifestaron de la siguiente manera: un 88% equivalente a 133 sujetos indicaron adquirir alimentos procesados de los antes descritos, así como también un 12% igual 18 personas manifestaron que no compra productos de dicha característica.

5. ¿Cuáles son las razones por las que usted consume alimentos procesados?

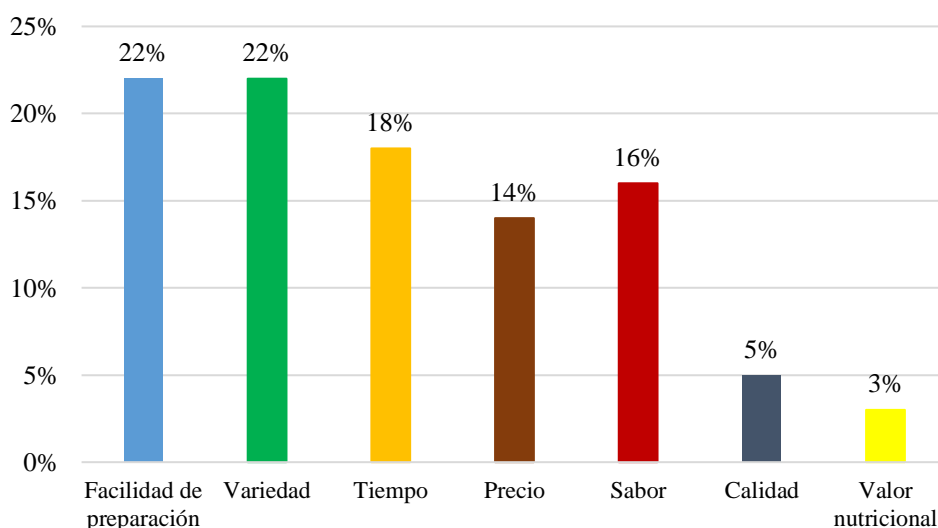


Figura 36. Razones de consumo de alimentos procesados.

Elaboración: El autor.

Análisis. – en base a la información que se visualiza con respecto a las razones por las que los encuestados consumen productos procesados existe una igualdad con un 22% tanto en la facilidad de preparación como en su variedad, seguido del factor tiempo con un 18%, consecutivamente el sabor del alimento influye con un 16%, mientras que el precio escala en importancia con un 14%, dejando por debajo la calidad con un 5% y su valor nutricional con un 3%, donde se evidencia que existe un problema en las dos últimas variables.

6. ¿Ha encontrado algún material extraño (no perteneciente al producto) en alimentos procesados como snack, gaseosa, dulces o proteínas de origen animal (atún, embutidos, carnes molidas entre otros)? (si la respuesta es no, pasar a la pregunta 11)

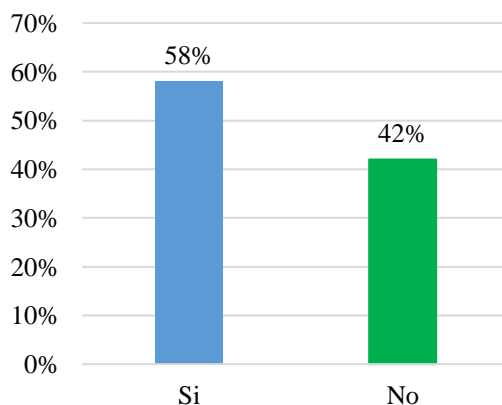


Figura 37. Presencia de contaminantes encontrados en los alimentos.

Elaboración: El autor.

Análisis. – mediante la información obtenida de los 151 encuestados sobre la presencia de materiales extraños (no perteneciente al producto) en alimentos procesados como snack, gaseosa, dulces o proteínas de origen animal (atún, embutidos, carnes molidas entre otros, el 58% equivalente a 88 personas mencionan haber encontrado materiales extraños en el producto, lo cual pudo haber ocasionado una mala impresión en la marca u empresa encargada de su procesamiento, mientras que el 42% igual a 63 encuestados indican no haber encontrado nada extraño en el alimento adquirido.

7. Marque el tipo de material extraño que ha encontrado en el alimento procesado

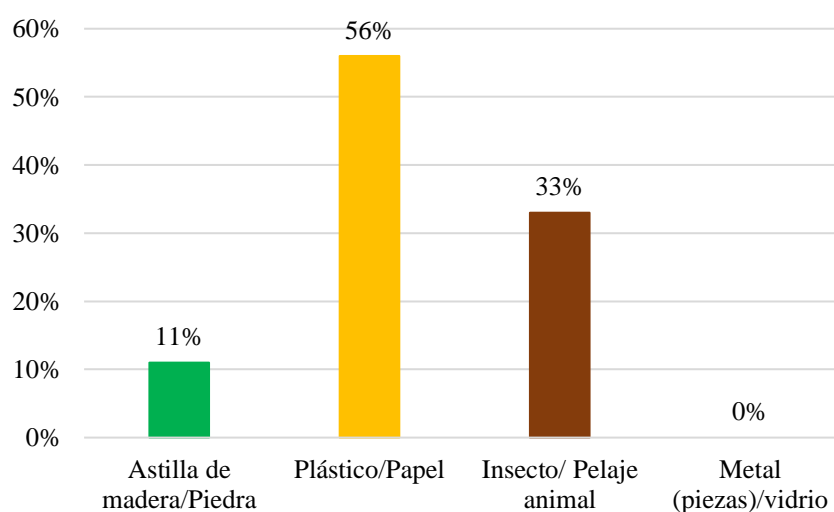


Figura 38. Tipo de material encontrado en el alimento procesado.

Elaboración: El autor.

Análisis. – en relación con la presencia de materiales extraños encontrados en los alimentos, en esta pregunta se requiere conocer el tipo del material para esto se enlisto los más comunes y probables, la cual el 56% equivalente a 85 personas señalan haber encontrado pedazos de plástico/papel, consecutivamente un 33% igual a 50 personas indican haber encontrado insectos /pelaje animal, mientras que un 11% correspondiente a 17 de los encuestados seleccionan hallado entre su alimento astilla de madera/Piedra, comentarios de participantes con respecto a esta pregunta mencionan que en el alimento donde se suele encontrar estos tipos de contaminantes son en las que proteínas de origen animal (atún, embutidos, carnes molidas entre otros).

8. ¿Ha sufrido alguna lesión a causa de algún material extraño encontrado en el alimento procesados? (si la respuesta es no pasar a la pregunta 11)

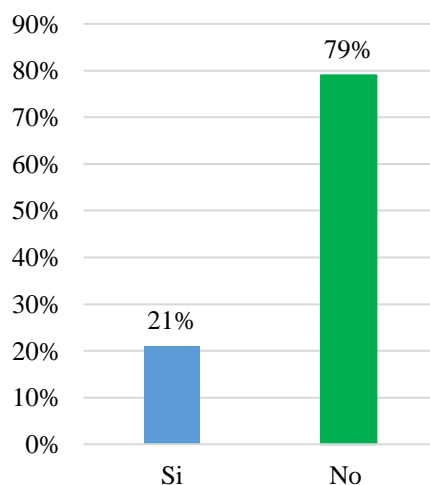


Figura 39. Lesión causada por presencia de materias extrañas en alimentos procesados.
Elaboración: El autor.

Análisis. – según los datos recopilados por la encuesta el mayor porcentaje se atribuye a las personas que no han sufrido de lesiones por la presencia algún material extraño encontrado en su alimento con un 79% igual a 32 encuestados, mientras que un 21% equivalente a 32 personas indican haber sufrido lesión alguna al consumir este tipo de productos procesados.

9. ¿Ha reportado el inconveniente?

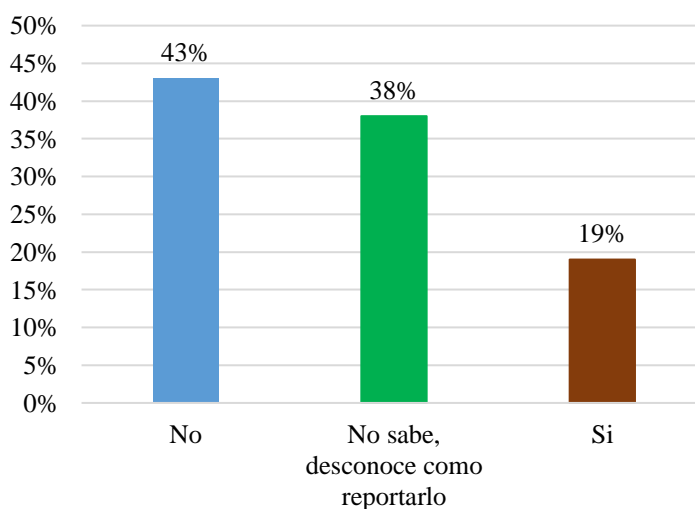


Figura 40. Gestión de reporte de no conformidad.
Elaboración: El autor.

Análisis. – El reporte de inconvenientes sobre alimentos contaminados es de vital importancia ya que solo así las industrias pueden adoptar medidas correctivas para garantizar que esas no conformidades del alimento procesado no vuelvan a suscitar, ya que estos inconvenientes suelen ser inclusive de manera no intencional, sin embargo en la encuesta realizada existe tan solo un 19% equivalente a 29 personas que asegura haber reportado dicha inconformidad, mientras que el 38% igual a 57 encuestados desconoce cómo reportarlo y el 43% correspondiente a 65 personas prefiere omitir el reporte.

10. ¿Seleccione cuál ha sido su accionar, respecto al alimento procesado con el cual tuvo el incidente?

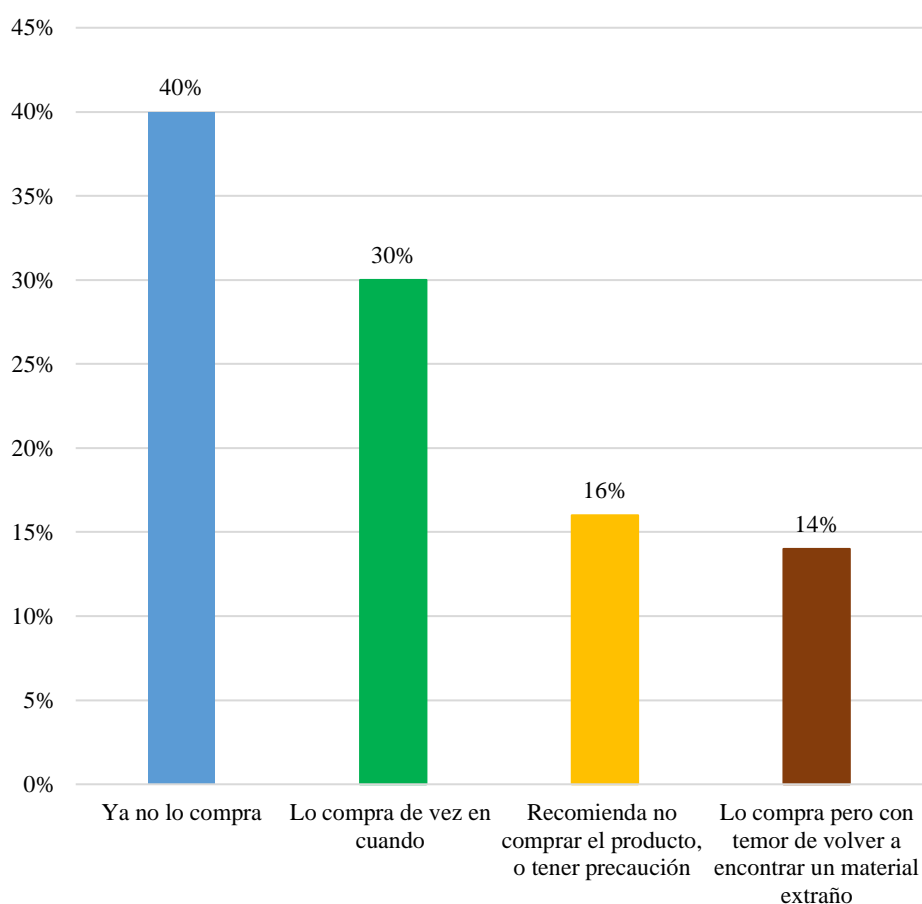


Figura 41. Accionar del consumidor sobre el alimento contaminado.

