



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

MAESTRIA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA:

**DESARROLLO DE UN PURIFICADOR DE AIRE MEDIANTE CARBÓN
ACTIVADO CON SISTEMA DE MEDICION IoT PARA AMBIENTES
LABORALES CERRADOS**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Seguridad,
Salud e higiene industrial.

Autor

Ing. Lara Calle Andrés Rogelio, Mg

Tutor

PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

AMBATO– ECUADOR
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Andrés Rogelio Lara Calle, declaro ser autor del Trabajo Titulación con el nombre “DESARROLLO DE UN PURIFICADOR DE AIRE MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO CON SISTEMA DE MEDICIÓN IOT PARA AMBIENTES LABORALES CERRADOS”, como requisito para optar al grado de Magister en Seguridad, Salud e higiene industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 22 días del mes de mayo de 2024, firmo conforme:

Autor: Lara Calle Andrés Rogelio

Firma:

Número de Cédula: 0603003781

Dirección: Chimborazo, Riobamba, Lizarzaburu, Los Álamos.

Correo Electrónico: andreslara@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0995665120

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “DESARROLLO DE UN PURIFICADOR DE AIRE MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO CON SISTEMA DE MEDICIÓN IoT PARA AMBIENTES LABORALES CERRADOS” presentado por Lara Calle Andrés Rogelio, para optar por el Título de Magister en Seguridad, Salud e higiene industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinador que se designe.

Ambato, 16 de mayo de 2024



.....
PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e higiene industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 22 de mayo 2024

.....
Ing. Lara Calle Andrés Rogelio
0603003781

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “Desarrollo de un Purificador de Aire mediante Carbón Activado con sistema de medición IoT para ambientes laborales cerrados” previo a la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e higiene industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo Titulación.

Ambato, 16 de mayo de 2024

PhD, José Luis Varela Aldás
REVISOR.

Mg. Jorge Luis Buele León
REVISOR.

DEDICATORIA

El trabajo de titulación de grado de magister lo dedico a mis Padres, esposa e hijos quienes todos los días me llenan de energía para avanzar en el camino de la vida, con sus bendiciones, amor y cariño; comprenden la ausencia en el hogar por la búsqueda del aprendizaje y superación.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a mi familia por el apoyo brindado para culminar una meta más en mi vida. De manera especial a mi esposa e hijos quienes han soportado la ausencia en el hogar por los estudios realizados. A Dios padre todo poderoso por cuidar de mis pasos con cada amanecer.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica y sus regentes quienes han permitido mi desarrollo académico en tan maravillosa institución.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción.....	1
Problematización.....	5
Antecedentes:.....	6
Justificación.....	9
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos específicos.....	11

CAPITULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la contaminación del aire en empresas de la provincia de Tungurahua.....	12
Resultados del diagnóstico.....	13
Área de estudio.....	15
Modelo operativo.....	16
Desarrollo del modelo operativo.....	16

CAPITULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta	50
Especificaciones técnicas.....	54
Funcionamiento del dispositivo	56
Valores permisibles de exposición de contaminantes.	57
Resultados esperados.	60
Planificación.	61
Costos de la Propuesta Metodológica.	62

CAPITULO IV

EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso de ejecución	63
Resultados obtenidos.....	65
Resultados obtenidos para validación del prototipo de purificación de aire.....	67
Evaluación de la ejecución	69
Evaluación del purificador de aire.....	71

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	76
Recomendaciones	78
Referencias	79
Anexos.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de factores de riesgo en empresas de la provincia de Tungurahua.	14
Tabla 2. Resultados de evaluación cualitativa de riesgos relacionados al ambiente.	15
Tabla 3. Área de estudio.	15
Tabla 4. Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos.....	17
Tabla 5. Resultados de medición de la calidad del aire en “INNOVA”.....	26
Tabla 6. Resultados de medición de la calidad del aire en “JCAR JR”.....	27
Tabla 7. Resultados de medición de la calidad del aire en “LAVATEX”.....	29
Tabla 8. Resultados de medición de la calidad del aire en “M. MAYORGA”	31
Tabla 9. Prototipos desarrollados para purificación de aire.	36
Tabla 10. Componentes y dispositivos para el medidor de contaminación.....	44
Tabla 11. Especificaciones técnicas del prototipo de purificación del aire.....	54
Tabla 12. Valores permisibles de exposición a químicos y partículas.	57
Tabla 13. Posibles errores en el prototipo y soluciones.....	59
Tabla 14. Cronograma de desarrollo de propuesta metodológica.	61
Tabla 15. Recursos económicos de la propuesta metodológica.	62
Tabla 16. Resultados obtenidos para validación de prototipo.	67
Tabla 17. Datos obtenidos antes de la aplicación del purificador de aire propuesto.....	67
Tabla 18. Datos obtenidos con la aplicación del purificador de aire de carbón activado.	68
Tabla 19. Metodología de obtención de datos para validación de prototipo de medición.	69
Tabla 20. Estadísticas de muestras emparejadas	72
Tabla 21. Correlaciones de muestras emparejadas	72
Tabla 22. Prueba de muestras emparejadas	72
Tabla 23. Seguimiento a las actividades y el avance económico.	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Material Particulado en INNOVA	26
Gráfico 2. Dióxido de carbono en INNOVA	26
Gráfico 3. Compuesto orgánico volátil y formaldehído en INNOVA	27
Gráfico 4. Material Particulado en JCAR JR	28
Gráfico 5. Dióxido de carbono en JCAR JR	28
Gráfico 6. Compuesto orgánico volátil y formaldehído en JCAR JR	28
Gráfico 7. Material Particulado en LAVATEX	29
Gráfico 8. Dióxido de carbono en LAVATEX	30
Gráfico 9. Compuesto orgánico volátil y formaldehído en LAVATEX	30
Gráfico 10. Material Particulado en M. MAYORGA	31
Gráfico 11. Dióxido de carbono en M. MAYORGA	31
Gráfico 12. Compuesto orgánico volátil y formaldehído en M. MAYORGA	32
Gráfico 13. Validación de prototipo de medición	71

