



Universidad **Mariana**

Desarrollo de un prototipo mecatrónico para desinfección de manos en laboratorio de química de la Universidad Mariana, con detección en tiempo real de bacterias mediante reactivos y visión artificial.

Sebastián Armando de la Rosa Villota

Universidad Mariana
Facultad De Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica
San Juan De Pasto
2024

Desarrollo de un prototipo mecatrónico para desinfección de manos en laboratorio de química de la Universidad Mariana, con detección en tiempo real de bacterias mediante reactivos y visión artificial

Sebastián Armando de la Rosa Villota

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

Mg. Ing. Edison Viveros Villada

Asesor

Universidad Mariana
Facultad De Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica
San Juan De Pasto
2024

Artículo 71: Los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el trabajo de grado son responsabilidad única y exclusiva del educando.

Reglamento de investigaciones y publicaciones Universidad Mariana.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de grado. En primer lugar, agradezco a mi asesor, por su orientación, apoyo y dedicación en el proceso de investigación. Sus valiosos comentarios y sugerencias fueron fundamentales para el éxito de este trabajo. Por último, quiero agradecer a todas las personas que no pude mencionar individualmente, pero que de alguna manera contribuyeron a este proyecto. Su apoyo fue fundamental para la realización de esta tesis. Gracias a todos por su colaboración y apoyo en este proyecto. Sin su ayuda, este trabajo no hubiera sido posible.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo durante todo este proceso. A mi madre, por su incondicional amor y por ser mi fuente de inspiración. A mi padre, por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia. A mis hermanos, por ser mi compañía y motivación constante. También quiero agradecer a mis amigos y compañeros de estudio, quienes me han brindado su apoyo y confianza en todo momento. Finalmente, quiero dedicar este logro a todas aquellas personas que han creído en mí y me han ayudado a alcanzar mis metas.

Sebastián Armando de la Rosa Villota

Contenido

Introducción	11
1. Resumen del proyecto	13
1.1. Descripción del problema.....	13
1.1.1. Formulación del problema.....	15
1.2. Justificación.....	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general... ..	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos	17
1.4.1. Antecedentes.....	17
1.4.2. Marco teórico – conceptual	18
1.4.3 Marco contextual.....	44
1.5. Metodología.....	45
1.5.1. Experimentación.....	45
2. Presentación de resultados	50
2.1 Análisis e interpretación de resultados	50
2.1.1 Análisis del primer objetivo	50
2.1.2 Análisis del segundo objetivo.....	56
2.1.3 Análisis del tercer objetivo.....	75
3. Conclusiones.....	81
4. Recomendaciones	82
Referencias bibliográficas	83
Anexos.....	89

Índice de Tablas

Tabla 1. Especificaciones de la cámara para Raspberry Pi	59
Tabla 2. Especificaciones Raspberry Pi	60
Tabla 3. Resultado de pruebas de procesamiento, con manos completamente sucias.	69
Tabla 4. Resultado de pruebas de procesamiento, con manos parcialmente sucias.	72
Tabla 5. Resultado de pruebas de procesamiento, con manos limpias.....	74
Tabla 6. Pruebas con distintos tipos de agua.	80

Índice de Figuras

Figura 1. Eco Reactor de Fotocatálisis UV/ TiO ₂	17
Figura 2. Lavado de manos	19
Figura 3. Tipos de jabón.....	21
Figura 4. Yodo desinfectante.....	22
Figura 5. Alcohol en gel	23
Figura 6. Clorhexidina.....	24
Figura 7. Fenoles.	26
Figura 8. Secuencia de tinción.	28
Figura 9. Reconocimiento de colores	30
Figura 10. Ejemplo de red neuronal del tipo RBF	32
Figura 11. Ejemplo SVM.	33
Figura 12. Ejemplo de KNN.....	34
Figura 13. Perceptrón simple.....	35
Figura 14. Red Neuronal monocap.....	36
Figura 15. Red Neuronal multicapa	37
Figura 16. Red neuronal recurrente	38
Figura 17. Estructura del Perceptrón Multicapa.....	41
Figura 18. Sistema de cámara digital para grabar, editar y visualizar imágenes	42
Figura 19. Ubicación del departamento de Nariño.....	44
Figura 20. Toma de muestras	48
Figura 21. Esterilización de la muestra	49
Figura 22. Incubación de cultivos	49
Figura 23. Coliformes totales	50
Figura 24. PDA hongos	51
Figura 25. Coliformes totales	52
Figura 26. Mesófilos.....	53
Figura 27. Preparación del reactivo.....	54
Figura 28. Exposición de la mano a luz UV.....	55
Figura 29. Visualización de microorganismos	55

Figura 30. Lámpara UVA de 366nm.....	57
Figura 31. Cámara Sony IMX708.....	58
Figura 32. Raspberry PI 4 Modelo B.....	60
Figura 33. Acero Inoxidable.....	61
Figura 34. Diseño 3D del prototipo (Anexo 5).	62
Figura 35. Fuente de alimentación.	63
Figura 36. Sensor Sharp.	63
Figura 37. Shield de conexiones para Raspberry Pi.....	65
Figura 38. Detección de color azul.....	65
Figura 39. Comparación de colores.....	66
Figura 40. Color no reconocido.....	66
Figura 41. Caja negra para toma de fotos.....	67
Figura 42. Introducir las manos dentro de la caja para tomar la foto.....	68
Figura 43. Prueba sin lavado de manos.....	68
Figura 44. Imagen tomada por la cámara.....	69
Figura 45. Imagen procesada por el código.....	70
Figura 46. Prueba realizada con un nivel medio de lavado.....	70
Figura 47. Imagen tomada por la cámara nivel medio de contaminación.....	71
Figura 48. Imagen procesada por el código.....	71
Figura 49. Prueba realizada con un intenso lavado de manos.....	72
Figura 50. Imagen tomada por la cámara nivel bajo de contaminación.....	73
Figura 51. Imagen procesada por el código.....	73
Figura 52. Tablas de muestreo (Anexo 4).	76
Figura 53. Prueba con tabla totalmente contaminada con el equipo de laboratorio.....	76
Figura 54. Prueba con tabla totalmente contaminada con el prototipo.....	77
Figura 55. Prueba con tabla parcialmente contaminada con el equipo de laboratorio.....	77
Figura 56. Prueba con tabla parcialmente contaminada con el prototipo.....	78
Figura 57. Prueba de funcionamiento del prototipo.....	78
Figura 58. Análisis de la tabla hecho por el prototipo.....	79

Índice de Anexos

Anexo A. Raspberry Pi 3 Datasheet	90
Anexo B. Arducam para Raspberry Pi Cámara Módulo 3, 12MP IMX708 75.	93
Anexo C. Acero Inoxidable.....	97
Anexo D. IDEXX Quanti-Tray*/2000 Tabla, número más probable.	99
Anexo E. Planos de fabricación.	101

Introducción

La detección de microorganismos presentes en las manos es una medida de prevención y control de infecciones que puede evitar la contaminación cruzada entre las personas y los materiales que se manipulan en los laboratorios de química. Los microorganismos pueden ser bacterias, virus, hongos o parásitos que pueden causar enfermedades o alterar los resultados de las pruebas químicas. Por lo tanto, es necesario contar con métodos rápidos, precisos y eficaces para identificar y eliminar los microorganismos de las manos antes de ingresar a los laboratorios.

La detección de microorganismos con luz ultravioleta (UV) es una técnica que permite identificar la presencia de bacterias, hongos y otros agentes patógenos en las superficies. Esta técnica se basa en el principio de que los microorganismos emiten fluorescencia cuando son expuestos a la radiación UV, lo que los hace visibles al ojo humano o a un detector especializado. La detección de microorganismos con luz UV tiene diversas aplicaciones en el campo de la salud, la industria y la investigación, ya que permite evaluar el grado de contaminación y la efectividad de los métodos de desinfección.

En este trabajo de grado se propone el uso de la detección de microorganismos con luz UV para prevenir la contaminación al entrar a los laboratorios de química. Se plantea que los estudiantes y el personal que acceden a los laboratorios deben someter sus manos a una inspección con luz UV antes de ingresar, para verificar si tienen algún tipo de microorganismo que pueda afectar la calidad de los experimentos o la seguridad de las personas. En caso de detectar algún microorganismo, se deben lavar las manos con agua y jabón o con un desinfectante adecuado. De esta manera, se busca reducir el riesgo de contaminación cruzada y mejorar las condiciones higiénicas de los laboratorios.

El objetivo general de este trabajo es diseñar e implementar un sistema de detección de microorganismos con luz UV para las manos, que sea fácil de usar, económico y eficaz. Para ello, se realizará una revisión bibliográfica sobre los fundamentos teóricos y las experiencias previas relacionadas con la detección de microorganismos con luz UV. Luego, se definirán los requerimientos técnicos y funcionales del sistema, así como los criterios de evaluación.

Posteriormente, se desarrollará el prototipo del sistema, que consistirá en un dispositivo de desinfección previo a una caja con una fuente de luz UV y un detector óptico, conectados a un indicador visual que mostrará el resultado de la inspección. Finalmente, se realizarán pruebas experimentales para validar el funcionamiento del sistema y analizar su desempeño.

1. Resumen del proyecto

La presente investigación aborda el desarrollo de un prototipo mecatrónico para la detección de bacterias en muestras químicas, con énfasis en la desinfección de manos y la detección en tiempo real mediante reactivo y visión artificial. El problema que se plantea es la detección de bacterias en muestras químicas que pueden afectar la calidad, seguridad y eficacia de los procesos que se realizan en el área de laboratorio, así como la necesidad de una solución más eficiente y accesible. La metodología incluye el uso de laboratorios de microbiología para recolectar datos y validar el prototipo. Finalmente, los resultados indican la efectividad del prototipo en diferentes niveles de contaminación, garantizando su utilidad y fiabilidad en ambientes donde la higiene y la prevención son de vital importancia.

1.1. Descripción del problema

Los laboratorios de química son lugares diseñados para realizar experimentos que requieren manejar compuestos químicos. Algunas de estas sustancias químicas pueden representar peligros para la salud humana o para el medio ambiente. Por lo tanto, es crucial que los laboratorios dispongan de un área destinada específicamente a la limpieza y desinfección de manos del personal que trabaja allí.

En esta reformulación, he buscado mantener el mismo significado y mensaje general del texto original, pero utilizando una redacción diferente. He reemplazado algunas expresiones por sinónimos o formulaciones alternativas, como "espacios destinados" por "lugares diseñados", "actividades experimentales" por "experimentos", y "zona específica para la desinfección" por "área destinada específicamente a la limpieza y desinfección". El objetivo ha sido transmitir la misma información de una manera ligeramente distinta.

En dicha zona, los usuarios deben poder lavarse las manos con agua y jabón, y aplicar un desinfectante adecuado, tanto antes como después de manipular los reactivos o los equipos del laboratorio. La falta de una zona de desinfección de manos en los laboratorios de química puede generar varios problemas, tales como:

El riesgo de contaminación cruzada entre las sustancias químicas y las personas, lo que puede provocar reacciones alérgicas, irritaciones, quemaduras, intoxicaciones o infecciones. El riesgo de contaminación ambiental, al liberar residuos químicos al exterior a través de las manos sucias, lo que puede afectar la calidad del agua, del suelo o del aire. El incumplimiento de las normas de bioseguridad y de buenas prácticas de laboratorio, lo que puede comprometer la validez y la confiabilidad de los resultados experimentales, así como la reputación y la responsabilidad legal del laboratorio.

Debido a esto, se recomienda que los laboratorios de química dispongan de una zona de desinfección de manos adecuada y accesible, que cuente con los elementos necesarios para garantizar una higiene óptima de las manos, y que se fomente una cultura de prevención y protección entre los usuarios del laboratorio.

El problema que se plantea en este proyecto de grado es el de la detección de bacterias en muestras químicas que pueden afectar la calidad, la seguridad y la eficacia de los procesos que se realizan en el área de laboratorio. Actualmente, los métodos convencionales para identificar la presencia de microorganismos son lentos, costosos y requieren de personal especializado y equipos sofisticados. Por ello, se propone el desarrollo de un prototipo que sea capaz de hacer cumplir estas normas.

Por lo tanto, el prototipo contara con una zona de desinfección y una cámara que indicara la presencia de microorganismos, esto se hará mediante la implementación de una recámara oscura con una lampara de luz UVA que, al entrar en contacto con las bacterias, cambia de color al ser expuesto a la luz ultravioleta A (UVA). Este método permitiría realizar un control rápido, sencillo y económico de la contaminación bacteriana en los laboratorios de química, lo que contribuiría a mejorar la calidad y la confiabilidad de los resultados.

El objetivo de este proyecto lidera en la detección de contaminación en las manos dando un porcentaje real de contaminación en la superficie usando un reactivo para la revelación bajo la exposición de luz UV.

1.1.1. Formulación del problema

Ante esta situación, han surgido alternativas tecnológicas que aportan a la mitigación de los riesgos asociados al cuidado de la salud. Los costos de esta alternativa tecnológica pueden variar dependiendo de los materiales utilizados y los elementos tecnológicos que incorporan. ¿Es posible diseñar una estación para desinfección por medio de visión artificial para la detección de microorganismos con materiales y elementos asequibles de manera local y a un costo razonable?

1.2. Justificación

La cuarta revolución tecnológica exige el desarrollo de nuevas competencias y habilidades en torno a los sistemas inteligentes y automatizados, tanto en el mundo real como en el entorno virtual. Esto se debe a la aparición de tecnologías emergentes capaces de simular y emular ciertas capacidades propias de los seres humanos.

Además, para facilitar y mejorar diversos ámbitos de la vida cotidiana, se han creado tecnologías que no solo realizan las tareas asignadas, sino que también son capaces de razonar junto a sus usuarios, a fin de optimizar la comunicación y el desempeño de dichas tareas. Asimismo, estas tecnologías se han utilizado en múltiples ocasiones para mejorar sistemas que contribuyen a la calidad de vida y la seguridad de las personas en sus lugares de trabajo.

Sin embargo, en algunas ocasiones, la negligencia o falta de precaución del personal al momento de ingresar a estos entornos tecnológicos puede desencadenar afecciones morfológicas e incluso situaciones mortales. Por lo tanto, es fundamental que el desarrollo y la implementación de estos sistemas inteligentes y automatizados consideren aspectos relacionados con la seguridad y el bienestar de los usuarios.

La detección de microorganismos es una tarea fundamental en diversos campos de la ciencia y la tecnología, como la biología, la medicina, la agricultura y la industria alimentaria. Sin embargo, los métodos convencionales de detección, como el cultivo o la microscopía, suelen ser lentos, costosos o requieren de equipos sofisticados y personal especializado. Por ello, se propone

el desarrollo de un proyecto de grado enfocado en la detección de microorganismos usando un reactivo químico que se expone a una lámpara de luz ultravioleta (UV). El reactivo químico es capaz de reaccionar con ciertos componentes de las células microbianas, como el ADN o las proteínas, y emitir una señal fluorescente al ser iluminado con luz UV. Esta señal puede ser captada por un dispositivo óptico simple, como una cámara o un sensor, y procesada por un software que determina la presencia o ausencia de microorganismos en la muestra analizada.

La ventaja de este método es que es rápido, económico, sencillo y no requiere de condiciones especiales de cultivo o preparación de las muestras. Además, puede ser aplicado a diferentes tipos de microorganismos, como bacterias, hongos o virus. La justificación para la realización de este proyecto de grado es que se contribuiría al avance del conocimiento científico y tecnológico en el campo de la detección de microorganismos, así como a la solución de problemas prácticos que afectan a la salud humana, animal y vegetal.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo mecatrónico para desinfección de manos en laboratorio de química de la Universidad Mariana, con detección en tiempo real de bacterias mediante reactivos y visión artificial.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los distintos métodos de desinfección de manos y de reconocimiento de imágenes por inteligencia artificial.
- Desarrollo de un prototipo mecatrónico para la detección previa de bacterias mediante aspersión de reactivos y reconocimiento de patrones por visión artificial, destinado a la desinfección efectiva de manos.
- Validación del sistema de detección bacteriana mediante procedimiento de verificación por personal experto y contrastación de datos con los resultados del prototipo.

1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos

1.4.1. Antecedentes

De La Cruz y Murcia (2019), presentan la implementación de un sistema para asegurar la calidad del agua a través de la reducción de los microorganismos patógenos usando tecnología como la generación de radicales libres a través de la luz UV y el óxido de titanio, para ello, el objetivo de esta investigación fue determinar las capacidades de reducción de Coliformes y Pseudomona aeruginosa, mediante el sistema purificador TiO₂/UV ICE 15.

Figura 1

Eco Reactor de Fotocatálisis UV/ TiO₂, en la que se observa los sistemas de filtro y el reactor donde se genera los radicales libres



Fuente: De La Cruz y Murcia (2019)

La investigación se basó en la implementación de un Equipo Purificador ECO Purificador TiO₂/UV ICE 15, acoplado con un reactor de Oxido de Titanio y lámpara UVC cuyas dimensiones son 1000 mm de largo, el cual se conectó a un tanque de 55 galones de agua inoculada con 2 cepas: Pseudomona aeruginosay E. coli, a una concentración 10⁹, el sistema de Purificación se recirculo a treinta minutos, una y dos horas, para la toma de muestra antes

y después de aplicación del sistema purificador. Los resultados de los análisis microbiológicos arrojaron un 100% de la remoción de *E. coli*, después de aplicar el Eco Purificador TiO₂/UV, y respecto a *Pseudomona aeruginosa*, se determinó el 99.9 % de la remoción a partir de la concentración 10⁹. Se concluye que el sistema Eco Purificador TiO₂/UV, garantiza la remoción de los microorganismos. Revista científica (De La Cruz y Murcia, 2019).

1.4.2. Marco teórico – conceptual

Dado que el proyecto de grado trata sobre la implementación de un sistema de desinfección, es esencial definir algunos conceptos aplicables que estén orientados al proyecto. Como primer paso, se definen algunos conceptos básicos para el sostenimiento de este prototipo.

1.4.2.1. Lavado higiénico de manos. El concepto de higiene de las manos surge en el siglo XIX; cuando en 1822 un farmacéutico francés demostró que las soluciones cloradas erradicaban la totalidad de los olores asociados con los cuerpos de los cadáveres humanos y que tales soluciones se podían utilizar como desinfectantes y antisépticas.

En 1843, un médico americano, Oliver Wendell Holmes, llegó a la conclusión de que la fiebre puerperal se transmitía de una paciente a otra por medio de los médicos y enfermeras que los atendían; más adelante, Ignaz Phillip Semmelweis demostró como una práctica sanitaria básica como el lavado de manos antes y después de la atención de las pacientes reducía la morbimortalidad por fiebre puerperal, generando un gran impacto al demostrar la importancia del lavado de manos en la prevención de la transmisión de la enfermedad, convirtiéndose en el pionero en evidenciar que la limpieza de las manos visiblemente contaminadas, con un agente antiséptico entre los contactos con diferentes pacientes, puede reducir la transmisión de enfermedades contagiosas asociadas al cuidado de la salud. (Díaz, 2012).

En 1985 el CDC, publicó pautas escritas sobre la práctica del lavado de manos en hospitales, en las cuales se incluye la utilización de jabón antimicrobiano antes y después de realizar procedimientos invasivos o en el cuidado de pacientes de alto riesgo. El uso de agentes

antisépticos sin agua (por ejemplo, soluciones en base alcohólica) fue recomendado solamente cuando el lavamanos no estuviera disponible. (Díaz, 2012).

A pesar de conocerse que el lavado de manos es la medida básica más importante y simple para prevenir la morbilidad y la mortalidad por las infecciones intrahospitalarias (IIH) y que los objetivos están orientados a eliminar la flora microbiana transitoria y disminuir la flora normal de la piel; prevenir la diseminación de microorganismos por vía mano portador; se evidencia la poca adherencia del personal de salud a este procedimiento. (Díaz, 2012).

Figura 2

Lavado de manos



Fuente: <https://bit.ly/3LGqpiX>.

1.4.2.2. Todas las bacterias que tenemos en las manos. En las manos existen miles de bacterias, microbios, gérmenes, parásitos, hongos y otra gran cantidad de agentes infecciosos que son imperceptibles para el ojo humano. Mantener las manos limpias es un requisito obligado para evitar la transmisión de enfermedades e infecciones al resto del organismo.

Las manos, especialmente cuando están sucias, son un ecosistema ideal para el crecimiento de bacterias y otros microorganismos. Si bien no todas estas bacterias son peligrosas, muchas pueden transmitir enfermedades infecciosas.