Elaboración: El autor.

Análisis. – mediante los datos recopilados en esta consulta se puede observar el accionar que tuvieron las personas al sufrir el incidente, la cual derivó que un 40% indica ya no comprar el producto, un 30% demuestra que seguirá comprando con muy poca frecuencia, mientras que un 14% de las personas indican que compraría el producto con cierta incertidumbre por la situación antes mencionada y el 16% restante prefiere no recomendar el producto.

11. ¿Usted cree que las industrias de alimentos procesados deben tener tecnología capaz de detectar materiales extraños (no propios del alimento) que garantice la seguridad de sus productos?

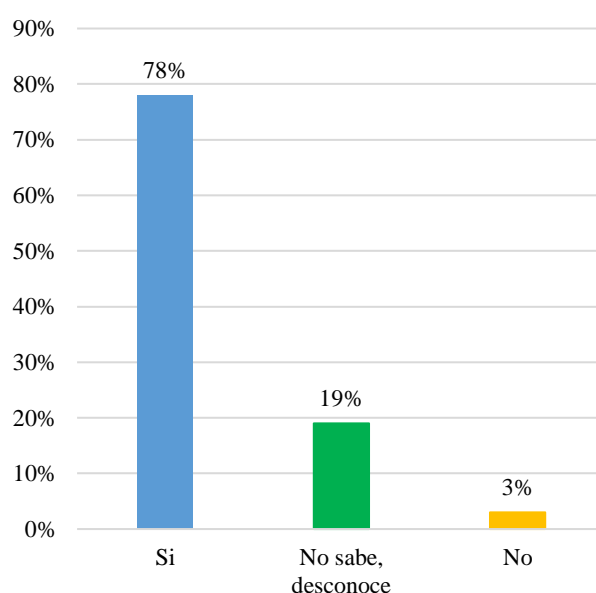


Figura 42. Opinión de los consumidores a la importancia de la innovación tecnológica.
Elaboración: El autor.

Análisis. – mencionar innovación tecnológica sin ahondar en un tema específico se lo asocia directamente con la optimización de procesos mejorando ciertas áreas de manera eficiente, parte de la población encuestada confirma que debe existir tecnologías que brinde soluciones ante situaciones adversas al proceso de producción influyendo en un 78% equivalente a 118 encuestados, mientras que el 19% igual a 29 personas desconocen dichos problemas sobre el uso de tecnología en productos procesados y el 3% correspondiente a 5 encuestados ignoran el tema por lo cual su respuesta es negativa.

3.5. Factibilidad de la investigación

Con este punto a desarrollar se pretende demostrar la factibilidad del tema propuesto en cuanto a la Factibilidad técnica, factibilidad legal y factibilidad operacional

3.5.1. Factibilidad técnica.

TERASENSE es una de las tantas empresas que actualmente ofrecen tecnologías de imagen THz en la cual en su página oficial contiene un amplio catálogo de sistemas completos equipado con software y hardware necesarios para diferentes sistemas de inspección como ensayos no destructivos (TeraSense, 2018), empresa originaria de Estados Unidos cuenta con una amplia clientela que ya comercializa sus tecnologías como: ENEA de Italia, KERI de Corea del Sur, NET de Japón, AINIA de España, entre otros.

3.5.2. Factibilidad legal.

De acuerdo con las buenas prácticas de manufactura encargadas de regular el sector industrial una de las bases para implementar estándares de calidad internacionales, en cuanto al procedimiento para el buen funcionamiento de la producción, está en utilizar detectores de inspección para los diferentes riesgos que demande la producción, por ello, igual que las demás tecnologías actuales para inspección, el sistema THz no presentaría inconveniente legal en caso de implementación.

3.5.3. Factibilidad operacional.

En países como México, España, Estados Unidos y otros internacionales ya funciona de manera moderada la tecnología THz como método de inspección, Eduardo Azanza de Das-Nano ubicada en España indica haber implementado por primera vez en el mundo la tecnología de terahercios a un entorno real de producción industrial para medir el espesor de cada una de las capas de la carrocería de un automóvil (CDTI Revista Digital de Innovación Tecnológica, 2021), mediante esto se puede ofrecer al fabricante de vehículos información sobre el espesor de pinturas y barnices, reduciendo el número de piezas defectuosas para optimizar el coste de los procesos de fabricación, siendo este uno de los pequeños avances aplicados en su frecuencia.

3.6. Propuesta de la investigación

Tabla 5.

Tecnología de imágenes existentes vs la tecnología de imagen THz.

TÉCNICAS EN IMAGEN EXISTENTE					TECNICAS EN IMAGEN THZ		
Tecnol.	Pros	Contra	Tipo	C.P.	Propuesta	C.P.	Resultado
Detectores de metales	Se puede usar casi en cualquier parte de un proceso; transportadores, pasantes y tuberías para detectar metales, consume poca energía, amplia gama de velocidad.	Su inspección se dificulta en materiales húmedos, su uso generalmente está limitado para detectar metales incluidos aluminio y cables.	-Profile Advantage -Signature Touch - Gravity FlowHD	\$3500-4500	50 GHz y 2,5 THz THz-TDS	Desde \$2000	Se detectaron pequeñas piedra astillas de vidrio y tornillos de metal s Resolución espacial <1 mm
Detectores de técnicas infrarrojas	Detecta discontinuidades de diferentes densidades, es decir mediante huella espectral de manera inmediata a tiempo real, consumo de energía promedio.	Inspección limitada debajo de la superficies espesas o densas, depende de sus resolución térmica para determinar el grado de inspección.	-TPGA-2000 - CY-8B - HALO Optical Sorter	\$500-8500	0,1 a 1,5 THz, método TDS (Ver Anexo 11)	Desde \$2000 (Ver Anexo 9)	Se vio muestras adulteradas con leche descremada y baja en grasa tuvieron picos de absorción adicionales a 0,745 y 1,262 THz
Detectores de técnicas de ultrasonido	Se adapta para trabajos en ambientes hostiles, en el sector industrial se lo puede emplear para análisis de los alimentos en el procesamiento de conservación, también para la inactivación microbiana	En proceso de detección resulta difícil en muestras no homogéneas, se requiere buen contacto entre el transductor y objeto para reducir el margen de error	-WorkTable BR-6 WT -Serie manual BR-80 - Serie Lab BR-6 Lab	\$300-4000	0,2 a 1,5 THz THz-TDS	Desde \$6000	THz-TDS como método rápido y no destructivo para la detección de carne en conserva y carne en mal estado.
Detectores mediante rayos X	Tiene una mayor resolución de imagen, detecta la mayoría de los metales y muchos otros contaminantes sólidos, ya sea de manera superficial o interna	Para evitar que la radiación sea muy dañina, la dosis utilizadas en la tecnologías de inspección son relativamente bajas, no se trabaja de manera continua con el sistema.	- X a Granel Thermo Scientific -Inspección por Rayos X X3750 - Modelo X33 Series	Desde \$10000 (Ver Anexo 10)	0.2 THz, método CW	Desde \$6000	Objetos extraños y gusanos en la harina.

Elaboración: El autor.

3.7. Resultado del análisis

Tabla 6.

Alternativas tecnológicas para inspección de contaminantes en alimentos.

Criterios/alternativa		Detec. De metales	Detec. de técnicas infrarrojas	Detec de técnicas de ultrasonido	Detec. mediante rayos x	Detec. mediante rayos THz
Criterios	Peso	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Control defectos	10	5	8	7,5	8,5	9,5
Control deterioro	10	4	7	6	7	9,5
Control de contaminantes	10	7	8	7	8,5	10
Control preservación	10	5	7	9	8	7,5
Complejidad de operación	10	10	8,5	7	8	7,5
Costo de tecnología	10	9	8	8	6	8
Efectividad		67%	78%	74%	77%	87%

Elaboracion: El autor.

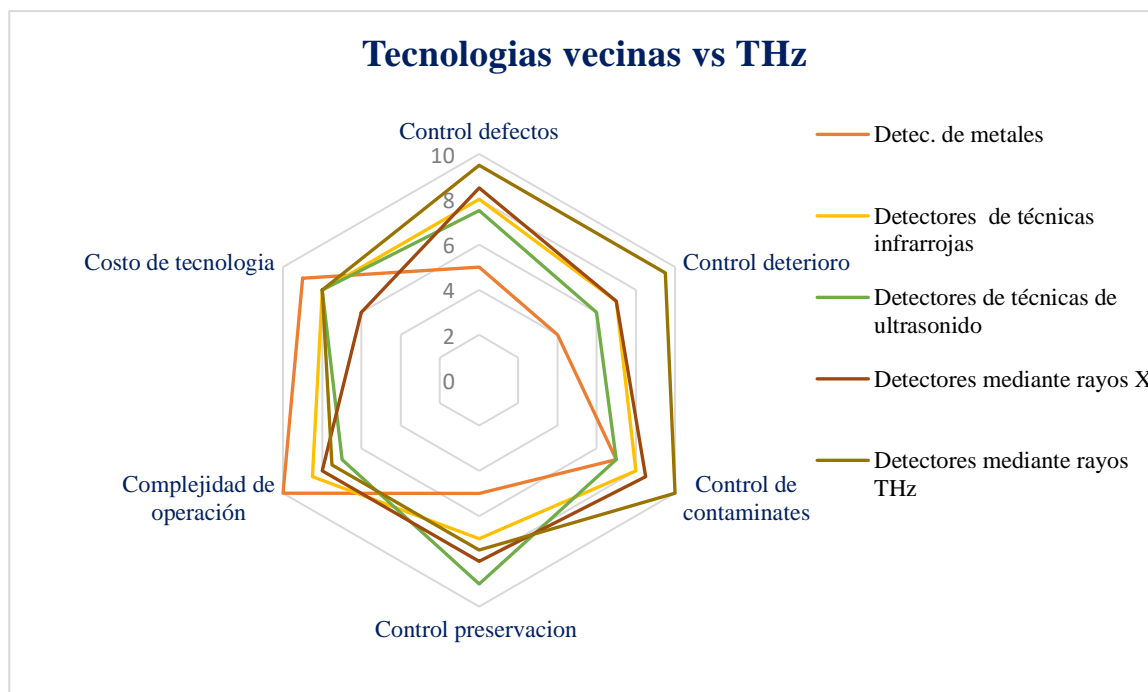


Figura 43. Alternativas tecnológicas para inspección de contaminantes en alimentos.

Elaboración: El autor.

