



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA.

TECNM CAMPUS PABELLÓN DE ARTEAGA

---

FACTIBILIDAD DEL SERVICIO DE DETECCIÓN  
DE CONTAMINANTES CON RECETAS DE LUZ  
(LUZ VISIBLE Y ULTRAVIOLETA) EN  
ALIMENTOS AGROINDUSTRIALES.

que como requisito para obtener el grado de

INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

presenta

KIRLE SHERLYN ROMO DÍAZ

Director

M. M. L. BENITO RODRÍGUEZ CABRERA

PABELLÓN DE ARTEAGA, AGUASCALIENTES, ABRIL 2022

# Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.

## TecNM Campus Pabellón de Arteaga

El Comité de Tesis del(a) estudiante KIRLE SHERLYN ROMO DÍAZ, recomienda que su trabajo titulado “FACTIBILIDAD DEL SERVICIO DE DETECCIÓN DE CONTAMINANTES CON RECETAS DE LUZ (LUZ VISIBLE Y ULTRAVIOLETA) EN ALIMENTOS AGROINDUSTRIALES.”, sea aceptado para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Ingeniería en Gestión Empresarial.

El Comité de Tesis

---

M. M. L. Benito Rodríguez Cabrera

Director de Tesis

---

Dra. Nivia Iracemi Escalante García

---

M.C.A. Dora Maria Guevara Alvarado

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, abril 2022.

*A mi madre por el esfuerzo y apoyo de todos estos años para que yo pudiera desarrollarme profesionalmente.*

*Te amo mamá, ¡GRACIAS!*

# RESUMEN

---

Kirle Sherlyn Romo Díaz.

Candidato para obtener el grado de Ingeniería en Gestión Empresarial.

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga..

TecNM Campus Pabellón de Arteaga.

Título del estudio: FACTIBILIDAD DEL SERVICIO DE DETECCIÓN DE  
CONTAMINANTES CON RECETAS DE LUZ (LUZ VISIBLE Y ULTRAVIOLETA)  
EN ALIMENTOS AGROINDUSTRIALES..

Número de páginas: 62.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: Objetivos: Elaboración de un estudio de factibilidad que contenga la tecnología que involucra el proceso de desinfección y detección con luz ultravioleta tipo LED, así como evaluar su aceptación e inserción en las empresas del sector agroindustrial.

Método de estudio:

- Fundamentación.
- Experimentación.
- Tratado de datos.
- Resultados.

- Retroalimentación.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Generación de un sistema de detección y descontaminación de alimentos para la industria y para el hogar, obteniendo las firmas espectrales correspondientes en ArcGis aplicando la tecnología UV.

Firma del asesor: \_\_\_\_\_

M. M. L. Benito Rodríguez Cabrera

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Resumen</b>	<b>IV</b>
<b>1. Generalidades del proyecto.</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción . . . . .	1
1.2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente. . . . .	2
1.3. Problemas a resolver priorizandolos . . . . .	4
1.4. Justificación . . . . .	4
1.5. Objetivos (general y específicos) . . . . .	5
<b>2. Marco teórico</b>	<b>6</b>
2.1. Introducción . . . . .	6
2.2. Calidad en la industria agroalimentaria . . . . .	6
2.2.1. La inocuidad en los alimentos . . . . .	6
2.2.2. Desechos en alimentos . . . . .	7
2.3. Principales enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) . . . .	7

---

2.4. Datos de la contaminación de alimentos . . . . .	8
2.5. Estrategias de luz para la detección de alimentos contaminados . . . . .	9
2.5.1. Espectro electromagnético . . . . .	9
2.5.2. Luz visible . . . . .	10
2.5.3. Clasificación . . . . .	11
2.5.4. Aplicación . . . . .	11
2.6. Luz Ultravioleta . . . . .	12
2.6.1. Tipos de UV . . . . .	12
2.6.2. Aplicación . . . . .	13
2.7. Espectro infrarrojo . . . . .	13
2.7.1. Tipos de infrarrojo . . . . .	14
2.7.2. Aplicación . . . . .	14
2.8. Elementos utilizados en el sistema de detección de contaminantes de alimentos . . . . .	15
2.8.1. Cuarto oscuro . . . . .	15
2.8.2. Rack industrial . . . . .	16
2.8.3. Lámparas UV . . . . .	17
2.8.4. Lámparas Visible comercial marca Phillips . . . . .	18
2.8.5. Dron . . . . .	18
2.9. Smartphone . . . . .	19
2.10. Sensores para la cuantificación de energía UV y Visible . . . . .	20

---

2.10.1. Medidor Quantum . . . . .	20
2.10.2. Sensor de UV . . . . .	21
2.11. Software ArcGis . . . . .	22
2.12. Investigación de Mercado . . . . .	23
2.12.1. Objetivo general de la empresa . . . . .	24
2.12.2. Investigación preliminar . . . . .	25
2.12.3. Objetivo específico e hipótesis . . . . .	25
2.12.4. Fuentes primarias y fuentes secundarias . . . . .	25
2.12.5. Planeación de la investigación . . . . .	26
<b>3. Desarrollo</b>	<b>27</b>
3.1. Introducción . . . . .	27
3.2. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas. . . . .	27
3.2.1. Localización del experimento . . . . .	27
3.2.2. Adaptación y organización del área experimental . . . . .	27
3.2.3. Configuración de la cámara de reflectancia con integración de radiación artificial. . . . .	28
3.2.4. Instalación y acomodo . . . . .	31
3.2.5. Diseño de recetas de luz e intensidad para la detección de contaminantes . . . . .	32
3.2.6. Monitoreo científico . . . . .	34
3.2.7. Adquisición de imágenes con el drone . . . . .	34

---

3.2.8. Adquisición de imágenes con smartphone . . . . .	36
3.2.9. Interpretación de datos con el Software ArcGis . . . . .	37
3.2.10. Aprendizaje guiado en ArcGis . . . . .	37
3.3. Estudio de mercado . . . . .	39
3.3.1. Desarrollo de estudio de mercado . . . . .	39
3.3.2. Método de recolección de datos . . . . .	40
3.3.3. Diseño del cuestionario para la población . . . . .	40
<b>4. Resultados</b>	<b>44</b>
4.1. Introducción . . . . .	44
4.2. Resultados obtenidos . . . . .	44
4.3. Estudio de mercados . . . . .	50
<b>5. Conclusiones</b>	<b>54</b>
5.1. Conclusiones del proyecto . . . . .	54
<b>6. Competencias desarrolladas</b>	<b>56</b>
6.1. Competencias desarrolladas y/o aplicadas . . . . .	56

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

1.1. Ubicación de LIA en el ITPA. (Fuente: Google Earth) . . . . .	2
2.1. Datos estadísticos de la cantidad de personas afectadas por ETA. (Fuente: [10]) . . . . .	8
2.2. Espectro electromagnético. (Fuente: [25]) . . . . .	10
2.3. Espectro visible para el ojo humano. (Fuente: [42]) . . . . .	11
2.4. Radiación infrarroja en distintas escenas. (Fuente: [37]) . . . . .	15
2.5. Rack estante industrial. (Fuente: sams.com.mx) . . . . .	17
2.6. Lámparas UV de LIA. (Fuente: Propia) . . . . .	17
2.7. Focos HUE Philips multicolor. (Fuente: Propia) . . . . .	18
2.8. Bandas de la cámara multispectral. (Fuente: [21]) . . . . .	19
2.9. Cámara trasera de Samsung Galaxy A71. (Fuente: [38].) . . . . .	20
2.10. Medidor quantum. (Fuente: [32]) . . . . .	21
2.11. Sensor de UV. Fuente: ([33]) . . . . .	22
2.12. Pantalla principal ArcGis (Fuente: propia) . . . . .	23

---

2.13. Metodología de la investigación de mercado de Laura Fischer. (Fuente: [19]) . . . . .	24
3.1. Cámara de crecimiento. (Fuente: Propia) . . . . .	28
3.2. Cuarto oscuro. (Fuente: Propia) . . . . .	28
3.3. Componentes de la cámara de reflectancia . . . . .	30
3.4. Primeras pruebas de detección. (Fuente: Propia) . . . . .	31
3.5. Instalación de luz . . . . .	32
3.6. Busqueda de recetas de iluminación. (Fuente: Propia) . . . . .	33
3.7. Medición de diferentes combinaciones de luz con el quantum. Fuente: Propia . . . . .	33
3.8. Pantalla principal software ArcGis con producto. (Fuente: propia) . . . . .	37
3.9. Creación de firma espectral. (Fuente: propia) . . . . .	38
3.10. Clasificación de verosimilitud. (Fuente: propia) . . . . .	39
3.11. Planeación de la investigación. Fuente: Mercadotecnia Laura Fischer 4ta Edición, 2011. . . . .	40
4.1. Firma espectral. (Fuente: propia) . . . . .	46
4.2. Datos del contaminante en la firma espectral. (Fuente: propia) . . . . .	46
4.3. Datos del producto en la firma espectral. (Fuente: propia) . . . . .	47
4.4. Datos del entorno en la firma espectral. (Fuente: propia) . . . . .	47
4.5. Automatización con Modelbuilder. (Fuente: propia) . . . . .	48

---

4.6. Resultados obtenidos de las imágenes con el software ArcGis. (Fuente: propia) . . . . .	49
4.7. Giro de la empresa. (Fuente: propia) . . . . .	50
4.8. Régimen en el que tributan. (Fuente: propia) . . . . .	51
4.9. Muestra de conocimiento de microorganismos o bacterias en el campo. (Fuente: propia) . . . . .	51
4.10. Muestra de conocimiento del uso de la luz ultravioleta. (Fuente: propia)	52
4.11. Kilos de alimento que desean desinfectar. (Fuente: propia) . . . . .	52
4.12. Personas que les pueda interesar el servicio de desinfección por medio de luz Ultravioleta. (Fuente: propia) . . . . .	53

# ÍNDICE DE TABLAS

---

2.1. Alimentos más contaminados. . . . .	9
3.1. Prueba 1 de combinaciones de luz con focos HUE LED PHILLIPS y luz UV-A. Fuente: Propia. . . . .	35
3.2. Prueba 2 de combinaciones de iluminación variando la clave de luz y el voltaje de la UVA con focos HUE LED PHILLIPS. Fuente: Propia. . . . .	35
3.3. Prueba 3 con focos geopower y una luz cálida a una intensidad, con variación del voltaje UV-A. Fuente: Propia. . . . .	36

## CAPÍTULO 1

# GENERALIDADES DEL PROYECTO.

---

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día la inocuidad de los alimentos es demandante en los últimos años la industria productiva se ha esforzado, no solo en lanzar nuevos productos respondiendo a las demandas de los consumidores, sino además en evolucionar los procesos productivos consiguiendo que sean más eficientes y sostenibles [1]. Fuera de eso, también existen leyes que exigen a las empresas a cumplir con ciertos requisitos de higiene para que puedan trabajar adecuadamente, además, así evitan que se generen diferentes tipos de enfermedades a causa de una mal higiene.

Las enfermedades que contraen los humanos a causa de alimentos contaminados ha sido un gran problema desde siempre, los virus, bacterias, parásitos y toxinas cada vez van evolucionando, tal es el caso del coronavirus y otras enfermedades comunes que ya existían como la salmonela, hepatitis, norovirus, etc.

Aunque cualquier persona puede contraer una enfermedad transmitida por los alimentos, hay quienes tienen más probabilidades de presentar una. Estos grupos incluyen: adultos mayores, niños pequeños, personas con el sistema inmunitario debilitado a causa de afecciones como diabetes, enfermedad del hígado, enfermedad del riñón, trasplante de órganos, o VIH/sida, o de haber recibido tratamientos de quimioterapia o radiación y mujeres embarazadas [7].

El objetivo principal de este estudio es la realización de la detección y desinfección de contaminantes en un producto alimenticio con la ayuda de la luz UV, esto para disminuir enfermedades y tener más higiene con la comida para disminuir sus probabilidades de contraer una intoxicación alimentaria, y para protegerse a uno mismo y a nuestros seres queridos.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE.

El Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA) lugar donde se realizaron las residencias profesionales dentro del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, se encuentra ubicado en la Carretera a la Estación de Rincón KM 1, C.P. 20670, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes; cuenta con una superficie de 105 m<sup>2</sup>, fue fundada el 01 de septiembre de 2008. Como muestra la Figura 1.1

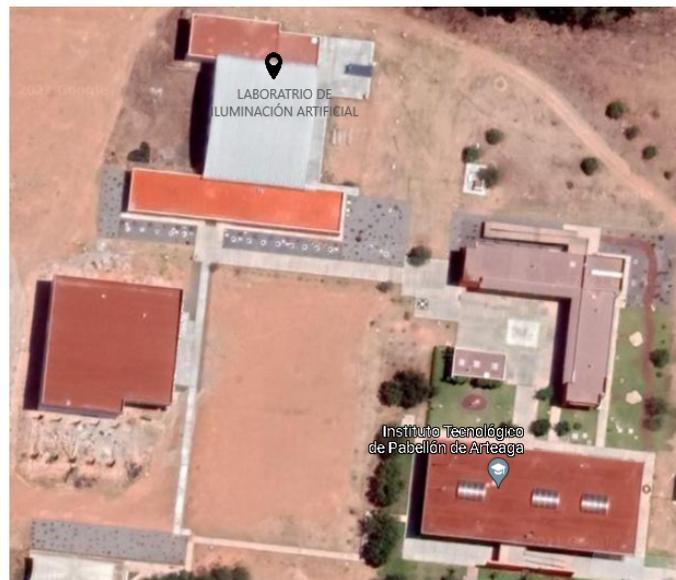


Figura 1.1: Ubicación de LIA en el ITPA. (Fuente: Google Earth)

En este laboratorio se hace el estudio y caracterización de la luz y su efecto en productos del sector agroalimentario.