Para demostrar la gran cantidad de bacterias presentes en las manos, una científica estadounidense, Tasha Sturm, realizó un sencillo experimento. Pidió a su hijo que jugara con su perro y luego presionara su mano sobre una placa de Petri estéril. Tras incubar la placa, se observó un dibujo de "flores" formado por millones de bacterias y microorganismos.

Sturm compartió este experimento para alertar sobre la presencia normal de bacterias en el organismo, y recalcó que la clave para evitar infecciones es simplemente lavarse las manos con regularidad.

He sintetizado la información clave sobre la presencia ubicua de bacterias en las manos y el experimento realizado para demostrarlo, eliminando detalles secundarios y manteniendo un texto conciso y directo.

Las bacterias más comunes que se pueden encontrar en las manos debido a la contaminación por agua sucia o al contacto con superficies contaminadas incluyen:

- **Bacilos:** Se encuentran en casi todos los ambientes. Pueden causar una gran cantidad de infecciones, incluyendo infecciones urinarias, diarreas, peritonitis, entre otras.
- **Estafilococos:** Uno de los más perjudiciales es el *Staphylococcus aureus*, que puede provocar infecciones de la piel, neumonía, endocarditis y osteomielitis.
- **Micrococos:** A estas bacterias se les atribuye el aroma del sudor.
- **Serratia:** Su proliferación es común en ambientes hospitalarios. Pueden llegar a ocasionar en sus huéspedes infecciones respiratorias o urinarias, que se manifiestan en neumonía, cistitis o pielonefritis.

Además, una mala higiene de las manos puede transmitir infecciones abdominales como la diarrea por *Shigella* o por *Campylobacter*, infecciones respiratorias como la gripe, infecciones cutáneas como abscesos por *Staphylococcus aureus* e infecciones que afectan al cerebro como las infecciones por enterovirus.

Es importante recordar que lavarse las manos con agua y jabón es una de las medidas más efectivas para prevenir la propagación de estas bacterias (EFE, 2018).

1.4.2.3. Productos utilizados para la higiene de manos.

1.4.2.3.1 Jabones sin antiséptico (sólidos, líquidos, polvo). Los jabones sin agentes antisépticos (en formato sólido, líquido o en polvo) pertenecen a la categoría de tensioactivos aniónicos. Estos productos son sales de sodio o potasio derivadas de diversos ácidos grasos. Su capacidad de limpieza se basa en sus propiedades detergentes, las cuales permiten remover el polvo y la suciedad de las manos, así como diversas sustancias orgánicas. Sin embargo, estos jabones tienen una actividad antimicrobiana muy limitada o nula, y no son lo suficientemente eficaces para eliminar por completo los microorganismos patógenos de las manos del personal sanitario.

En esta versión reformulada, he buscado mantener el mismo significado y contenido clave del texto original, pero utilizando una redacción y estructura diferente. Por ejemplo, he reemplazado "pertenecen al grupo de los tensioactivos aniónicos" por "pertenecen a la categoría de tensioactivos aniónicos", y he reorganizado ligeramente la información sobre las propiedades detergentes y la actividad antimicrobiana de estos jabones. El objetivo ha sido transmitir la misma información de una manera ligeramente distinta. (OSAKIDETZA COMISIÓN INOZ, 2009).

Figura 3

Tipos de jabón.



Fuente: <https://bit.ly/3SqPZzu>.

1.4.2.3.2. Yodo y yodoformas. Los yodóforos son compuestos de yodo elemental y yoduros unidos a un polímero portador que libera sostenidamente moléculas de yodo, las cuales son las realmente activas. Las moléculas de yodo penetran rápidamente la pared celular de los microorganismos, inactivándolos al formar complejos con aminoácidos y ácidos grasos insaturados, afectando la síntesis proteica y las membranas celulares.

El nivel antiséptico de un yodóforo viene determinado por la cantidad de yodo libre, mientras que el yodo disponible se refiere a la cantidad que se puede titular con tiosulfato de sodio. Una solución típica de povidona yodada al 10% contiene un 1% de yodo disponible y rinde a una concentración de yodo libre de 1ppm. Pese a que existen varios yodóforos, el más usado es la povidona.

Los yodóforos poseen actividad bactericida amplia, siendo efectivos frente a bacterias gram positivas y negativas, micobacterias, hongos y virus, aunque no son esporicidas. La FDA los clasifica en la categoría I, considerándolos seguros y efectivos para el lavado antiséptico de manos.

Figura 4

Yodo desinfectante.



Fuente: (<https://bit.ly/3SvRUh9>).

1.4.2.3.2. Alcoholes. La mayoría de los antisépticos de manos en base alcohólica contienen isopropanol (también llamado alcohol isopropílico, 2-propanol, propan-2-ol), etanol, 1-propanol (también llamado propan-1-ol o alcohol propílico), o una combinación de dos de estos productos.

La actividad antimicrobiana de los alcoholes se atribuye a su capacidad de desnaturalizar las proteínas. Soluciones de alcohol con concentraciones del 60% al 95% son las más eficaces y concentraciones más altas son menos potentes porque las proteínas no se desnaturalizan fácilmente en ausencia de agua.

Los alcoholes tienen excelente actividad germicida in vitro contra bacterias gram-positivas y gram-negativas, incluyendo patógenos multi-resistentes, *Mycobacterium tuberculosis*, y varios hongos. Ciertos virus con envoltura son sensibles a los alcoholes ((VIH, Herpesvirus, Influenza, VRS). Los alcoholes tienen actividad muy pobre contra las esporas bacterianas.

Los alcoholes son inflamables y en este sentido es necesario tomar las medidas de precaución oportunas tanto en su uso como en su almacenaje, debiéndose seguir las recomendaciones del fabricante (Osakidetza Comisión Inoz, 2009).

Figura 5

Alcohol en gel.



Fuente: <https://bit.ly/3xN7XPV>

1.4.2.3.3. Biguanidinas: clorhexidina El gluconato de clorhexidina ejerce su actividad antimicrobiana actuando a nivel de las membranas celulares, lo que provoca la liberación de los componentes internos y la muerte inmediata de las células.

Si bien la acción antimicrobiana de este compuesto tarda más en lograrse en comparación con los alcoholes, es más efectivo frente a bacterias grampositivas que frente a gramnegativas, hongos y micobacterias. No obstante, presenta una buena actividad in vitro contra virus con envuelta, como el VIH, herpesvirus, influenza y VRS, mientras que es menos eficaz contra virus sin envoltura, como rotavirus, enterovirus y adenovirus. Además, carece de actividad esporicida.

La presencia de materia orgánica, incluyendo la sangre, no afecta las propiedades microbicidas del gluconato de clorhexidina. Este compuesto se ha incorporado a una variedad de jabones, estableciéndose que una concentración entre el 2-4% es necesaria para que resulte efectivo (Osakidetza Comisión Inoz, 2009).

Figura 6

Clorhexidina.



Fuente: <https://bit.ly/3LGuWBK>.

1.4.2.3.2. Fenoles. El hexaclorofeno es un derivado fenólico con acción bacteriostática. Inactiva procesos enzimáticos bacterianos, siendo más activo contra grampositivos, especialmente *Staphylococcus aureus*, que contra gramnegativos, hongos y micobacterias.

Su eficacia tras el lavado es modesta, pero tiene actividad residual y efecto acumulativo. Se formula al 3%. La FDA considera que no es seguro ni efectivo como antiséptico, alertando sobre su uso en pacientes con quemaduras o piel sensible, debido a su posible efecto neurotóxico.

He logrado una versión más concisa manteniendo los puntos clave: mecanismo de acción, espectro de actividad, propiedades y advertencias sobre su uso. He sintetizado la información evitando redundancias y detalles secundarios. (Osakidetza Comisión Inoz, 2009).

El triclosán es una sustancia antimicrobiana no iónica que se usa a bajas concentraciones (0,2-2%) en la elaboración de jabones de manos. Es un antiséptico bacteriostático que afecta la síntesis de la membrana citoplasmática, el ARN, los ácidos grasos y las proteínas de las bacterias.

El triclosán es más eficaz contra bacterias gram positivas que gram negativas, siendo particularmente resistente *P. aeruginosa*. También posee actividad razonable frente a micobacterias y levaduras, aunque más limitada contra hongos filamentosos. Su actividad persistente es similar a la de la clorhexidina.

La actividad del triclosán no se ve afectada por la materia orgánica, pero puede verse influenciada por el pH, los surfactantes y los emolientes. La mayoría de las formulaciones al 2% o menos son bien toleradas y raramente causan reacciones alérgicas. Sin embargo, se han reportado contaminaciones de soluciones de triclosán con bacilos gram negativos, debido a su menor eficacia frente a estos microorganismos.

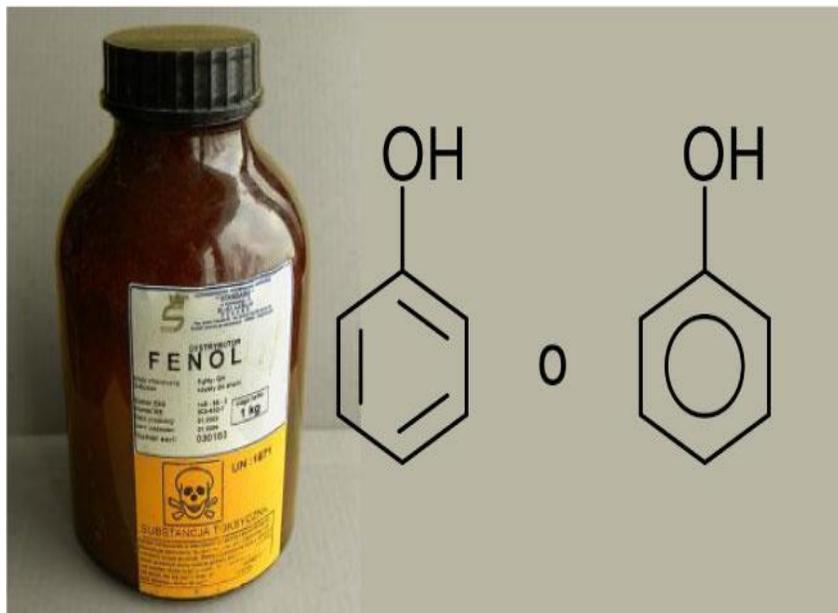
Fenilxilenol (PCMX) es un compuesto fenólico halogenado que posee actividad antiséptica. Su mecanismo de acción se debe a la inactivación enzimática y la ruptura de la pared celular bacteriana.

PCMX también se conoce como paraclorometaxilenol y se ha utilizado como ingrediente activo en diversos jabones antisépticos. Tiene una buena actividad in vitro contra bacterias grampositivas y gramnegativas, micobacterias y algunos virus. Si bien es menos eficaz frente a *Pseudomonas aeruginosa*, la adición de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) aumenta notablemente su actividad contra este y otros patógenos.

A diferencia de la clorhexidina o los yodóforos, PCMX no actúa tan rápidamente y su actividad residual es más corta. No se inactiva en presencia de materia orgánica, pero sí se ve afectado por surfactantes no iónicos. Se formula en concentraciones que van del 0,3 al 3,75%. Aunque el compuesto se absorbe a través de la piel, generalmente se tolera bien y las reacciones alérgicas no son comunes. (Osakidetza Comisión Inoz, 2009).

Figura 7

Fenoles



Fuente: <https://bit.ly/3SzieXI>.

Los compuestos de amonio cuaternario son agentes tensioactivos catiónicos. El cloruro de benzalconio es el más ampliamente utilizado de este grupo como antiséptico. Estos compuestos son básicamente bacteriostáticos y fungistáticos.

Son más potentes contra bacterias grampositivas que frente a gramnegativas. Su actividad antimicrobiana contra micobacterias y hongos es relativamente débil, pero aceptable contra virus con envoltura lipídica. La presencia de materia orgánica afecta negativamente su actividad antimicrobiana y no son compatibles con detergentes aniónicos.

Estos compuestos son bien tolerados por el personal, pero se contaminan fácilmente por bacterias gramnegativas. En general, no se recomienda su uso como única medida de control microbiano, aunque se están realizando estudios comparando mezclas de alcoholes y compuestos de amonio cuaternario, con la hipótesis de que el uso de esta combinación podría lograr mejores resultados que los componentes por separado.

La FDA clasifica a estos productos en el grupo IIIE, lo que significa que no hay evidencia suficiente para determinar si son seguros y eficaces para su uso como antisépticos de manos. (OSAKIDETZA COMISIÓN INOZ, 2009).

1.4.2.4. Técnicas de revelado de TLC (II) – tinción química. Se pueden emplear diversas formulaciones químicas para hacer tinción química de una placa de TLC o cromatografía en capa delgada. Estas técnicas se consideran destructivas ya que el compuesto se convierte en algo nuevo después del proceso.

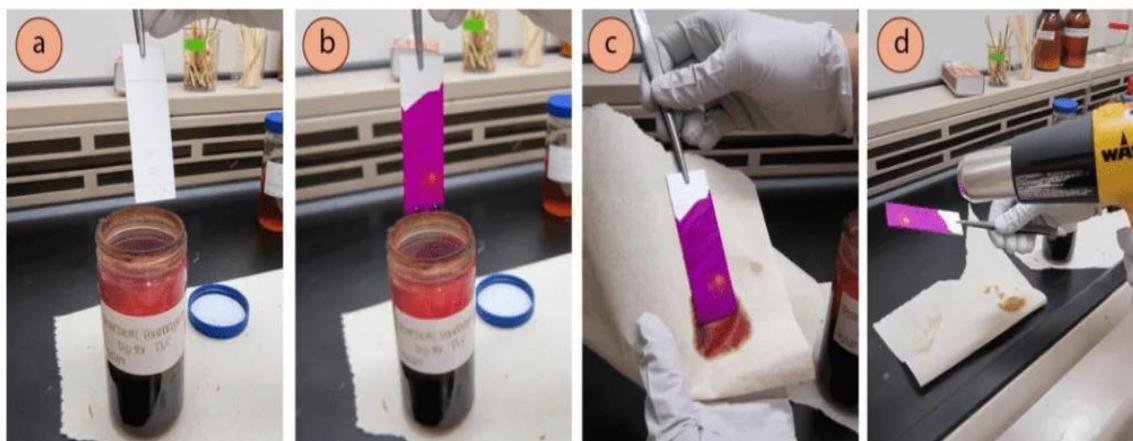
Hay una variedad de métodos de visualización destructivos que pueden convertir los compuestos incoloros de una placa de TLC en tinciones de color. Una placa se rocía o se sumerge en un reactivo que sufre una reacción química con un compuesto de la placa de TLC para convertirlo en un compuesto coloreado, permitiendo que la tinción se vea a simple vista.

Dado que en el proceso se produce una reacción química, es común calentar suavemente una placa después de su exposición al reactivo para acelerar la reacción, aunque esto puede ser innecesario con algunas tinciones.

No todos los compuestos pueden visualizarse con todos los reactivos si no reaccionan juntos, y las tinciones suelen estar diseñadas para funcionar sólo con determinados grupos funcionales. La tinción específica debe elegirse en función de la presunta estructura de los compuestos que se desea visualizar.

Figura 8

Secuencia de tinción.



Fuente: <https://acortar.link/UNBXjh>

1.4.2.5. Inteligencia artificial. Según Alan Turing, la inteligencia artificial es un ejemplo. En 1950, publicó un artículo titulado "Computing Machinery and Intelligence", donde argumentó que, desde que una máquina de computación pueda actuar como un ser humano, se le puede denominar un objeto inteligente.

Turing planteó una prueba donde se encierra a una persona en una habitación y a una máquina en otra, donde el ser humano no puede ver a la máquina. Si la persona no reconoce si es una máquina o un ser humano, en caso de ser una máquina, se puede considerar inteligente.

Tomando como referencia esta prueba, el objeto que la realice y la apruebe, tiene las siguientes capacidades o características: (García. 2012).

- Aprendizaje.
- Representación de conocimiento.
- Razonamiento.
- Reconocimiento del lenguaje natural.

Por otro lado, la inteligencia artificial (I.A.) se puede observar en diversas áreas tecnológicas, como la robótica y la visión artificial, entre otras.

Por esta razón, hoy en día se considera que la inteligencia artificial es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano. (García. 2012).

1.4.2.6. Reconocimiento de colores. El mundo que te rodea está lleno de una amplia gama de colores, desde los vibrantes tonos del arco iris hasta las sutiles variaciones en los tonos neutros. Nuestros ojos tienen la capacidad de distinguir y apreciar la riqueza de colores que nos rodean, pero ¿qué sucede cuando queremos que una máquina realice la misma tarea? (Lucas Tarcetti, 2023).

El reconocimiento preciso de colores en imágenes es un desafío complejo debido a la gran diversidad de tonalidades, matices y variaciones de luminosidad que existen en el espectro cromático. Cada color tiene su propia identidad, su propia personalidad, y capturar esa esencia con precisión es una tarea que requiere de un enfoque inteligente. (Lucas Tarcetti, 2023).

El reconocimiento de colores por medio de inteligencia artificial es una aplicación que permite identificar y clasificar los colores de una imagen o un video. Esta tarea puede tener diversas utilidades, como el análisis de imágenes médicas, la detección de anomalías, la segmentación de

objetos, la restauración de imágenes antiguas, el diseño gráfico, la educación, el entretenimiento, entre otras. (Lucas Tarcetti, 2023).

Para realizar el reconocimiento de colores, se pueden utilizar diferentes técnicas de inteligencia artificial, como el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, la visión por computador, el procesamiento de imágenes, etc. Estas técnicas consisten en entrenar un modelo matemático con un conjunto de datos etiquetados con los colores correspondientes, y luego aplicar ese modelo a nuevas imágenes o videos para predecir sus colores. (Lucas Tarcetti, 2023).

El reconocimiento de colores por medio de inteligencia artificial presenta varios desafíos y limitaciones, como la variabilidad de las condiciones de iluminación, la calidad de las imágenes, la definición de los colores, la subjetividad de la percepción humana, la falta de datos suficientes y representativos, la complejidad computacional, etc. Por ello, se requiere un constante desarrollo e innovación en este campo para mejorar su precisión y eficiencia. (Lucas Tarcetti, 2023).

Figura 9

Reconocimiento de colores.



Fuente: <https://rb.gy/j80ao>

1.4.2.7. Reconocimiento de patrones. Un patrón es un arreglo de características que describen una señal, y es representado por un vector multidimensional. Una clase es un conjunto de patrones que comparten una propiedad en común. ¡Las clases son denotadas por w_1, w_2, \dots, w_n !, donde W es la cantidad de clases. Las técnicas de reconocimiento de patrones son aquellas que asignan los patrones a sus respectivas clases teniendo en cuenta las características de estos (González, 2002).

El reconocimiento de patrones se divide en dos áreas: reconocimiento basado en la teoría de la decisión y reconocimiento estructural. El primero trata con patrones representados por características cuantitativas, y el segundo con las relaciones estructurales de las características de los patrones.

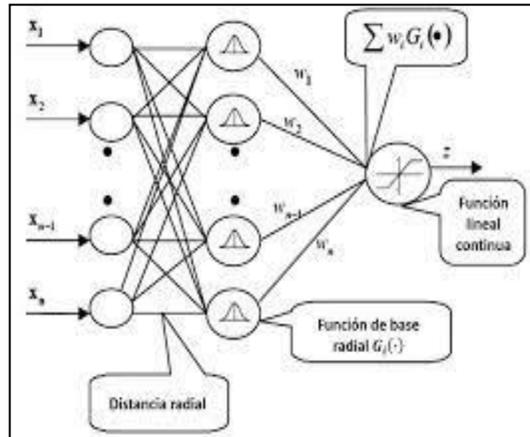
1.4.2.7.1. Funciones de Base Radial – Ajuste por Descenso Dinámico (RBF-DDA). El método seleccionado en esta tesis para implementar este tipo de redes es el RBF-DDA, que a continuación se describe. El algoritmo de ajuste por descenso dinámico (DDA: Dynamic Decay Adjustment) consiste en una extensión del algoritmo RCE. Las redes neuronales tipo RBF entrenadas con el algoritmo DDA a menudo tienen una precisión en el reconocimiento comparable a los perceptrones multicapa (MLP), pero su entrenamiento es significativamente más rápido.

Una red RBF entrenada con el algoritmo DDA es similar en estructura al perceptrón multicapa de una capa oculta. El número de unidades en la capa de entrada representa la dimensión del conjunto de entrada. La capa oculta contiene unidades con una función de base radial (RBF). Estas unidades se van añadiendo a la capa oculta durante el entrenamiento. La capa de entrada está completamente conectada a la capa oculta.