Para realizar el análisis del presente proyecto referente al uso de tecnología de imágenes THz como alternativa para el control de calidad de alimentos procesados, se implementó como punto principal la recopilación documental en base a artículos referentes a estudios realizados en la frecuencia THz como un nuevo método para obtener información dentro de

superficies densas por medio de imágenes, como segundo punto se realizó un estudio de campo la cual fue determinada mediante dos encuesta una sobre el impacto de consumo que hay de alimentos procesados en las personas con uno de los principales motivos común de no conformidad, y la siguiente con una encuesta realizada a un número determinado de industrias de alimentos procesados del norte de Guayaquil para consultar el tipo de tecnología que usan como método de inspección en sus procesos de fabricación con los posibles inconvenientes que causan inconformidad al consumidor, como tercer punto se hizo uso de matrices para detallar la información de manera más específica tanto de técnicas de imagen THz como de técnicas de imágenes existente por mencionar: infrarrojos, ultrasónicas, rayos X, entre otras, la interpretación de los resultados son los siguientes:

Las personas encuestadas como consumidores al menos el 58% del 100% se fijaron en la presencia de residuos no pertenecientes al alimento por mencionar de manera macroscópica pedazos de plástico, pelo animal, piedras etc. la cual confirma la problemática planteada y el riesgo que estas representan como demuestran los informes de la Organización Mundial de la Salud siendo la segunda causa de muerte las enfermedades no transmisibles, por tales motivos la adulteración de ingredientes, exceso de aditivos o presencia de materiales extraños en los alimentos es un potencial de riesgo silencioso para la salud humana.

Por consiguiente, en las encuestas realizadas a las industrias alimentarias se corrobora con un 45% del 100% que existen reportes de no conformidad u sugerencias por productos defectuoso siendo no seguros para el consumidor es decir presencia de macro y microorganismos, el inconveniente fue reflejado a pesar de que estas industrias si utilizan técnicas de inspección no destructivas mediante imágenes como control en su producción.

Es por ello que se debe tener en cuenta que la contaminación de un alimento puede ser de origen físico, químico o biológico por esa razón se realizó un cuadro comparativo donde se detalla de manera específica ventajas, limitaciones de las tecnologías más frecuentes y técnicas de imagen THz como alternativa propuesta, donde se puede visualizar que para industrias que tengan un alto grado de contaminación ferrosa el detector de metales es una buena opción sin embargo deberá apoyarse de otras técnicas de inspección para cubrir su limitante.

Por otra parte, para industrias que requieran emplear métodos de conservación de alimentos o en otras palabras eliminar microorganismos alteradores o patógenos para extender la vida útil de un alimento la técnica por ultrasonido o rayos X sería una buena opción sin embargo sus limitantes son los que generarían no conformidad referente a los alimentos procesados de las industrias encuestadas.

En consecuencia, al grado de contaminación, preservación, inspección, entre otros requerimientos que se requieren en los procesos de producción la ciencia ha optado por estudiar conforme pasa el tiempo nuevos desarrollos tecnológicos en el ancho del espectro electromagnético enfocándose adicionalmente en la visión artificial, aunque algunas pertenezcan en el rango ionizante de igual forma son incorporadas en el proceso de inspección, pero con menor resolución para no causar problemas graves de salud.

De acuerdo a la matriz de alternativas de tecnologías de imágenes para la inspección en el sector industrial alimenticio, la cual fue diseñada de acuerdo a las variables de encuestas de no conformidad en los alimentos procesados y calificada mediante la recopilación de los artículos investigativos, se evidencia según el grafico radial que el mayor porcentaje de efectividad es el del 87% correspondiente a detectores mediante la técnica de imagen THz, teniendo como limitante actual la preservación de alimentos ya que hasta el momento su uso más común en este criterio ha sido para monitorear el proceso de deterioro y diferenciar entre alimentos en conserva y en mal estado.

A pesar de que las tecnologías de imágenes THz, no son comercializadas de la misma forma que las tecnologías de sus bandas vecinas, se constata que estas han tenido un gran avance en las últimas décadas, donde más compañía se han sumado al desarrollo tecnológico en su rango frecuencial las cuales ofrecen sistemas de medición y escaneo de THz como son: Gentec Electro-Optics, Menlo Systems GmbH, Microtech Instrument Inc., El Instituto Nacional de Óptica, El Instituto Nacional de Óptica, TeraView, Toptica, Tracer, entre otras.

No obstante, a nivel internacional sus propiedades y fiabilidad han sido medidas con respecto a otras tecnologías de ensayos no destructivos para reflejar diversas anomalías como: detección de cuerpos extraños, detección de compuestos tóxicos y nocivos, detección de antibióticos, detección de microorganismos, medición del contenido de humedad, aplicación de técnicas de espectroscopia y formación de imágenes de THz en la inspección y el control de calidad de los alimentos, entre otros. Aunque efectivamente no existen normas que restrinjan su uso, todavía no es integrada de manera oficial como una sección más en el espectro electromagnético, por lo que todavía se le llama brecha THz, actualmente ya no existe dificultad para encontrar dispositivos que puedan trabajar en su rango, pero si refleja inconvenientes en cuanto a costos que son medianamente elevados

3.8. Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado mediante artículos referentes a la tecnología de imagen THz se concluye que es una de las técnicas más recientes de ensayos no destructivos que puede ser empleada en el área industrial para la inspección de alimentos de manera no invasiva mediante sistemas CW (ondas continuas) y sistema pulsados, las cuales son generadas mediante fuentes: térmicas, eléctricas, tubos de vacío, semiconductores, mezcla fotónica y generadores laser.

La tecnología de terahercios se intercala entre las microondas y los rayos infrarrojos. sus ondas pueden penetrar varios materiales no eléctricamente conductores, como ropa, papel, cartón y plástico, y lograr una alta resolución espacial no ionizante a través de pulsos ultracortos, debido a la combinación de técnicas ópticas y electrónicas hace que ciertos materiales ópticamente opacos sean transparentes a la tecnología de imágenes de terahercios, lo que permite inspeccionar internamente cualquier anomalía en los alimentos de manera inocua.

Con los datos obtenidos de la consulta al consumidor se pudo observar el consumo sobre los alimentos procesados en la actualidad, y sus posibles contaminantes físicos encontrados, en la cual, si bien es cierto no se reportó lesiones graves si se pudo visualizar la no conformidad de los consumidores, generando de manera moderada pérdidas para la imagen del producto relacionado con el inconveniente, la cual fue corroborado en la encuesta realizada a las industrias de alimentos procesados.

Mediante el análisis realizado al sector productor se indagó las tecnologías más usadas para la inspección de contaminantes en el sector industrial alimentario de la zona estudiada, mediante esto se pudo analizar las limitaciones de las tecnologías actualmente usadas con el tipo de reclamo más común que reciben la cual genera la inconformidad en los clientes consumidores.

Como resultado final se obtuvo un 87% de efectividad para detección de anomalías en alimentos a las tecnologías de imágenes THz referente a otras tecnologías de inspección de uso más frecuente, teniendo estas un mayor campo aplicativo para el proceso de inspección de manera inocua.

3.9. Recomendaciones

Después de haber realizado el respectivo análisis de la tecnología en imagen THz con respecto a las tecnologías ya conocidas, se nota una ventaja considerable que suprime el uso de tecnologías en diversas frecuencias para el control de contaminantes alimentarios en una sola, con un costo acorde a sus beneficios de inspección para un control de calidad, por lo tanto, se recomienda:

- ✓ En cuanto al sector industrial: considerar a la tecnología de imagen THz como alternativa para actualización de sistemas de inspección para el control de alimentos procesados.
- ✓ Indagar sobre tecnologías de punta para los procesos de inspección en el sector alimentario, que permita realizar pruebas de calidad de manera micro y macro, para garantizar la inocuidad alimentaria
- ✓ Para los consumidores, crear el hábito de reportar inconvenientes con los productos alimentarios procesados que represente riesgo para el consumo humano.
- ✓ En cuanto a investigación, ahondar en tecnologías electro-ópticas no ionizantes que permitan mejorar los procesos de producción a menores costos, orientados a la industria alimentaria.

ANEXOS

Anexo 1

Estándares para evitar la inocuidad alimentaria

ESTÁNDARES MÁS COMUNES

Se recomienda que todas las empresas que operan en la industria alimentaria deberán contar con algunas estandarizaciones como el HACCP las cuales tienen un impacto en la salud y seguridad de toda la cadena alimentaria (incluida la producción, el procesamiento, la distribución y las ventas) lo cual permiten:

Identificar los puntos críticos en la cadena alimentaria.

Garantizar la seguridad alimentaria.

Modificar los procedimientos tecnológicos de fabricación.

Controlar los puntos críticos (temperatura, contaminación cruzada de ingredientes, etc.).

Certificaciones más solicitadas:

ISO 9001: sistema de gestión de calidad, desarrollada por la organización internacional de normalización con el objetivo de implementar el sistema internacional estandarizado para la gestión de la calidad

ISSO 14001: ayuda a reducir los costos operativos con relación al medio ambiente

ISO 45001: mejora la seguridad laboral y la protección de la salud en el trabajo, al tiempo que minimiza el riesgo de enfermedades laborales

APPCC: el sistema se centra en establecer medidas de prevención para la inocuidad alimentaria en vez de fijarse en el producto terminado.

IFS: es una regulación que se aplica en todas las fases de producción conjunto con otras organizaciones (BCR, HACCP), con el fin de cumplir con las obligaciones legales para el bienestar del consumidor.

Anexo 2

Reglamentos para garantizar la inocuidad alimentaria

	<p>Art. 18.- No se aceptarán materias primas e ingredientes que contengan parásitos, microorganismos patógenos, sustancias tóxicas (tales como, metales pesados, drogas veterinarias, pesticidas), ni materias primas en estado de descomposición o extrañas y cuya contaminación no pueda reducirse a niveles aceptables mediante la operación de tecnologías conocidas para las operaciones usuales de preparación.</p>
<p>REGLAMENTO DE BUENAS PRACTICAS PARA ALIMENTOS PROCESADOS</p>	<p>Art. 35.- Donde el proceso y la naturaleza del alimento lo requiera, se deben tomar las medidas efectivas para proteger el alimento de la contaminación por metales u otros materiales extraños, instalando mallas, trampas, imanes, detectores de metal o cualquier otro método apropiado.</p> <p>Art. 61.- Todas las fábricas de alimentos deben contar con un sistema de control y aseguramiento de la inocuidad, el cual debe ser esencialmente preventivo y cubrir todas las etapas de procesamiento del alimento, desde la recepción de materias primas e insumos hasta la distribución de alimentos terminados.</p>
<p>NORMATIVA TÉCNICA SANITARIA PARA ALIMENTOS PROCESADOS</p>	<p>Art. 12.- Responsable del alimento procesado nacional o extranjero. - Es responsabilidad de los titulares de la notificación sanitaria o del titular del Certificado de Buenas Prácticas de Manufactura del producto cumplir con las especificaciones físico-químicas, bromatológicas y microbiológicas establecidas en las disposiciones de las</p>

NORMATIVA TÉCNICA SANITARIA PARA ALIMENTOS PROCESADOS

normas técnicas nacionales y en caso de no existir norma técnica nacional deberá cumplir con lo establecido en normas internacionales

Si no existiera normativa técnica para un alimento procesado, el fabricante del producto establecerá los criterios de inocuidad y calidad para las especificaciones del mismo, basado en los análisis de validación correspondientes

Art. 89.- Inspección y Control. - Las materias primas e insumos deben someterse a inspecciones y control antes de ser utilizados en la línea de fabricación. Deben estar disponibles hojas de especificaciones que indiquen los niveles aceptables de inocuidad, higiene y calidad para uso en los procesos de fabricación.