En él se desempeñan principalmente las siguientes actividades:

- Desinfección de alimentos mediante la utilización de luz UV emitida por lámparas LED.
- Diseñar y construir sistemas de iluminación artificial automáticos con LEDS para tener una herramienta de laboratorio que pueda controlar la cantidad y calidad de la luz.
- Determinar el nivel de uniformidad de la luz emitida por las lámparas LEDS considerando que este análisis es importante debido a que usar tecnología de estado sólido tiene la ventaja-desventaja de ser altamente direccional en la emisión de luz y puede generar una distribución no uniforme sobre las plantas.
- Aplicación de la técnica de la emisión de fluorescencia de la clorofila a que se emplea para determinar los efectos de la luz en las plantas.
- Foto morfogénesis Crecimiento y desarrollo (peso seco, fresco, altura, área foliar, efecto en raíz, producción) Fotosíntesis y emisión de clorofila.
- Contenido de antioxidantes.
- Expresión de genes y producción de metabolitos secundarios.
- Contenido nutrimental.
- Espectros de absorción (luz absorbida) de las plantas.
- Efectos y correlación a través de imágenes térmicas.
- Emplear técnicas de procesamiento de imágenes para la medición de parámetros en la planta (temperatura, rugor, entre otros).

En este lugar desarrollé pruebas piloto de desinfección de alimentos y detección de contaminantes para después generar un paquete del servicio de lo ya antes mencionado, con el fin de ofrecerlo a empresas y que contraten dicho servicio.

### 1.3 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZANDOLOS

Actualmente, una nueva serie de factores está redefiniendo de forma acelerada la inocuidad alimentaria mundial. Entre los factores se encuentra el cambio climático, los altos costos de esterilización, la globalización, el transporte de alimentos y la urbanización están transformando el consumo, la producción y el mercado de alimentos lo cual nos lleva a desarrollar sistemas más eficaces para controlar la inocuidad alimentaria. La mayoría de las empresas del sector agroindustrial desconocen que su producto puede ser infectado por materia prima que vienen contaminada con ciertos artefactos, desperdicios, desecho e incluso animales y al no realizar una adecuada detección y desinfección a una temprana etapa, esos contaminantes continúan a los siguientes procesos del producto y cuándo se tiene el producto final, puede contener una carga bacteriana alta en los alimentos que causan enfermedades y eso es un reto hacia la salud pública, causando millones de enfermedades y muertes cada año. La inocuidad de los alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria están inexplicablemente relacionadas, además de servir como fundamento para el desarrollo sostenible y así de evitar las enfermedades transmitidas por alimentos que constituyen un importante problema a nivel mundial.

### 1.4 JUSTIFICACIÓN

El beneficio tal vez más valioso de la luz ultravioleta es su aplicación para potabilizar el agua. Con esta luz el agua se puede purificar de bacterias, virus y microbios. La demanda de productos frescos de calidad (frutas y verduras) es crucial para una dieta saludable desde el punto de vista microbiológico, son alimentos de menor riesgo que los productos lácteos y cárnicos debido a que si se exponen a diferentes temperaturas, su degeneración es más rápida. Sin embargo, cuando se consumen sin ningún proceso de desinfección, los productos frescos se vuelven potencialmente peligrosos para el ser humano. La inocuidad y la seguridad

alimentaria se consideran la columna vertebral que sostiene la industria alimentaria y están estrechamente vinculadas con la demanda de la comunidad de alimentos en buen estado y libres de riesgo, es por esta razón que se requieren acciones dentro de los procesos de desinfección de las empresas para ayudarles en ciertos casos a utilizar de forma eficiente el uso de los recursos naturales o innovar dentro del proceso de desinfección.

## 1.5 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS)

Objetivo general: Elaborar un estudio de factibilidad que contenga la tecnología que involucra el proceso de desinfección y detección con luz ultravioleta tipo LED, así como evaluar su aceptación e inserción en las empresas del sector agroindustrial.

Objetivos específicos:

- Generar un entorno adecuado para realizar las pruebas de detección de contaminantes.
- Crear recetas de luz que ayuden a la detección del contaminante.
- Determinar que configuración de cámara ayuda a capturar mejor las imágenes sin que genere interferencia.
- Generar firmas espectrales en el software ArcGis.
- Crear el proceso de automatización para la detección del contaminante.
- Realizar encuesta que ayude a saber si hay conocimiento del tema de desinfección y detección con luz UV y si están interesados en el servicio para su uso.
- Evaluar los resultados obtenidos y tener un seguimiento.

## CAPÍTULO 2

# MARCO TEÓRICO

---

## 2.1 INTRODUCCIÓN

## 2.2 CALIDAD EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

La calidad de los alimentos es el conjunto de cualidades que hacen aceptables los alimentos a los consumidores [29]. Para alcanzar un control de calidad del producto, se necesitan parámetros tecnológicos, físicos, químicos, microbiológicos, de nutrición y sensoriales para crear el alimento ideal o adecuado y así satisfacer las necesidades del consumidor.

Las propiedades sensoriales que se cuidan son el sabor, color, aroma y textura.

Las propiedades cuantitativas se refieren al contenido de azúcar, proteína, fibra, peróxidos y ácidos grasos libres [43].

### 2.2.1 LA INOCUIDAD EN LOS ALIMENTOS

Es un conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una

vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud [11]. Son todos los cuidados necesarios de la cadena de suministros desde la materia prima hasta el consumidor final.

La inocuidad de un producto puede perjudicarse por agentes químicos, los cuales pueden ser hormonas, antibióticos o plaguicidas; microbiológicos, es decir, virus o bacterias; en tanto que los contaminantes físicos son, por ejemplo, pedazos de metal, astillas, entre otros [39].

### 2.2.2 DESECHOS EN ALIMENTOS

Son los residuos de los alimentos que se echan a perder muy rápido por la contaminación de los metales tóxicos, plaguicidas y residuos de fármacos de uso veterinario, así como por contaminantes orgánicos, radionucleidos y micotoxinas, y eso causa un gran daño al cuerpo humano.

## 2.3 PRINCIPALES ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS (ETA)

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), es el síndrome originado por la ingestión de alimentos y/o agua, que contengan agentes etiológicos, en cantidades suficientes, por microorganismos o sustancias químicas que se pueden contaminar en cualquier etapa del proceso por medio del agua, la tierra o el aire y afecta a un nivel individual o colectivo [26].

Los alimentos contaminados o desechos son una amenaza para la salud humana y las economías, ya que afectan a las personas mas vulnerables, especialmente las mujeres y los niños, también daña el comercio mundial, lo que conduce a un mayor desperdicio de alimentos y grandes pérdidas de dinero [10].

Las ETA pueden clasificarse en infecciones, intoxicaciones o infecciones mediadas

por toxinas.

La infección transmitida por alimentos es una enfermedad que resulta de la ingestión de alimentos conteniendo microorganismos patógenos vivos, como salmonella, shigella, el virus de la hepatitis A, trichinella spirallis y otros.

La intoxicación causada por alimentos ocurre cuando las toxinas producidas por bacterias o mohos están presentes en el alimento ingerido o elementos químicos en cantidades que afecten la salud y crean enfermedades como el cólera.

Las toxinas generalmente no poseen olor o sabor y son capaces de causar enfermedades incluso después de la eliminación de los microorganismos [31].

En la Figura 2.1 se muestran datos estadísticos de como las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) afectan a una gran cantidad de personas por año y las enfermedades más comunes que una persona pudiera llegar a tener.



Figura 2.1: Datos estadísticos de la cantidad de personas afectadas por ETA. (Fuente: [10])

## 2.4 DATOS DE LA CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS

Los informes de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) analizan el nivel de pesticidas en más de 80,000 muestras. El último informe se centró en 12 productos vegetales y animales. Uno de los datos más alarmantes es que en el 27.3 % de las muestras se encontraron residuos, no de uno, sino de múltiples pesticidas.

En la Tabla 2.1 se muestra una lista de los alimentos del más al menos contaminado [5].

Tabla 2.1: Alimentos más contaminados.

Alimento	Contaminante %
Fresa	63 %
Melocotones	53 %
Manzanas	46 %
Lechugas	36 %
Avena	28 %
Tomates	27 %
Vino	23 %
Centero	16 %
Pepino	16 %
Puerro	14 %
Repollos	4,8 %
Leche	3,6 %

## 2.5 ESTRATEGIAS DE LUZ PARA LA DETECCIÓN DE ALIMENTOS CONTAMINADOS

### 2.5.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético son señales electromagnéticas ordenadas según su frecuencia y longitud de onda. Una señal electromagnética se caracteriza por ser periódica en el tiempo, es decir, que se repite con exactamente la misma forma cada un intervalo de tiempo determinado y estas ondas nos sirven para identificar a un objeto en específico, si es que llegara a cambiar la forma del intervalo, quiere decir que se encontro alguna anomalía en el objeto [17].

Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitirnos observar el espectro, permite realizar medidas sobre este, como la longitud de onda o la frecuencia de la radiación. Una forma de organizar al espectro electromagnético, es de acuerdo con su longitud de onda, en este caso las de menor

longitud de onda, como son los rayos cósmicos, los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. En cualquier caso, cada una de las categorías son de ondas de variación de campo electromagnético [30]. La Figura 2.2. representa el espectro electromagnético con la frecuencia, longitud y temperatura de las ondas emitidas por los rayos.

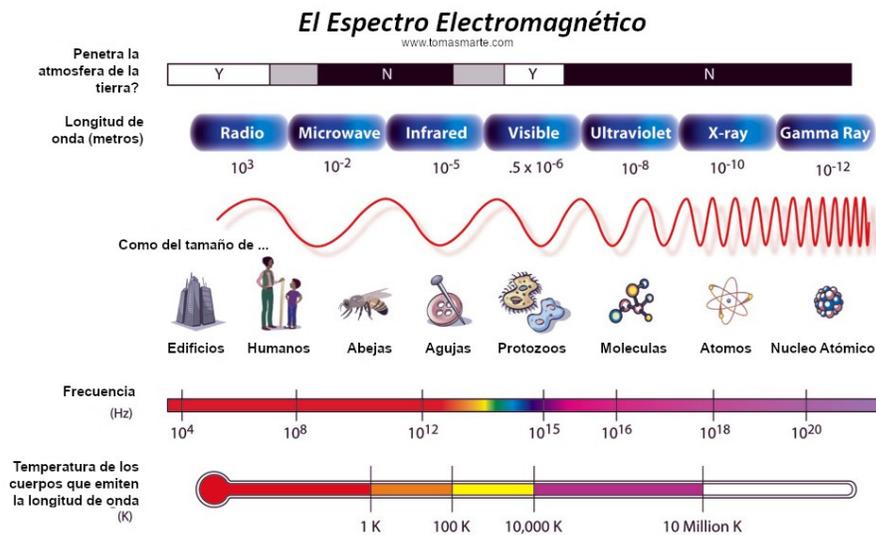


Figura 2.2: Espectro electromagnético. (Fuente: [25])

## 2.5.2 LUZ VISIBLE

La luz visible es un espectro visible (dentro de la onda electromagnética), que el ojo humano es capaz de percibir y cuya frecuencia determina su color, cubre todos los colores del azul a 400 nanómetros al rojo a 700 nanómetros. La luz azul contiene más energía que la roja [2]. Como se muestra en la Figura 2.3.

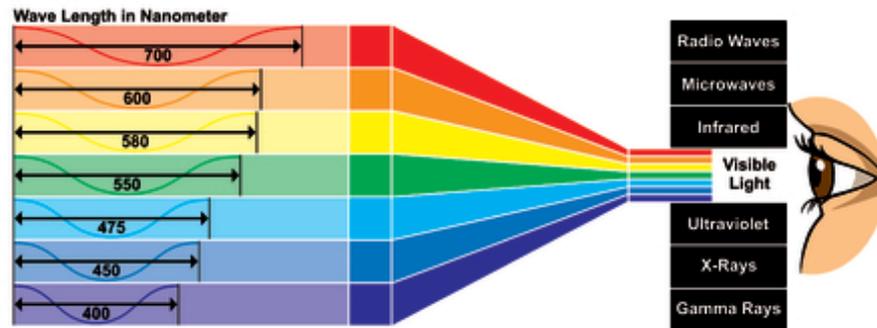


Figura 2.3: Espectro visible para el ojo humano. (Fuente: [42])

### 2.5.3 CLASIFICACIÓN

Rojo, naranja, amarillo, verde, añil, azul y violeta, eso son los siete colores que pueden verse en el arco iris, no aparecen ni el marrón ni el gris, pero tampoco el rosa, el ocre ni los otros colores. La razón de que se vean los siete que cito al principio es el fenómeno óptico que produce el arco iris que se llama dispersión de la luz y ocurre cuando la luz atraviesa un medio transparente, por ejemplo gotas de agua. El espectro visible que es el espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir la luz y los colores del arco iris, el espectro contiene solo los colores con una única longitud de onda. No hay límite exacto a lo que los ojos humanos pueden percibir del espectro aunque lo más común es que veamos las longitudes de onda que están entre los 390 hasta los 750 nanómetros, pero hay personas que pueden ver desde 380 hasta 780 nanómetros, o sea que perciben más colores que otras [20]. Ver longitudes de onda de los colores en la Figura 2.3.