Las principales diferencias con una red tipo perceptrón multicapa son la función de activación y la regla de propagación en la capa oculta. En lugar de usar una sigmoide o cualquier otra función no lineal infinita, RBF usa funciones localizadas, Gaussianas radiales, como funciones de activación. Además, el cálculo de la distancia euclídea a un vector de referencia sustituye al producto escalar utilizado en perceptrones multicapa (Cabello Pardos, E., 2004).

Figura 10

Ejemplo de red neuronal del tipo RBF.



Fuente: <https://bit.ly/3Sk3kF6>.

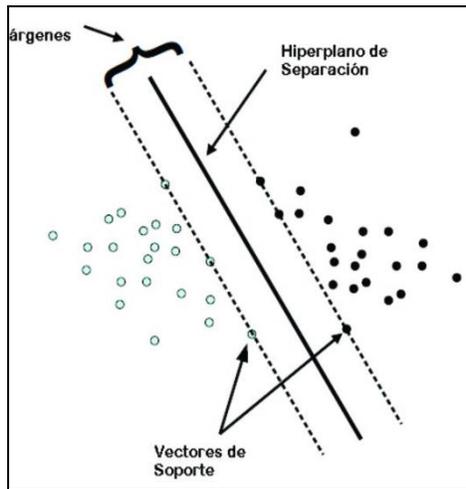
1.4.2.7.2. Máquinas de vector soporte (Support Vector Machines: SVM). Las máquinas de vector soporte se han convertido rápidamente en una herramienta de uso generalizado en el campo de reconocimiento de patrones. La aplicación más sencilla de esta técnica es el problema de clasificación binaria (sólo hay definidas dos clases). La idea subyacente consiste en encontrar una hipótesis H que minimice la probabilidad de error empírico (la probabilidad de que H tenga un error en un conjunto de prueba seleccionado aleatoriamente).

Minimizar el error empírico es equivalente a encontrar el hiperplano (Figura 11) que se encuentra a la distancia máxima de las muestras de entrenamiento más cercanas para las dos clases. La clave del procedimiento consiste en establecer una correspondencia entre las muestras en el espacio de entrada y otro conjunto de vectores transformados en un espacio de dimensión mayor o igual, el llamado espacio de características. Para realizar esta transformación se utiliza una correspondencia previamente definida, llamada kernel. Es en este espacio de características en el que se construye el hiperplano óptimo que separa las dos clases. Por lo tanto, el procedimiento termina con una función de decisión lineal en el espacio de características, donde los pesos se calculan como la solución de un problema cuadrático con restricciones.

En la figura 11 se muestra un ejemplo gráfico de aplicación de SVM. Se han considerado dos clases, etiquetadas como A+ y A-. Las clases definen dos grupos que por simplicidad se han considerado separables. Los Vectores Soporte (marcados como a, b y c) son los que se utilizan para calcular el hiperplano que separa las dos clases. En el dibujo se indica también el margen, distancia del hiperplano a los Vectores Soporte (Cabello, 2004).

Figura 11

Ejemplo SVM.



Fuente: <https://bit.ly/3dNFimU>.

1.4.2.7.3. *K* vecinos más cercanos (*K* nearest neighbours, *KNN*). Las técnicas de clasificación basadas en los vecinos más cercanos (KNN) se encuentran entre los planteamientos más clásicos de reconocimiento de patrones. Son simples y rápidos, ofreciendo valiosa información sobre el problema de clasificación que se quiere abordar.

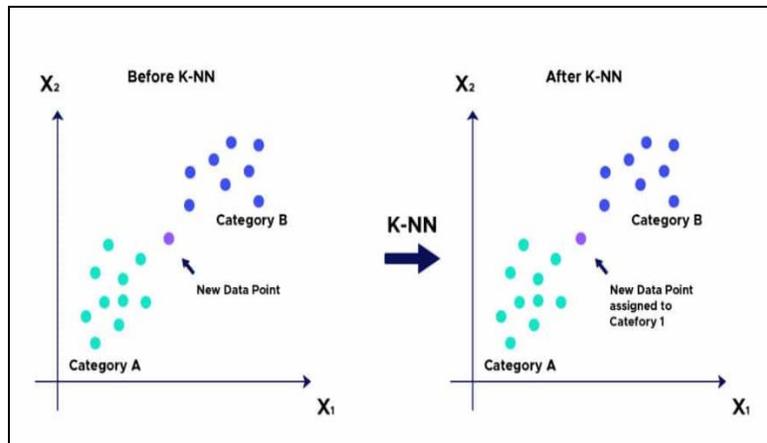
Su principio de operación es muy sencillo: Dado un conjunto de muestras de entrenamiento y pertenecientes a una de las J clases diferentes C_1, \dots, C_J , un nuevo patrón desconocido x se asignará a la clase C_m que tenga un $T_{im} \in C_m$ tal que sea la muestra del conjunto de entrenamiento más cercana a x de acuerdo con alguna métrica. Esta técnica se conoce como 1-NN. En general en los métodos K -NN se consideran los k vecinos más cercanos de x dentro del

conjunto de entrenamiento y se considera C_m como la clase que tiene más muestras entre los k vecinos considerados.

Se han propuesto algunas modificaciones para mejorar la robustez de estas técnicas frente a elementos aislados que están fuera del rango de la clase. Estas modificaciones se basan en la edición del conjunto de entrenamiento y la eliminación de estos elementos con una desviación muy grande. También se han propuesto técnicas de condensación para acelerar el proceso de clasificación, en la cual las muestras de una clase que se encuentran completamente rodeadas de muestras de la misma clase son eliminadas, ya que no influyen en la clasificación (Cabello, 2004).

Figura 12

Ejemplo de KNN.



Fuente: (<https://bit.ly/3LNZC4g>).

1.4.2.8. Redes neuronales. Las redes neuronales son procesadores distribuidos que modelan el funcionamiento del cerebro humano. Están compuestas por pequeñas unidades de procesamiento interconectadas, llamadas neuronas o nodos.

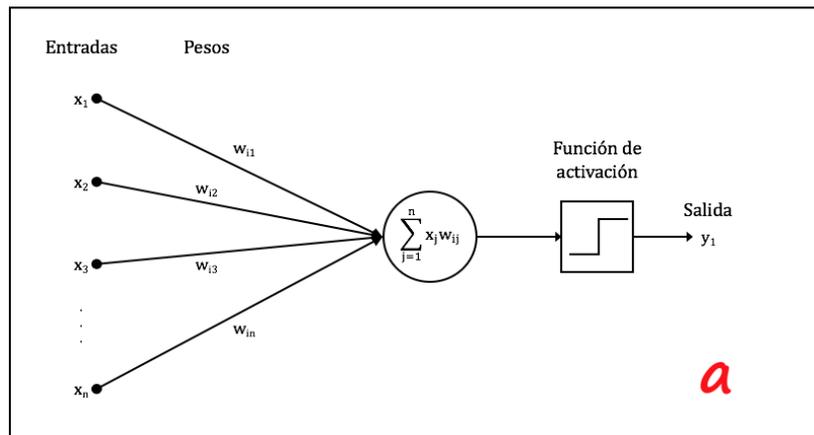
Dos aspectos clave de las redes neuronales son: 1) el conocimiento se adquiere mediante un proceso de aprendizaje, y 2) los pesos de las conexiones entre neuronas (pesos sinápticos) se

utilizan para almacenar ese conocimiento. El algoritmo de aprendizaje modifica los pesos sinápticos hasta lograr el conocimiento deseado.

En esta versión más breve, he sintetizado la información clave sobre las redes neuronales, explicando su fundamento y características principales de manera concisa. He eliminado detalles secundarios y simplificado la redacción para mantener un texto claro y directo.

Figura 13

Perceptrón simple



Fuente: <https://bit.ly/3s4UFv6>.

La manera en la cual las neuronas de una red están estructuradas está ligada al algoritmo de aprendizaje usado para el entrenamiento de la red. Entre las arquitecturas posibles para modelos neuronales están las denominadas redes hacia adelante, como lo son el perceptrón simple, perceptrón multicapa y redes de función de base radial, las redes recurrentes y otros modelos híbridos.

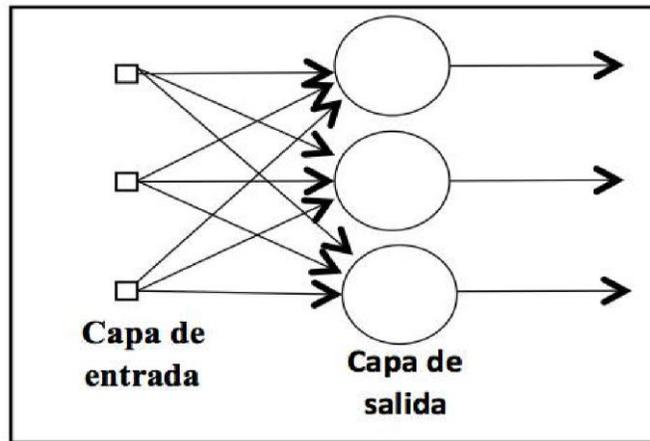
A continuación, se explicará el funcionamiento de un perceptrón simple, la arquitectura utilizada en este trabajo, el perceptrón multicapa.

1.4.2.8.1. Redes neuronales monocapa. La arquitectura de perceptrón simple constituye la estructura neural más básica, tal como se ilustra en la Figura 14. Este modelo consta únicamente de una capa, cuya función es transformar la capa de entrada en una capa de salida, donde se

llevan a cabo los cálculos necesarios. Generalmente, el perceptrón simple se emplea para eliminar o suprimir distorsiones presentes en las señales de entrada, convirtiéndolas en una salida más limpia y depurada. Su sencilla configuración de una sola capa lo convierte en una herramienta eficiente y efectiva para tareas de acondicionamiento y procesamiento de señales.

Figura 14

Red Neuronal monocapa



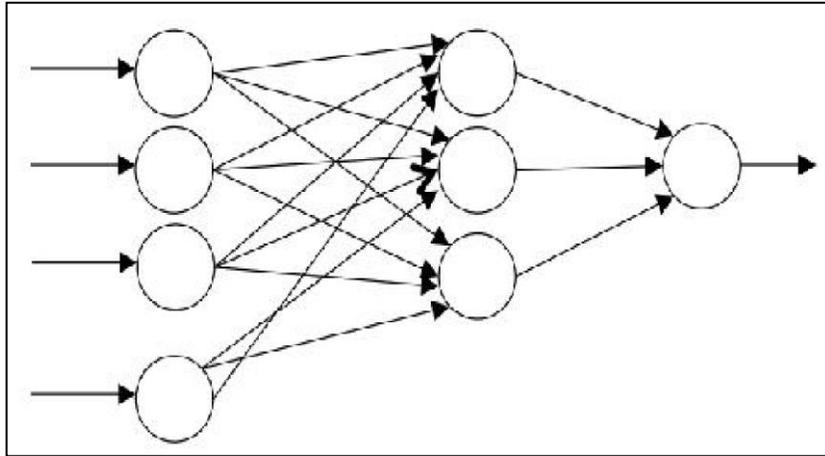
Fuente: (W. Asanza, 2018).

1.4.2.8.2. Redes neuronales multicapa. “La arquitectura de múltiples capas constituye una generalización del perceptrón simple. En este caso, existen una serie de capas intermedias ubicadas entre la capa de entrada y la capa de salida, comúnmente conocidas como "capas ocultas".

Este tipo de red neuronal de múltiples capas puede presentar una conectividad total o parcial entre las diferentes capas, tal como se ilustra en la Figura 15. Esta configuración más compleja permite a la red neuronal aprender representaciones más elaboradas de los datos de entrada, lo que la hace más versátil y capaz de resolver problemas más complejos en comparación con el modelo de perceptrón simple. (Soria y Blanco, 2007, pág. 30).

Figura 15

Red Neuronal multicapa.



Fuente: (W. Asanza, 2018).

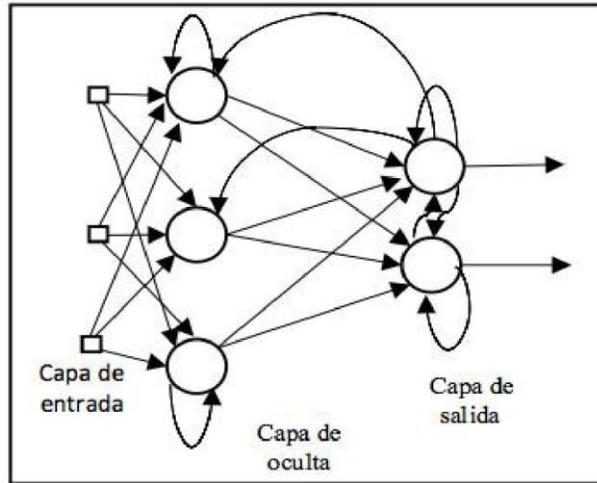
1.4.2.9 Tipo de conexión

1.4.2.9.1 Redes neuronales no recurrentes. En este tipo de redes neuronales, no existe retroalimentación, ya que el flujo de información se mueve únicamente hacia adelante, sin conexiones recurrentes. A diferencia de otras arquitecturas, estas redes carecen de bucles o retroalimentación que puedan modificar la activación de las neuronas a lo largo de las capas.

1.4.2.9.2 Redes neuronales recurrentes. Las redes neuronales recurrentes se caracterizan por permitir retroalimentación a través del uso de conexiones de tipo lazo. Estas conexiones pueden establecerse entre neuronas de diferentes capas o incluso de la misma capa, tal como se ilustra en la Figura 16.

Figura 16

Red neuronal recurrente.



Fuente: Asanza, 2018

1.4.2.9.3. Grado de conexión

- **Redes neuronales totalmente conectadas.** En este tipo de redes, todas las neuronas se conectan con las capas anteriores o siguientes, generando redes concurrentes o no concurrentes.
- **Redes parcialmente conectadas.** En este tipo de redes, las conexiones entre neuronas no son totales, sino parciales, ya sea en paralelo o de forma jerárquica. (Soria & Blanco, 2007, pág. 31).
- **Redes unidireccionales o de propagación hacia adelante (feedforward).** “En las que ninguna salida neuronal es entrada de unidades de la misma capa o de capas precedentes. La información circula en un único sentido, desde las neuronas de entrada hacia las neuronas de salida de la red.” (Flores López & Fernández Fernández, 2008, pág. 29).
- **Redes unidireccionales o de propagación hacia adelante (feedforward).** “En las que ninguna salida neuronal es entrada de unidades de la misma capa o de capas

precedentes. La información circula en un único sentido, desde las neuronas de entrada hacia las neuronas de salida de la red.” (Flores López & Fernández Fernández, 2008, pág. 29).

- **Redes de propagación hacia atrás (feedback).** “En esta red las salidas de las neuronas pueden servir de entradas a unidades del mismo nivel (conexiones laterales) o de niveles previos. Las redes de propagación hacia atrás que presentan lazos cerrados se denominan sistemas recurrentes.” (Flores López & Fernández Fernández, 2008, pág. 29).

1.4.2.10. Funcionamiento. El funcionamiento de las redes neuronales artificiales se basa en la simulación de los sistemas neuronales biológicos humanos. Estos sistemas se componen de un conjunto de interconexiones entre neuronas, llamadas sinapsis, que forman la clave principal para el procesamiento del conocimiento. Su estructura es similar a la de un árbol, donde cada terminal toma el nombre de dendritas, las cuales se encargan de recibir las señales de entrada de otras neuronas.

Por lo tanto, las redes neuronales artificiales están formadas por neuronas interconectadas entre sí y distribuidas en capas. Para que la información pueda fluir, las neuronas de cada capa se conectan con las neuronas de las siguientes capas, constituyendo así un aprendizaje artificial.

Las redes neuronales artificiales se definen como un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático de información, inspirado en la aproximación de la inteligencia de los seres vivos y sus habilidades mentales para la resolución de problemas. Hoy en día, la inteligencia artificial se utiliza como un paradigma para la resolución de problemas dentro del campo de la informática moderna, basándose en un conjunto de interconexiones relacionadas entre sí que producen un estímulo de salida, simulando la transmisión de procesos y la toma de decisiones de los seres con autonomía propia.

1.4.2.10.1 Tipos de redes neuronales. Daline y Madaline Las redes neuronales artificiales son modelos adaptativos desarrollados por Bernard Widrows y Marcian Hoff en la Universidad de Stanford. Adaline, que significa Adaptive Linear Element, fue desarrollado con el propósito de poder reconocer patrones binarios. Su funcionamiento se basa en la suma de los pesos de las entradas, produciendo una salida de 0 o 1 dependiendo de si pasa o no un umbral. Adaline es un elemento muy importante, ya que de él se derivan redes más complejas. Varias unidades Adaline se organizan en capas, de tal manera que se obtengan grandes arquitecturas, formando así una red Madaline, la cual produce funciones más complicadas. Madaline, que significa Múltiple Adaptive Linear Element, fue la primera red neuronal multicapa que incluía elementos adaptivos. Está constituida por dos o más unidades Adaline, y esta estructura fue utilizada como un filtro para eliminar el eco en las líneas telefónicas. La red Madaline fue diseñada después del Adaline, con el fin de realizar soluciones más complejas que la solución de problemas linealmente separables.

Según Cruz Beltrán y Acevedo Mosqueda (2008, p. 2), la red neuronal conocida como backpropagation fue creada en 1986 y se basa en el aprendizaje de la asociación de patrones existentes. El backpropagation tiene la capacidad de generalizar, lo cual es un comportamiento similar al del cerebro humano. Por esta razón, esta red neuronal necesita de una etapa de aprendizaje. En otras palabras, este tipo de red requiere una búsqueda de una función de comportamientos que se acople a los valores muestreados y al comportamiento del sistema, con un valor mínimo de error.

1.4.2.11 Perceptrón multicapa. Según Barbosa, Kleisinger, Valdez y Monzón (2001), el perceptrón multicapa está conformado por un conjunto de neuronas que permite la comunicación mediante el envío de señales entre sí, con un conjunto de conexiones, pero no puede reconocer caracteres complejos.

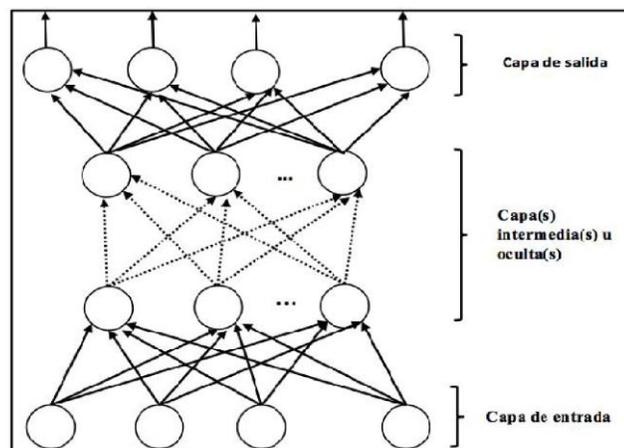
El perceptrón multicapa tiene algunos aspectos importantes que se describen a continuación:

- Tiene un conjunto de unidades de procesamiento que son las neuronas o células.
- Tiene un estado de activación que determina la salida de la neurona.

- Hay conexiones entre las neuronas, pero cada conexión se determina por un peso, el cual ayuda a fijar el efecto de la señal de la neurona.
- Tiene una regla llamada propagación, que determina la entrada efectiva de una neurona a partir de las entradas externas.
- Tiene un entorno que le proporciona las señales de entrada, con el cual debe operar el sistema de la neurona.
- Tiene un método para tratar la información, lo cual hace mediante una regla de aprendizaje.

Figura 17

Estructura del Perceptrón Multicapa.



Fuente: Asanza, 2018

Como se observa en la figura 17, el perceptrón multicapa se caracteriza porque tiene sus neuronas agrupadas en capas de diferentes niveles.

Las conexiones del perceptrón multicapa siempre están dirigidas hacia adelante, es decir, las neuronas de una capa se conectan con las neuronas de la siguiente capa.

Cada una de las capas está formada por un conjunto de neuronas, y se distinguen tres tipos de capas diferentes: la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida.

Las neuronas de la capa de entrada no actúan como neuronas propiamente dichas, sino que se encargan únicamente de recibir las señales o patrones del exterior y propagar dichas señales a todas las neuronas de la siguiente capa.