Art. 109.- Seguridad de trasvase. - El llenado o envasado de un producto debe efectuarse de manera tal que se evite deterioros o contaminaciones que afecten su calidad.

Art. 113.- Seguridad y calidad. - El diseño y los materiales de envasado deben ofrecer una protección adecuada de los alimentos para prevenir la contaminación, evitar daños y permitir un etiquetado de conformidad con las normas técnicas respectivas. Cuando se utilizan materiales o gases para el envasado, estos no deben ser tóxicos ni representar una amenaza para la inocuidad y la aptitud de los alimentos en las condiciones de almacenamiento y uso especificadas.

Art. 131.- Aseguramiento de Calidad. - Todas las operaciones de fabricación, procesamiento, envasado, almacenamiento y distribución de los alimentos deben estar sujetas a un sistema de aseguramiento de calidad apropiado. Los procedimientos de control deben prevenir los defectos

	<p>evitables y reducir los defectos naturales o inevitables a niveles tales que no represente riesgo para la salud. Estos controles variarán dependiendo de la naturaleza del alimento y deberán rechazar todo alimento que no sea apto para el consumo humano</p>
	<p>Art. 132.- Seguridad Preventiva. - Todas las plantas procesadoras de alimentos deben contar con un sistema de control y aseguramiento de calidad e inocuidad, el cual debe ser esencialmente preventivo y cubrir todas las etapas del procesamiento del alimento. De acuerdo con el nivel de riesgo evaluado en cada etapa mediante la probabilidad de ocurrencia y gravedad del peligro, se deberá establecer medidas de control efectivas, ya sea por medio de instructivos precisos relacionados con el cumplimiento de los requerimientos de BPM o por el control de un paso del proceso.</p>
<p>NORMATIVA TÉCNICA SANITARIA PARA ALIMENTOS PROCESADOS</p>	<p>Art. 134.- Laboratorio de control de calidad. - Todos los establecimientos que procesen, elaboren o envasen alimentos, deben disponer de un laboratorio propio o externo para realizar pruebas y ensayos de control de calidad según la frecuencia establecida en sus procedimientos.</p>
<p>NORMA TÉCNICA SANITARIA PARA EL CONTROL DE PRODUCTOS CONSUMO HUMANO</p>	<p>Art. 7.- Son deberes y responsabilidades de la población en general: a) Alertar, reportar y denunciar ante las instituciones competentes, incluyendo a la ARCSA, casos de sospecha de falsificación, adulteración o alteración de productos de uso y consumo humano sujetos a vigilancia y control sanitario; b) Cooperar con la ARCSA y otras instituciones, para facilitar la información que fuera requerida</p>

	<p>Art. 6.- Los establecimientos a los que aplica la presente resolución deben estar en capacidad de sustentar la trazabilidad de los productos comercializados, con el objetivo de identificar y retirar del mercado todos los productos falsificados, adulterados o alterados detectados.</p>
REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA	<p>Art. 62.- Requerimientos de Seguridad Radiológica. - Las fuentes para radiología u otro uso industrial deberá contar con la certificación de la CEEA de que no hay presencia de contaminación y que cuentan con el adecuado blindaje y con la aprobación de los procedimientos de trabajo. (Normas IEC 60601-1:2006, Equipos electromédicos. Parte 1. Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento)</p>
	<p>Art. 93.- Normas de Seguridad Radiológica. - Todo licenciataria está obligado a vigilar que el personal que trabaje en un servicio de radiografía industrial lleve consigo, durante el trabajo, un dosímetro personal certificado por la CEEA.</p>
REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA	<p>Art. 99.- Localización del equipo y facilidades de trabajo. - Se proporcionará un plano de localización del edificio y un plano detallado del local donde va a instalarse el equipo. Además, se proporcionará una descripción cronológica de los trabajos a ser realizados para adecuar convenientemente las instalaciones requeridas para la eficiente operación del equipo</p>

Art. 100.- Seguridad Radiológica. -El solicitante queda obligado a satisfacer lo siguiente:

a) Disponer del equipo de protección necesario para evitar posibles riesgos del personal; b) Notificar a la CEEA por lo menos con seis meses de anticipación, sobre el tipo de radiación o partículas que serán generadas por el equipo; c) Facilitar las inspecciones y el control que la CEEA demande; y, d) Proporcionar al personal que trabaja con el equipo o tenga acceso al mismo, los dosímetros individuales exigidos por la CEEA.

Art. 118.- Riesgos de Trabajo. - Toda persona que se dedique a labores que la expongan a un contacto permanente con las radiaciones ionizantes queda expuesta a la posibilidad de sufrir lesiones inmediatas o mediatas y, por consiguiente, debe estar consciente de los efectos acumulativos de la radiación.

Capítulo VII de la suspensión o cancelación del registro sanitario:

Art. 42. – El registro sanitario será cancelado por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria ARCSA, en los siguientes casos:

REGLAMENTO DE REGISTRO Y
CONTROL SANITARIO DE ALIMENTOS
PROCESADOS

numeral 2. - Cuando la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria ARCSA en ejercicio de sus funciones de inspección, vigilancia y control determine que el producto que se ofrece al consumidor presenta características fisicoquímicas y/o microbiológicas que representen riesgo para la salud de las personas.

Anexo 4

Ficha de encuesta para visualizar el tipo de tecnología para prevención de contaminantes en los alimentos que utilizan las industrias alimentarias del sector norte de Guayaquil

- Los estándares de calidad buscan la mejora continua en la fabricación del producto a elaborar, con el fin de satisfacer al cliente , reducir costos y garantizar la integridad del producto, es por ello que entre sus reglamentos está el uso de tecnologías para el proceso de inspección de calidad.

1. ¿La industria aplica estándares de calidad para prevenir, eliminar o reducir la infestación de roedores, plagas o cuerpos extraños ya sea micro o macro dentro de los alimentos procesados?

Si ()

No ()

2. ¿En los alimentos que procesan utilizan tecnologías para disminuir contaminantes alimenticios (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal, sustancias químicas, biológicas entre otras)?

Si ()

No ()

3. ¿Qué tipo de tecnología utiliza actualmente para disminuir contaminantes alimenticios (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal, sustancias químicas, biológicas entre otras) en los productos que procesan?

Detectores de metales electrónicos ()

Detectores de rayos X ()

Separadores y trampas magnéticas (imanes) ()

Técnicas ultrasonido ()

Otras técnicas emergentes (la termografía, la visión multispectral, la visión en el espectro infrarrojo, o los ultrasonidos) ()

4. ¿Cómo calificaría el tipo de tecnología que utiliza actualmente para disminuir contaminantes alimenticios (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal, sustancias químicas, biológicas entre otras) en los productos que procesan?

Bueno	()
Muy bueno	()
Excelente	()
Regular	()
Malo	()

5. ¿Recibe reportes de no conformidad en los alimentos que procesan?

Si	()
No	()

6. ¿Por qué medio de comunicación se reciben los reclamos, sugerencias o inquietudes de los consumidores?

E-mail	()
Facebook	()
Twitter	()
Instagram	()
Otro medio(call center, puntos de atención al cliente)	()

7. ¿Al mes con qué frecuencia recibe reclamos por contaminantes físicos (trozos de plástico, piedras, metal, pelo animal entre otros)?

1-5 veces	()
5-10 veces	()
10-15 veces	()
más de 15 veces	()

8. ¿Cuándo recibe algún tipo de reclamo, de que índole es más frecuente?

Producto defectuoso ()

Producto deteriorado ()

Producto deteriorado ()

Producto caducado ()

9. ¿De qué grado ha sido el impacto de no conformidad del alimento procesado en su mercado?

Grave ()

Poco grave ()

Nada grave ()

Muy grave ()

10. ¿Ha escuchado sobre los beneficios que ofrece la tecnología de imágenes THz(terahertz)?

Muy poco ()

Poco ()

Nada ()

Mucho ()

11. ¿Está de acuerdo que la industria cuente con tecnología que permita localizar impurezas inclusive estando sellado el producto de manera no invasiva?

Totalmente de acuerdo ()

Algo de acuerdo ()

Neutral ()

Anexo 5**Ficha de encuesta para visualizar el impacto de consumo de alimentos procesados a un grupo de personas**

Los alimentos procesados son aquellos que han soportado cambios o han pasado por algún grado de procesamiento industrial antes de llegar a nuestra mesa para que los podamos consumir.

- Los tratamientos a temperaturas elevadas destruyen las bacterias nocivas;
- Algunos aditivos impiden que las grasas entren en descomposición o que se desarrollen hongos y bacterias nocivas,
- El envasado ayuda a prevenir la manipulación indebida de los alimentos.

1. Identifique a que genero pertenece

Masculino ()

Femenino ()

2. Identifique a que rango de edad pertenece

Menor de 25 ()

25-65 ()

65-en adelante ()

3. ¿En su alimentación considera usted que la mayoría de los alimentos que consume son procesados?

Si ()

No ()

4. ¿En su hogar al momento de realizar compras de alimentos, adquiere usted productos como snack, gaseosa, dulces o proteínas de origen animal (atún, embutidos, carnes molidas entre otros)?

Si ()

No ()

5. ¿Cuáles son las razones por las que usted consume productos procesados?

Tiempo ()

Sabor ()

Calidad ()

Precio ()

Facilidad de preparación ()

Valor nutricional ()

Variedad ()

6. ¿Ha encontrado algún material extraño (no perteneciente al producto) en alimentos procesados como snack, gaseosa, dulces o proteínas de origen animal (atún, embutidos, carnes molidas entre otros)? (si la respuesta es no, pasar a la pregunta 11)

Si ()

No ()

7. Marque el tipo de material extraño que ha encontrado en el producto procesado

Astilla de madera/Piedra ()

Plástico/Papel ()

Astillas de madera ()

Insecto/ Pelaje animal ()

Metal (piezas)/vidrio ()

8. ¿Ha sufrido alguna lesión a causa de algún material extraño encontrado en los productos procesados? (si la respuesta es no pasar a la pregunta 11)

Si ()

No ()

9. ¿Ha reportado el inconveniente?

Si ()

No ()

No sabe, desconoce cómo reportarlo ()

10. ¿Seleccione cuál ha sido su accionar, respecto al alimento procesado con el cual tuvo el incidente?

Lo compra de vez en cuando ()

Recomienda no comprar el producto, o tener precaución ()

Lo compra pero con temor de volver a encontrar un material extraño ()

Ya no lo compra ()

11. ¿Usted cree que las industrias de alimentos procesados deben tener tecnología capaz de detectar materiales extraños (no propios del alimento) que garantice la seguridad de sus productos?

Si ()

No ()

No sabe, desconoce ()

Anexo 6

Ficha de fotos de las encuestas realizadas a las industrias.

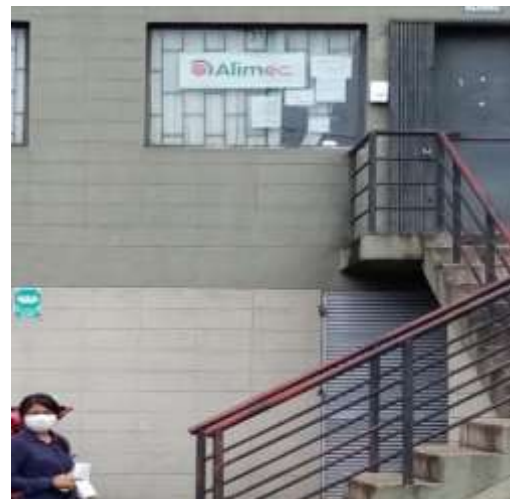
Visita a la empresa Bimbo



Visita a la empresa Unilever



Visita a la empresa Alimec



Anexo 7

Ficha de fotos de las encuestas realizadas a consumidores.