### 2.5.4 APLICACIÓN

El espectro de la luz visible es lo que permite ver los distintos colores. Hay cosas que sólo se distinguen por el color. Por eso los animales han desarrollado esa habilidad. Por ejemplo para determinar si una fruta está verde o madura. Y en nuestra vida diaria, si el semáforo está en verde o en rojo, entre otras cosas. Nosotros,

los humanos, sólo percibimos tres colores fundamentales: el rojo, el verde y el azul, y con esos tres colores podemos hacer combinaciones y crear nuevos colores, pero hay especies (mariposas, colibríes, langosta mantís, entre otros.) que pueden distinguir hasta 12 colores básicos en el espectro visible [6].

## 2.6 LUZ ULTRAVIOLETA

La luz UV es un tipo de radiación electromagnética con ondas más cortas que el de la luz perceptible, por el ojo humano, con un largo de aproximadamente entre 400 nanómetros, mientras más morado sea la luz, la onda será más corta [12].

### 2.6.1 TIPOS DE UV

La radiación UV se clasifica en tres tipos principales: ultravioleta A (UVA), ultravioleta B (UVB) y ultravioleta C (UVC). Estos grupos se basan en la medida de su longitud de onda, la cual se mide en nanómetros (nm= 0.00000001 metros o  $1 \times 10^{-9}$  metros) [8].

- UV-A: va de los 315 a 399 nanómetros, no es absorbida por la capa de ozono. Tienen la capacidad de atravesar vidrios y ropa ligera, su efecto es indoloro y penetra hasta la capa más profunda de la dermis.
- UV-B: va de los 280 a 314 nanómetros, mayormente absorbida por la capa de ozono, pero alguna cantidad llega a la superficie de la tierra. La radiación UVB es la única capaz de estimular la vitamina D en el organismo, que luego transforma en hormona dihidroxicolecalciferol que se encarga de aumentar la concentración de calcio y fosforo en la sangre, entre otros.

- UV-C: va de los 100 a 279 nanómetros, Completamente absorbida por la capa de ozono y la atmósfera. La radiación UVC se usa para eliminar gérmenes, ayudar a cicatrizar heridas y tratar ciertas afecciones de la piel, como psoriasis, vitíligo o nódulos causados por el linfoma cutáneo de células T.

### 2.6.2 APLICACIÓN

La luz UV es un método efectivo para esterilizar y desinfectar, mata a microorganismos como bacterias, virus y protozoos, además, es un método de desinfección respetuoso con el medioambiente. La luz ultravioleta se utiliza en innumerables aplicaciones en todo el mundo para la inspección de superficies y productos, como la agricultura, la inspección de gemas y minerales, la conservación de arte y antigüedades, la validación de sellos y moneda, e incluso el curado de productos químicos [40].

## 2.7 ESPECTRO INFRARROJO

La radiación infrarroja, radiación térmica o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 0,7 hasta los 100 micrómetros. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin [15]. Dado que no forma parte del espectro sensible, nuestros ojos son incapaces de percibir la radiación infrarroja, aunque podemos detectarla como una sensación de calor sobre la piel, por ejemplo, cuando nos sometemos a la radiación del sol [24].

### 2.7.1 TIPOS DE INFRARROJO

Dependiendo de su ubicación dentro del rango de longitud de onda, los rayos infrarrojos podrán ser de tres tipos [24]:

- Infrarrojo cercano. Están entre 0,78 y 2,5 micrómetros (es el rango más cercano al espectro visible).
- Infrarrojo medio. Están entre 2,5 y 50 micrómetros.
- Infrarrojo lejano. Están entre 50 y 1000 micrómetros.

### 2.7.2 APLICACIÓN

La radiación infrarroja tiene hoy numerosas aplicaciones humanas:

- Equipos de visión nocturna. Existen dispositivos que mayormente se usan en la industria bélica, que funcionan a través de detectores de luz infrarroja y traducen al espectro visible que nos permiten ver en lo oscuro, guiándonos por el calor que emiten los objetos.
- Mandos a distancia. Es común el uso de emisores de rayos infrarrojos en controles remotos y otros teledispositivos, que de otro modo tendrían que acudir a las ondas de radio y generarían “ruido ambiental” para otras formas más importantes de transmisión de datos, como el Wi-Fi (Wireless Fidelity, que en inglés significa ‘fidelidad sin cables o inalámbrica’).
- Transmisión digital por infrarrojo. Este tipo de tecnología de transmisión de datos (entre computadoras o entre computadoras y sus periféricos cercanos) emplea señales infrarrojas para transmitir datos a corta distancia.

- Estudio espectroscópico en astronomía. Midiendo la radiación infrarroja de la atmósfera de las estrellas frías, los astrónomos son capaces de estudiar los elementos químicos presentes en ellas. También se utilizan estos rayos para estudiar las nubes moleculares en el espacio.
- Vigilancia y seguridad. La medición de los niveles de temperatura en un ambiente cerrado permite nuevas formas de vigilancia y seguridad, como la aplicada en los aeropuertos durante períodos de pandemia, para detectar niveles anormales de temperatura en una masa de gente en movimiento [24].



Figura 2.4: Radiación infrarroja en distintas escenas. (Fuente: [37])

## 2.8 ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE DETECCIÓN DE CONTAMINANTES DE ALIMENTOS

### 2.8.1 CUARTO OSCURO

Cámara de crecimiento de la marca THERMIKOS, que tienen control de temperatura y humedad, sus medidas son de de 5 x 4 x 2.25 m.

Funciones:

- Compresor: se encarga de absorber el líquido refrigerante y lo retiene hasta su entrada en el condensador.
- Condensador: el refrigerante transmite el calor de condensación y se transforma en estado líquido.
- Válvula de expansión: el líquido llega a la válvula de expansión, donde pierde una parte de su calor. Entra al evaporador como una mezcla de líquido y vapor.
- Evaporador: hierve a presión esta mezcla y el fluido absorbe el calor latente del ambiente, enfriándose a su vez.

De este modo, la operación continúa desarrollándose y enfriando el aire hasta que los alimentos alcancen una temperatura óptima y las plantas puedan crecer de manera adecuada [14].

### 2.8.2 RACK INDUSTRIAL

Son estructuras metálicas hechas a base de acero al carbono y diseñadas para soportar la mercancía en una bodega o almacén, con medidas de 183 x 196 x 61 cm con una capacidad total de carga de 250 kg [27]. Como se muestra en la Figura 2.5.



Figura 2.5: Rack estante industrial. (Fuente: sams.com.mx)

### 2.8.3 LÁMPARAS UV

Las lámparas UV utilizadas son propias del Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA) del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga en Aguascalientes, los cuales se dividen en distintos módulos de lámparas, como lo son lámparas UVA (25W) y UVA (220W). Como la Figura 2.6 nos muestra.

El control de la irradiación que es emitida por los LEDs ultrabrillantes, es controlada por medio de módulos también diseñados por el mismo laboratorio.

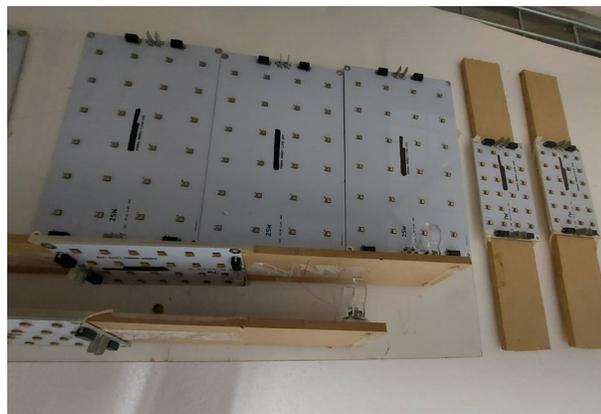


Figura 2.6: Lámparas UV de LIA. (Fuente: Propia)

#### 2.8.4 LÁMPARAS VISIBLE COMERCIAL MARCA PHILLIPS

Focos de iluminación inteligente con control por Bluetooth y Zigbee, instalación para empezar la automatización, sencillo de instalar y utilizar, tiene tonalidades de luz blanca cálida a fría (2700°K a 6,000°K) y con 16 millones de colores, atenua la intensidad, se puede programar rutinas y crear escenas. Su casquillo es E27, tiene una potencia luminosa de 806 lumen, su clasificación energética es de A+ y tiene una duración estimada por bombilla de 25.000 horas [3]. Como la Figura 2.7.



Figura 2.7: Focos HUE Philips multicolor. (Fuente: Propia)

#### 2.8.5 DRON

El dron P4 Multispectral es un dron con cámara multispectral para percepción remota, teledetección o análisis en la salud de los campos. Como se muestra en la Figura 2.8.

Funciona con 6 bandas:

- Borde Rojo (RE) 730 nm  $\pm$  16nm.
- Infrarrojo cercano (NIR) 840 nm  $\pm$  26nm.
- Verde (G) 560 nm  $\pm$  16nm.

- Rojo (R)  $650 \text{ nm} \pm 16 \text{ nm}$ .
- Azul (B)  $450 \text{ nm} \pm 16 \text{ nm}$ .
- Visible RGB.

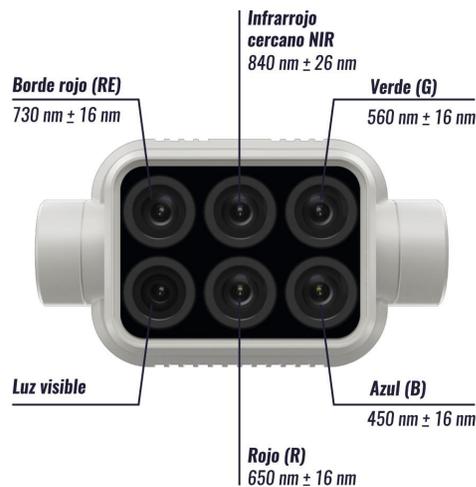


Figura 2.8: Bandas de la cámara multispectral. (Fuente: [21])

El P4 Multiespectral unifica el proceso de capturar la información necesaria para conocer el estado de los cultivos y para ayudar a la gestión de la vegetación. DJI® ha dotado a esta plataforma del mismo potente rendimiento que le caracteriza, incluyendo un tiempo máximo de vuelo de 27 minutos y un alcance de transmisión de 7 km con el sistema OcuSync [13].

## 2.9 SMARTPHONE

Smartphone Samsung Galaxy A71 con cámara de cuatro sensores, el principal de 64 MP. Lo complementa un sensor de 12 MP (gran angular), un sensor de profundidad para trabajar el modo retrato (enfoque dinámico) y un sensor de 5 MP para el modo macro.

El modo Pro tiene presencia en ese carrusel, pero lo que podemos hacer con él no se corresponde a lo que uno esperaría. Solo podemos modificar la medición, la

sensibilidad, el balance de blancos y la compensación de la exposición, pero nada de velocidad de obturación, por ejemplo. Tampoco permite la toma de imágenes en RAW. [35]. Como muestra la Figura 2.9



Figura 2.9: Cámara trasera de Samsung Galaxy A71. (Fuente: [38].)

En cuanto a la calidad de imagen del sensor principal del Samsung Galaxy A71, el fabricante ha optado por la polivalencia controlada sobre la excelencia. Con buena luz, las fotografías que obtenemos mantiene un buen nivel de detalle, el ruido está muy bien controlado y el rango dinámico y color son muy correctos en la mayoría de las situaciones.

## 2.10 SENSORES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE ENERGÍA UV Y VISIBLE

### 2.10.1 MEDIDOR QUANTUM

Miden energía luminosa en las longitudes de onda que las plantas utilizan para la fotosíntesis. El medidor Field Scout mide el flujo de fotones fotosintéticos (PPF) en mol  $m^{-2}s^{-1}$  de radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el rango de 400 a

700 nm. Este medidor puede ser utilizado en el campo, laboratorio, por encima o por debajo de las plantas en los campos agrícolas o en los invernaderos [32]. Como muestra la Figura 2.10.

Características:

- Rango de radiación fotosintéticamente activa (PAR) de 400 a 700 nm.
- Rango de 0 a 1,999  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{segundo}$ .
- Dimensiones: 2-3/8" x 4-1/2" x 1".
- Peso: 7 oz (200 g).



Figura 2.10: Medidor quantum. (Fuente: [32])

### 2.10.2 SENSOR DE UV

Sirve para monitorear los niveles críticos de la capacidad de filtrado de radiación UV (250 a 400nm) en invernaderos de plástico o de cristal [33]. Como muestra la Figura 2.11

Características:

- Rango de 0 a 200.0  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{segundo}$  (plena luz del sol).
- Dimensiones: 2-3/8" x 4-1/2" x 1".
- Peso: 7 oz (200 g).