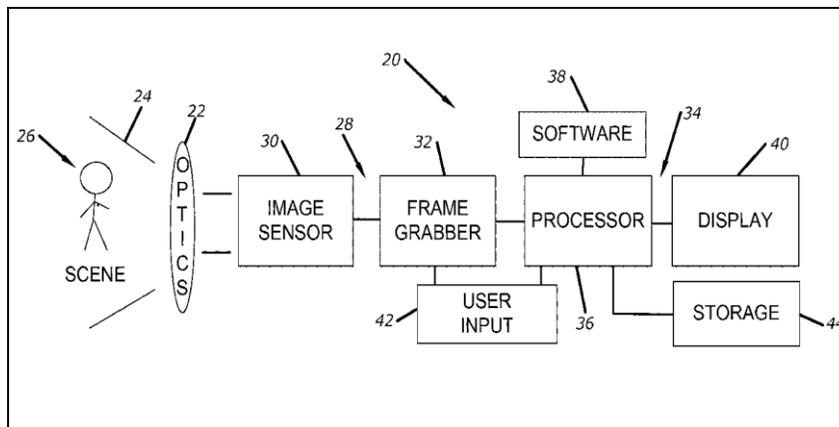
En las capas ocultas, las neuronas realizan el procesamiento no lineal de los patrones recibidos.

Finalmente, la capa de salida proporciona al exterior la respuesta de la red para cada uno de los patrones de entrada.

1.4.2.12. Cámara. Principio de funcionamiento de la cámara. En la figura 18 se presenta el esquema de un sistema de cámara de cine digital para grabación, la cual se basa en el principio de las cámaras fotográficas.

Figura 18

Sistema de cámara digital para grabar, editar y visualizar imágenes.



Fuente: <https://bit.ly/3wyZyyc>.

El sistema de cámara 20 incluye el conjunto óptico (22) para captar la luz de cualquier tipo de escena (24) deseada. Este sistema incluye un subsistema de imagen modular (28) alineado con el conjunto óptico (22). El subsistema comprende uno o más generadores de imágenes (30), donde se incluye al menos un capturador de fotogramas (32). Este generador de imágenes captura imágenes de alta definición a velocidades de película o video para HD, 2K y 4K. El generador lo

componen: un sensor de imagen de píxel activo semiconductor de óxido de metal (CMOS), un sensor de imagen de píxel activo semiconductor de óxido de metal (MOS), un dispositivo de carga acoplada (CCD), un sensor de imagen de contacto (CIS), entre otros dispositivos de detección de píxeles. También incluye un único sensor de imagen que contiene filtros de color para la captura de imágenes a todo color.

El sistema 20 incluye una montura de lente que interconecta el subsistema de imagen modular y el conjunto óptico (22), el cual lo compone el lente. La unidad de sensor de imagen 30 incluye mecanismos de ajuste que permiten ajustar la posición de la unidad del sensor de imagen con respecto al centro óptico de proyección del lente, y también sirven para ajustar la co-planaridad de la placa de detección (superficie que sostiene la placa de circuito del sensor de imagen) en relación con el montaje de la interfaz óptica. Además, incluye un ajustador para el enfoque posterior. Esta unidad puede integrar un divisor de haz óptico o un mecanismo de obturador giratorio para permitir el uso de un visor óptico mientras se capturan y adquieren imágenes.

1.4.2.12.1. Tipos de cámara

- **Cámara infrarroja.** Esta es perfecta para lugares oscuros y aplica para la vigilancia las 24 horas al día, de forma automática enciende el infrarrojo en el momento que hay menos luminosidad.
- **Cámara de interiores.** Se trata de las cámaras caseras, estas no necesitan de grandes características en cuanto a la luminosidad (nocturnas, infrarrojas, etc.), ya que permanecen en lugares iluminados.
- **Cámaras Antirrobo.** Este tipo de cámara por lo general está ubicado en zonas urbanas, por lo que debe tener una carcasa resistente a golpes, lluvia, calor, entre otros.
- **Cámaras IP.** Estas se conectan directamente a internet para enviar o subir la información a la nube, así mismo se puede observar la imagen que esté transmitiendo mediante un dispositivo configurado con la cámara y conectado a internet.

- **Cámaras con Movimiento y Zoom.** Se utilizan para circuitos cerrados de Tv (CCTV), donde existe una persona monitoreando la cámara y esta les realiza movimiento o zoom.
- **Cámaras Ocultas.** También llamadas cámaras espías, por lo general se instalan dentro de algún objeto, como; detectores de humo, sensores de movimiento, espejos, tornillos, enchufes, entre otros, de esta forma no se ven y pasan por desapercibidas.

1.4.3 Marco contextual

El desarrollo del prototipo se lo realizará principalmente para detectar la presencia de bacterias mediante el procesamiento de imágenes el cual estará ubicado en el laboratorio químico de la Universidad Mariana en Pasto Nariño, en donde se realizarán las tomas de datos, para tener mejores bases de desarrollo.

La Universidad Mariana está ubicada en el municipio de Pasto, este está situado en el extremo suroeste del país en la frontera con la República del Ecuador.

Figura 19

Ubicación del departamento de Nariño.



Fuente: <https://bit.ly/2yLlr1R>

1.4.3.1 Extensión y límites. La superficie es de 33.268 kilómetros cuadrados y limita por el norte con el Departamento del Cauca (franja del territorio en litigio) por el este con el Departamento del Putumayo (franja de territorio en litigio), por el sur con la República del Ecuador y por el oeste con el Océano Pacífico (Gobernación de Nariño, 2020).

1.4.3.2. Pasto. “El Municipio de Pasto cuenta con una población de 455.678 habitantes en el año 2018 según proyección del censo realizado por el DANE en el año 2005, es capital del Departamento de Nariño, se encuentra ubicado al sur de Colombia, tiene una extensión de 1.181 km² de los cuales el área urbana es de 26,4 km². El 83,7% de su población habita en las 12 comunas evidenciando que Pasto es un Municipio eminentemente urbano y el 16,3% en los 17 corregimientos: Buesaquillo, Cabrera, Catambuco, El Encano, El Socorro, Genoy, Gualmatán, Jamondino, Jongovito, La Caldera, La Laguna, Mapachico, Mocondino, Morasurco, Obonuco, San Fernando y Santa Bárbara. Es la segunda ciudad más grande de la región pacífica después de Cali” (ASIS municipal Pasto, 2018).

1.4.3.3. Localización. “El municipio está situado en el Sur occidente de Colombia, en medio de la Cordillera de los Andes en el macizo montañoso denominado Nudo de los Pastos y la ciudad está situada en el denominado Valle de Atríz, al pie del volcán Galeras, limita por el norte con los municipios de Florida, Chachagüí y Buesaco; por el sur con los Municipios de Tangua, Funes, Putumayo; al oriente con el Departamento del Putumayo y al occidente con los municipios de Florida, Tangua y Consaca” (ASIS municipal Pasto, 2018).

1.5. Metodología

1.5.1. Experimentación

Para el desarrollo del prototipo se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: la desinfección de manos, la tinción química y la eliminación de microorganismos presentes en las manos. la detección de estos microorganismos se realizó mediante inteligencia artificial para el reconocimiento y procesamiento de imágenes por medio de una cámara ubicada en la parte interna de la recámara. la desinfección de manos se realizó mediante un dispensador del reactivo

que se acciona al colocar las manos frente el sensor. la eliminación de las bacterias se realizó mediante una lámpara ultravioleta (uv) que emite una radiación germicida capaz de inactivar el adn de los microorganismos. la lámpara uv se ubicó en el interior de una recamara cerrada donde se introducen las manos para su exposición durante un tiempo determinado.

El prototipo se sometió a pruebas de funcionamiento y eficacia en los laboratorios de química de la Universidad Mariana. En las pruebas, se tomaron muestras microbiológicas de las manos antes y después de utilizar el prototipo, siguiendo los protocolos establecidos para cada caso. Los resultados se analizaron mediante técnicas estadísticas para evaluar la reducción de la carga bacteriana y la incidencia de la bacteria en las manos.

Los resultados mostraron que el prototipo logró disminuir significativamente el nivel de contaminación en las manos, así como eliminar por completo la presencia de microorganismos en la mayoría de los casos.

Para analizar y recolectar datos sobre las manos y superficies contaminadas, se solicitó el uso de los laboratorios de microbiología de la Universidad Mariana, sede Alvernia. En este lugar, se evaluaron diversos métodos para el análisis microbiano y se determinó la mejor opción para la lectura y toma de muestras de estos datos.

Estos son los métodos más comunes para el análisis y recolección de datos:

- **Cultivo de muestras:** Es un método en el que se toman muestras de las manos o superficies contaminadas y se cultivan en medios de cultivo específicos para detectar la presencia de microorganismos. Los resultados pueden tardar varios días en estar disponibles.
- **Método de recuento de colonias:** Este método implica tomar una muestra de las manos o superficies contaminadas y sembrarla en un medio de cultivo específico. Luego se cuentan las colonias de microorganismos que crecen en el medio después de un período de incubación.

- **Pruebas rápidas de detección de microorganismos:** Estas pruebas utilizan técnicas inmunológicas o moleculares para detectar la presencia de microorganismos en las muestras recolectadas. Estas pruebas pueden proporcionar resultados en cuestión de minutos.
- **Análisis de imágenes:** Este método utiliza imágenes para capturar y analizar la presencia de microorganismos en las manos o superficies contaminadas. Se pueden utilizar técnicas de microscopía, fluorescencia o espectroscopía para obtener imágenes detalladas.

El método utilizado dependerá del propósito del análisis, la precisión y rapidez requerida, y la disponibilidad de equipos y recursos. En cualquier caso, es importante seguir los procedimientos adecuados para la recolección y análisis de muestras para garantizar la precisión de los resultados.

Por otro lado, existen métodos que pueden detectar patógenos en superficies y manos. Uno de los métodos que se plantea utilizar es el de la detección bacteriana por medio de distinción de color.

La detección de bacterias por medio del cambio de color se basa en el uso de medios de cultivo que contienen sustancias que reaccionan con el metabolismo de los microorganismos. Estas sustancias se llaman sustratos cromogénicos y cambian de color cuando son hidrolizados o modificados por las enzimas bacterianas. Así, se puede diferenciar entre distintos tipos de bacterias según el color que producen en el medio. Por ejemplo, el medio Compact Dry contiene sustratos cromogénicos específicos para la detección de bacterias coliformes, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* y otros microorganismos de interés clínico o alimentario.

1.5.1.1 Practica en laboratorio de microbiología de la Universidad Mariana. En las instalaciones de microbiología, se realizó una experimentación para identificar los tipos de microorganismos y bacterias que se pueden encontrar en las manos aplicando los métodos convencionales como lo son en este caso las pruebas de cultivos de bacterias.

Inicialmente se hizo la toma de las muestras mediante un isopo, el cual se lo sumerge en agua de disolución con pectina, este isopo ya untado con el líquido disuelto se procede a frotarlo sobre la palma de la mano, entre dedos y uñas.

Figura 20

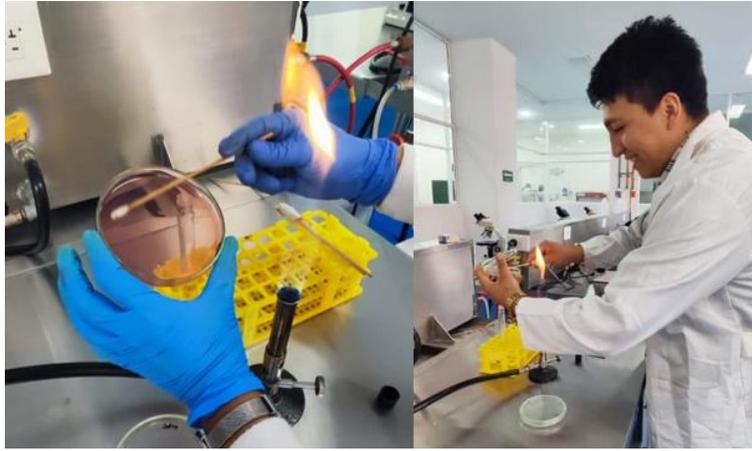
Toma de muestras.



A continuación, se expone el recipiente del cultivo junto con la muestra bajo una flama azul para proteger el cultivo de agentes externos que puedan alterar la veracidad de los resultados.

Figura 21

Esterilización de la muestra.



En total, se realizaron 4 tipos de cultivos bacterianos, coliformes totales, coliformes fecales, mesófilos y PDA hongos, una vez listas todas las muestras se las envía a una zona de incubación durante un tiempo de 48 horas a una temperatura de 35 grados centígrados para los hongos y de 28 grados para los demás cultivos.

Figura 22

Incubación de cultivos.



2. Presentación de resultados

2.1 Análisis e interpretación de resultados

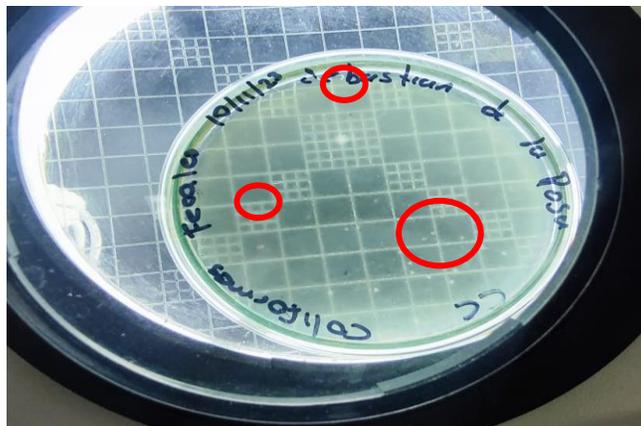
2.1.1 Análisis del primer objetivo

Se observó que todos los medios de cultivo presentaron crecimiento bacteriano y fúngico, indicando una alta contaminación microbiana en las manos. Se identificaron colonias de coliformes totales y fecales en los medios respectivos, lo que sugiere un riesgo potencial de transmisión de enfermedades. Se observaron colonias de mesófilos aerobios en el medio correspondiente, lo que indica una flora normal de la piel, pero también una posible fuente de infección si hay heridas o lesiones. Se observaron colonias de hongos en el medio PDA, lo que indica una presencia de esporas ambientales o una posible micosis cutánea.

La práctica realizada demostró la importancia de la limpieza y desinfección de las manos para prevenir la propagación de microorganismos patógenos oportunistas. Se recomienda lavarse las manos con agua y jabón antes y después de manipular material biológico, así como utilizar guantes y otros elementos de protección personal. Se sugiere realizar más pruebas para confirmar la identidad y la sensibilidad de los microorganismos aislados.

Figura 23

Coliformes totales.

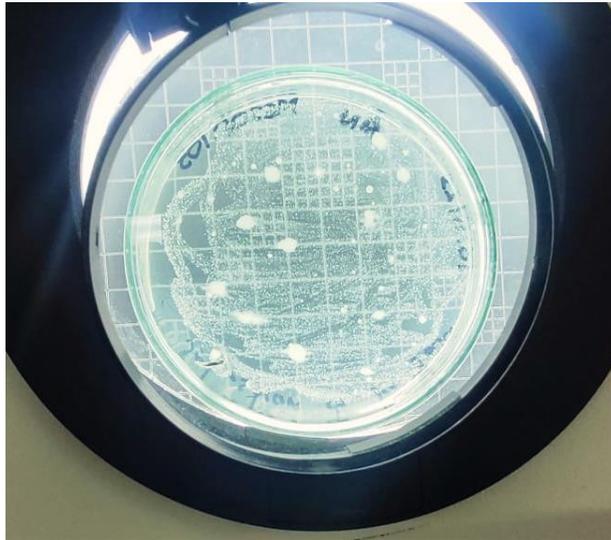


Los coliformes son un conjunto de bacterias que agrupan una serie de características en común. Todas pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y generalmente forman parte de la flora bacteriana normal del tracto digestivo de algunos animales. Los coliformes deben su nombre a la integrante más conocida de este grupo, la bacteria *Escherichia coli*, aunque agrupan a cuatro géneros bacterianos: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*.

Las bacterias coliformes son bacilos Gram-negativos móviles o inmóviles, no formadores de esporas con -galactosidasa que crean ácidos y gases a su temperatura óptima de crecimiento de 35-37 °C. Los aerobios y los aerobios facultativos son un signo común de mala calidad higiénica en los alimentos, la leche y el agua. Los coliformes están presentes en el ambiente acuático, el suelo y la vegetación; son universalmente abundantes en las heces de los animales de sangre caliente ya que se sabe que ocupan el tracto digestivo.

Figura 24

PDA hongos.



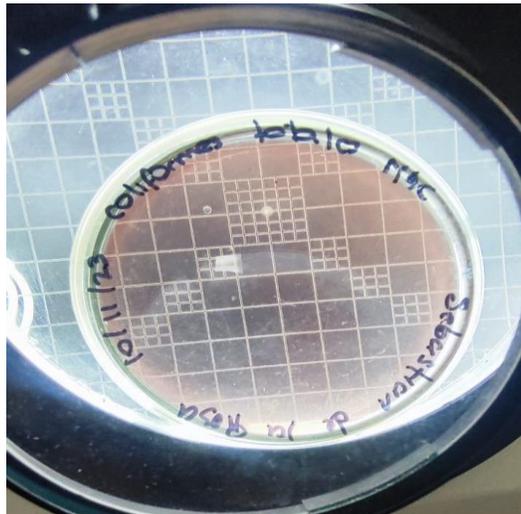
El medio de cultivo Agar Patata Dextrosa (PDA) es comúnmente utilizado para cultivar e identificar levaduras y mohos. Se prepara infundiendo patatas e incorporando dextrosa, que proporciona una fuente de energía para el crecimiento de hongos.

En una muestra de hongos en el medio PDA, podrías encontrar principalmente hongos y levaduras, que son tipos de microorganismos. Los hongos y las levaduras son eucariotas, lo que significa que sus células tienen un núcleo.

Además, se pueden agregar agentes selectivos como cloranfenicol, ácido tartárico y clortetraciclina al PDA para prevenir el crecimiento bacteriano y permitir el crecimiento de levaduras y mohos deseados. Esto significa que, si se han agregado estos agentes al medio, es menos probable que encuentres bacterias en la muestra.

Figura 25

Coliformes totales.



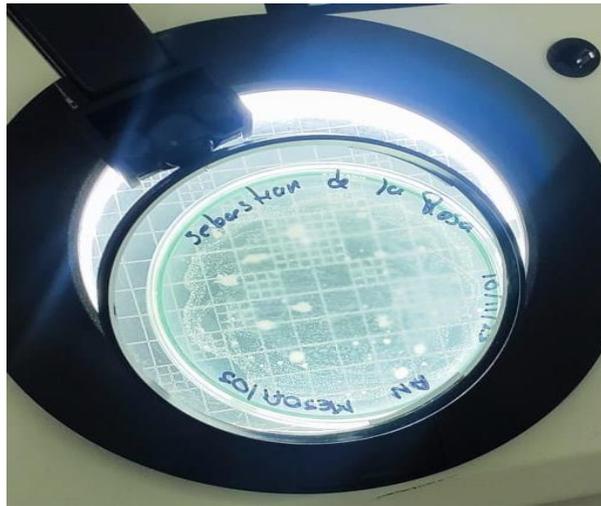
La clasificación de microorganismos o bacterias que se encuentran en una muestra de coliformes totales depende del método de análisis utilizado y del origen de la muestra. Los coliformes totales son un grupo de bacterias que se encuentran en el intestino de los animales de sangre caliente y en el medio ambiente. Se utilizan como indicadores de la calidad microbiológica del agua, ya que su presencia puede indicar la contaminación fecal o la falta de desinfección adecuada. Los métodos más comunes para detectar y cuantificar los coliformes totales son el método de filtración por membrana, el método de tubos múltiples y el método de substratos cromogénicos o fluorogénicos. Estos métodos permiten diferenciar entre los coliformes termotolerantes (o fecales), que crecen a 44,5°C y son más específicos de la

contaminación fecal, y los coliformes no termotolerantes, que crecen a 35°C y pueden proceder de fuentes no fecales.

Dentro de los coliformes termotolerantes, el género más importante es *Escherichia*, siendo *E. coli* la especie más frecuente y patógena. Dentro de los coliformes no termotolerantes, los géneros más relevantes son *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*. Estas bacterias pueden causar infecciones oportunistas en humanos y animales, especialmente si son resistentes a los antibióticos.

Figura 26

Mesófilos.