Anexo 8

Ficha de información de empresas seleccionadas para la encuesta

INDUSTRIAS ALIMENTICIAS EN EL SECTOR NORTE DE GUAYAQUIL	PRODUCTO REFERENCIAL	DIRECCION
CORPORACION INDUSTRIAL FISHINGCORP S.A.	Atun enlatado	Via a la costa km. 22 (pasando urbanización valle alto)
COMPANIA AZUCARERA VALDEZ S.A.	Azucar	Av. J. T. Marengo km. 0.5 edf. Nobis mzz
BIMBO ECUADOR S.A.	Pan y pasteles	Km 25 via perimetral
SUMESA S. A.	Fideos	Via daule km 11.5
INDUSTRIA CONSERVERA DEL GUAYAS S.A.	Derivados de frutas en conserva	Via daule km 7.5 av. 9na calle 5ta.
INDUSTRIAS CARNICAS VELASCO SA INCARNIVESA	Derivados carnicos	Cosme renela 216, edif. La española.
TROPIFRUTAS S.A.	Derivados de frutas en conserva	Km. vía a daule 12.
QUICORNAC S.A.	Derivados de frutas en conserva	Juan tanca marengo km 1.8
ADITIVOS Y ALIMENTOS S.A. ADILISA	Suplementos alimenticios	Km 11.5 via daule, mz 22
INDUSTRIAS ALIMENTICIAS ECUATORIANAS S.A. INALECSA	Bocadillos	Via a daule km. 16.5
INDUSTRIA DE FIDEO NAPOLITANO S.A. INFINASA	Fideos	Nicolas segovia, e/ chambers y 4 de nov
INDUSTRIAS DULCES UNIVERSAL SA	Chocolates y Pastelería de Granos de C	Av. Carlos J. Arosemena Km. 2, Edif. Junto a Solubles Instantaneos
COMPANIA DE ELABORADOS DE CACAO S.A. COLCACAO	Cacao	Av. J. Tanca marengo km. 3.5 prosperina 1er. Pasaje
SOLUBLES INSTANTANEOS C.A. (SICA)	Cafe	Av. C. J. Arosemena km. 2
LAMINADOS INDUSTRIAL LA CHILENITA LAMINCHILE SA	Derivados de harina	José de antepara 2512
ALIMENTOS Y CONDIMENTOS ALICONDI SA	Especias y Extractos	Cda. Sauces Is Villa 2, Edif. CdaSauces 7
ALIMENTOS YUPI S.A.	Derivados de frutas y verduras	Calle a solar 2
LATINGURMET	Derivados de frutas y verduras	Junin 116, edif torres del rio. , piso 16
PRODEHASA PRODUCTOS ELABORADOS DE HARINA SA	Molienda de Harinas y Fabricación de	Alborada Su Eapa Sol.13
INDUSTRIA ALIMENTICIA OVOALIMEC S.A.	Fabricación de Alimentos en general	Urb. Los Ceibos Transversal 125
INDUSTRIA ALIMENTICIA INGRID NIVEL & LUIS BERMEO NIVEL & BERMEO SA	Galletas	Alborada 4ta etapa 10
GALLETAS PECOSA CIA.LTDA.	Confitería	Alborada 4ta etapa 10
INDUSTRIA ALIMENTICIA GRUPO INTEGRITY GRUALIMENTISA S.A.	Fabricación de Alimentos	Joaquin Ormaza 4
PROCESADORA PRODUCTOS PESQUEROS SIETEMARES S.A.	Productos derivados del mar	S/N NRO.villa 25 (S/N)
ALIMPRECO SA	Alimentos secos y deshidratados	Miguel h. alcivar mz. 506, edif torres del norte torre a. , piso 3
PROCESADORA DE ALIMENTOS FRESCOS - PROALIFRESH S.A.	Procesamiento de subproductos cármic	Avenida Principal de Samanes 6 Manzana 9 Villa 1, Piso 1
FATTUNA S.A.	Conservación de pescado, crustáceos	Av. Juan tanca marengo
ALIMENTOS Y BEBIDAS ECUATORIANAS ALIMBEC S.A.	Fabricación de Alimentos y bebidas	Autopista Terminal Terrestre (avenida Na 2380
ALIMENTOS Y PROCESADOS SMART FOOD ALIPROSMART S.A.	Fabricación de Alimentos	Blondom aviles minuche (2 callejon)
INDUSTRIAS LACTEAS TONI S.A.	Productos lacteos	Via a daule km. 7.5
NATURISSIMO S.A.	Productos lacteos	Via daule no. Solar 7 esq. Mz 32
PROCESADOS DE FRUTAS TROPICALES PROFUTRO S.A.	Concentrado de frutas	Carretero via daule
INDUSTRIA ECUATORIANA DE LECHE ECUALECHERA S.A.	Productos lacteos	Av. Juan tanca marengo mz.2, s110
INDUSTRIAS LACTEAS S.A. INDULAC	Productos lacteos	Via a daule km. 14.5
ALIMENTOS & DULCES S.A. ALIDULSA	Confitería	Girasoles, tercera 406
UNILEVER ANDINA ECUADOR S.A.	Sopas deshidratadas	Via a daule km. 25
INDUSTRIAL ARROCERA DE LA TRONCAL ARROTRONCAL S.A.	Procesadora de arroz	Carretero via a daule
NESTLE ECUADOR S.A.	Bocadillos	Via a la costa km. 6.5, av. Del bombero, guayaquil
INDUSTRIA CONSERVERA DEL GUAYAS S.A.	Mermelada	Via a daule km. 5.5 junto a promesa
TROPIFRUTAS S.A.	Jugo de frutas	Via a daule km. 12.5 y av. Marcel laniado de wind
PRODUCTOS CRIS CIA. LTDA.	Sopas deshidratadas	Via a daule km. 10.5
ALIMENTOS BARE DEL ECUADOR ALIBARE S.A.	Procesadora de alimentos para animale	Via a la costa, costadmar
MOLINOS CHAMPION S.A. MOCHASA	Procesadora de alimentos para animale	Via a daule km. 7.7
INDUSTRIAL MOLINERA CA	Molienda de Harinas y Fabricación de	Guayaquil , El Oro 109
INDUSTRIAL FABRIL SA IFSA	Fabricacion de productos en general	Via a daule / e48 y av. Juan tanca marengo
FABRICA DE CONOS CAMPEON SA	Panaderías y Fabricación de Tortillas	Km 6 Via Daule
NUTRIL SA	Procesadora de alimentos para animale	Km 6 1/2 via a daule av. Martha bucaran
INASA INDUSTRIAL ACETTERA SA	Extracción de aceites de pescado	Via a Daule Km. 24
INDUSTRIAL KYRIL C.LTDA.	Confitería	Km. 7.5 via daule solar 1a, c...c
JIMBOWSA INDUSTRIAS JIMBOW S.A.	Conservación de pescado, crustáceos	Calle 9 de octubre 100
INDUSTRIAL EXPORTADORA DEL PACIFICO CIA. LTDA.	Conservación de pescado, crustáceos	Av. Ji marengom km 6 1/2 s11.
PROCESADORA DE ALIMENTOS S.A. (PRODAL)	Procesadora de alimentos para animale	Guayaquil, calle 1ro de mayo 1105
PRODUCTOS CRIS CIA LTDA	Sopas deshidratadas	Km 10 1/2, vía daule 224, lote. Espagnos
ALIMENTOS ROZZOTTI S. A.	Molienda de Harinas y Fabricación de	Velez 909, Edif. El Forum Mezanine.

Anexo 9

Tecnologías de inspección mediante el sistema THz

Tecnología THz

Sensor de haz libre de terahercios 800 nm, dipolo de ancho de banda alto de 20 μm (T-Era-20D40P-800-Air)



Funciona solo como receptor.

Disponibilidad: En stock

Regular: \$ 2,999.00

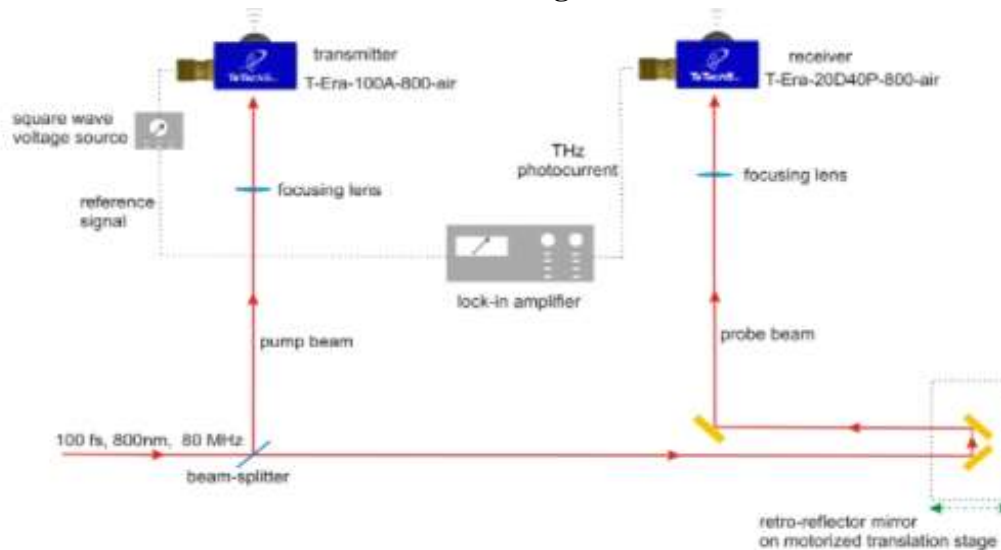
Precio: \$ 2.689,00

Ahorras: \$ 310,00 (Descuento 10%)



Sé el primero en escribir un comentario [✍](#)

Diagrama



Aplicaciones

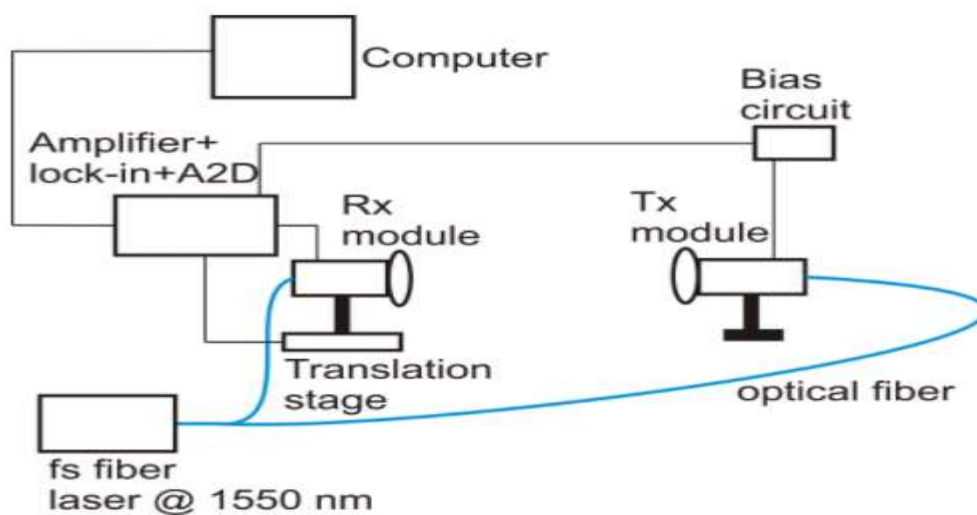
- Espectroscopia de terahercios.
- Imágenes de terahercios.
- Caracterización de materiales.
- Detección de material.
- Prueba no destructiva.