Figura 2.11: Sensor de UV. Fuente: ([33])

## 2.11 SOFTWARE ARCGIS

Permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica [18]. Como muestra la Figura 2.12.

Características:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes.
- Compilar información geográfica.
- Crear y administrar bases de datos geográficas.
- Resolver problemas con análisis espacial.
- Crear aplicaciones basadas en mapas.
- Conocer y compartir información mediante la geografía y la visualización.

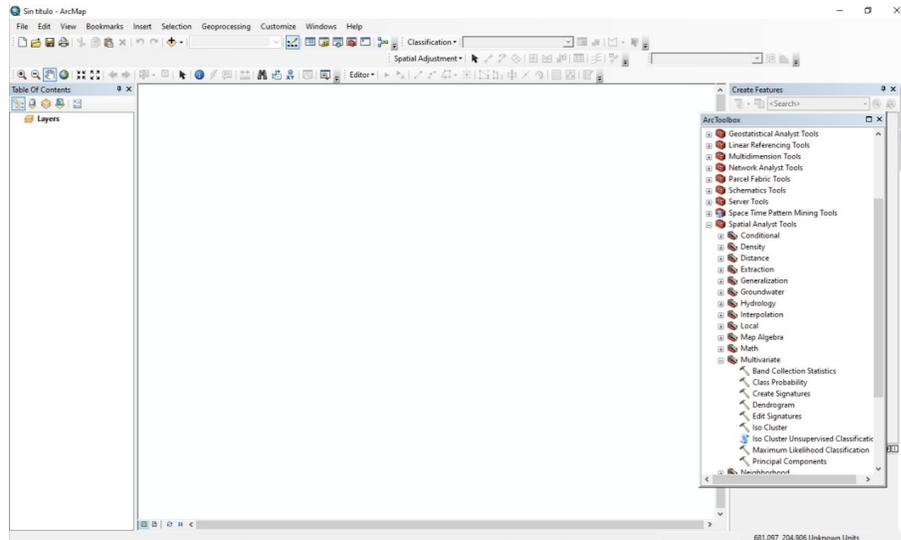


Figura 2.12: Pantalla principal ArcGis (Fuente: propia)

## 2.12 INVESTIGACIÓN DE MERCADO

La investigación de mercados es una recopilación de datos de varias empresas para entender los aspectos que se desee conocer para luego hacer la interpretación y análisis de los datos para que en un futuro se puedan tomar las mejores decisiones [36].

Según Kotler, Bloom y Hayes (1ra Edición, 2004) consiste en reunir, planificar, analizar y comunicar de manera sistemática los datos relevantes para la situación de mercado específica que afronta una organización.

Para hacer un estudio de mercado consta de 4 etapas que son:

1. Establecimiento de los objetivos del estudio y definición del problema que se intenta abordar.
2. Realización de investigación exploratoria.
3. Búsqueda de información primaria.
4. Análisis de los datos y presentación del informe.

Para Fischer [19], la investigación de mercados surge como una herramienta de salvación para muchos directores y personas encargadas de lograr el buen funcionamiento de la mercadotecnia, ya que son ellos quienes enfrentan los problemas; con base en la investigación de mercados gestan y toman las decisiones adecuadas para alcanzar las metas o fines deseados.

Para la realización del estudio de mercado, se tomó como base la metodología de Laura Fischer [19] para guiarnos y tomar las decisiones adecuadas al momento de que se nos presente un problema.

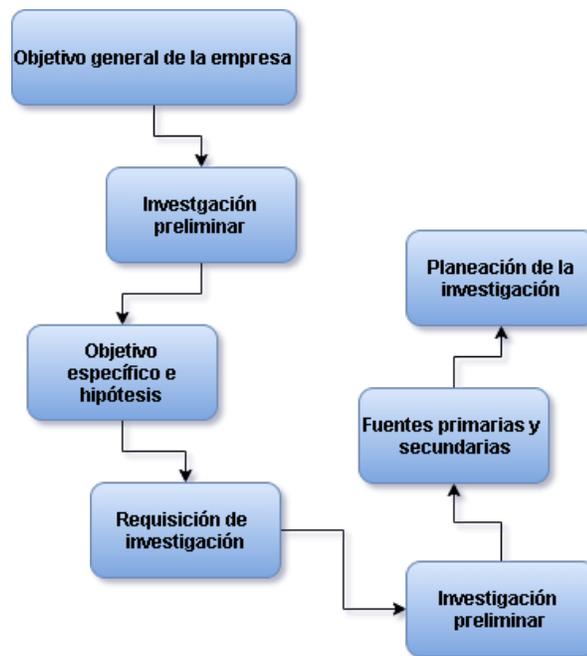


Figura 2.13: Metodología de la investigación de mercado de Laura Fischer. (Fuente: [19])

### 2.12.1 OBJETIVO GENERAL DE LA EMPRESA

El objetivo general es el fin o la meta que la empresa persigue para darle solución a un problema general.

Es el resultado final que quiere alcanzarse con proyecto, es decir, la razón por la que se realiza la investigación o intervención, sintetiza la hipótesis o problema a

investigar, puntualiza la finalidad del estudio y delimita el tema [44].

### 2.12.2 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Una investigación preliminar es la obtención de todos los conocimientos básicos sobre un tema para luego recabar toda la información necesaria para entender la naturaleza del problema [28]. El objetivo de dicha investigación es encontrar nuevas ideas relacionadas, para saber más sobre el tema, pero sin establecer un diseño formal.

### 2.12.3 OBJETIVO ESPECÍFICO E HIPÓTESIS

Los objetivos específicos son las metas exactas y tangibles que la empresa puede alcanzar en corto plazo y van encaminadas a cumplir el objetivo general de la empresa [16].

Una hipótesis es un suceso de algo que podría o no pasar, de lo cuál, se hace una investigación para ver si puede ser posible ese suceso, para ello, debe analizarse cuidadosamente para que esa investigación nos conduzca a una solución.

### 2.12.4 FUENTES PRIMARIAS Y FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes primarias son, en este caso, los datos o la información que se recaudó directamente de una empresa y las fuentes secundarias es la información que se consiguió fuera de la empresa, como el INEGI, DENEUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) también del INEGI, entre otros.

### 2.12.5 PLANEACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La planeación de la investigación es un protocolo que se utiliza para estudiar los fundamentos básicos para entender nuestro problema, hacer hipótesis y definir los objetivos generales y específicos para después hacer la ejecución de esa planeación en un futuro [23].

En otras palabras, es una serie de decisiones que se toman anticipadamente y que constituyen un modelo que servirá para la realización del estudio.

## CAPÍTULO 3

# DESARROLLO

---

### 3.1 INTRODUCCIÓN

### 3.2 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

#### 3.2.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El lugar donde se realizó la investigación fue dentro del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga en el Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA).

#### 3.2.2 ADAPTACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

En primera instancia, dentro del Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA) en una cámara de crecimiento con dimensiones de  $5 \times 4 \times 2.25$  m, fue establecido el diseño y organización del área de trabajo para la generación de técnicas o procedimientos para la detección de contaminantes con luces ultravioleta tipo LED

(UV-LEDs) en sus diferentes longitudes de onda A, B, y C, además de lámparas con luz visible (VIS) e infrarrojo cercano (NIR). La Figura 3.1a y Figura 3.1b muestran el área de la cámara de crecimiento por dentro y por fuera.



(a) Vista por dentro.



(b) Vista por fuera.

Figura 3.1: Cámara de crecimiento. (Fuente: Propia)

Posteriormente, el área de trabajo se trasladó, adecuándose un nuevo cuarto oscuro de  $3 \times 3$  m, tapando con geomembrana cada entrada de luz del día que entra por medio de la puerta y la ventana, siendo un espacio exclusivo para las pruebas de detección, como se puede ver en la Figura 3.2a y Figura 3.2b.



(a) Vista por dentro.



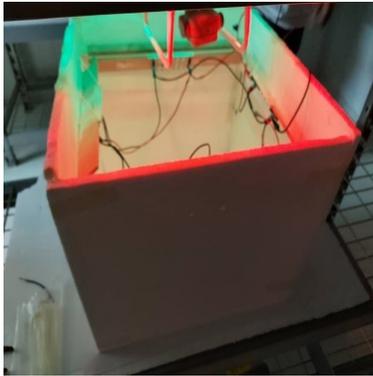
(b) Vista por fuera.

Figura 3.2: Cuarto oscuro. (Fuente: Propia)

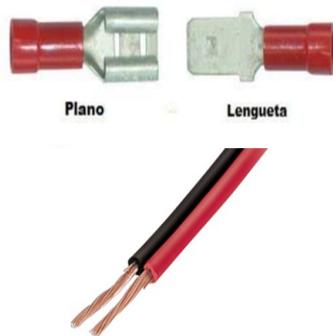
### 3.2.3 CONFIGURACIÓN DE LA CÁMARA DE REFLECTANCIA CON INTEGRACIÓN DE RADIACIÓN ARTIFICIAL.

Se fabricó una cámara de reflectancia a base de unicel de  $50 \times 50 \times 42$  cm como se muestra en la Figura 3.3a y en la parte de la base (piso de la cámara

de unicel) se puso una cartulina de color blanca específicamente ya que hace que rebote y no absorba la luz. En la parte superior de la cámara (cuadrada) fueron instaladas 4 lámparas luz blanca visible (W), ver Figura 3.3b propias del Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA) del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga en Aguascalientes (Figura 1.1), fueron colocados por cada extremo a 30 cm de la base con una inclinación de  $45^\circ$ , se encuentran en ese ángulo de inclinación para que la reflexión pegue o rebote específicamente en el producto. Para conectar las UV entre sí, se utilizaron cables bocina positivo y negativo, donde en las puntas se les adaptaron una terminal hembra tipo faston y se conectaron a unas lenguetas que estaban adaptadas a las lámparas UV, Figura 3.3c . Para encender las lámparas UV se utilizó un generador de voltaje de un tamaño compacto y pequeño para utilizar en banco; bajo nivel de rizado y ruido; medidas integradas y funciones programables básicas Figura 3.3d. Esta fuente fiable está diseñada para aplicaciones de uso general y combina capacidades de montaje en bancos con funciones flexibles del sistema en un encapsulado compacto de salida múltiple, y fueron conectadas por medio de 2 cables de tipo banana – caimán. Figura 3.3e



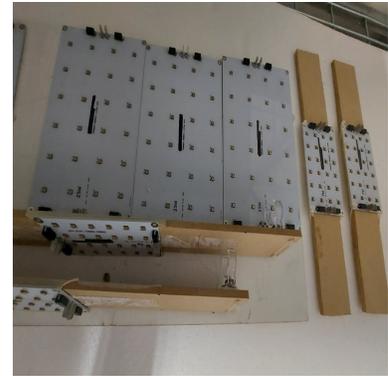
(a) Cámara de reflectancia.  
Fuente: Propia



(c) Cables bocina y terminales  
lengüeta y plano .  
Fuente: [41]



(e) Cables tipo banana /  
caimán.  
Fuente: HETPRO



(b) Lámparas UV-LED en A,  
B y C.  
Fuente: Propia

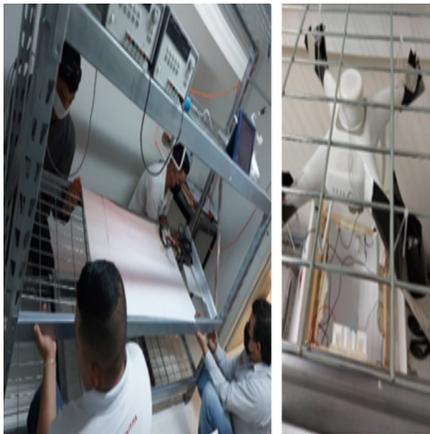


(d) Generador de voltaje  
marca Agilent , modelo  
E3631A .  
Fuente: Propia

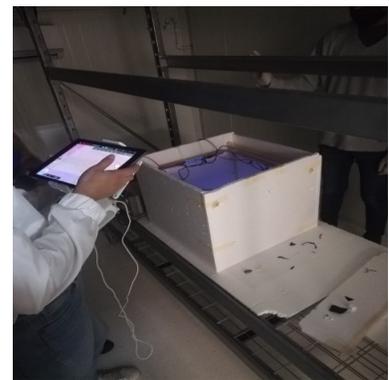
Figura 3.3: Componentes de la cámara de reflectancia

### 3.2.4 INSTALACIÓN Y ACOMODO

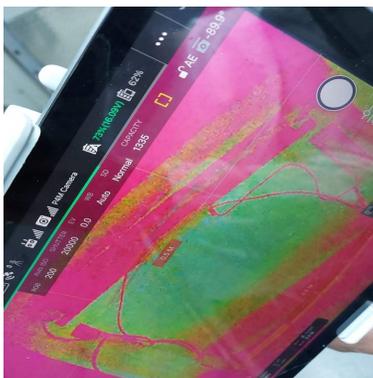
Se realizaron las pruebas en ese cuarto y con un rack comercial de 183 x 196 x 61 cm con una capacidad total de carga de 250 kg. Se montó en el primer nivel un dron DJI P4 Multiespectral, esta cámara nos sirve para captar varios espectros de luz y ayudarnos con la detección de contaminantes. Como se muestra en la Figura 3.4a. Al tener todo montado y listo para utilizar, se tomaron las primeras fotos con las LED del cuarto prendidas, y otras con las LED apagadas al igual que con la luz UVB, ver Figura 3.4b, pero no funcionaron las fotos ya que la intensidad de la luz UVB no era muy alta para ver el producto en las fotos. Figura 3.4c.