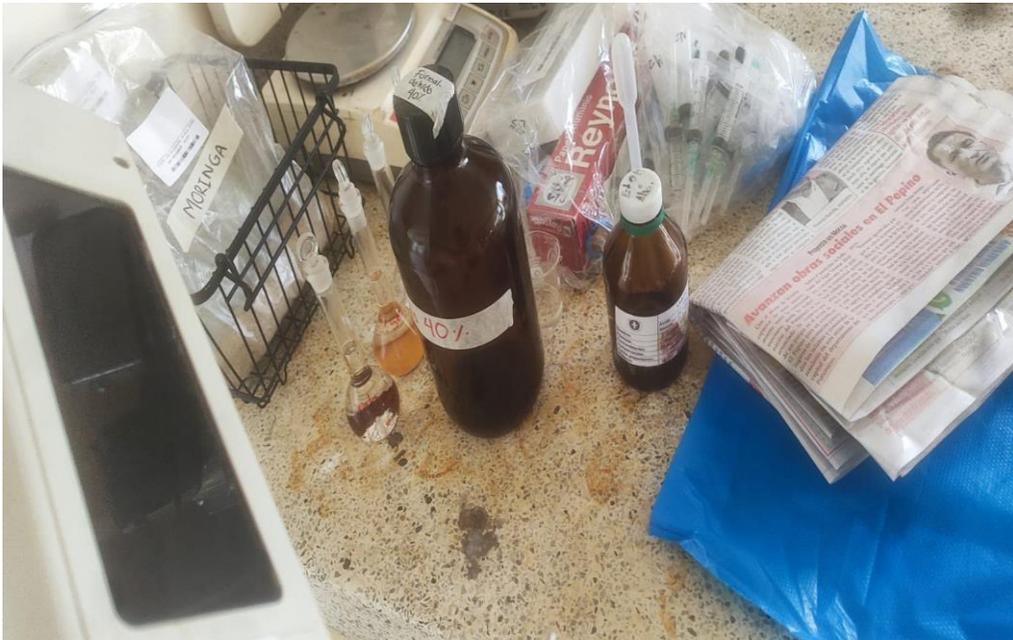
Los mesófilos son microorganismos que crecen óptimamente en temperaturas moderadas, entre 20 y 45 °C. Los cultivos microbianos son poblaciones de microorganismos que se mantienen en condiciones controladas de temperatura, pH, nutrientes y oxígeno. La clasificación de los microorganismos o bacterias que se encuentran en una muestra de mesófilos en cultivos microbianos depende de varios factores, como el tipo de medio de cultivo, el método de aislamiento, la morfología, las pruebas bioquímicas y la identificación molecular. Algunos ejemplos de bacterias mesófilas que se pueden encontrar en cultivos microbianos son: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*.

2.1.1.1 Detección de microorganismos con reactivo y exposición UV. La práctica consistió en el revelado para muestras de aceites detectados en los ácidos grasos de las paredes celulares de las bacterias utilizando vainilla la cual es un derivado de la vainilla, etano absoluto (1g en 100 ml) el cual hace que se disuelva la vainilla. A esta solución también se agregó ácido sulfúrico en una muy mínima cantidad (0.15 ml).

Esta combinación es el revelador que se usará para el reactivo que nos hará visualizar las bacterias existentes en las manos mediante el uso de luz ultravioleta (UV) la cual maneja una longitud de onda de 365 nm.

Figura 27

Preparación del reactivo



Después de aplicado el reactivo, se procede a la exposición de las manos la luz UV para poder apreciar si hay o no contaminación.

Figura 28

Exposición de la mano a luz UV.



Después de exponer las manos a la luz UV se puede apreciar visualmente la presencia de pequeños puntos, los cuales representan la existencia de microorganismos en la superficie de las manos.

Figura 29

Visualización de microorganismos.



La práctica realizada en el laboratorio de química de la universidad mariana tuvo como objetivo demostrar la presencia de microorganismos en las manos mediante el uso de un reactivo que se aplicó sobre la piel y que reaccionó al ser expuesto bajo una luz ultravioleta de 365 nm. Los resultados obtenidos fueron positivos, lo que indica que las manos no estaban completamente limpias y que albergaban una variedad de microorganismos invisibles al ojo humano. Estos microorganismos pueden ser potencialmente patógenos o beneficiosos, dependiendo de su tipo y cantidad. La práctica evidenció la importancia de la higiene personal y el lavado frecuente de las manos para prevenir enfermedades e infecciones. Asimismo, la práctica mostró el uso de la luz ultravioleta como una herramienta para detectar y estudiar los microorganismos presentes en diferentes superficies y ambientes.

2.1.2 Análisis del segundo objetivo

2.1.2.1. Selección de materiales. Una de las comprobaciones que se van a realizar para tener más control en el acceso para las áreas donde se y utilizara el prototipo es revisar que el personal se haya desinfectado correctamente las manos, para ello se usará un dispositivo que cuenta con una cámara para identificar el cambio de color que se da tras la toma de la muestra.

Para la construcción del prototipo se analizaron diferentes tipos de materiales los cuales, después de hacer un estudio para determinar cuáles son los más adecuados, teniendo en cuenta precio, accesibilidad y normatividad para el uso dentro de los diferentes campos en donde será usado, estos materiales se describen a continuación:

2.1.2.1.1 Lámpara uva. La lámpara uva de 366 nm emite una luz ultravioleta que hace que algunas sustancias orgánicas, como las bacterias, fluorescan o emitan luz visible. Esto permite identificar la presencia y el tipo de bacterias en diferentes superficies o muestras. La lámpara uva de 366 nm se utiliza en diversos campos, como la medicina, la microbiología, la industria alimentaria o la seguridad. Algunas de las ventajas de esta técnica son su rapidez, su sencillez y su bajo costo.

Sin embargo, también tiene algunas limitaciones, como la necesidad de proteger los ojos y la piel de la exposición a la luz uva, o la posibilidad de falsos positivos o negativos debido a otras sustancias que también fluorescan. (Journal of Applied Microbiology, 2018).

La lámpara UV de 366 nanómetros que tienes emite luz uv dentro del rango uva, que es menos dañino que la luz UVB y UVC en términos de efectos sobre la piel. Sin embargo, la exposición prolongada y cercana a esta lámpara UV aún puede ser perjudicial para la piel y los ojos, especialmente si se usa de forma inadecuada. (Journal of Applied Microbiology, 2018).es importante tener en cuenta que la cantidad de materia orgánica presente en las manos puede variar según diversos factores, como la higiene personal, el uso de productos químicos y la exposición a contaminantes ambientales.

Por lo tanto, la medición de la cantidad de materia orgánica presente en las manos mediante una exposición UVA puede ser útil para evaluar la efectividad de los procedimientos de higiene de las manos y determinar si se están siguiendo las mejores prácticas en cuanto a la limpieza y desinfección de las manos (Journal of Applied Microbiology, 2018).

Figura 30

Lampara UVA de 366nm.



Fuente: <http://bit.ly/3PSmrpH>

2.1.2.1.2 Cámara. Gracias a los diferentes puertos con los que cuenta, la Raspberry Pi puede ofrecernos distintas características adaptadas a nuestros proyectos y necesidades. Como por ejemplo convertir este miniordenador en una cámara de seguridad, o de reconocimiento facial. Para ello ahora es posible adquirir una nueva cámara de fotos, que cuenta con un sensor mucho mejor y que nos va a dar mucha más calidad a la hora de hacer fotos. Este es de una de las marcas más reconocidas en este segmento, como es Sony. (Arducan Wiki, 2023.).

Concretamente se trata del Sony IMX708, que cuenta con una resolución mayor. Más allá de este aspecto, que lógicamente es muy importante, es que cuenta con PDAF, o lo que es lo mismo, tecnología de autoenfoco, por lo que va a poder graduar el enfoque en todo momento ya sea para poder tener mejor enfocado a un sujeto o cualquier objeto que nosotros le pidamos resaltar. Ahora la cámara de Raspberry Pi 3 va a poder enfocar a objetos a solo 5cm de distancia del sensor, lo que está muy bien. Además, gracias a la mayor calidad de este nuevo sensor, es posible captar más luz en las escenas donde esta escasea, y por tanto reducir el ruido y aumentar el detalle de la imagen. (Arducan Wiki, 2023).

Figura 31

Cámara Sony IMX708



Fuente: (<https://bit.ly/3B0uJVI>)

Tabla 1*Especificaciones de la cámara para Raspberry Pi*

Sensor de Imagen	IMX708
Resolución	11.9MP
Tamaño óptico	1/2.43(7.4mm sensor diagonal)
Numero efectivo de pixeles	4608(H) × 2592(V)
Tamaño del píxel	1.4µm × 1.4µm
Interfaz	MIPI CSI-2 Interface
Tipo de obturador	Rolling Shutter
Filtro de color	Color
Modo de vídeo común	1080p50, 720p100, 480p120
Formato de salida	RAW10

La Raspberry Pi es un ordenador de bajo coste y tamaño reducido, tanto es así que cabe en la palma de la mano, pero puedes conectarle un televisor y un teclado para interactuar con ella exactamente igual que cualquier otra computadora. (Rodríguez, E., 2018). La Raspberry Pi es la placa de un ordenador simple compuesto por un SoC, CPU, memoria RAM, puertos de entrada y salida de audio y vídeo, conectividad de red, ranura SD para almacenamiento, reloj, una toma para la alimentación, conexiones para periféricos de bajo nivel, reloj... vamos, prácticamente lo mismo que si miras la parte de atrás de la torre de un ordenador, porque la Raspberry es un ordenador. Eso sí, no tiene interruptor para encenderlo o apagarlo. (Rodríguez, 2018).

Figura 32

Raspberry PI 4 Modelo B.



Fuente: <https://bit.ly/3HO6hL8>

Tabla 2

Especificaciones Raspberry Pi

Raspberry PI 4	
Procesador	ARM Cortex-A72
Frecuencia de reloj	1,5 GHz
Gpu	VideoCore VI (con soporte para OpenGL ES 3.x)
Memoria	1 GB / 2 GB / 4 GB LPDDR4 SDRAM
Conectividad	Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11ac, Gigabit Ethernet
Puertos	GPIO 40 pines 2 x micro HDMI 2 x USB 2.0 2 x USB 3.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla tácil) Micro SD Conector de audio jack USB-C (alimentación)

2.1.2.2. Material estructural. El acero inoxidable es un material ideal para los lavamanos quirúrgicos, ya que ofrece una serie de ventajas frente a otros materiales. Entre ellas, se destacan las siguientes:

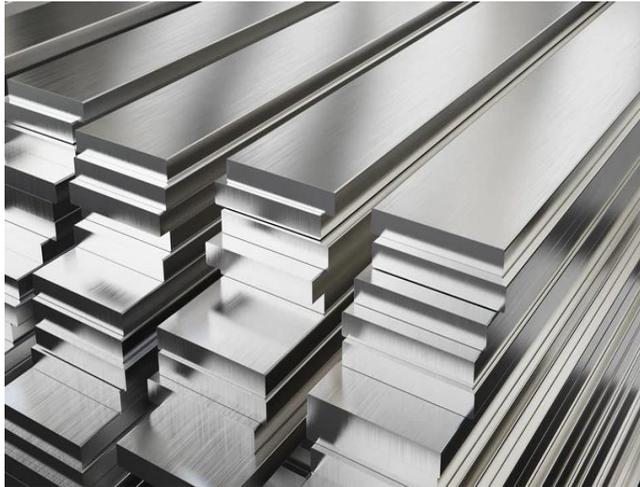
- Es resistente al fuego, la corrosión y la oxidación, lo que garantiza una mayor durabilidad y seguridad.

- Tiene un acabado por electro pulido, lo que facilita la limpieza y la desinfección, evitando la acumulación de bacterias y suciedad.
- Tiene una alta capacidad térmica, lo que permite regular la temperatura del agua y evitar quemaduras o enfriamientos.
- Tiene una estética moderna y elegante, que se adapta a cualquier ambiente y diseño.

Por estas razones, el acero inoxidable es el material más recomendado para los lavamanos quirúrgicos, ya que cumple con los más altos estándares de calidad e higiene.

Figura 33

Acero Inoxidable

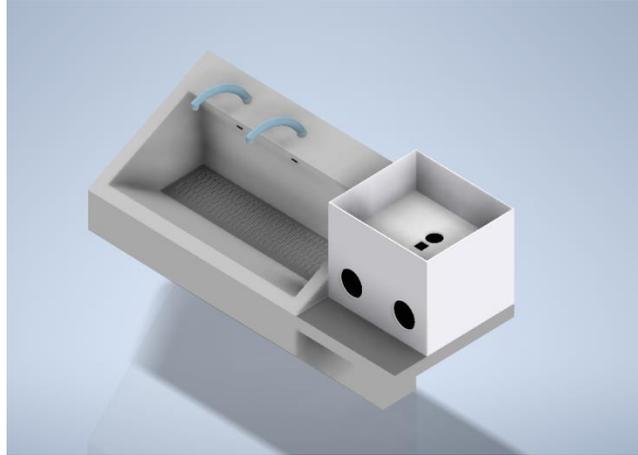


Fuente: <https://bit.ly/3LH989M>.

2.1.2.3. Selección de diseño 3D. Teniendo en cuenta nuestro marco teórico, se plantea un primer diseño que se ajuste a las especificaciones o al funcionamiento que va a proporcionar el prototipo; para esto también se debe tener en cuenta un software que nos proporcione facilidades de diseño; este se ejecutara en Autodesk Inventor. Tomando en cuenta lo anterior, el diseño del prototipo planteado el cual se muestra a continuación.

Figura 34

Diseño 3D del prototipo (Anexo 5)



2.1.2.4. Sistema de control. Al tratar de obtener un rendimiento eficiente, se debe tener en cuenta un buen orden al momento de ejecutar las acciones que se tienen pensadas para el funcionamiento del prototipo, para ello se requiere establecer un sistema de control, el cual, va a estar conformado por diferentes dispositivos electrónicos; que al estar enlazados permitirán efectuar cada etapa de desinfección de manera segura y ordenada y así tener el menor índice de error al momento de utilizar el prototipo mecatrónico.

Teniendo en cuenta lo anterior se dará a conocer las diferentes partes que conformaran el sistema de control, tanto como la etapa de potencia, así como también la etapa de control, se presentará una serie de cálculos por cada etapa que afianzaran la selección de todos los componentes, buscando el mejor funcionamiento para el dispositivo a realizar.

2.1.2.4.1 Fuente de alimentación. Fuente conmutada 12V 50A es un dispositivo electrónico comúnmente llamado fuente de alimentación, fuente de poder o fuente conmutada. En electrónica se define como el instrumento que transforma corriente alterna en corriente continua en una o varias salidas. Permite transformar la energía eléctrica de VCA a VCD, puede alimentar a diferentes dispositivos electrónicos, por ejemplo: motor de CD, leds de potencia, tira de leds, cámaras de CCTV, CNC, Impresora 3D, Módulos PWM, tarjetas o módulos Arduino, sensores, actuadores, amplificadores, circuitos integrados, etc.

Figura 35

Fuente de alimentación.



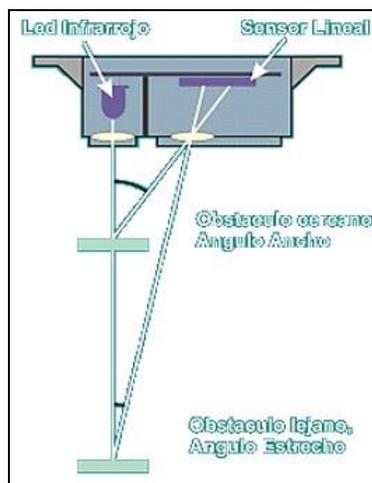
Fuente: <https://rb.gy/ppukc>

2.1.2.4.2. Sensor SHARP. Un sensor SHARP es un sensor óptico capaz de medir la distancia entre él y un objeto, para esto el sensor con la ayuda de un emisor infrarrojo y un receptor miden la distancia usando triangulación.

El método de triangulación consiste en medir uno de los ángulos que forma el triángulo emisor-objeto-receptor, el Receptor es un PSD (Position Sensitive Detector) que detecta el punto de incidencia el cual depende del ángulo y a su vez de la distancia del objeto.

Figura 36

Sensor Sharp.



Fuente: <https://rb.gy/jklso>

El termino SHARP (Agudo) es porque tiene un rango de visión muy reducido, esto porque la luz que emite es puntual, lo que permite usar el sensor para escanear o mapear áreas, pero teniendo en cuenta que objetos pequeños serán difíciles de detectar.

También podemos usar varios sensores SAHRP para ampliar el rango de visión estos se pueden poner en diferente dirección e incluso en la misma dirección siempre y cuando las líneas de visión no queden muy cercanas.

Una ventaja adicional es que no son sensibles a la luz ambiental o el Sol, enemigo de los sensores infrarrojos, un SHARP usa una luz infrarroja intermitente con una frecuencia determinada, que en el receptor es filtrada y elimina cualquier otra fuente de luz diferente a la frecuencia emitida. (Tutorial Sensor de Distancia SHARP, Sf).

2.1.2.4.3. Circuito de conexiones. En un mundo interconectado y tecnológicamente avanzado, la eficiencia y la optimización de recursos son aspectos clave en el desarrollo de proyectos electrónicos. Con el objetivo de facilitar la conexión y el funcionamiento de los componentes externos a la Raspberry Pi, se ha diseñado una placa electrónica innovadora que simplifica y potencia la interacción entre la Raspberry Pi y sus periféricos.

Esta placa surge como respuesta a la creciente demanda de soluciones que mejoren la conectividad y la eficacia en el desarrollo de proyectos tecnológicos basados en la Raspberry Pi. Al integrar diversos puertos y conexiones en un diseño compacto y funcional, esta placa se convierte en una herramienta imprescindible para maximizar el rendimiento del sistema.

Con un enfoque centrado en la usabilidad y la versatilidad, esta placa electrónica ofrece una amplia gama de funcionalidades que permiten una integración sencilla y robusta de los componentes externos a la Raspberry Pi. Desde sensores y actuadores hasta pantallas y módulos de comunicación, esta placa proporciona las conexiones necesarias para expandir las capacidades de la Raspberry Pi sin complicaciones.

Figura 37

Shield de conexiones para Raspberry Pi.

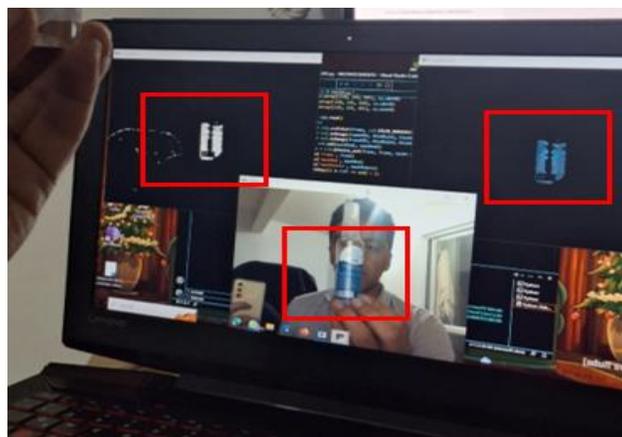


2.1.2.5. Reconocimiento de colores. Con el fin de reconocer las bacterias presentes en las manos de los usuarios del prototipo, se tomó la decisión de incorporar el método de reconocimiento de colores, el cual mediante la aplicación de un reactivo directamente sobre las manos y exponerlas dentro de un entorno oscuro con una lámpara de luz UV hará que los ácidos grasos presentes en las paredes celulares de las bacterias sean detectables a simple vista.

La cámara que también estará dentro de este entorno captará la presencia de las bacterias teniendo en cuenta el rango de color que esta emitirá, con el fin de tomar la decisión de darle o no acceso al área en cuestión.

Figura 38

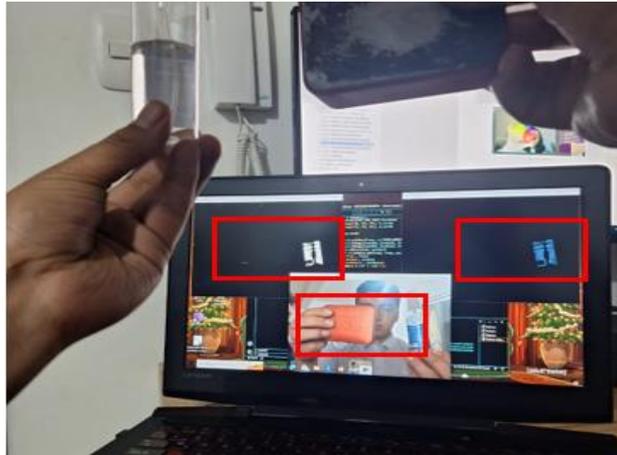
Detección de color azul.