Tecnología THz

Sensor acoplado de fibra de terahercios 1550 nm, dipolo de alta potencia de 20 μm (T-Era-20D-1550-Fiber)



Diagrama



Aplicaciones

- Inspección de producto.
- Control de calidad de fabricación.
- Identificación de materiales, como: plásticos; pulpo y papel; geles polvos orgánicos; adhesivos.
- Medición de espesores y análisis de uniformidad.
- Análisis de recubrimientos y películas delgadas.
- Análisis de aditivos.

Anexo 10

Tecnologías más comunes de inspección existentes

Tecnología Infrarrojo



Cámara industrial de imágenes térmicas infrarrojas GigE Vision

\$ 7,500.00 / pieza 1 pieza (pedido mínimo)

Uso: **Industrial**

Teoría: **Termómetro infrarrojo** Sensor de temperatura

Precisión: **2 ° C ± 2%**

Rango de tempe... -40 ° C ~ + 550 ° C \$ 7.500,00

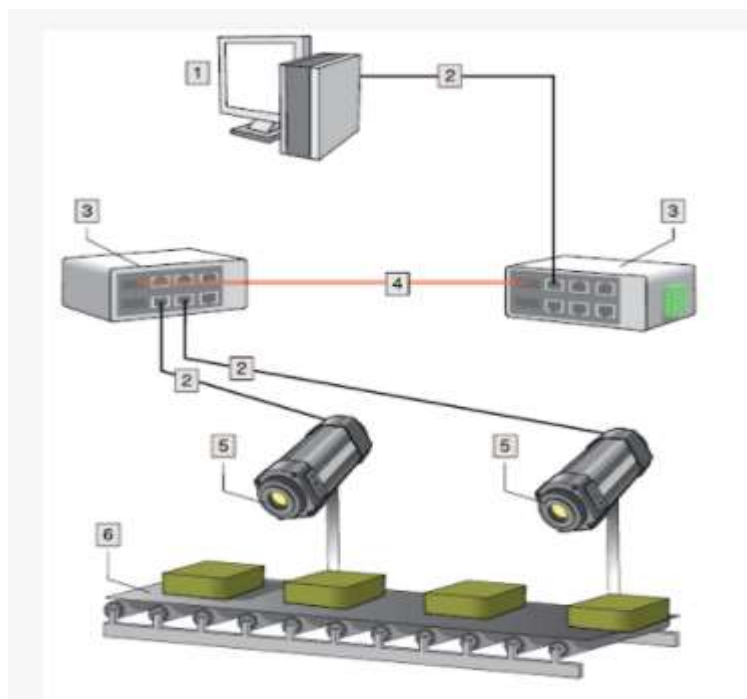
Muestras: Industrial , termómetro infrarrojo , 2 ° C ± 2% , -40 ° C ~ + 550 ° C
\$ 7.500.00 / Pieza | 1 pieza (pedido mínimo) [Comprar muestras](#)

Personalización: Logotipo personalizado (Pedido mínimo: 10 piezas)
Embalaje personalizado (Pedido mínimo: 10 piezas)
Más ~

Ver imagen más grande



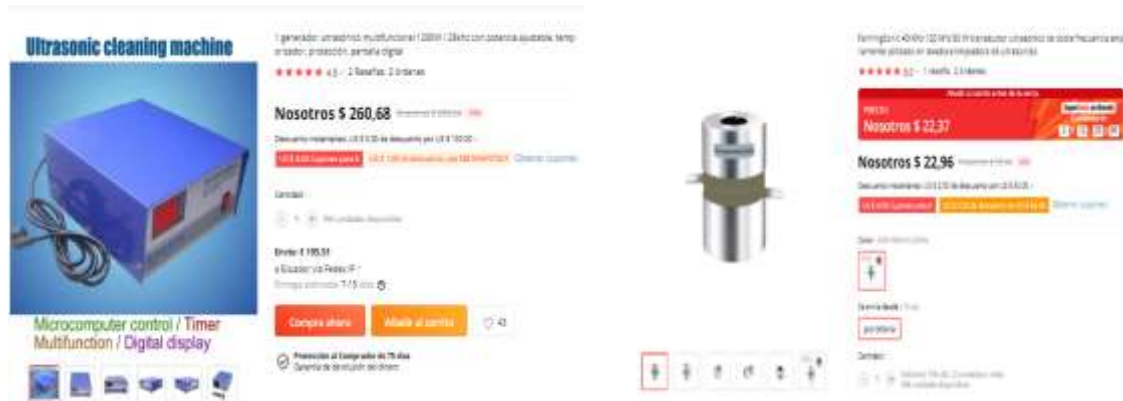
Diagrama



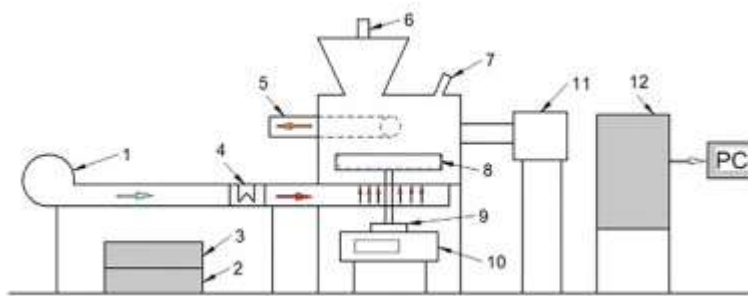
Es adecuado para escenarios de aplicación tales como:

- inspección de productos.
- mantenimiento electromecánico.
- inspección y reparación de materiales de aislamiento térmico
- inspección de tuberías de construcción y calefacción de piso.

Tecnología Ultrasonica



Diagrama



El sistema estaba compuesto por: 1 - ventilador, 2 - **generador de ultrasonido**, 3 - amplificador, 4 - calentador, 5 - salida de aire caliente, 6 - **transductor de ultrasonido**, 7 - pirómetro, 8 - plato de escala, 9 - mecanismo de rotación de plato de escala, 10 - balanza, 11 - generador de microondas y 12 - armario de control.

Aplicaciones

- Acción bactericida
- Tratamiento de aguas residuales
- Esterilización de equipos
- Mezcla y homogeneización

Tecnología de detector de metales



Detector de metales de la industria del detector de metales de la banda transportadora de alta sensibilidad para alimentos

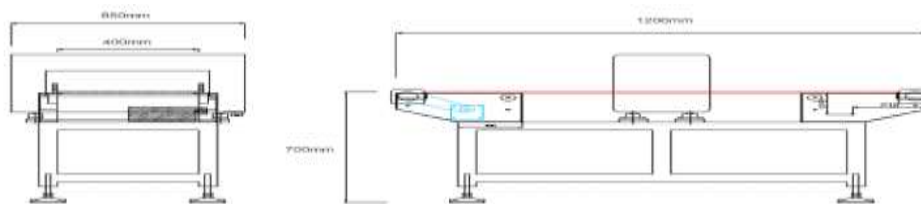
1 - 4 Conjuntos	5 - 9 Conjuntos	> = 10 juegos
\$ 3,200.00	\$ 3,100.00	\$ 3,000.00

Cantidad: Conjuntos

Protección:  Protección de garantía comercial su pedido de alibaba.com
 Política de reembolso

[Ver imagen más grande](#)

Diagrama



Aplicación

Cuando el objeto magnético ingresa al canal de detección, las sondas superior e inferior generan señales a través de la fuerte inducción del campo magnético y envían las señales al procesador de recepción de señales se utiliza ampliamente para:

- Detección de materias extrañas metálicas
- Puede detectar la mayoría de metales, como ferrosos, no ferrosos (cobre, aluminio y otros metales no ferrosos)

Tecnología de rayos X



máquina de rayos x industrial sistema de inspección de alimentos por rayos x en equipos de prueba

Precio de referencia FOB: [Obtenga el último precio](#)

\$ 12,000.00 - \$ 50,000.00 / juego : 1 juego / juegos (pedido mínimo)

Rango de medid... 600 mm de ancho x 350 mm de alto

Precisión : Bola SS: Dia. 0,4 mm; diámetro de alambre SS 0,2 * 2 mm (L)

Muestras : \$ 55,500.00 / sistema | 1 juego (pedido mínimo) [Comprar muestras](#)

Tiempo de esp...

Cantidad (juegos)	1 - 10	> 10
Est. Tiempo (días)	30	Ser negociado

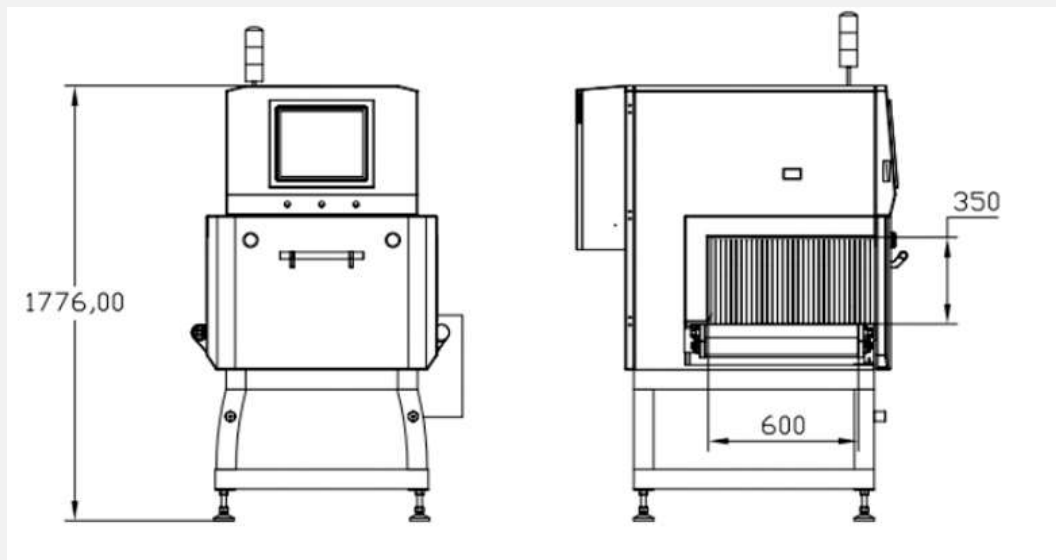
Personalización: Logotipo personalizado (pedido mínimo: 1 juego)
Embalaje personalizado (pedido mínimo: 1 juego)

CE ISO 9001

[Ver imagen más grande](#)



Diagrama



Aplicación

Utilizado para detectar contaminantes dentro de los productos:

- Metálicos y no metálicos como acero inoxidable
- Vidrio, cerámica, piedra, huesos, caucho endurecido y plástico duro
- Incluso para detectar contaminante dentro de productos envueltos en papel de aluminio o película metalizada, etc.