(a) Acomodo del dron y cámara de reflectancia.



(b) Primeras pruebas con UV-B y luz apagada.



(c) Primera foto tomada con el índice de diferencia normalizada de borde rojo (NDRE) y UV-B .

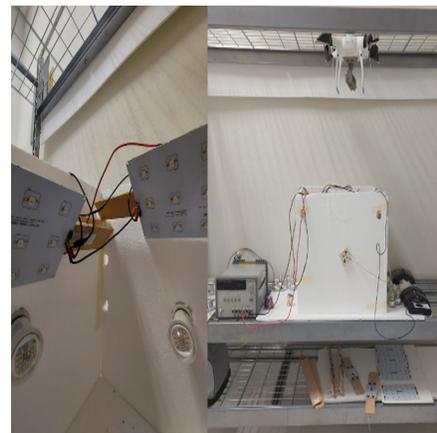
Figura 3.4: Primeras pruebas de detección. (Fuente: Propia)

Al notar que causaban mucha interferencia en las imágenes por falta de luz, se realizó un circuito con 4 sockets como se muestra en la Figura 3.5a, todos conectados con los cables bocina, ya antes mencionados, para después incrustar 4 focos de la marca HUE LED (Philips) multicolor, 1 por cada pared, que se encuentran suspendidas a 20 cm de la base, la potencia consumida es de 9W, se fue intercalando la posición de los focos ya que al ponerlos encima o por debajo del dron se generaba interferencia al momento de tomar las fotos y la posición adecuada fue incrustarlos en cada pared, además esto nos genera mejor iluminación, y son controladas a través de Wi-Fi con la aplicación HUE Phillips (Android). La distancia entre las UV-LEDs y las lámparas Philips es de 15 cm, como se muestra en la Figura 3.5b



(a) Sockets para focos.

Fuente: Teslek.com.mx



(b) Incrustación de focos HUE LED Philips.

Fuente: Propia

Figura 3.5: Instalación de luz

### 3.2.5 DISEÑO DE RECETAS DE LUZ E INTENSIDAD PARA LA DETECCIÓN DE CONTAMINANTES

Fueron aplicadas diferentes escenas al producto para evaluar la mejor combinación de colores, así como intensidad, como se observa en la Figura 3.6a y Figura 3.6b.



(a) Configuración de escenas a través de la aplicación (HUE PHILIPS).



(b) Configuración de escenas vista aérea.

Figura 3.6: Búsqueda de recetas de iluminación. (Fuente: Propia)

Al mismo tiempo se fue midiendo con un medidor quantum (ver Figura 2.10) el cual determina la densidad de flujo de fotones fotosintéticos de la radiación fotosintéticamente activa emitida por las lámparas comerciales a 20 cm de altura con un ángulo de  $90^\circ$ . El medidor quantum fue utilizado para obtener cierta cantidad de fotones en cada una de las escenas. Esto para mantener un estándar de  $100 \pm 1$  micromoles.

Se realizaron varias combinaciones y cada una tenía que llegar a 100 micromoles aproximadamente, estos datos los tomamos de referencia de una experimentación con lechugas que utilizaban 100 micromoles para su crecimiento adecuado. Las que mejores dieron resultados fueron con las combinaciones con morado, amarillo, naranja, rosa y verde. Como se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.7: Medición de diferentes combinaciones de luz con el quantum. Fuente: Propia

### 3.2.6 MONITOREO CIENTÍFICO

Fue establecido un monitoreo científico que permitió encontrar problemáticas, técnicas, modelos y metodologías para la detección utilizando imágenes multiespectrales, algunos de los trabajos han sido aplicados a alimentos como manzanas y papas. Cabe resaltar que este procedimiento es aplicado comúnmente para la detección de patógenos.

- Kim, M. S. (2002). Multispectral detection of fecal contamination on apples based on hyperspectral imagery: Part II. Application of hyperspectral fluorescence imaging. *Transactions of the ASAE*, 45(6), 2039.
- Kim, M. S. (2002). Multispectral detection of fecal contamination on apples based on hyperspectral imagery: Part I. Application of visible and near-infrared reflectance imaging. *Transactions of the ASAE*, 45(6), 2027.
- Li, D. Z. (2021). A rapid and non-destructive detection of *Escherichia coli* on the surface of fresh-cut potato slices and application using hyperspectral imaging. *Postharvest Biology and Technology*, 171, 111352.
- Mehl, P. M. (2004). Development of hyperspectral imaging technique for the detection of apple surface defects and contaminations. *Journal of food engineering*, 61(1), 67-81.

### 3.2.7 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES CON EL DRONE

Se inició con la adquisición de imágenes, para este proceso se realizó un diseño de diferentes recetas de luz para obtener la óptima en la detección de contaminantes. La Tabla 3.1, Tabla 3.2 y Tabla 3.3 son las configuraciones de los diferentes parámetros para los tratamientos de luz, así como, para el dron; muestra las diferentes combinaciones implementadas en el diseño experimental. Tales datos

significan el color de la luz emitida por los focos, la intensidad en porcentaje de la luz de los focos y la medida de micromoles, tomadas con un índice de captura de NDRE con la cámara multiespectral, la medida del ISO, Shutter y combinación de ambas y con el tipo de luz UV y los voltios que fueron capturadas las imágenes.

Tabla 3.1: Prueba 1 de combinaciones de luz con focos HUE LED PHILLIPS y luz UV-A. Fuente: Propia.

Clave para el tratamiento de luz	Índice de captura	ISO (sensibilidad de luz)	Shutter (velocidad capturada)	Intensidad de la luz $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	EV (ISO y Shutter)	Tipo de UV- Volts
CalUVA_66-101	NDRE	200	100	92±5	0	A-10
RosUVA_100-99	NDRE	400	100	90±5	0	A-10
Y/NUVA_100-101	NDRE	800	100	90±5	0	A-10
N/RUVA_100-100	NDRE	800	100	92±5	0	A-10
N/VUVA_100-100	NDRE	800	240	92±5	-1.7	A-10
N/YUVA_100-100	NDRE	800	200	94±5	-1.7	A-10
R/MUVA_100-101	NDRE	800	100	95±5	0	A-10
Rs/VUVA_100-100	NDRE	800	120	94±5	-1	A-10
Rs/YUVA_100-101	NDRE	800	120	95±5	-1	A-10
M/YUVA_100-101	NDRE	800	160	95±5	-0.7	A-10
M/NUVA_100-101	NDRE	800	160	95±5	-1.7	A-10
M/RUVA_100-100	NDRE	800	120	95±5	-1.7	A-10
Nuva_100-200	NDRE	200	100	199±5	1.3	A-10
M/RUVA_100-100	NDRE	200	100	94±5	-1.7	A-10
M/RUVA_100-101	NDRE	200	100	95±5	0	A-10
Rs/YUVA_100-101	NDRE	200	100	95±5	-3	A-10

Tabla 3.2: Prueba 2 de combinaciones de iluminación variando la clave de luz y el voltaje de la UVA con focos HUE LED PHILLIPS. Fuente: Propia.

Clave para el tratamiento de luz	Índice de captura	ISO (sensibilidad de luz)	Shutter (velocidad capturada)	Intensidad de la luz $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	EV (ISO y Shutter)	Tipo de UV- Volts
SallUVA_100-200	NDRE	200	100	202±5	0	-
NUVA_100-200	NDRE	200	100	193±5	1	-
YUVA_100-200	NDRE	200	100	194±5	0	-
B_78-100	RGB	200	1000	100±5	1.3	-
Cal_41-100	RGB	200	1000	99±5	0	-
Cal_41-102	RGB	200	1000	99±5	1.3	A-10
B_78-105	RGB	200	1000	100±5	1.3	A-10
-	RGB	160	800	002±5	2	A-10
-	RGB	400	160	002±5	1.3	A-10
-	RGB	200	160	002±5	0	A-10
M/Y2_100-100	RGB	200	1000	100±5	1.3	A-10
M/Y2_100-100	NDRE	200	120	100±5	0	A-10

Tabla 3.3: Prueba 3 con focos geopower y una luz cálida a una intensidad, con variación del voltaje UV-A. Fuente: Propia.

Clave para el tratamiento de luz	Índice de captura	ISO (sensibilidad de luz)	Shutter (velocidad capturada)	Intensidad de la luz $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	EV (ISO y Shutter)	Tipo de UV-Volts
Cálida	RGB	400	640	50±5	0.7	A-10
Cálida	RGB	800	1250	51±5	1	A-10
Cálida	RGB	400	640	50±5	0.3	A-9
Cálida	RGB	200	240	50±5	1	A-9
Cálida	RGB	200	200	50±5	1.3	A-10
Cálida	RGB	400	500	50±5	0.7	A-8
Cálida	RGB	200	240	50±5	0.7	A-8
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-7
Cálida	RGB	400	640	50±5	0.3	A-7
Cálida	RGB	200	240	50±5	0.7	A-6
Cálida	RGB	400	800	50±5	0	A-6
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-5
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-4
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-3
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-2
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-1
Cálida	RGB	200	320	50±5	0.3	A-0
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-9
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-8
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-7
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-6
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-5
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-4
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-3
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-2
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-1
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	A-0
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	-
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	-
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	-
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	-
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	-
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.3	-
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10
Cálida	RGB	200	320	50±5	1.7	A-10

### 3.2.8 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES CON SMARTPHONE

Se adquirieron nuevas imágenes de low cost con la cámara cuádruple del Smartphone Samsung Galaxy A71 (Figura 2.9) con una escena de luz en específico ya que fue la que mejor iluminación generada.

Se configuró la cámara del smartphone a cámara PRO F1.8 1/500 shutter, 5.23MM, ISO 50, Balance de blancos Autom. Sin flash

### 3.2.9 INTERPRETACIÓN DE DATOS CON EL SOFTWARE ARCGIS

Se utilizó el software ArcGis– que representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa–en una DESKTOP-194DQ93 Windows 10 pro con un procesador Intel® Core™ i7-4790 @ 3.60GHz 3.60 GHz, memoria Ram de 8.00 GB y un sistema operativo de 64 bits, procesador x64, ahí se analizaron cada una de las imágenes capturadas con el dron DJI P4 Multiespectral, que posteriormente este software nos ayuda a generar el aprendizaje guiado para que el sistema automáticamente detecte todos los contaminantes que existen en cierta cantidad de productos. La pantalla principal del software se muestra en la Figura 3.8

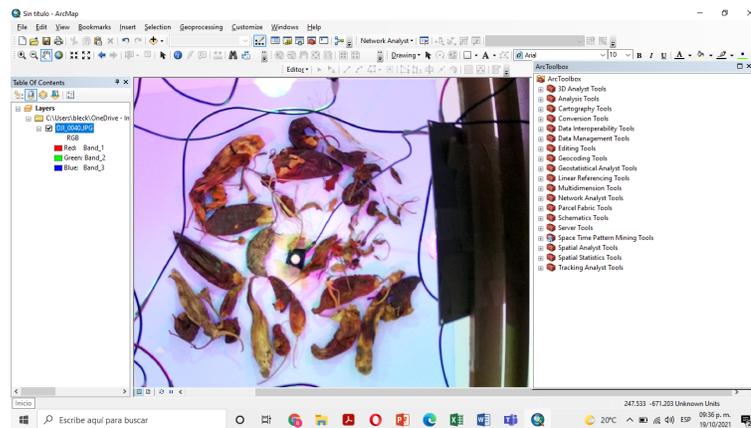


Figura 3.8: Pantalla principal software ArcGis con producto. (Fuente: propia)

### 3.2.10 APRENDIZAJE GUIADO EN ARCGIS

Un aprendizaje guiado es automatizar el reconocimiento de objetos dentro de una imagen, en este caso, se utilizó el software ArcGis para identificar el contaminante que estaba en el producto, este aprendizaje guiado consiste en asignar a cada pixel de la imagen un nombre y se toman los pixeles que se encuentran cercanos a su alrededor para también ser clasificados usando covarianzas.

### 3.2.10.1 FIRMA ESPECTRAL

Se crea una firma espectral, llamada así porque nosotros no lo podemos ver pero el software con base a los datos que se le otorgaron identifica los valores de cada pixel para saber cuál es su clasificación y le asigna un valor. Una firma espectral muestra el perfil específico de radiancia emitida por los objetos situados en la superficie de la tierra [22]. En ese caso, muestra la radiancia que emite el producto que se esta analizando. En la Figura 3.9 se muestra en la parte derecha de la imagen la barra de herramientas para crear la firma espectral.