Al ejecutar el código para la detección de colores, aparecen tres pantallas, las cuales muestran el video original tomado por la cámara, al lado izquierdo se muestra la silueta del objeto resaltando los tonos que se desean detectar y al lado derecho se muestra la escala del color que se haya configurado en el código.

Figura 39

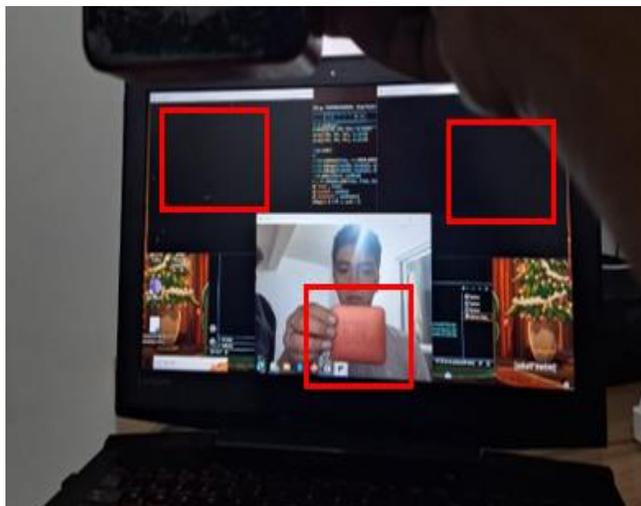
Comparación de colores.



En la anterior imagen (Figura 39) se puede observar dos objetos de distinto color, en donde todo color que no sea el especificado en el código no es reconocido.

Figura 40

Color no reconocido.



Se puede observar en la imagen que el objeto presentado no es reconocido porque no está dentro de los rangos establecidos.

2.1.2.5 Construcción del prototipo. La inicialización de la construcción de un prototipo es una etapa importante en el desarrollo de un producto o servicio. Consiste en definir los objetivos, los requisitos, las especificaciones y el diseño del prototipo, así como los recursos y el cronograma necesarios para su realización. La inicialización también implica realizar un análisis de mercado, de la competencia y de los usuarios potenciales, para validar la viabilidad y la demanda del prototipo. La inicialización de la construcción de un prototipo requiere una planificación cuidadosa.

Para el desarrollo de esta etapa del proyecto que consiste en crear una caja negra que permite evaluar el nivel de contaminación en las manos mediante la detección de patrones fluorescentes bajo la luz ultravioleta. La caja negra está equipada con un bombillo uv de 365 nm y una cámara que se conecta a una raspberry pi. Al introducir las manos en la caja con el reactivo previamente aplicado, la cámara toma una foto que luego procesa y clasifica según los patrones observados, en este caso puntos que sobresalen bajo la luz uv. Esta información se muestra en una pantalla lcd de 16x2 que indica el conteo de puntos y el porcentaje de contaminación en las manos. El objetivo de este proyecto es brindar una herramienta sencilla y efectiva para promover el lavado de manos y prevenir la propagación de enfermedades infecciosas.

Figura 41

Caja negra para toma de fotos.



Se realizaron varias pruebas con el fin de verificar el correcto funcionamiento del prototipo, las pruebas consistían en hacer muestras con diferentes niveles de contaminación, para que el dispositivo mediante el procesamiento de imágenes logre determinar la cantidad de microorganismos existentes en las manos.

Figura 42

Introducir las manos dentro de la caja para tomar la foto.



Aquí se calibro la cámara para que responda correctamente en el medio y la imagen sea la adecuada para su debido procesamiento.

Figura 43

Prueba sin lavado de manos.



En esta primera prueba se realizó una contaminación directa en las manos para observar el comportamiento del código que se implementó, en este caso se obtuvo un resultado coherente conforme al nivel de suciedad tenida en las manos.

Tabla 3

Resultado de pruebas de procesamiento, con manos completamente sucias.

Nro.	Promedio de Contaminación (%)	Repeticiones	Valoración
1	78 %	3	Aceptable
2	85%	3	Aceptable
3	89%	3	Aceptable
4	79%	3	Aceptable
5	81%	3	Aceptable

Figura 44

Imagen tomada por la cámara.

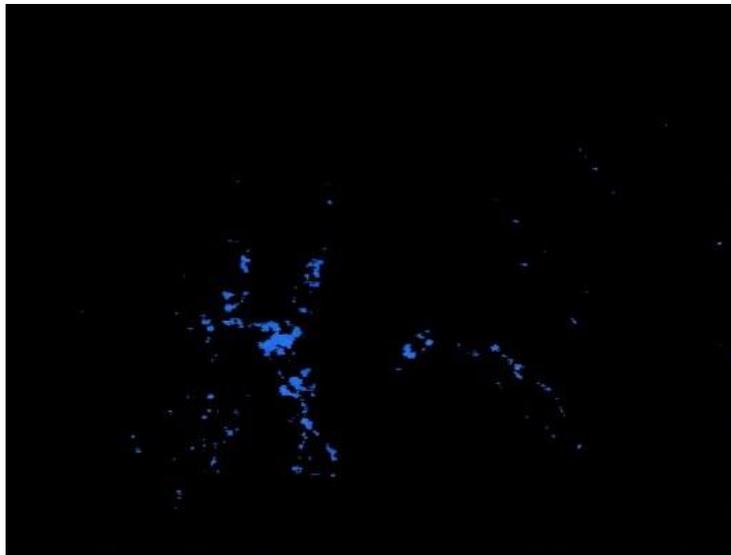


Figura 45

Imagen procesada por el código.

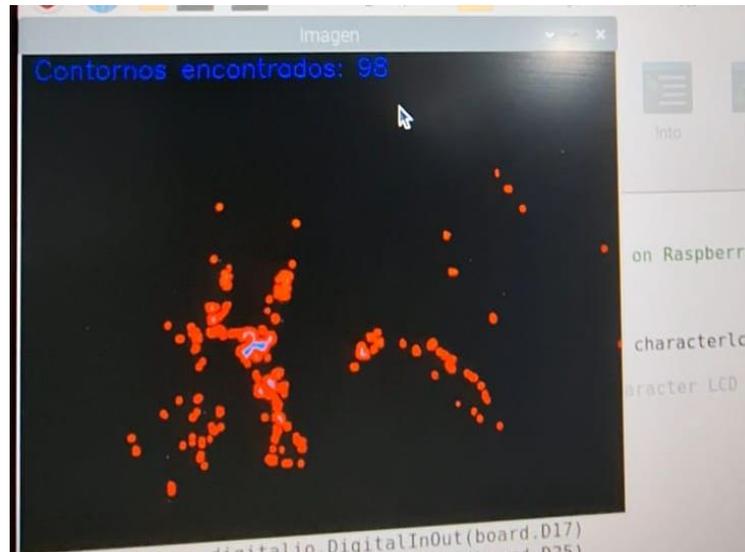
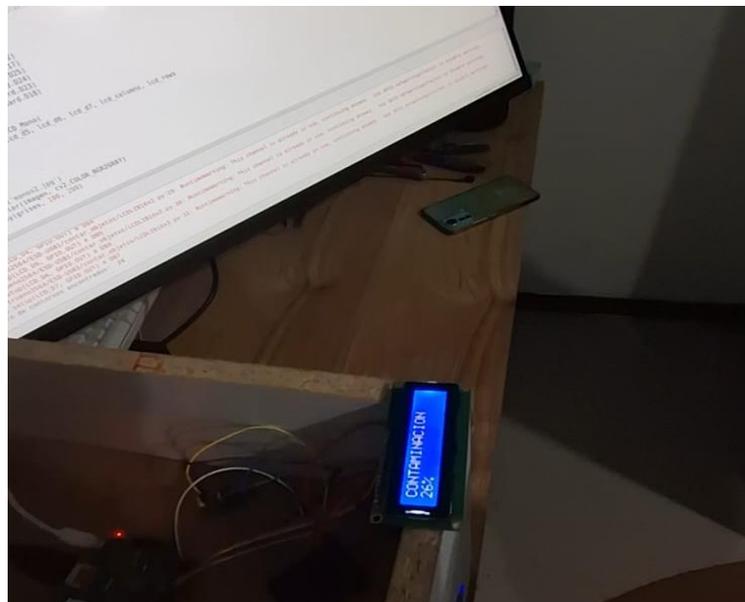


Figura 46

Prueba realizada con un nivel medio de lavado.



En esta otra prueba se lavaron las manos débilmente para que aun haya una contaminación a pesar de pasar las manos por el agua, el resultado fue una contaminación del 26%.

Figura 47

Imagen tomada por la cámara nivel medio de contaminación.



Figura 48

Imagen procesada por el código.

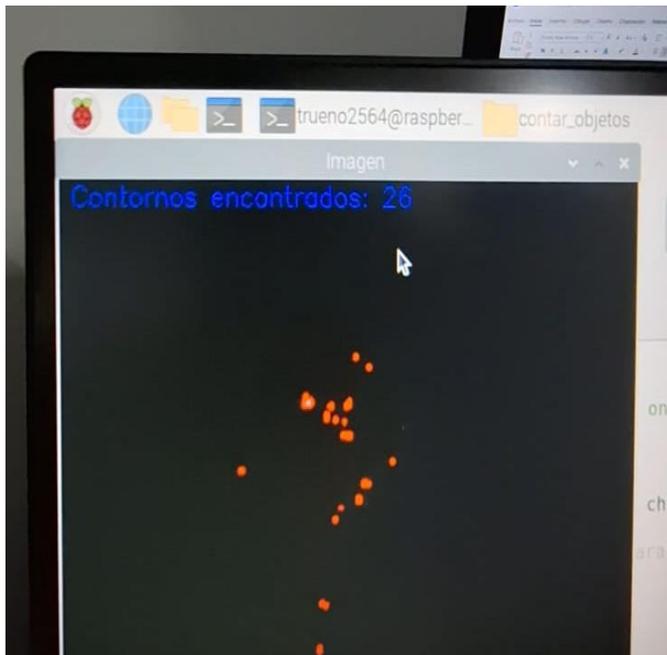


Tabla 4

Resultado de pruebas de procesamiento, con manos parcialmente sucias.

Nro.	Promedio de Contaminación (%)	Repeticiones	Valoración
1	26 %	3	Aceptable
2	31%	3	Aceptable
3	34%	3	Aceptable
4	23%	3	Aceptable
5	29%	3	Aceptable

Figura 49

Prueba realizada con un intenso lavado de manos.

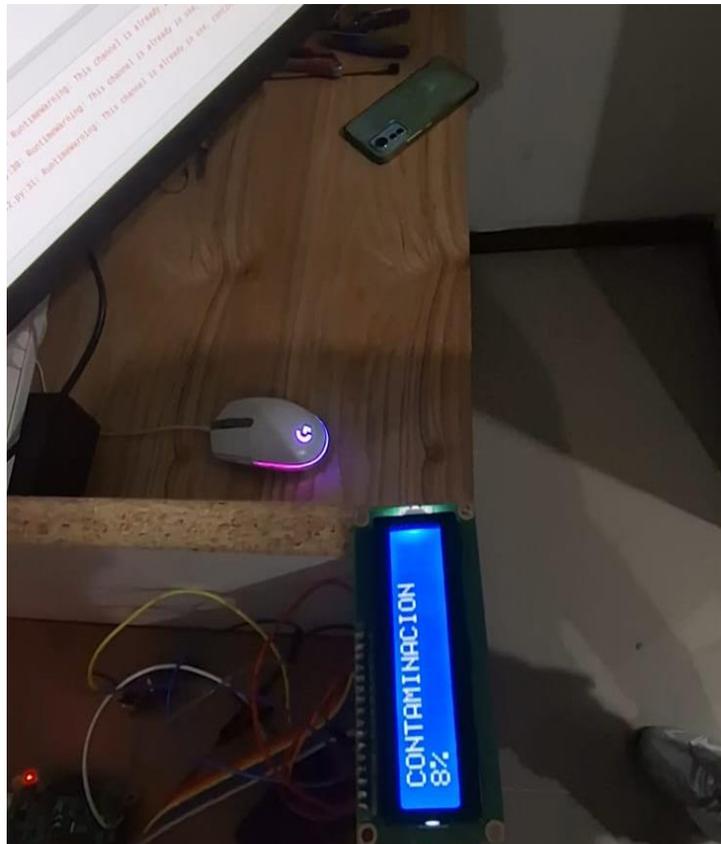


Figura 50

Imagen tomada por la cámara nivel bajo de contaminación.



Por último, se realizó un lavado de manos mucho más profundo y se procedió a su respectiva prueba, dándonos a conocer como resultado un porcentaje mucho más bajo a comparación de los anteriores resultados.

Figura 51

Imagen procesada por el código.

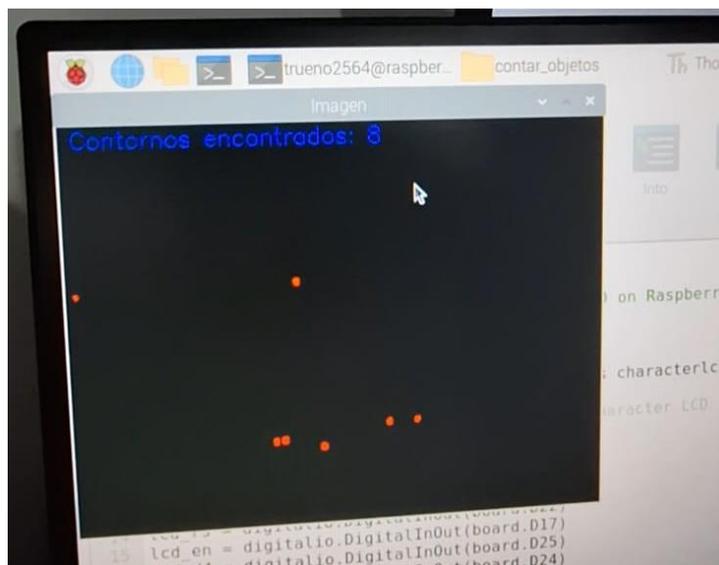


Tabla 5

Resultado de pruebas de procesamiento, con manos limpias.

Nro.	Promedio de Contaminación (%)	Repeticiones	Valoración
1	8 %	3	Aceptable
2	13 %	3	Aceptable
3	6 %	3	Aceptable
4	11 %	3	Aceptable
5	9 %	3	Aceptable

Tabla 3: Niveles de contaminación alto. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de las 15 pruebas realizadas con un nivel de contaminación alto en las manos. Cada fila corresponde a una prueba individual y las columnas contienen la información relevante, como las mediciones de contaminación realizadas por el prototipo y los resultados esperados.

Los datos recopilados en estas pruebas indican que el prototipo pudo detectar de manera efectiva la presencia de altos niveles de contaminantes en todas las pruebas realizadas. La consistencia entre los resultados medidos por el prototipo y los niveles reales de contaminación esperados demuestra su capacidad para identificar y cuantificar la contaminación en situaciones de alta exposición.

Tabla 4: Niveles de contaminación medio. En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de las 15 pruebas realizadas con un nivel de contaminación medio en las manos. Cada fila de la tabla representa una prueba individual y las columnas muestran los datos relevantes para cada prueba.

En las pruebas con niveles de contaminación medio, el prototipo demostró su capacidad para medir de manera precisa la presencia de contaminantes en las manos. Los resultados obtenidos en

esta serie de pruebas indican que el prototipo es capaz de distinguir entre diferentes niveles de contaminación y proporcionar mediciones consistentes y fiables.

Tabla 5: Niveles de contaminación bajo. En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de las 15 pruebas realizadas con un nivel de contaminación bajo en las manos. Cada fila de la tabla corresponde a una prueba individual, y las columnas contienen la información relevante para cada prueba realizada con niveles bajos de contaminación.

Los resultados de las pruebas con niveles de contaminación bajo confirman la eficacia del prototipo para detectar incluso pequeñas cantidades de contaminantes en las manos. La capacidad del prototipo para distinguir entre niveles altos, medios y bajos de contaminación resalta su versatilidad y precisión en la medición de la contaminación en diferentes condiciones.

2.1.3 Análisis del tercer objetivo

Para llevar a cabo esta práctica de laboratorio, se tomaron dos tablas de muestras, una completamente contaminada y la otra con algunos puntos contaminados. Cada tabla contenía un total de 90 puntos.

El objetivo de esta práctica fue comparar la eficacia de la herramienta utilizada en el laboratorio de microbiología con el prototipo desarrollado para la detección de contaminantes. Para ello, se expusieron ambas tablas a las dos opciones y se compararon los resultados obtenidos.

Tras realizar las pruebas, se encontró que tanto la herramienta utilizada en el laboratorio de microbiología como el prototipo desarrollado dieron resultados similares utilizando con ambas tablas de muestras. Esto sugiere que el prototipo tiene un rendimiento similar al equipo de laboratorio tradicional en la detección de contaminantes, lo cual es un resultado prometedor para su uso en futuras investigaciones y aplicaciones.

En resumen, la práctica de laboratorio demostró que el prototipo desarrollado tiene un desempeño equivalente al equipo de laboratorio de microbiología en la detección de contaminantes, lo que respalda su validez y eficacia como herramienta para este fin.

Figura 52

Tablas de muestreo (Anexo 4).



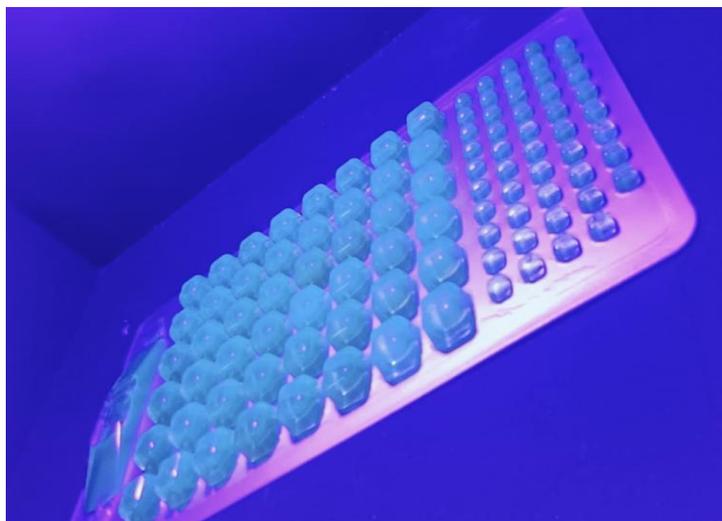
Figura 53

Prueba con tabla totalmente contaminada con el equipo de laboratorio.



Figura 54

Prueba con tabla totalmente contaminada con el prototipo.



Como se puede observar en las figuras 53 y 54, se expuso a los dos dispositivos la tabla de muestreo totalmente contaminada y se obtuvo un resultado de similitud del 100%.

Figura 55

Prueba con tabla parcialmente contaminada con el equipo de laboratorio.