Anexo 11

Tecnología THz como sistema de inspección para la inocuidad alimentaria

Aplicación y producto	Rango de THz	Modo / Tipo de THz	Quimiometría	Detalles del experimento	Recomendaciones	Referencia
Inspección en tiempo real para detectar defectos de microfugas	0 a 6 THz	THz - TDS	N / A	Inspección en tiempo real de envases de alimentos.	La diferencia entre los coeficientes de absorción de agua y plástico se utilizó para la detección de canales llenos de agua.	Morita y col. (2005)
				Defectos de canales llenos de aire y agua en envases de plástico	La diferencia del índice de refracción entre el aire y el plástico fue la base de la detección de defectos en los canales llenos de aire.	
					La velocidad del transportador afectó el límite de detección	
					Defectos de canal (10 a 100 μm) detectados en películas de polietileno	

THz para inspección de defectos en la producción. Información adaptada de Journal Food Science and Food Safety (2019).

Aplicación y producto	Rango de THz	Modo / Tipo de THz	Quimiometría	Detalles del experimento	Recomendaciones	Referencia
Productos lácteos adulterados con grasa en polvo	0,1 a 1,5 THz	THz - TDS	PCA	Leche descremada y leche descremada	El quinto pico de leche desnatada apareció en 1.422 THz, mientras que apareció en 1.434 THz para las muestras bajas en grasa.	Liu. (2017)
			análisis de componentes principales	Concentración de grasa en polvo de 2,5 a 50% (p / p).	Las muestras adulteradas con leche descremada y baja en grasa tuvieron picos de absorción adicionales a 0,745 y 1,262 THz	
			SVM - DA		SVM - DA tuvo resultados satisfactorios en la clasificación de muestras de leche adulterada	
			máquina de vectores de soporte- análisis discriminante		Especificidad del método = 100%, sensibilidad del método = 88,62%	

THz para inspección de productos adulterados. Información adaptada de Journal Food Science and Food Safety (2019).

Aplicación y producto	Rango de THz	Modo / Tipo de THz	Quimiometría	Detalles del experimento	Recomendaciones	Referencia
Objetos extraños y gusanos en la harina.				Oscilador Gunn	Una herramienta sensible y no destructiva para la inspección de objetos orgánicos blandos dentro de muestras de alimentos.	
Defectos en el ginseng	0,2 THz	CW	N / A	Antena de cuerno	Mayor potencia de transmisión (hasta 6 veces) que el sistema con apertura estenoica	Kim y col. (2012)
				Diodo GaAs Schottky	Alta resolución espacial de hasta 500 μm Las imágenes de THz eran más claramente reconocibles para muestras que contenían tejidos no homogéneos, como el ginseng rojo.	

THz para inspección de productos materiales extraños. Información adaptada de Journal Food Science and Food Safety (2019).

Bibliografía

- Díaz Herrera, C. (30 de Enero de 2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. *Revista General de Información y Documentación*, 28(1), 119-142. doi:10.5209/RGID.60813
- Hernández Escobar, A. A., Ramos Rodríguez, M. P., Placencia López, B. M., Indacochea Ganchozo, B., Quimis Gómez, A. J., & Moreno Ponce, L. A. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Area de innovacion y desarrollo, S.L. doi:10.17993/CcyLl.2018.15
- Afsah-Hejri, L., Hajeb, P., Ara, P., & Ehsani, R. J. (2019, Agosto 21). A comprehensive review on food applications of terahertz spectroscopy and imaging [Una revisión completa sobre las aplicaciones alimentarias de la espectroscopia e imágenes de terahercios]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1563-1621. doi:10.1111/1541-4337.12490
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (s.f.). *Reglamento de buenas practicas para alimentos procesados*. Obtenido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/REGLAMENTO-DE-BUENAS-PRACTICAS-PARA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf>
- Aldana Rodríguez, D., & Muñoz Rodríguez, C. (2017). *Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo de un túnel de viento de baja velocidad*. Retrieved from Repositorio del Programa de Ingeniería Aeronáutica: <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1294/aldanadidier2017.pdf?sequence=1>
- Alibaba. (s.f.). *Sensores industriales*. Obtenido de https://www.alibaba.com/product-detail/GigE-Vision-Infrared-Thermal-Imaging-Industrial_1600190197487.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.12433fddKYWNkE
- Araujo González, J. D. (Agosto de 2017). *Propuesta de innovacion a un laboratorio de ensayo no destructivo*. Obtenido de Ciateq: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/87/1/AraujoGonzalezJenniferD%20MDGPI%202017.pdf>
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3 ed.). (J. E. Callejas, Ed.) Mexico, Mexico: Grupo editorial Patria. Obtenido de

- http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Biswas, A., Banerjee, A., Acharyya, A., Inokawa, H., & Jintendra Nath Roy. (2020). *Emerging Trends in Terahertz Solid-State Physics and Devices [Tendencias emergentes en dispositivos y física de estado sólido de terahercios]* (1 ed.). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-15-3235-1
- CDTI Revista Digital de Innovación Tecnológica. (2021). *Revista digital de innovación empresarial*. Madrid. Obtenido de <http://perspectivacdti.es/eduardo-azanza-das-nano-proyecto-europeo-eurostars2-lider-global-tecnologia-terahercios-innovacion-automocion/>
- Chao-Hui, F., & Chiko, O. (2020, Junio 25). Terahertz spectroscopy technology as an innovative technique for food [La tecnología de espectroscopía de terahercios como una técnica innovadora para la alimentación]. (Taylor, & Francis, Eds.) *Critical reviews in food science and nutrition*. doi:10.1080/10408398.2020.1779649
- Chaverri Quirós, Ó., & Conejo Solís, M. (2017, Octubre 13). Industrial Radiography: comparison between traditional and digital method using X-ray [Radiografía Industrial: comparación entre el método tradicional y digital empleando rayos X]. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(3), 119-128. doi:10.18845/tm.v30i3.3278
- Chen Wang, Jianyuan Qin, Wendao Xu, Min Chen , Lijuan Xie, & Yibin Ying. (2018). Terahertz Imaging Applications in Agriculture and Food Engineering [Aplicaciones de imágenes de terahercios en agricultura e ingeniería alimentaria]. Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers [ASABE]. doi:10.13031/trans.12201
- Constitución de la República del Ecuador. (3 de Mayo de 2016). *Norma tecnica sanitaria para el control de productos de consumo humano*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/RESOLUCI%C3%93N_ARCSA_DE_010_FALSIFICADOS_ADULTERADOS_ALTERADOS.pdf
- Díaz, A. A., Veliz, P. M., Rivas-Mariño, G., Mafla, C. V., Martínez, L. M., & Vaca, C. (2017). *Organización Panamericana de la Salud*. Retrieved Diciembre 10, 2020, from Repositorio Institucional para Intercambio de Información: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34059/v41a542017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dolganova, I., Zaytsev, K., Metelkina, A., & Yurchenko, S. (1 de Agosto de 2016). The active-passive continuous-wave terahertz imaging system [El sistema de imágenes de terahercios de onda continua activa-pasiva]. *Journal of Physics: Conference Series*, 735, págs. 1-6. doi:10.1088/1742-6596/735/1/012075
- Engenharia e Sistemas Ibericos [DMC]. (16 de Septiembre de 2020). *Localización de averías en rodamientos que funcionan a muy baja velocidad de rotación, con emisión acústica*. Santa Marta do Pinhal. Obtenido de Ingeniería y Sistemas Ibéricos DMC: <https://www.dmc.pt/es/medicao-de-emissao-acustica-em-rolamentos-2/>
- Fedir Sizov. (2019, Marzo). *Brief history of THz and IR technologies [Breve historia de las tecnologías THz e IR]*. doi:10.15407/spqeo22.01.067
- Ferrer-Dalmau, R. (29 de Julio de 2019). *Ensayos no Destructivos (END)*. Recuperado el 1 de Marzo de 2021, de Interempresas: [https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/252588-Ensayos-no-Destructivos-\(END\)-Que-son.html](https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/252588-Ensayos-no-Destructivos-(END)-Que-son.html)
- Figueras Mateo, E. (2018, Junio). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/129150/Figueras%20Mateo%20Eduard%20%5BTFG%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fragoso Castilla, P., Prada Herrera, J., Peña Córdoba, R., Herrera Demares, P., Giraldo Jaramillo, S., Pedraza, C., . . . Mejía Padilla, F. (2020). *La inocuidad de alimentos y su aporte a la seguridad alimentaria* (Vol. 1). Colombia: Eidec. doi:10.34893/VPHP-XE18
- Gallo, M., Ferrara, L., & Naviglio, D. (4 de Octubre de 2018). Aplicación del ultrasonido en la ciencia y tecnología de los alimentos: una perspectiva. *Journal Foods*. doi:10.3390 / foods7100164
- Guerboukha, H., Nallappan, K., & Skorobogatiy, M. (15 de Noviembre de 2018). Toward real-time terahertz imaging [Hacia imágenes de terahercios en tiempo real]. En L. Guifang, *Advances in Optics and Photonics* (Vol. 10, págs. 843-938). Florida Central: La Optical Society (OSA). doi:10.1364/AOP.10.000843
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (Julio de 2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 163-173. doi:10.26820/recimundo/4
- H. Kasban, El-Bendary, M., & Salama, D. (2015). A Comparative Study of Medical Imaging Techniques. *International Journal of Information Science and Intelligent System*, 37-58. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/Hany->

- Kasban/publication/274641835_A_Comparative_Study_of_Medical_Imaging_Techniques/links/5902354daca2725bd72228db/A-Comparative-Study-of-Medical-Imaging-Techniques.pdf
- Hassoun , A., Mage, I., Schmidt, W., Temiz, H., Li Li, Kim, H.-Y., . . . Cozzolino, D. (6 de Agosto de 2020). Fraud in Animal Origin Food Products: Advances in emerging Spectroscopic Detection Methods over the past Five Years [Fraude en productos alimenticios de origen animal: avances en los métodos de detección espectroscópica emergentes durante los últimos..]. *Foods*, 9(8). doi:doi.org/10.3390/foods9081069
- Hernández Aynaguano, E. W. (7 de Febrero de 2020). *Diseño de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) en la planta procesadora de quinua Coprobich ubicada en el cantón Colta*. Obtenido de Repositorio Escuela Superior Politécnica De Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13967/1/96T00576.pdf>
- Hernández Serrano, A. (Octubre de 2014). *Aplicación de la espectroscopía en terahertz para el control de calidad en pieles y caracterización de pinturas al óleo*. (C. d. optica, Ed.) Recuperado el 15 de Febreo de 2021, de [Imagen]: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/1026/1/16153.pdf>
- Hillger, P., Grzyb, J., Jain, R., & Pfeiffer, U. (2019, Enero). Terahertz imaging and sensing applications with silicon-based technologies [Aplicaciones de detección y generación de imágenes de terahercios con tecnologías basadas en silicio]. *Transactions on Terahertz Science and Technology*, 9(1), 19. doi:10.1109/TTHZ.2018.2884852
- Homayouni, T., Alizadeh, A., Ehsani, R., Afsah-Hejri, L., Akbari, E., & Toudeshki, A. (5 de Octubre de 2020). Terahertz spectroscopy and imaging: A review on agricultural applications[Espectroscopia e imágenes de terahercios: una revisión de las aplicaciones agrícolas]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177, 24. doi:10.1016/j.compag.2020.105628
- Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2021). *Ecuador en cifras*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Instructivo externo Arcsa. (Febreo de 2018). *Sistematización del proceso de buenas prácticas de alimentos procesados*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/IE-B.3.1.2-ALI-03_SISTEMATIZACI%C3%93N-DEL-PROCESO-DE-BUENAS-PR%C3%81CTICAS-DE-ALIMENTOS-PROCESADOS_V2.pdf