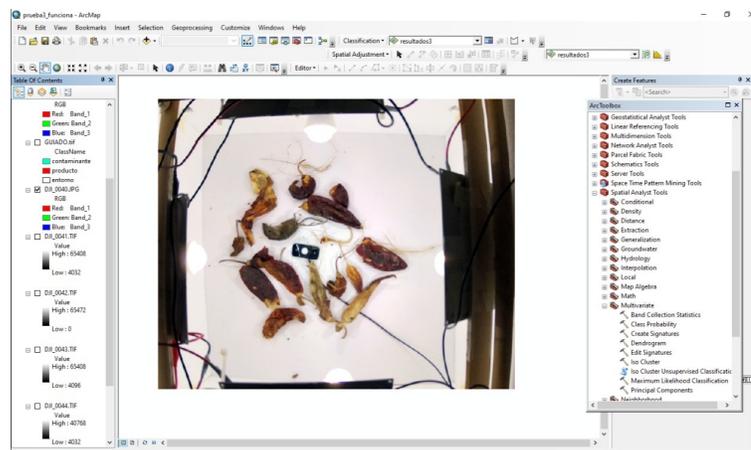


Figura 3.9: Creación de firma espectral. (Fuente: propia)

### 3.2.10.2 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA VEROSIMILITUD

Esta evalúa la similitud entre otros píxeles para después categorizarlos. Utiliza un modelo de distribución de probabilidad de medias para que de forma automática reconozca cada pixel y empiece a establecer un criterio de decisión, de esa forma, el software empieza a reconocer que es cada cosa en la imagen. En la Figura 3.10 muestra el llenado para la clasificación de verosimilitud.

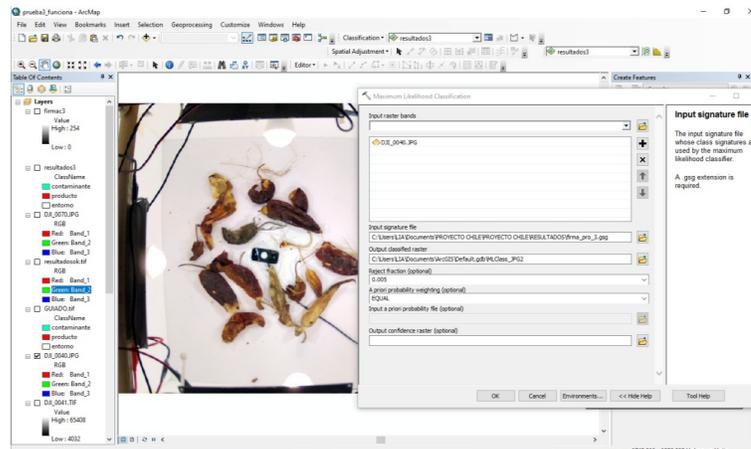


Figura 3.10: Clasificación de verosimilitud. (Fuente: propia)

## 3.3 ESTUDIO DE MERCADO

### 3.3.1 DESARROLLO DE ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado es una recolección de información de una variedad de fuentes para comprender y conocer mejor un mercado y su público. A continuación se muestra el estudio de mercado (basado en la metodología de Laura Fischer, cuarta edición) que se realizó para conocer el panorama y saber si es factible el servicio que se planea ofrecer para que en un futuro se pueda vender. Como se muestra en la Figura 3.11.

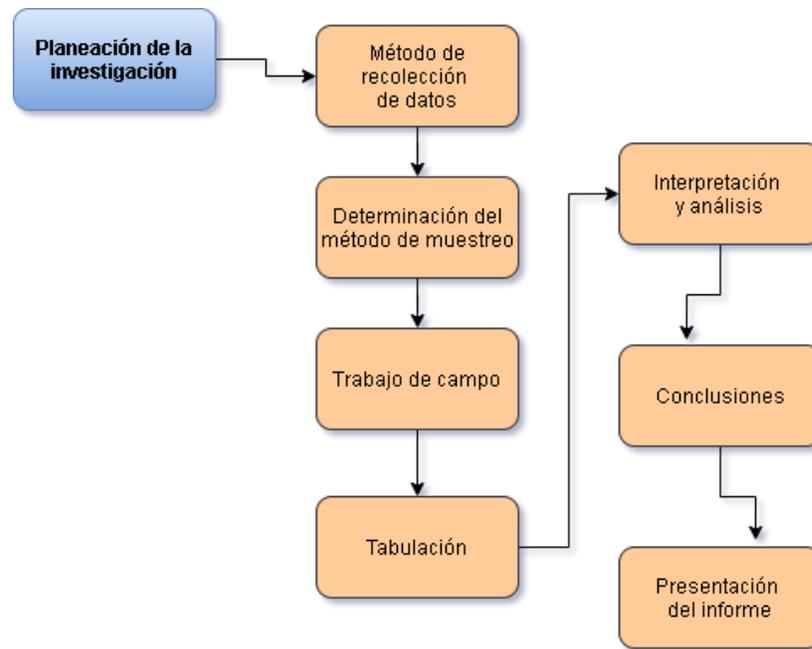


Figura 3.11: Planeación de la investigación. Fuente: Mercadotecnia Laura Fischer 4ta Edición, 2011.

### 3.3.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para obtener los datos, se aplicó una encuesta de 14 preguntas para saber si existe la necesidad de usar las UV-LED's para desinfectar y detectar contaminantes en los alimentos. Se realizó una encuesta por medio de Google Forms que fue mandado el link por diferentes redes sociales tales como: correos electrónicos, mensajes por WhatsApp e invitaciones por Facebook a las empresas directamente y a posibles compradores interesados para su hogar.

### 3.3.3 DISEÑO DEL CUESTIONARIO PARA LA POBLACIÓN

**Objetivo:** Identificar el conocimiento sobre las técnicas aplicadas en la descontaminación de alimentos en el sector agroindustrial.

**Instrucciones:** Responda cada una de las respuestas que aparecen a continuación, seleccionando la respuesta que considere conveniente.

1. ¿Tiene conocimiento que algunos de los alimentos producidos en el campo contienen microorganismos o bacterias que afectan a la salud?
  - a) Si lo sabía.
  - b) Conozco algo de información.
  - c) Lo desconozco.
  
2. Considera usted que los alimentos del campo (frutas y verduras) contaminados pudieran ocasionar en la población
  - a) Enfermedades.
  - b) Alergias.
  - c) Desnutrición.
  - d) Todos los anteriores.
  - e) Ningún problema.
  - f) Otros: \_\_\_\_\_
  
3. ¿Sabía usted que debe desinfectar algunos productos del campo antes de su consumo?
  - a) Si lo sabía.
  - b) Conozco algo de información.
  - c) Lo desconozco.
  
4. De los siguientes métodos o técnicas que se utilizan para desinfectar los productos del campo, seleccione los que conozca.
  - a) Lavarlos.

- b)* Cocerlos.
  - c)* Desinfectantes.
  - d)* Radiación.
  - e)* Otros: \_\_\_\_\_
- 5. ¿Sabía usted que existe un método de radiación a través de lámparas de luz Ultra Violeta (luz UV) para descontaminar los alimentos?
  - a)* Si lo sabía.
  - b)* Conozco algo de información.
  - c)* Lo desconozco.
- 6. ¿Sabía que al usar la luz Ultra Violeta en los productos alimenticios extiende su tiempo de vida, además de no generar ningún residuo tóxico?
  - a)* Si lo sabía.
  - b)* Conozco algo de información.
  - c)* Lo desconozco.
- 7. ¿Usted utiliza algún método o técnica de desinfección recurrente para sus productos?
  - a)* Si.
  - b)* No (pasar a la pregunta 9).
- 8. ¿Cada cuando utiliza ese método o técnica?
  - a)* Diario.
  - b)* Cada tercer día.
  - c)* Una vez a la semana.
  - d)* Más de quince días.

- 
9. Al utilizar un sistema de desinfección con luz Ultra Violeta, le gustaría usarlo para:
- a) Mi casa.
  - b) Mi negocio.
  - c) Mi empresa.
10. ¿Qué cantidad de productos en fresco desinfectaría cada vez?
- a) Menos de medio kilo a 1 kilo.
  - b) De un kilo a 5 kilos.
  - c) Mayor a 5 kilos.
11. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de desinfección de sus alimentos?
- a) \$5.00 a \$10.00 mxn.
  - b) \$10.00 a \$15.00 mxn.
  - c) Más de \$20.00 mxn.
12. ¿Le gustaría tener un sistema de desinfección de luz Ultra Violeta propio?
- a) Sí.
  - b) No.
13. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar?
14. Datos de contacto, por si desea conocer el servicio de desinfección de alimentos, mediante luz UV.

## CAPÍTULO 4

# RESULTADOS

---

### 4.1 INTRODUCCIÓN

La luz ultravioleta se utiliza como método de desinfección desde hace años, como consecuencia, cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a determinadas longitudes de onda de esta luz ultravioleta quedan inactivos. Por ese motivo, desde hace años se aprovechan tales propiedades espermicidas para la desinfección del agua, el aire y diversas superficies [34].

Con este proyecto de investigación se realizaron varias pruebas con diferentes tipos de luz tanto de UV como la luz multicolor en focos led para encontrar una receta específica donde se pueda detectar adecuadamente el contaminante y al mismo tipo se vaya desinfectando el producto.

### 4.2 RESULTADOS OBTENIDOS

A través del desarrollo del proyecto se estableció el estudio sobre la investigación de la desinfección de alimentos por medio de la luz UV y la detección por medio de software ArcGis con ayuda de los focos multicolor.

Las investigaciones que se realizaron profundizaron el tema sobre la problemática a

nivel mundial sobre las enfermedades causadas por los alimentos contaminados.

#### 4.2.0.1 ACOMODO DE CUARTO

Con la reubicación del cuarto además de tapar cada entrada de luz con la geomembrana se pudo medir y mantener controlado los micromoles necesarios adecuadamente, ya que la luz externa afecta las mediciones del quantum, como resultado, se obtuvo una luz centrada únicamente en el producto y no en el entorno, manteniendo la cantidad idónea de micromoles en el producto. Debido a que se busca estandarizar la cantidad de luz para encapsular el entorno para que las cantidades de luz no varien y así poder obtener buenos resultados.

#### 4.2.0.2 RECETAS DE LUZ

Gracias a la modificación de la cámara de reflectancia se obtuvo mejor iluminación con los focos HUE Philips multicolor, con una luz blanca a una intensidad de 78 % y 100 micromoles, al momento de incluir la luz UV, su medida en micromoles era mínima, así que no afectaba al momento de las capturas de las fotos pero aun así se decidió incluirlas ya que estas nos ayudan a la desinfección del producto.

#### 4.2.0.3 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS EN LAS CÁMARAS

Las capturas de imágenes con la cámara multiespectral del dron fueron con RGB, con un ISO de 200 y un Shutter de 1000 debido al estudio que se realizó no se utilizó la cámara multiespectral ya que se estaba buscando un entorno de bajo costo.

## 4.2.0.4 GENERACIÓN DE FIRMAS ESPECTRALES

Con la utilización del software ArcGis se creó una firma espectral “firma 3” que fue la que realizó la detección del contaminante de manera efectiva de las fotos tomadas por el smartphone Samsung A71.

Firma 3:

```
# Signatures Produced by ClassSigfrom
# Class-Grid__1000001
# and Stack__1000000
# Number of selected grids
/*      3
# Layer-Number Band-name
/*      1   DJI_0040.JPG\Band_1
/*      2   DJI_0040.JPG\Band_2
/*      3   DJI_0040.JPG\Band_3
# Type Number of Classes Number of Layers Number of Parametric Layers
1       3           3           3
```

Figura 4.1: Firma espectral. (Fuente: propia)

```
# Class ID  Number of Cells  Class Name
      1         13      contaminante
# Layers      1         2         3
# Means
          75.76923   63.30769   44.53846
# Covariance
      1      161.35897   139.32692   118.21795
      2      139.32692   124.56410   110.15385
      3      118.21795   110.15385   104.93590
```

Figura 4.2: Datos del contaminante en la firma espectral. (Fuente: propia)

<u># Class ID</u>	<u>Number of Cells</u>	<u>Class Name</u>		
2	65	producto		
<u># Layers</u>	1	2	3	
<u># Means</u>	101.10769	68.09231	47.35385	
<u># Covariance</u>	1	1260.47260	1090.02115	464.71130
	2	1090.02115	1061.80385	532.43558
	3	464.71130	532.43558	363.79471

Figura 4.3: Datos del producto en la firma espectral. (Fuente: propia)

<u># Class ID</u>	<u>Number of Cells</u>	<u>Class Name</u>		
3	25	entorno		
<u># Layers</u>	1	2	3	
<u># Means</u>	202.76000	202.72000	202.40000	
<u># Covariance</u>	1	22.02333	20.01333	26.43333
	2	20.01333	19.04333	24.70000
	3	26.43333	24.70000	33.50000

Figura 4.4: Datos del entorno en la firma espectral. (Fuente: propia)

La firma 3 se tomó como base la imagen DJI\_0040.JPG capturada con la cámara multispectral del dron y se utilizó una combinación de RGB.

Como se puede observar, cada factor contiene diferente covarianza la cual hace que el sistema encuentre el contaminante de manera más eficiente.

El contaminante ronda entre 104 y 161 puntos de intensidad de luz recibida en ese pixel.

El producto emite de 363 a 1260 puntos de intensidad de luz.

El entorno emite de 20.01 a 33.5 puntos de intensidad de luz.

Como se puede observar cada clasificación ronda rangos muy distintos de iluminación lo cual nos indica que el sistema detectó de manera eficiente cada covarianza generada por el método propuesto.

#### 4.2.0.5 AUTOMATIZACIÓN

Con el software ArcGis se realizó un proceso de automatización por medio de Maximum Likelihood Classification y ModelBuilder.