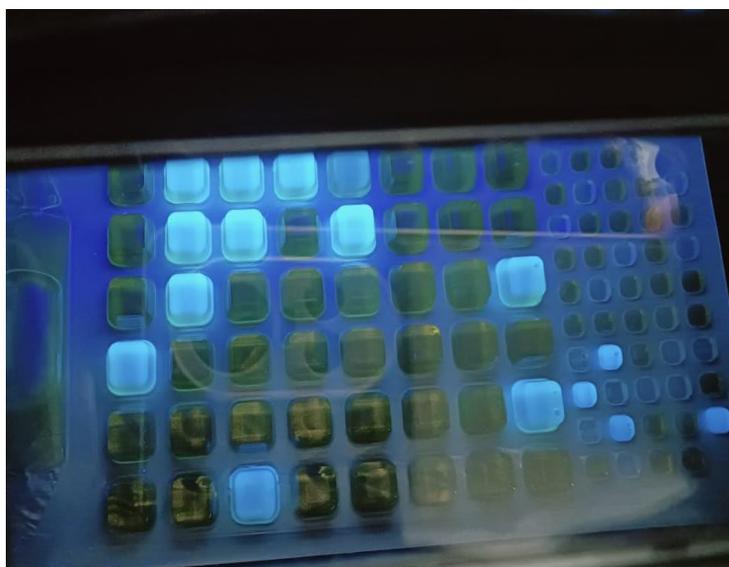
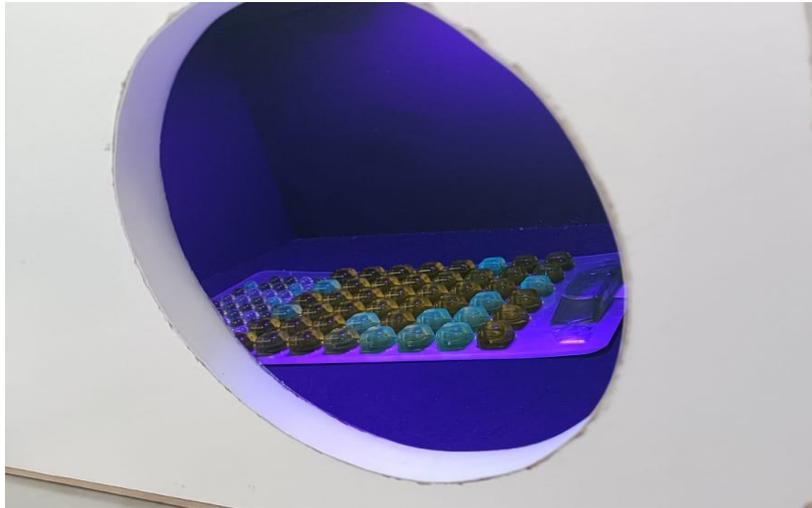


Figura 56

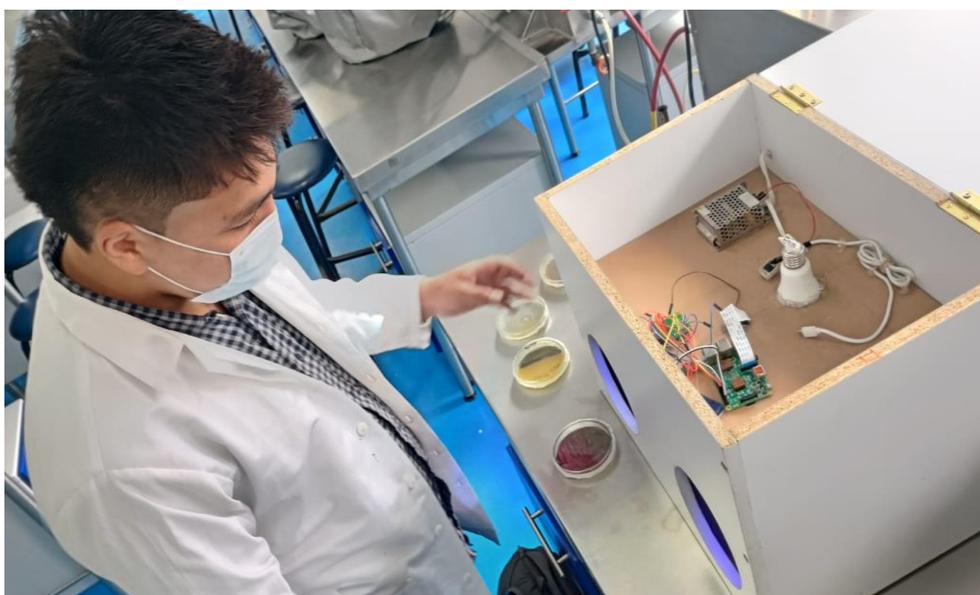
Prueba con tabla parcialmente contaminada con el prototipo.



Para esta segunda prueba, se utilizó la tabla de muestreo que tiene una contaminación parcial como se puede ver en las figuras 55 y 56, al igual que en la anterior prueba se obtuvieron resultados 100% similares, resaltando exactamente los mismos puntos contaminados.

Figura 57

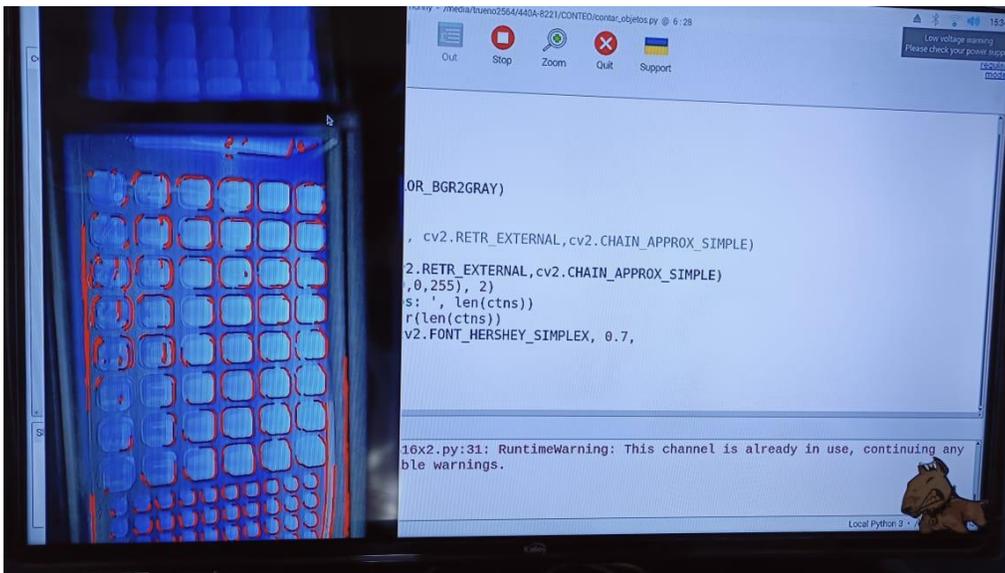
Prueba de funcionamiento del prototipo.



Una vez expuestas las tablas de prueba en el prototipo se procede con el análisis de la foto tomada por el prototipo, la cual es procesada por el código, que su principal función es agrupar todos los puntos de contaminación detectados para posteriormente hacer un conteo y determinar la cantidad de contaminación presente ya sea en la tabla de muestro como en las manos o cualquier otra superficie que se desee analizar.

Figura 58

Análisis de la tabla hecho por el prototipo.



2.1.3.1 Pruebas con diferentes tipos de agua para la desinfección. Para determinar la mejor opción para el lavado de manos entre el agua del servicio convencional y el mineral, se realizó una práctica donde compararon ambos tipos de agua. Para dicha práctica se realizaron 12 pruebas diferentes, variando en 4 aspectos clave:

- Promedio de contaminación (%): Este porcentaje indica el nivel de contaminación promedio encontrado en cada muestra de agua.
- Tipo de Agua: Se probaron dos tipos de agua, convencional y mineral. Esto permite comparar el desempeño de ambos tipos.

- Tipo de Lavado: Se aplicaron tres niveles distintos de lavado: leve, medio e intenso. Esto ayuda a evaluar cómo afecta la intensidad del lavado a los resultados.
- Resultado: Valoración que se obtuvo al terminar cada prueba.

Tabla 6

Pruebas con distintos tipos de agua.

Numero	Promedio de contaminación (%)	Repeticiones	Tipo de Agua	Tipo de lavado	Resultado
1	75-79	5	Convencional	Leve	Aceptable
2	74-80	5	Convencional	Leve	Aceptable
3	45-51	5	Convencional	Medio	Aceptable
4	43-48	5	Convencional	Medio	Aceptable
5	12-15	5	Convencional	Intenso	Aceptable
6	8-14	5	Convencional	Intenso	Aceptable
7	74-78	5	Mineral	Leve	Aceptable
8	78-82	5	Mineral	Leve	Aceptable
9	42-44	5	Mineral	Medio	Aceptable
10	40-45	5	Mineral	Medio	Aceptable
11	8-11	5	Mineral	Intenso	Aceptable
12	10-13	5	Mineral	Intenso	Aceptable

Al analizar los datos, se destaca que no se encontraron diferencias significativas en los resultados finales entre el uso de agua convencional y agua mineral. Sin embargo, se considera que la accesibilidad y disponibilidad del agua convencional fueron factores determinantes para recomendar su uso para el lavado de manos.

3. Conclusiones.

El desarrollo de un prototipo mecatrónico para la detección y desinfección previa de bacterias en las manos, a través de la aspersión de reactivos y el reconocimiento de patrones por visión artificial, representa un avance tecnológico significativo en el ámbito de la salud pública. Este sistema permite una identificación rápida y efectiva de posibles agentes patógenos presentes en la piel, contribuyendo así a la prevención de enfermedades infecciosas. La combinación de tecnologías como la mecatrónica, la aspersión de reactivos y el reconocimiento de patrones por visión artificial ofrece una solución innovadora y eficiente para mejorar los procesos de desinfección de manos en entornos clínicos, hospitales, laboratorios y otros espacios que requieren una higiene rigurosa. Esta herramienta permite una detección y desinfección precisa, reduciendo la propagación de bacterias y contribuyendo al bienestar de la población.

Tras realizar las respectivas pruebas con diferentes niveles de contaminación (alto, medio y bajo), se puede concluir que el prototipo diseñado para medir la contaminación en las manos ha demostrado de manera consistente su efectividad en diversos escenarios. La comparación de los resultados obtenidos en las tablas muestra que el prototipo es capaz de proporcionar mediciones precisas y confiables, independientemente del nivel de contaminación presente. La validación del prototipo a través de estas numerosas pruebas respalda su capacidad para detectar y medir la contaminación en las manos de manera precisa y consistente. La efectividad demostrada en situaciones de alto, medio y bajo nivel de contaminación subraya la utilidad y fiabilidad del prototipo en entornos donde la higiene y la prevención de la contaminación son primordiales.

Tras realizar pruebas con diferentes niveles de contaminación (alto, medio y bajo), se puede concluir que el prototipo diseñado para medir la contaminación en las manos ha demostrado de manera consistente su efectividad en estos diversos escenarios. La comparación de los resultados obtenidos muestra que el prototipo es capaz de proporcionar mediciones precisas y confiables, independientemente del nivel de contaminación presente. La exhaustiva validación del prototipo a través de estas numerosas pruebas respalda su capacidad para detectar y medir la contaminación en las manos de manera precisa y consistente, subrayando la utilidad y fiabilidad del prototipo en entornos donde la higiene y la prevención de la contaminación son primordiales.

4. Recomendaciones

Es importante seguir cuidadosamente los siguientes parámetros al introducir las manos en la caja de detección de contaminación:

En primer lugar, asegúrese de introducir las manos solo hasta la muñeca, y no más allá. Esto es fundamental para obtener resultados precisos, ya que la detección se centra específicamente en las zonas de las manos que entran en contacto con superficies y objetos en el día a día. Al limitar la introducción a la región de la mano y la muñeca, evitará contaminar accidentalmente otras áreas que no son el foco de interés.

Además, es crucial no poner las manos muy cerca de la superficie de la caja. Deje un espacio de al menos 2-3 centímetros entre la piel de las manos y la superficie interna de la caja. Esto permitirá que el reactivo químico y la luz UV puedan interactuar adecuadamente con la piel y revelar la presencia de microorganismos sin interferencias.

Por otro lado, se recomienda introducir las manos en la caja en forma de "V", con los dedos separados y en ángulo. Esta posición ayudará a exponer una mayor superficie de la piel a los agentes de detección, lo que aumentará la sensibilidad y precisión de los resultados.

Siga estos parámetros de manera consistente cada vez que realice las pruebas de detección. Esto le permitirá obtener datos comparables y confiables que le ayudarán a identificar patrones y tendencias en los niveles de contaminación en las manos de los participantes

Referencias bibliográficas

A. Anaya, (2016). *La higiene de las manos en la manipulación de alimentos*.

Alonso-Sierra, J. D., & Castaño-Saavedra, D. L. (2019). *Sistema de reconocimiento facial para control de acceso a viviendas*. (Tesis de pregrado, Universidad Católica). Repository Ucatolica. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/c627cd7f-698d-4dc8-b552-736c318cae4c/content>

Arducan wiki, (2023). IMX708 Camera and peripherals. <https://docs.arducam.com/Raspberry-Pi-Camera/Native-camera/12MP-IMX708/>

Artículo, Sanidad, (2018). *¿Cómo debe ser el lavado de manos quirúrgico?* <https://papelmatic.com/como-debe-ser-el-lavado-de-manos-quirurgico/#:~:text=El%20lavado%20de%20manos%20quir%C3%BArgico%20se%20define%20como%20un%20frote,las%20bacterias%20de%20las%20manos.>

Asanza, W. R., & Olivo, B. M. (2018). Redes neuronales artificiales aplicadas al reconocimiento de patrones. *Editorial UTMACH*, 1(4), 5. https://www.researchgate.net/profile/Bertha-Mazon-Olivo/publication/327703478_Capitulo_1_Generalidades_de_las_redes_neuronales_artificiales/links/5b9fe3c0299bf13e6038a1d8/Capitulo-1-Generalidades-de-las-redes-neuronales-artificiales.pdf

ASIS municipal Pasto. (2018). *Formato de certificación de aval de AISIS municipales 2018*.

Belhumeur, P. N., Hespanha, J. P., & Kriegman, D. J. (1997). Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 19(7), 711-720. <http://ftp.idiap.ch/pub/courses/EE-700/material/17-10-2012/fisherface-pami97.pdf>

Cabello Pardos, E. (2004). *Técnicas de reconocimiento facial mediante redes neuronales* (Doctoral dissertation, Informática, Departamento de Tecnología Fotónica). Fundación Dialnet. <https://oa.upm.es/215/1/10200404.pdf>

Carrillo, H. (2020). *Cabina de desinfección para mitigar el COVID 19*.

Chavarrías, M. (2015). *Manos y seguridad alimentaria, cuándo y cómo lavarlas*.

Cruz-Beltrán, L., & Acevedo-Mosqueda, M. (2008). Reconocimiento de voz usando redes neuronales artificiales backpropagation y coeficientes lpc. In *6to Congreso Internacional de Cómputo en Optimización y Software*. CiCos (pp. 89-99). https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Acevedo-4/publication/266468585_Reconocimiento_de_Voz_usando_Red_Neuronales_Artificiales_Backpropagation_y_Coeficientes_LPC/links/5941d6c00f7e9b1d452df036/Reconocimiento-de-Voz-usando-Redes-Neuronales-Artificiales-Backpropagation-y-Coeficientes-LPC.pdf

De La Cruz, A., & Murcia, D. (2019). ELIMINACION DE E. coli y Pseudomona aeruginosa DE AGUA POTABLE USANDO SISTEMA DE DESINFECCION CON LUZ UTRAVIOLETA Y OXIDO DE TITANIO. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 8(1), 87–100. <https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/482>

Díaz, J., Hernández, P., Burga, A., Salazar, M., & Moya, V. (2012). *Guía: Lavado de manos clínico y quirúrgico*. Instituto Regional Enfermedades Neoplásicas del Norte. <http://www.irennorte.gob.pe/pdf/epidemiologia/GUIA-LAVADO-MANO-CLINICO-Y-QUIRURGICO-FINAL-ABV.pdf>

Dirección regional de salud del cusco, dirección de epidemiología (2006). *Guía para lavado de manos*. <https://files.sld.cu/anestesiologia/files/2011/11/guia-de-lavado-de-manos.pdf>

Distritec SA, (2020). *¿Qué es una electroválvula y para qué sirve*. <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que->

López, R. F., & Fernández, J. M. F. (2008). *Las redes neuronales artificiales. Netbiblo: Fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas.* [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X0uLwi1Ap4QC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Flores+L%C3%B3pez,+R.,+%26+Fern%C3%A1ndez+Fern%C3%A1ndez,+J.+\(2008\).+Las+Redes+Neuronales+Artificiales:+Fundamentos+te%C3%B3ricos+y+aplicaciones+pr%C3%A1cticas.+\(L.+Bellos,+Ed.\)+Espana:+Netbiblo.+Recuperado+el+15+de+agosto+de+2016&ots=gPIDgms0_h&sig=8ve4oMh5409fA1rXS6mDVgNIL80#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X0uLwi1Ap4QC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Flores+L%C3%B3pez,+R.,+%26+Fern%C3%A1ndez+Fern%C3%A1ndez,+J.+(2008).+Las+Redes+Neuronales+Artificiales:+Fundamentos+te%C3%B3ricos+y+aplicaciones+pr%C3%A1cticas.+(L.+Bellos,+Ed.)+Espana:+Netbiblo.+Recuperado+el+15+de+agosto+de+2016&ots=gPIDgms0_h&sig=8ve4oMh5409fA1rXS6mDVgNIL80#v=onepage&q&f=false)

Martínez, A., & Gudiño, F. (2018). Diseño e implementación de reconocimiento facial en un sistema domótico utilizando Arduino y Visual Studio. *Res. Comput. Sci.*, 147(7), 335-346. https://rcs.cic.ipn.mx/2018_147_7/Diseno%20e%20implementacion%20de%20reconocimiento%20facial%20en%20un%20sistema%20domotico%20utilizando%20Arduino.pdf

OPS, s.f. *La higiene de manos, clave para una atención segura y para prevenir la resistencia a los antibióticos.* https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13231:la-higiene-de-manos-clave-para-una-atencion-segura-y-para-prevenir-la-resistencia-a-los-antibioticos&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0

Osakidetza Comisión Inoz, (2009). *Guía de Higiene de Manos para Profesionales Sanitarios.* <https://osieec.osakidetza.eus/hospitalcruces/documentos/campanas/GUIA%20HIGIENE%20OSAKIDETZA.pdf>

Pérez-Tavera, I. H. (2023). Arduino IDE. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria* No. 4, 11(21), 30-32. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/download/10474/10019>

Rodríguez, E. (2018). *De cero a maker: todo lo necesario para empezar con Raspberry Pi. Rehabilitador de Tobillo.*

- Silva, C. (2010). *Técnica de Lavado de Manos*. Revista de Enfermería. <http://www.fundasamin.org.ar/archivos/T%C3%A9cnica%20de%20Lavado%20de%20Manos.pdf>
- Soria, E., & Blanco, A. (2007). *Redes Neuronales Artificiales*. http://www.acta.es/medios/articulos/informatica_y_computacion/019023.pdf
- Sung, K. K., & Poggio, T. (1998). Example-based learning for view-based human face detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 20(1), 39-51. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/7193/AIM-1521.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Tarcetti, L. (2023). *La inteligencia artificial mejora el reconocimiento de colores en imágenes. Inteligencia artificial mejora el reconocimiento de colores*.
- Toni, (2016). *Todas las bacterias que tenemos en las manos*.
- Turk, M. (1991). Pentland. Eigenfaces for recognition. *K. Cogn. Neurosci*, 4, 72-86.
- Tutorial Sensor de Distancia Sharp, (sf). *Tutorial Sensor de Distancia SHARP*.
- Viola, P., & Jones, M. J. (2004). Robust real-time face detection. *International journal of computer vision*, 57, 137-154. <http://vision.rwth-aachen.de/media/course/WS/2014/computer-vision/viola-facedetection-ijcv04.pdf>
- Wiskott, L., Fellous, J. M., Krüger, N., & Von Der Malsburg, C. (2002). Face recognition by elastic bunch graph matching. *In Intelligent biometric techniques in fingerprint and face recognition* (pp. 355-396). <http://amygdala.psychdept.arizona.edu/pubs/ieee-1997.pdf>
- Yuille, A. L., Hallinan, P. W., & Cohen, D. S. (1992). Feature extraction from faces using deformable templates. *International journal of computer vision*, 8, 99-111..

Zhao, W., Chellappa, R., Phillips, P. J., & Rosenfeld, A. (2003). Face recognition: A literature survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, 35(4), 399-458.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c04d9b645ff7258dd7dd72972b2956679868eab8>

Zou, J., Ji, Q., & Nagy, G. (2007). A comparative study of local matching approach for face recognition. *IEEE Transactions on image processing*, 16(10), 2617-2628.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5f449aa6049d6970d2d7c1bab8d4f82b7209fe77>

Anexos

Anexo A. Raspberry Pi 3 Datasheet

Overview



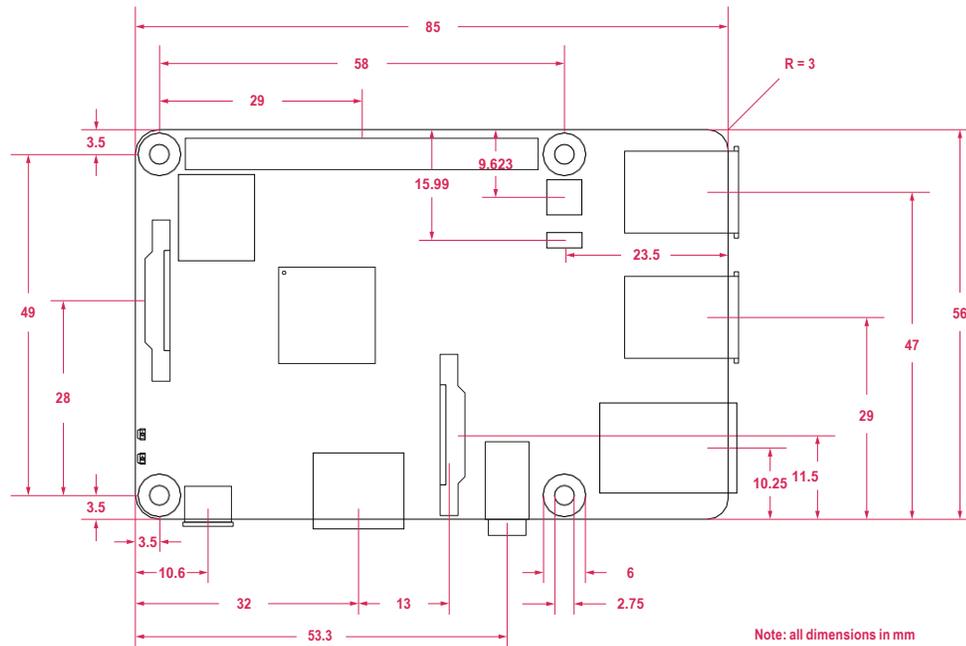
Raspberry Pi 3 Model B+ has a 64-bit quad-core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, Gigabit Ethernet over USB 2.0, and PoE capability via a separate PoE HAT. The dual-band wireless LAN comes with modular compliance certification.

Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both Raspberry Pi 2 Model B and Raspberry Pi 3 Model B.

Specification

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Memory:	1GB
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none">• 2.4 GHz and 5 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE• Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)• 4 x USB 2.0 interface
Video and sound:	<ul style="list-style-type: none">• 1 x full size HDMI• MIPI DSI display port• MIPI CSI camera port• 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input Power:	<ul style="list-style-type: none">• 5V/2.5A DC via micro USB connector• 5V DC via GPIO header• Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Operating temperature:	0-50°C
Production lifetime:	Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2028
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit pip.raspberrypi.com

Physical specification



WARNINGS

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5 A DC. Any external power supply used with Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment, and if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface, and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

SAFETY INSTRUCTIONS

To avoid malfunction or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source; Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Do not expose the printed circuit board to high-intensity light sources (e.g. xenon flash or laser) whilst in operation.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.

Anexo B. Arducam para Raspberry Pi Cámara Módulo 3, 12MP IMX708 75.

Overview



Arducam High-Resolutions Autofocus camera is an exclusive cameraboard that takes what Raspberry Pi V1, V2 and HQ have to offer, and excels in every single aspect.

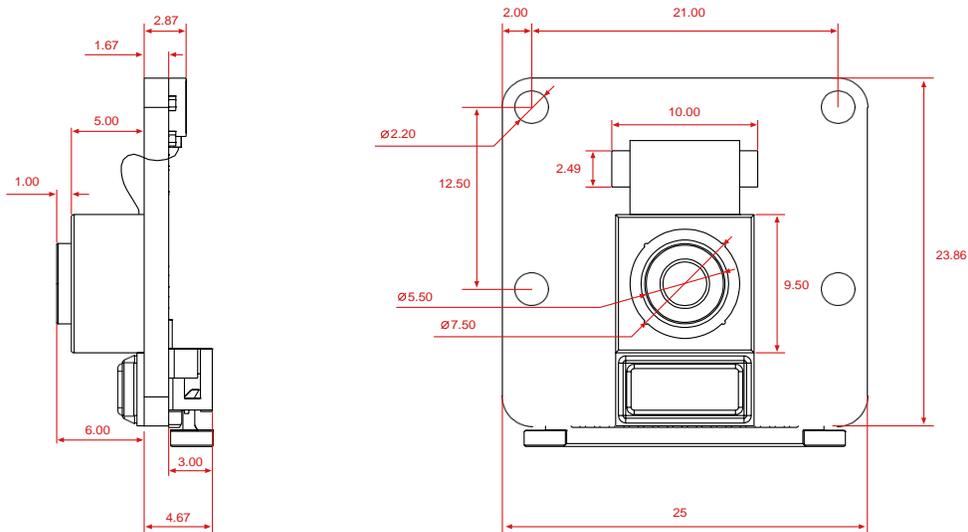
It takes zero compromise in specs. With a resolution at 16 megapixels (compared to 8MP and 12MP), an autofocus lens, a V2-like form factor and boatloads of improvements, the camera provides a better choice for a whole world of industrial/consumer/etc. applications, it's compatible with any existing Pi models, works with the latest software from the foundation, and leverages the same tuning algorithms used in the official camera modules.

The package contains a camera board with a Sony IMX519 sensor and an autofocus lens, an FPC cable, a camera enclosure which also works with the V1 and V2 board, and just like the HQ module, it has an integrated tripod mount too.

Specification & Comparison Chart

Sensor:	Sony IMX519 stacked, back-illuminated sensor 16 megapixels 1.22 μm \times 1.22 μm pixel size 7.103 mm diagonal (Type 1/2.534) RAW10/8, COMP8
Output:	
Lens:	Autofocus, f/1.75 EFL: 4.28 FoV: 80° Focus Range: 10 cm ~ infinite
IRcutfilter:	Integrated

Physical specifications

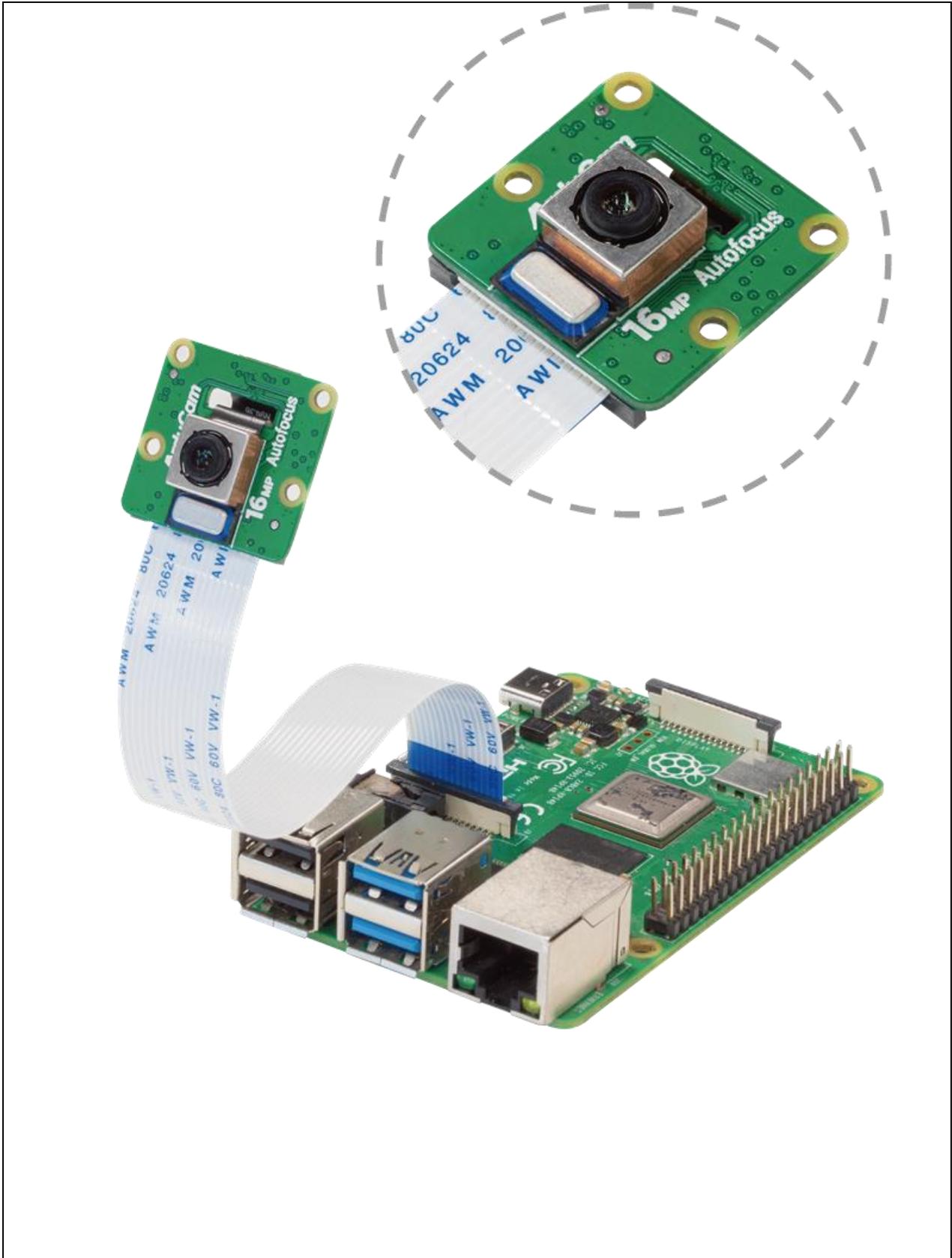


Note: all dimensions in mm

Safety instructions

First-time using a Raspberry Pi camera? Please note:

- Before connecting, you should always power the Raspberry Pi off and remove the power supply first.
- Make sure the cable on the camera board is locked in place.
- Make sure the cable is correctly inserted in the Raspberry Pi board's MIPI CSI-2 connector.
- Avoid high temperatures.
- Avoid water, moisture, or conductive surfaces while in operation.
- Avoid folding, or straining the flex cable.
- Avoid cross-threading with tripods.
- Gently push/pull the connector to avoid damaging the printed circuit board.
- Avoid moving or handling the printed circuit board excessively while it's in operation.
- Handle by the edges to avoid damages from electrostatic discharge.
- Where the camera board is stored should be cool and as dry as possible.
- Sudden temperature/humidity changes can cause dampness in the lens and affect the image/video quality.



Anexo C. Acero Inoxidable.



Acero Inoxidable 304

304			
C max	0.08%	Si max	1.00%
Mn max	2.00%	Cr	18.00 / 20.00%
P max	0.04%	Ni	8.00 / 10.50%
S max	0.03%		
304 L			
C max	0.03%	Si	1.00%

Acero Inoxidable 304 y 304L

Acero Inoxidable 304 y 304L austeníticos que combinan una buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades mecánicas. El tipo 304L es una modificación de bajo carbón del tipo 304. La ventaja en el tipo 304L es que se minimiza el problema de la precipitación de carburos durante el proceso de soldadura.

Aplicaciones:
Ampliamente usado en la Industria Química, lechera, de bebidas y otros productos alimenticios.

Resistencia a la Corrosión: En su condición de recocido, estos aceros son altamente resistentes a la corrosión atmosférica, a ácidos como el acético, nítrico, cítrico, etc. A muchos compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, al petróleo curado o refinado. Puede ocurrir corrosión intergranular si es calentado o enfriado lentamente dentro del rango de temperatura de 425° – 900°C.

Temperatura Máxima de Servicio: 880° si es en servicio continuo y 840°C en servicio intermitente.

Maquinabilidad: Tiene una maquinabilidad media debido a su baja dureza.

Soldabilidad: Estos aceros pueden ser soldados satisfactoriamente por cualquier método y sólo la soldadura con oxiacetileno no se recomienda. Para el tipo 304 se recomienda las soldaduras AWS E/E308 o la AWS E/ER312. Para el tipo 304L se debe usar la soldadura AWS E/ER308L o AWS E/ER347.

Formado en Frío: Estos aceros pueden ser fácilmente estirados, doblados o estampados.

Forjado en Caliente: Forjar entre 1150° – 1250°C. No forjar abajo de 930°C. Las forjas deben ser recocidas para recuperar toda su resistencia a la corrosión.

Tratamientos Térmicos:

Recocido: Calentar entre 1010° – 1120°C y enfriar en agua. Se obtiene aproximadamente una dureza 150 Brinell.

Templado: No se puede ser endurecido por tratamiento térmico, sólo por deformación en frío.



www.iirsacero.com.mx

		<h2 style="color: #00AEEF;">Propiedades Mecánicas</h2>				
		Resistencia a la tensión (Kg/cm ²)	Punto de cedencia (Kg/cm ²)	% Elongación en 50.8 m.m.	% Reducción de área	Dureza Brinell
304 Recocido (1070°C)	1"Ø	6025	2530	70	80	163
Estirado en frío	1"Ø	7240	5200	50 <small>iirsacero.com.mx</small>	75	210
304L Recocido (1070°C)	1"Ø	5275	2000	60	70	150

Anexo D. IDEXX Quanti-Tray*/2000 Tabla, número más probable.

# Pocios Grandes Positivos	IDEXX Quanti-Tray*/2000 Tabla, número más probable																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	<1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2	22.2	23.3	24.3
1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4	22.4	23.5	24.5	
2	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.3	16.4	17.4	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.8	24.8		
3	3.1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7	20.8	21.8	22.9	23.9	25.0	26.1	27.1	
4	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.5	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	27.4	28.5	
5	5.2	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	27.7	28.8	29.9	
6	6.3	7.4	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	
7	7.5	8.5	9.6	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.3	29.4	30.5	31.6	32.8	
8	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3	27.4	28.6	29.7	30.8	32.0	33.1	34.3	
9	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7	28.9	30.0	31.2	32.3	33.5	34.6	35.8	
10	11.0	12.1	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.5	32.7	33.8	35.0	36.2	37.4	
11	12.2	13.4	14.5	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7	31.9	33.0	34.2	35.4	36.6	37.8	39.0	
12	13.5	14.6	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2	33.4	34.6	35.8	37.0	38.2	39.5	40.7	
13	14.8	16.0	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.2	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	
14	16.1	17.3	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4	36.7	37.9	39.1	40.4	41.6	42.9	44.2	
15	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1	38.4	39.6	40.9	42.2	43.4	44.7	46.0	
16	18.9	20.1	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8	40.1	41.4	42.7	44.0	45.3	46.6	47.9	
17	20.3	21.6	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.2	48.5	49.8	
18	21.8	23.1	24.3	25.6	26.9	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4	43.8	45.1	46.5	47.8	49.2	50.5	51.9	
19	23.3	24.6	25.9	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3	45.7	47.1	48.4	49.8	51.2	52.6	54.0	
20	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.5	32.8	34.1	35.4	36.8	38.1	39.5	40.8	42.2	43.6	44.9	46.3	47.7	49.1	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	
21	26.5	27.9	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.4	42.8	44.1	45.5	46.9	48.4	49.8	51.2	52.6	54.1	55.5	56.9	58.4	
22	28.2	29.5	30.9	32.3	33.6	35.0	36.4	37.7	39.1	40.5	41.9	43.3	44.8	46.2	47.6	49.0	50.5	51.9	53.4	54.8	56.3	57.8	59.3	60.8	
23	29.9	31.3	32.7	34.1	35.5	36.8	38.3	39.7	41.1	42.5	43.9	45.4	46.8	48.3	49.7	51.2	52.7	54.2	55.6	57.1	58.6	60.2	61.7	63.2	
24	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.8	40.2	41.7	43.1	44.6	46.0	47.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.0	56.5	58.0	59.5	61.1	62.6	64.2	65.8	
25	33.6	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.2	43.7	45.2	46.7	48.2	49.7	51.2	52.7	54.3	55.8	57.3	58.9	60.5	62.0	63.6	65.2	66.8	68.4	
26	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	42.8	44.3	45.9	47.4	48.9	50.4	52.0	53.5	55.1	56.7	58.2	59.8	61.4	63.0	64.7	66.3	67.9	69.6	71.2	
27	37.4	38.9	40.4	42.0	43.5	45.0	46.5	48.1	49.6	51.2	52.8	54.4	56.0	57.6	59.2	60.8	62.4	64.1	65.7	67.4	69.1	70.8	72.5	74.2	
28	39.5	41.0	42.6	44.1	45.7	47.3	48.8	50.4	52.0	53.6	55.2	56.9	58.5	60.2	61.8	63.5	65.2	66.9	68.6	70.3	72.0	73.7	75.5	77.3	
29	41.7	43.2	44.8	46.4	48.0	49.6	51.2	52.8	54.5	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0	69.8	71.5	73.3	75.1	76.9	78.7	80.5	
30	43.9	45.5	47.1	48.7	50.4	52.0	53.7	55.4	57.1	58.8	60.5	62.2	64.0	65.7	67.5	69.3	71.0	72.9	74.7	76.5	78.3	80.2	82.1	84.0	
31	46.2	47.9	49.5	51.2	52.9	54.6	56.3	58.1	59.8	61.6	63.3	65.1	66.9	68.7	70.5	72.4	74.2	76.1	78.0	79.9	81.8	83.7	85.7	87.6	
32	48.7	50.4	52.1	53.8	55.6	57.3	59.1	60.9	62.7	64.5	66.3	68.2	70.0	71.9	73.8	75.7	77.6	79.5	81.5	83.5	85.4	87.5	89.5	91.5	
33	51.2	53.0	54.8	56.5	58.3	60.2	62.0	63.8	65.7	67.6	69.5	71.4	73.3	75.2	77.2	79.2	81.2	83.2	85.2	87.3	89.3	91.4	93.6	95.7	
34	53.9	55.7	57.6	59.4	61.3	63.1	65.0	67.0	68.9	70.8	72.8	74.8	76.8	78.8	80.8	82.9	85.0	87.1	89.2	91.4	93.5	95.7	97.9	100.2	
35	56.8	58.6	60.5	62.4	64.3	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.9	89.1	91.3	93.5	95.7	98.0	100.3	102.6	105.0	
36	59.8	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.3	84.5	86.7	88.9	91.2	93.5	95.8	98.1	100.5	102.9	105.3	107.7	110.2	
37	62.9	65.0	67.0	69.1	71.2	73.3	75.4	77.6	79.8	82.0	84.2	86.5	88.8	91.1	93.4	95.8	98.2	100.6	103.1	105.6	108.1	110.7	113.3	115.9	
38	66.3	68.4	70.6	72.7	74.9	77.1	79.4	81.6	83.8	86.2	88.6	91.0	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0	111.8	114.6	117.4	120.2	123.2	
39	70.0	72.2	74.4	76.7	78.9	81.3	83.6	86.0	88.4	90.9	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0	111.8	114.6	117.4	120.2	123.2	126.2	129.2	
40	73.8	76.2	78.5	80.9	83.3	85.7	88.2	90.8	93.3	95.9	98.5	101.2	103.9	106.7	109.5	112.4	115.3	118.2	121.2	124.3	127.4	130.5	133.7	137.0	
41	78.0	80.5	83.0	85.5	88.0	90.6	93.3	95.9	98.7	101.4	104.3	107.1	110.0	113.0	116.0	119.1	122.2	125.4	128.7	132.0	135.4	138.8	142.3	145.9	
42	82.6	85.2	87.8	90.5	93.2	96.0	98.8	101.7	104.6	107.6	110.6	113.7	116.9	120.1	123.4	126.7	130.1	133.6	137.2	140.8	144.5	148.3	152.2	156.1	
43	87.6	90.4	93.2	96.0	99.0	101.9	105.0	108.1	111.2	114.5	117.8	121.1	124.6	128.1	131.7	135.4	139.1	143.0	147.0	151.0	155.2	159.4	163.8	168.2	
44	93.1	96.1	99.1	102.2	105.4	108.6	111.9	115.3	118.7	122.3	125.9	129.6	133.4	137.4	141.4	145.5	149.7	154.1	158.5	163.1	167.9	172.7	177.7	182.9	
45	99.3	102.5	105.8	109.2	112.6	116.2	119.8	123.6	127.4	131.4	135.4	139.6	143.9	148.3	152.9	157.4	162.4	167.4	172.6	178.0	183.5	189.2	195.1	201.2	
46	106.3	109.8	113.4	117.2	121.0	125.0	129.1	133.3	137.6	142.1	146.7	151.5	156.5	161.6	167.0	172.5	178.2	184.2	190.4	196.8	203.5	210.5	217.8	225.4	
47	114.3	118.3	122.4	126.6	130.9	135.4	140.1	145.0	150.0	155.3	160.7	166.4	172.3	178.5	185.0	191.8	198.9	206.4	214.2	222.4	230.0	238.1	246.7	255.8	
48	123.9	128.4	133.1	137.9	143.0	148.3	153.9	159.7	165.8	172.2	178.9	186.0	193.5	201.4	209.8	218.7	228.2	238.2	248.9	260.3	272.3	285.1	298.7	313.0	
49	135.5	140.8	146.4	152.3	158.5	165.0	172.0	179.3	187.2	195.6	204.6	214.3	224.7	235.9	248.1	261.3	275.5	290.9	307.6	325.5	344.8	365.4	387.3	410.6	

Anexo E. Planos de fabricación.