- Issuu. (2019, Agosto 28). Maquinarias, tecnologías y soluciones para la industria alimentaria. *Revista Industria Alimentaria*. Retrieved from Revista Industria Alimentaria:
https://issuu.com/revistaindustriaalimentaria/docs/revista_43__final__e66a1c25f1e6b1
- Kaiqiang, W., Sun, D.-W., & Hongbin Pu. (2017, Septiembre). Emerging non-destructive terahertz spectroscopic imaging technique: Principle and applications in the agri-food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 93-105. doi:10.1016/j.tifs.2017.06.001
- Karpowicz, N., Zhong, H., Xu, J., Lin, K.-I., Hwang, J.-S., & Zhang, X.-C. (2005, Julio 7). Comparison between pulsed terahertz time-domain imaging and continuous wave terahertz imaging [Comparación entre las imágenes de dominio de tiempo de terahercios pulsados y las imágenes de terahercios de onda continua]. In I. o. publishing, *Semiconductor Science and Technology* (Vol. 20, pp. S293–S299). IOP Science. doi:10.1088 / 0268-1242 / 20/7/021
- Karpowicz, N., Zhong, H., Xu, J., Lin, K.-I., Hwang, J.-S., & Zhang, X.-C. (8 de Junio de 2005). *INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING*. Obtenido de SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY: [sci-hub.do/10.1088/0268-1242/20/7/021](https://doi.org/10.1088/0268-1242/20/7/021)
- Knowledge Transfer Network. (2016). *Food Sensing Report*. Obtenido de <https://docplayer.net/43809938-Knowledge-transfer-network-uk-sensing-technologies-for-contamination-in-food.html>
- Kulya, M., Balbekin, N., Gredyuhina, I., Uspenskaya, M., Nechiporenko, A., & Petrov, N. (2017, Febrero 14). Computational terahertz imaging with dispersive objects [Imágenes computacionales de terahercios con objetos dispersivos]. *Journal of Modern Optics*. doi:10.1080/09500340.2017.1285064
- LL-C certification. (s.f.). *Certificaciones para la inocuidad alimentaria*. Obtenido de <https://ll-c.com.ec/certificacion/iso-9001/>
- Loughborough University. (3 de Febrero de 2020). *Loughborough University*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de <https://www.lboro.ac.uk/news-events/news/2020/february/graphene-amplifier-unlock-electromagnetic-spectrum/>
- Luis Roso , F. (2016). Láser de Petavatio de Salamanca. *Revista de seguridad nuclear y protección radiológica*(30), 20-27. Obtenido de <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+30>

- Manobanda Zapata , G. E., & Chicaiza Guanoluisa, L. A. (18 de Febrero de 2018). *Elaboración de un manual de calidad mediante la aplicación BPM en producción de chocolate en la microempresa chocolates Monge*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4517/1/PI-000752.pdf>
- Mediavilla, D. (2018, Noviembre 15). RayosT, las ondas electromagnéticas del futuro más cercano. *Alfa Revista de seguridad nuclear y protección radiológica*(38), 7-13. Retrieved from <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+38>
- Ministerio de salud publica. (29 de Septiembre de 2016). *Normativa tecnica sanitaria para alimentos procesados*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/ARCSA-DE-067-2015-GGG_NORMATIVA-T%C3%89CNICA-SANITARIA-PARA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Informacion. (Octubre de 2018). *Portal de tramites ciudadanos*. Obtenido de GobEc: <https://www.gob.ec/mernnr/tramites/inspeccion-documental-seguridad-radiologica-equipos-generadores-radiacion-ionizante>
- Mohd Khairi, M., Ibrahim, S., Md Yunus, M., & Famararzi, M. (4 de Abril de 2018). Noninvasive techniques for detection of foreign bodies in food: A review. *Food process engineering*. doi:DOI: 10.1111/jfpe.12808
- Mohd Khairi, T., Ibrahim, S., Md Yunus, M., & Famararzi, M. (9 de Julio de 2018). Non-invasive techniques for the detection of foreign bodies in food: a review [Técnicas no invasivas para la detección de cuerpos extraños en los alimentos: una revisión]. *Food Process Engineering*, 41(6). doi:10.1111/jfpe.12808
- Natarajan , S., & Ponnusamy, V. (2020). A Review on Food Toxic Identification Using various Spectroscopic Techniques [Una revisión sobre la identificación de tóxicos alimentarios utilizando diversas técnicas espectroscópicas]. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, 12, págs. 377-382. Obtenido de <http://xajzkjdx.cn/gallery/40-july2020.pdf>
- Neill, D. A., & Cortez Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica* (Universidad Tecnica de Machala ed.). (K. Lozano Zambrano, Ed.) Machala, Ecuador: UTMACH. doi: 978-9942-24-093-4
- Organización Mundial de la Salud. (30 de Abril de 2020). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

- Pintor Buyo, M. M. (2018, Septiembre). *Fundamento y aplicaciones fisicoquímicas de la espectroscopía de terahercios. Su relación con la espectroscopía Raman de baja frecuencia*. Retrieved from Repositorio Universidad Nacional de Educación a Distancia:
https://triplenlacecom.files.wordpress.com/2018/10/espectroscopia_terahercios_marta_pintor_buyo.pdf
- Posudin, Y., Peiris, K., & Kays, S. (5 de Mayo de 2015). Non-destructive detection of food adulteration to guarantee human health and safety [Detección no destructiva de adulteración de alimentos para garantizar la salud y seguridad humana]. *Food safety*, 4, págs. 207-260. Obtenido de http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/4214/Posudin_Non_destructive.pdf
- Prabira, k. S., Sethy, P., & Ranjan, M. (2015). An Introduction to Terahertz Technology, Its History, Properties and Application[Introducción a la tecnología de terahercios, su historia, propiedades y aplicación]. *conferencia internacional sobre informática y comunicación* (pp. 1-5). Odisha: ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/272175730_An_Introduction_to_Terahertz_Technology_Its_History_Properties_and_Application
- Ren, A., Zahid, A., Dou Fan, Yang, X., Ali Imran, M., Alomainy, A., & Abbasi, Q. (2019, Marzo). State-of-the-art in terahertz sensing for food and water security – A comprehensive review [Lo último en detección de terahercios para la seguridad alimentaria y del agua: una revisión completa]. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 241-251. doi:10.1016/j.tifs.2019.01.019.
- Robin, T. (29 de Julio de 2016). *Exploration of photonics markets [Exploración de los mercados de la fotónica]*. Obtenido de Tematys: <https://tematys.fr/WordPress3/tematys-new-release-terahertz-components-systems-technology-and-market-trends/>
- Ruiz Rodriguez, J., & Donís Marqués, J. (2016, Mayo 27). *El espectro electromagnético*. Retrieved from Trabajo TIC: <https://sites.google.com/site/jorgedyjorgerconlosovnis/home/2-espectro-electromagnetico/2-1-definicion>
- Ruiz Santoyo, J. A., & Romero Servín, S. A. (2019, julio 7). *Terahertz: la banda oscura del Espectro Electromagnético*. Retrieved from Universidad de Guanajuato:

- <https://www.ugto.mx/eugreka/contribuciones/176-terahertz-la-banda-oscura-del-espectro-electromagnetico>
- Ruonan Han, Zhi Hu, Cheng Wang, Jack Holloway, Xiang Yi , Mina Kim, & James Mawdsley. (2019, Marzo 7). Filling the Gap[Encontrando la Brecha]. (James Mawdsley, Ed.) *Terahertz Integrated Electronics Group*, 80-93. doi:10.1109/MMM.2019.2891379
- Safian, R., Ghazi, G., & Mohammadian, N. (2019). Review of photomixing continuous-wave terahertz systems and current application trends in terahertz domain. *Optical Engineering*. doi:doi.org/10.1117/1.OE.58.11.110901
- Schweber, B. (18 de Junio de 2020). *Eeworldonline*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2020, de <https://www.eeworldonline.com/lasers-optics-electronics-and-more-yield-terahertz-sources-part-1-context/>
- ScienceDaily. (21 de Enero de 2020). *Vienna University of Technology*. Obtenido de ScienceDaily: <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/01/200121113008.htm>
- Sector de Radiocomunicaciones de la UIT. (2016). *Tendencias tecnológicas de los servicios activos en la gama de frecuencias 275-3 000 GHz*. Ginebra: Union Internacional de Telecomunicaciones. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2352-2015-PDF-S.pdf
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN ISO/TS 22002-1]. (Febrero de 2014). *Norma Técnica Ecuatoriana* . Obtenido de Arcsa: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_22002-1extracto.pdf
- Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). (2016). *Radiografía Industrial*. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).
- Solé , Ó., & Onecha, C. (19 de Febrero de 2017). *Ensayos no destructivos*. Obtenido de Ipendo: <https://ipend.es/ensayos-no-destructivos/ultrasonidos-ut>
- Superintendencia de compañías. (2021). *Directorio de compañías*. Documento en excel, Guayaquil. Obtenido de <https://mercadodevalores.supercias.gob.ec/reportes/directorioCompanias.jsf>
- TechPress. (25 de Octubre de 2017). *La industria 4.0 permitira anticiparse a los problemas*. Obtenido de <https://techpress.es/guia-tecnologia-alimentaria/la-industria-4-0-permitira-anticiparse-los-problemas/>

- Teledyne flir. (s.f.). *Cámaras termográficas en la industria alimentaria*. Obtenido de <https://www.flir.com/discover/instruments/process-quality/thermal-imaging-cameras-in-the-food-industry/>
- Tematys. (2017). *Terahertz Components & Systems: Technology and Market Trends*[*Componentes y Sistemas de Terahercios: Tecnología y Tendencias del Mercado*]. Paris. Retrieved from Market & Technology Report: www.tematys.com
- TeraHertz Store. (s.f.). *Sensores de banda ancha*. Obtenido de <https://www.terahertzstore.com/store/products/terahertz-sensors/terahertz-free-beam-sensor-800-nm-20-um-bandwidth-dipole-t-era-20d40p-800.htm>
- TeraSense. (22 de Abril de 2018). *TeraSense: imágenes de terahercios*. Obtenido de <https://terasense.com/news/new-link-to-terasense-promo-videos-about-terahertz-imaging/>
- UIT-R RA.1630-0. (s.f.). *Características técnicas y operacionales de los sistemas astronómicos situados en tierra para ser utilizadas en los estudios de compartición con servicios activos entre 10 THz y 1000 THz*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/ra/R-REC-RA.1630-0-200305-I!!PDF-S.pdf
- Universidade de Porto. (2016). *Lights on... Cultural Heritage and Museums* [*Luces encendidas ... Patrimonio Cultural y Museos*]. (P. Menino Homem, Ed.) Retrieved from <https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/14717.pdf>
- Zappia, S., Crocco, L., & Catapano, I. (2021). Imágenes THz para inspecciones de alimentos: una revisión de la tecnología y tendencias futuras. En Dr. Borwen You , & Dr. Ja-Yu Lu, *Tecnología de terahercios*. IntechOpen. doi:10.5772 / intechopen.97615
- Zhang, Y., Wang, C., Huai, B., Wang, S., Zhang , Y., Wang, D., . . . Zheng, Y. (2020, Diciembre 23). Continuous-Wave THz Imaging for Biomedical Samples [Imágenes de THz de onda continua para muestras biomédicas]. *Journal Applied Sciences*, 11(1). doi:10.3390/app11010071