- Maximum Likelihood Classification
- ModelBuilder

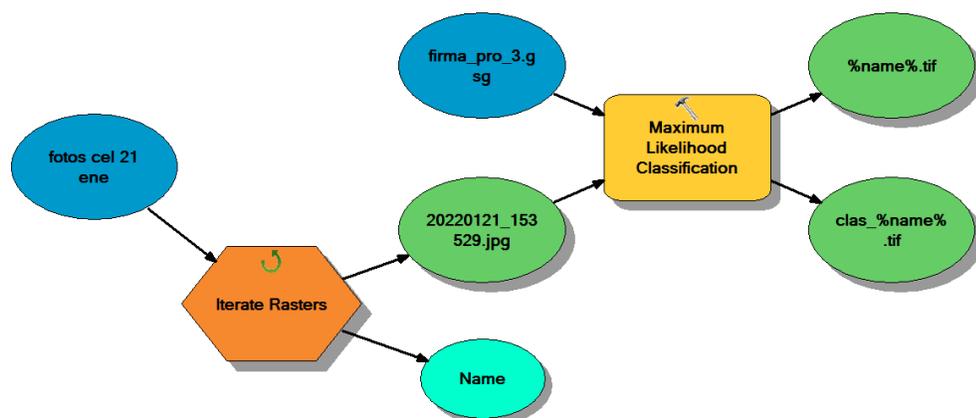


Figura 4.5: Automatización con Modelbuilder. (Fuente: propia)

Al momento de automatizar con Modelbuilder, se pueden mandar llamar con el nombre del archivo.

Se estandarizo los pasos a seguir con el apoyo de la firma espectral obteniendo como salida una imagen raster con la detección del contaminante y el entorno, además de un raster con el nivel de confianza del estudio.

Como medida de seguridad se tomó en cuenta un código para que no se sobrescribiera en los archivos.

#### 4.2.0.6 SMARTPHONE

Con la utilización del smartphone y la misma configuración que habia dado resultados en las pruebas anteriores (escena de luz y la firma 3) se pudo automatizar las imágenes con el software ArcGis y creando un modelo automatizado esto para que el software detecte el contaminante en varias imágenes de manera automática. Como se muestra en la Figura 4.6 se detecta de manera eficiente el contaminante en las imágenes tomadas por el smartphone, aunque genere un poco de ruido, se logra distinguir el contaminante en todas las imágenes tomadas.

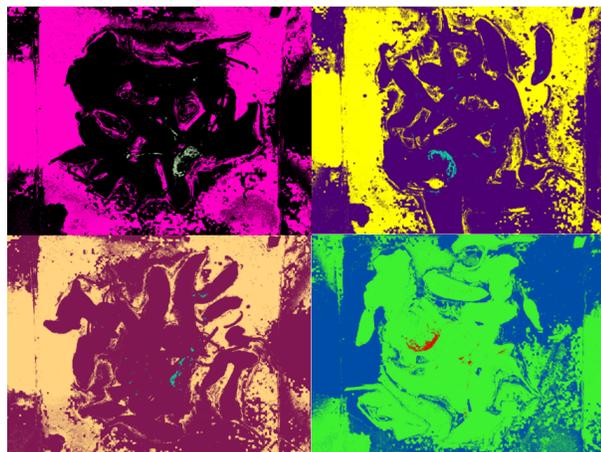


Figura 4.6: Resultados obtenidos de las imágenes con el software ArcGis. (Fuente: propia)

El desarrollo de este proyecto permitirá la disminución de virus y microbios a causa del consumo de alimentos contaminados, evitando así que siga el incremento de enfermedades.

### 4.3 ESTUDIO DE MERCADOS

#### 4.3.0.1 TABULACIÓN

Se realizó una encuesta que fueron mandadas a varias empresas y a personas, solo hubo 9 respuestas las cuales se muestran a continuación.

Giro de la empresa.

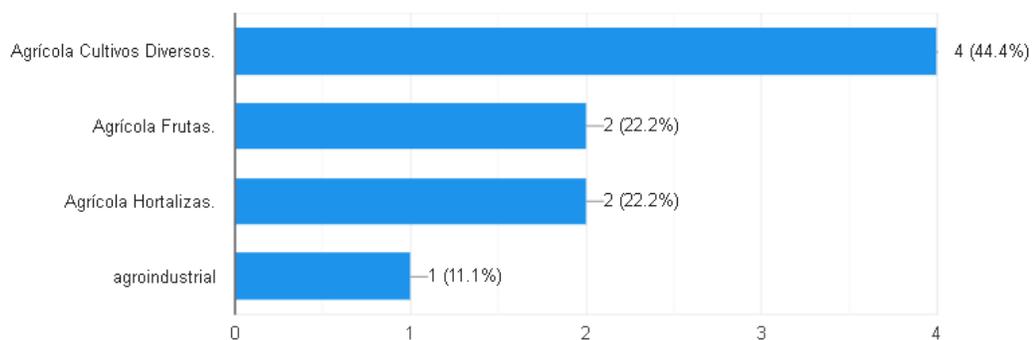


Figura 4.7: Giro de la empresa. (Fuente: propia)

El 44.4% de las personas trabajan en empresas que se dedican a los cultivos diversos, un 22.2% a frutas, otro 22.2% a hortalizas y únicamente el 11.1% al sector agroindustrial.

Régimen que tributa.

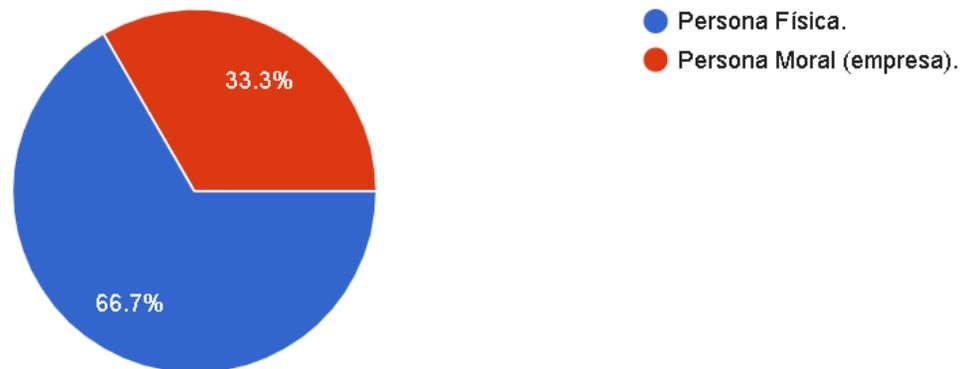


Figura 4.8: Régimen en el que tributan. (Fuente: propia)

El 66.7% de las personas son personas físicas que trabajan solas y el 33.3% son trabajadoras y trabajadores de la empresa.

1. Conocimiento de que los alimentos del campo contengan microorganismos o bacterias.

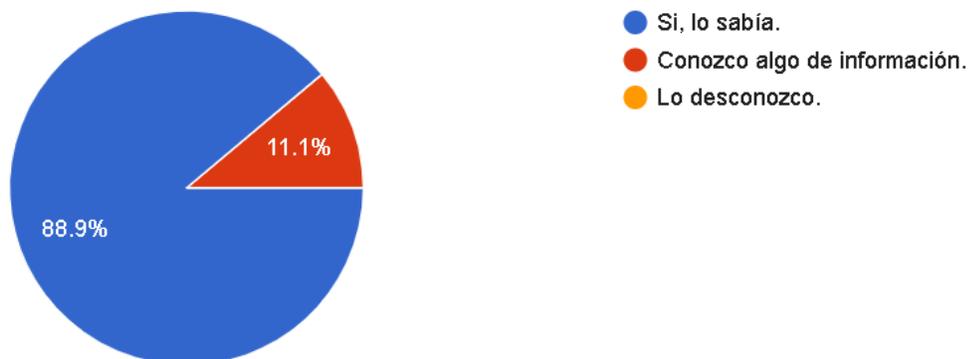


Figura 4.9: Muestra de conocimiento de microorganismos o bacterias en el campo. (Fuente: propia)

El 88.9% de las personas tienen conocimiento de que esos microorganismos o bacterias afectan a la salud y el otro 11.1% conocen algo de información.

6. Conocimiento del uso de la luz ultravioleta extiende el tiempo de vida sin generar residuos tóxicos en los alimentos.

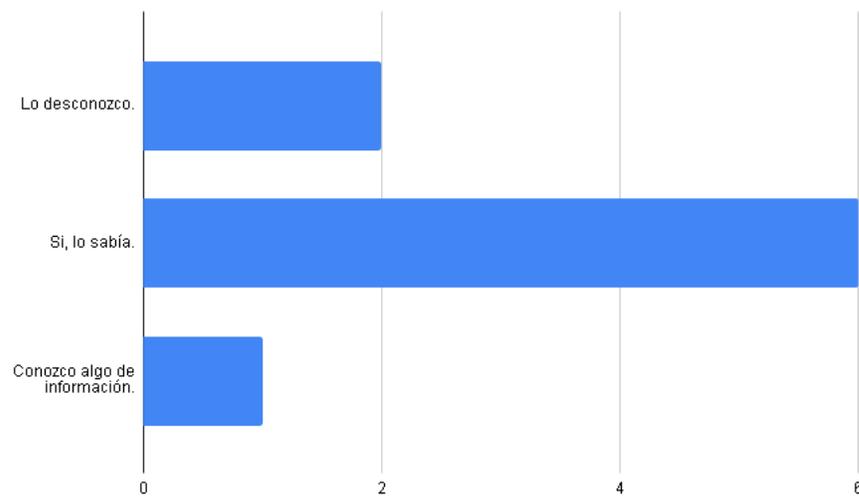


Figura 4.10: Muestra de conocimiento del uso de la luz ultravioleta. (Fuente: propia)

El 66.7% de las personas si tenían el conocimiento, el 22.2% desconocen del tema y el 11.1% conocen algo de información. Esto es importante ya que desconocer del tema ocasiona enfermedades graves o intoxicaciones por alimentos contaminados

10. Cantidad de productos que desinfectarían por kilo.

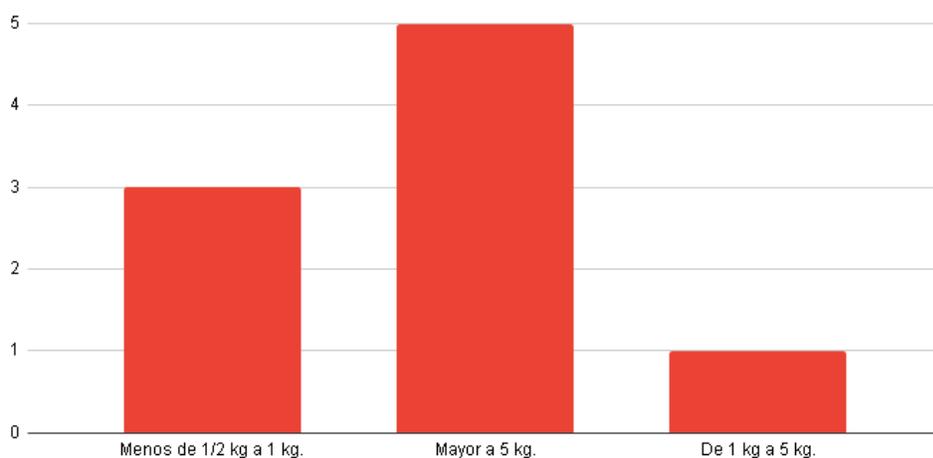


Figura 4.11: Kilos de alimento que desean desinfectar. (Fuente: propia)

El 55.6% desinfectarían más de 5 kg., el 33.3% de 1 kg. o menos y el 11.1% de 1

kg. A 5kg.

12. Interesados en tener el sistema de desinfección ultravioleta propio.

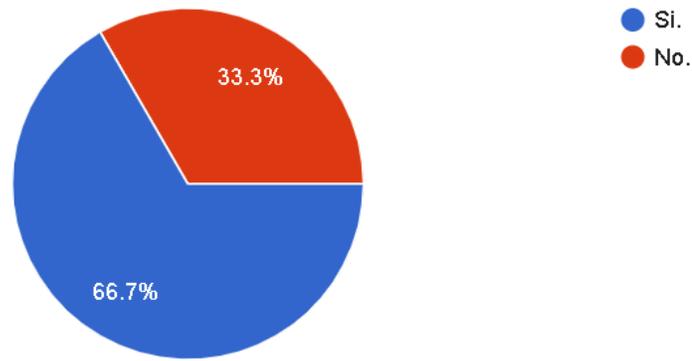


Figura 4.12: Personas que les pueda interesar el servicio de desinfección por medio de luz Ultravioleta. (Fuente: propia)

El 66.7% respondieron que sí y el 33.3% respondieron que no están interesados en tener un sistema de desinfección propio.

Como resultado, solo a 7 de 9 personas les interesa el servicio de desinfección por medio de luz Ultravioleta ya sea para su negocio, empresa o para el hogar.

## CAPÍTULO 5

# CONCLUSIONES

---

### 5.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Gracias a que las nuevas tecnologías nos ayudan a mejorar nuestros procesos, tener mejoras y resolver problemáticas, que ya desde hace tiempo existían, pero por falta de información o conocimiento no se implementaban nuevos métodos, tal es el caso de las enfermedades a causa por el consumo de algún alimento contaminado, ya que se tenía poca información sobre su desinfección por medio de la luz ultravioleta por faltas de pruebas, pues gracias a este proyecto de investigación se vió como resultado la eficiencia de su detección.

La luz ultravioleta es muy eficaz para la desinfección de varias cosas, tanto de objetos como en los alimentos, pero se tiene que tener cuidado y solo puede ser manipulado por profesionales ya que es dañino al contacto con la piel.

Con la camara de reflectancia se obtuvo un mejor control de la luz y la cantidad de micromoles, ayudando a tener mejores resultados en la detección del producto.

La luz blanca permitió obtener imágenes nítidas para su procesamiento.

Cambiando los parámetros de las cámaras se pudo limpiar las fotos, quitando toda la interferencia que se generaba por la intensidad de la luz.

La utilización del software ArcGis fue de gran ayuda ya que nos ayudo a procesar las fotos y crear las firmas espectrales, además de realizar la automatización de las

fotos.

Con un seguimiento del proyecto, se podrán pulir las imágenes y únicamente se detectará el contaminante.

Con el estudio se conoce cada vez más información sobre la luz UV se va sacando el mejor provecho de esta luz para beneficiarnos y lo mejor es que no daña al medio ambiente.

Como conclusión profesional el haber hecho este proyecto ayudará a que el sector agroalimenticio tenga mejor calidad en su producto, ya que el haber encontrado la mejor receta de luz y una firma espectral, detectará rápido el contaminante, además facilitará a realizar investigaciones futuras para un mejoramiento del proyecto.

## CAPÍTULO 6

# COMPETENCIAS DESARROLLADAS

---

### 6.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

- 1. Apliqué métodos de investigación que me ayudaron a comprender lo que estaba tratando y para la realización de la estructura del proyecto.
- 2. Diseñé e implementé técnicas de mercadotecnia de varios autores.
- 3. Apliqué métodos cuantitativos y cualitativos en el análisis e interpretación de datos sobre el servicio de desinfección y detección.
- 4. Analicé los resultados obtenidos para después mejorarlos.
- 5. Generé diferentes recetas de luz.
- 6. Creé las firmas espectrales en ArcGis para la detección.
- 7. Realicé la conexión e instalación de circuitos para los focos.
- 8. Diseñé el cuestionario para la población objetivo.
- 9. Acomodé los parametros para las captura de imagenes con el fin de encontrar una imagen adecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] AINIA, «Importancia de la higiene y el diseño higiénico en la prevención de riesgos en el sector alimentario, cosmético y farmacéutico», , 2016, URL <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/importancia-diseno-higienico-prevencion-riesgos-industria/>.
- [2] ALEPH, «¿Qué es la luz visible y para qué sirve?», , abril 2021, URL <https://aleph.org.mx/que-es-la-luz-visible-y-para-que-sirve>.
- [3] ARCHANCO, E., «Análisis Philips Hue, las mejores luces inteligentes para tu hogar», , febrero 2020, URL <https://www.applesfera.com/accesorios/analisis-philips-hue-las-mejores-luces-inteligentes-para-tu-hogar>.
- [4] BLOGGER, «Mercadotecnia», , octubre 2010, URL <http://inocenciaenlacalle.blogspot.com/2010/10/requisicion-o-solicitud-de.html>.
- [5] CANO, M., «Los 12 alimentos más contaminados», , mayo 2016, URL [https://www.cuerpomente.com/ecologia/medio-ambiente/los-alimentos-mas-contaminados-2\\_393](https://www.cuerpomente.com/ecologia/medio-ambiente/los-alimentos-mas-contaminados-2_393).
- [6] CASTRO, R. D., «¿Para qué sirve el espectro de la luz visible en nuestra vida diaria y en qué elementos se aplica?», , noviembre 2019, URL <https://es.quora.com/>

Para-qué-sirve-el-espectro-de-la-luz-visible-en-nuestra-vida-diaria-y-en-qué

- [7] CDC, «Microbios y enfermedades transmitidos por los alimentos», , julio 2021, URL <https://www.cdc.gov/foodsafety/es/foodborne-germs-es.html>.
- [8] CDC, «Radiación UV», , noviembre 2021, URL <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>.
- [9] CORVO, H. S., «Requisición de compra», , noviembre 2021, URL <https://www.lifeder.com/requisicion-compra/>.
- [10] DE OCA, I. J. A. M., «Enfermedades de transmisión alimentaria (ETA)», , junio 2020, URL <https://agronomosudg.com/2020/06/29/enfermedades-de-transmision-alimentaria-eta/>.
- [11] DE RIESGO COMPARTIDO, F., «Calidad e Inocuidad presente en los productos del Campo Mexicano», , octubre 2017, URL <https://www.gob.mx/firco/es/articulos/calidad-e-inocuidad-presente-en-los-productos-del-campo-mexicano?idiom=es>.
- [12] DEFINICIONES.XYZ, «Luz Ultravioleta», , noviembre 2021, URL <https://definicion.xyz/luz-ultravioleta/>.
- [13] DJI, «Información de las plantas para acciones concentradas», , noviembre 2021, URL <https://www.dji.com/mx/p4-multispectral>.
- [14] DOORFRIG, «Características y funcionamiento de una cámara frigorífica industrial», , noviembre 2021, URL <https://doorfrig.com/caracteristicas-funcionamiento-camara-frigorifica-industrial/>.
- [15] ECURED, «Espectro infrarrojo», , noviembre 2019, URL [https://www.ecured.cu/index.php?title=Espectro\\_infrarrojo&oldid=3494275](https://www.ecured.cu/index.php?title=Espectro_infrarrojo&oldid=3494275).

- [16] ESAN, «¿Cómo diferenciar los objetivos de las metas?», , septiembre 2019, URL <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/09/como-diferenciar-los-objetivos-de-las-metas/>.
- [17] ESERO, «El Espectro Electromagnético», , noviembre 2021, URL [http://esero.es/practicas-en-abierto/decodifica-imagenes-iss/el\\_espectro\\_electromagnético.html](http://esero.es/practicas-en-abierto/decodifica-imagenes-iss/el_espectro_electromagnético.html).
- [18] ESRI, «Plataforma ArcGIS», , noviembre 2021, URL <https://www.sigsa.info/productos/esri/plataforma-arcgis>.
- [19] FISCHER, J., L. ESPEJO, *Mercadotecnia*, cuarta edición edición, INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2011.
- [20] GARCÍA, E. M., «¿Por qué en el arco iris y en el espectro no aparecen el color marrón ni el gris?», , junio 2018, URL [https://elpais.com/elpais/2018/06/15/ciencia/1529054020\\_211690.html](https://elpais.com/elpais/2018/06/15/ciencia/1529054020_211690.html).
- [21] GEOCOM, «Drones dji enterprise», , noviembre 2021, URL <https://www.geocom.cl/pages/drones-dji-enterprise>.
- [22] GEOINNOVA, «Firmas espectrales en el análisis de imágenes con drones», , abril 2017, URL <https://geoinnova.org/blog-territorio/firmas-espectrales-drones/>.
- [23] INVESTIGACIÓN, M., «Metodología de la investigación», , noviembre 2017, URL <https://markainvestigacion.wordpress.com/2017/11/10/la-planificacion-de-la-investigacion-el-perfilprotocolor-o-informe-de-resulta>
- [24] LESKOW, E. C., «Rayos infrarrojos», , julio 2021, URL <https://concepto.de/rayos-infrarrojos/>.
- [25] MARTE, T., «El espectro electromagnético», , julio 2020, URL [tomasmarte.com/2020/07/03/el-espectro-electromagnetico/](http://tomasmarte.com/2020/07/03/el-espectro-electromagnetico/).

- [26] MARTÍNEZ, M. L. O., M. E. M. DURÁN DIRECTOR, O. E. PACHECO, H. Q. BONILLA, J. A. GUERRERO, Á. E. F. VILLARREAL, J. GUERRERO, N. M. A. AMADOR y L. A. MONTAÑO, «Protocolo de Vigilancia en Salud Pública Enfermedades Transmitidas por Alimentos», , 2016.
- [27] MECALUX, «La importancia de los ensayos en los elementos que componen los racks de paletización convencional», , noviembre 2021, URL <https://www.mecalux.com.mx/articulos-de-logistica/ensayos-componentes-racks-paletizacion-convencional>.
- [28] MORENO, I. E., «Inestigación de mercados», , febrero 2018.
- [29] NUTRISCIENCES, M., «Indicadores de calidad», , octubre 2021.
- [30] OLARTE, W., M. BOTERO y B. C. ZABALETA, «Aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo», *Scientia et Technica*, **2**(48), págs. 253–256, 2011.
- [31] OPS, «Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)», , noviembre 2021, URL [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es).
- [32] OREMOR, «Medidor de Luz Quantum», , noviembre 2007.
- [33] OREMOR, «Medidor de Luz Ultra Violeta», , noviembre 2007, URL <https://www.oremor.com/uvmeter.html>.
- [34] PATO, S., «¿Funciona la luz ultravioleta para desinfectar?», , mayo 2020, URL <https://www.publico.es/ahorro-consumo-responsable/funciona-la-luz-ultravioleta-para-desinfectar/>.
- [35] PENALVA, J., «Samsung Galaxy A71, análisis: una enorme pantalla y equilibrio para un gama media ambicioso»,

- , enero 2021, URL <https://www.xataka.com/analisis/samsung-galaxy-a71-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>.
- [36] QUESTIONPRO, «Investigación de Mercados:La guía definitiva», , noviembre 2021, URL <https://www.questionpro.com/es/investigacion-de-mercados.html>.
- [37] R., J. L., «Infrarrojo», , noviembre 2021, URL <https://como-funciona.co/infrarrojo/>.
- [38] SAMSUNG, «Galaxy A71», , 2020, URL <https://www.samsung.com/latin/smartphones/galaxy-a/galaxy-a71-blue-128gb-sm-a715fzbgto/>.
- [39] SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, I. Y. C. A., «¿Por qué es importante la inocuidad de los alimentos?», , enero 2019, URL <https://www.gob.mx/senasica/articulos/por-que-es-importante-la-inocuidad-de-los-alimentos?idiom=es>.
- [40] SPECTROLINE, «APLICACIONES ULTRAVIOLETAS ESPECIALES», , noviembre 2020, URL <https://spectroline.com/es/specialty-ultraviolet-application/>.
- [41] TECNOLOGIA, A., «Conectores eléctricos», , noviembre 2021.
- [42] UDAIX, «Vector — Luz visible con diferencia de longitud de onda entre los colores de los espectros que dan diferentes propiedades ojo humano puede ver el espectro de color blanco que se compone de todos los colores del arco iris», , noviembre 2021, URL [https://es.123rf.com/photo\\_72098113\\_luz-visible-con-diferencia-de-longitud-de-onda-entre-los-colores-de-los-espe.html](https://es.123rf.com/photo_72098113_luz-visible-con-diferencia-de-longitud-de-onda-entre-los-colores-de-los-espe.html).
- [43] UNADE, «Control de calidad de alimentos», , noviembre 2021, URL <https://unade.edu.mx/control-de-calidad-de-alimentos/>.

- 
- [44] VALLEJO, J. M. B., «Objetivo general y objetivos específicos: concepto y diferencias», , mayo 2020, URL <http://josemanuelbautista.net/2020/05/objetivo-general-y-objetivos-especificos-concepto-y-diferencias/>.

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

---

Kirle Sherlyn Romo Díaz

Candidato para obtener el grado de  
Ingeniería en Gestión Empresarial

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.  
TecNM Campus Pabellón de Arteaga

Tesis:

FACTIBILIDAD DEL SERVICIO DE DETECCIÓN DE CONTAMINANTES  
CON RECETAS DE LUZ (LUZ VISIBLE Y ULTRAVIOLETA) EN  
ALIMENTOS AGROINDUSTRIALES.

Mi nombre es Kirle Sherlyn Romo Díaz, tengo 22 años de edad, nací el día 6 de septiembre de 1999, mi padre es el Sr. Joel Elías Romo Castorena y mi madre la Sra. Mitzi Fabiola Díaz Ortiz, soy la hija menor de cuatro hijos, mi hermana la mayor Ytzia Jael Romo Díaz y mis dos hermanos Joel Rafael Romo Díaz y Manuel Rafael Romo Díaz. Comencé a trabajar desde los 13 años aproximadamente, en una tiendita que era de mi abuela materna, después seguí trabajando en bares como mesera y cajera y en un auto lavado que en la actualidad sigo trabajando, todos fueron negocios familiares. Actualmente tengo una relación de 6 años con Juan Carlos Salazar el cual me ayudo junto con mi familia a cumplir mis metas, como mis competencias en certámenes de belleza, en mis prácticas de deporte y a desarrollarme

profesionalmente.

Soy una persona simple, con curiosidades por aprender cosas nuevas, creativa, introvertida, tengo interés por la cultura japonesa como el anime y el cosplay. Me gusta practicar deporte y me gusta mucho la naturaleza la flora y la fauna, disfrutar y cuidar de ella.

Pretendo terminar con esta carrera y más adelante seguir estudiando para ser una persona preparada y poder brindar mis conocimientos a la sociedad o a quien lo necesite, pero sobre todo para poder superarme día con día y ser mejor de lo que antes fui.