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Modelo Operativo	16
Imagen 2. Portable air quality monitor.	21
Imagen 3. Casa de la calidad para prototipo de purificador de aire.....	35
Imagen 4. Componente 1. Sección de salida de aire purificado.	37
Imagen 5. Componente 2 de prototipo de purificación de aire.	38
Imagen 6. Componente 3 de prototipo de purificación de aire.....	38
Imagen 7. Ensamblado del prototipo de purificación de aire.	39
Imagen 8. Purificador terminado con filtro de carbón activado.	39
Imagen 9. Esquema del diseño del medidor.	40
Imagen 10. Proceso de programación Arduino.....	41
Imagen. 11. Tarjeta Arduino esp32.....	43
Imagen 12. Sensor MQ-7	45
Imagen 13. Sensor MQ-7	45
Imagen 14. Sensor MQ-135	45
Imagen 15. Sensor PMS5003.....	46
Imagen 16. Carbón activado.	48
Imagen 17. Carbón activado en almohadilla.....	48
Imagen 18. Control de sensores de purificador de aire.....	49
Imagen 19. Purificador de aire para interiores con filtro de carbón activado y control IoT.....	50
Imagen 20. Purificador de aire para interiores con control IoT.....	52
Imagen 21. Descripción de componentes del purificador de aire.	55
Imagen 22. Sistema de medición de contaminantes de aire.....	65
Imagen 23. Datos del Sistema de medición de contaminantes de aire.	66
Imagen 24. Pruebas en ambiente controlado.	66
Imagen 25. Banco de pruebas con purificador de aire.....	68

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

MAESTRIA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA: “DESARROLLO DE UN PURIFICADOR DE AIRE MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO CON SISTEMA DE MEDICIÓN IoT PARA AMBIENTES LABORALES CERRADOS.”

AUTOR: Lara Calle Andrés Rogelio

TUTOR: Phd. Escudero Villa Pedro Fernando

RESUMEN EJECUTIVO

En Ecuador, al igual que en varios países, se observa un aumento en la preocupación por la calidad del aire en el interior de las empresas. Aunque puede que no existan datos precisos sobre la situación en Ecuador, la contaminación del aire en espacios interiores es una inquietud a nivel mundial debido a su influencia en la salud y el bienestar de los empleados. La presente propuesta metodológica se centra en tratar la contaminación del aire en empresas de Tungurahua mediante un sistema de purificación de aire con carbón activado y tecnología IoT, con el fin de reducir los riesgos en oficinas cercanas a procesos productivos. La metodología inicia aplicando la matriz cualitativa de identificación de peligros y riesgos IPER, luego una evaluación cuantitativa directa en los ambientes laborales cerrados mediante el dispositivo comercial BR-Smart Monitor de calidad de aire en cuatro empresas, se determinó la existencia de contaminantes de tipo TVOC, CO₂, HCHO y PM (material particulado), en la mayoría de contaminantes no se supera los límites permisibles sin embargo en INNOVA si supera el límite de PM₂ Y PM₁₀ lo que justifica la intervención. Se diseñan y construyen varios prototipos de purificación de aire y mediante la casa de la calidad se seleccionó el purificador de aire más adecuado. El sistema de control con IoT se desarrolló mediante sistema Arduino donde se logró programar una tarjeta esp32 con tres sensores de gases MQ y un sensor de partículas PMS5003. La fase central del proyecto implica el desarrollo y pruebas de un sistema de purificación de aire y del control con IoT, se opta por el uso de carbón activado en almohadilla o filtro para la descontaminación del aire. Los resultados obtenidos de las mediciones con el dispositivo comercial y el prototipo se comparan de forma directa para evaluar la eficacia utilizando alcohol, monóxido de carbono, dióxido de carbono y humo de cigarrillo para partículas PM_{2.5}, como resultado se obtuvo valores similares para el alcohol con 2000 ppm, para el monóxido de 100 ppm, el dióxido 200 ppm y las partículas PM_{2.5} de 2500 ppm, estos resultados validan el sistema de medición. Se valida el purificador mediante el estadístico T student prueba pareada, determinando que existe una diferencia significativa entre los valores tomados antes y después de utilizar el purificador al obtener un p valor menor 0,05 entre los pares. Esta reducción tiene un impacto directo en la mejora de la calidad del aire, lo que a su vez puede prevenir enfermedades respiratorias futuras.

DESCRIPTORES: Aire, ambiente laboral, contaminación, IoT, purificador, riesgos.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

POSGRADOS

Master's Degree in Security, Health and Industrial Hygiene

AUTHOR: LARA CALLE ANDRES ROGELIO

TUTOR: PHD. ESCUDERO VILLA PEDRO

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AN AIR PURIFIER USING ACTIVATED CARBON WITH AN IoT MEASUREMENT SYSTEM FOR ENCLOSED WORK ENVIRONMENTS.

In Ecuador, as in many countries, there is a growing concern about air quality within companies. Although precise data on the situation in Ecuador may not be available, indoor air pollution is a global concern due to its impact on employees' health and well-being. This methodological proposal focuses on addressing air pollution in companies in Tungurahua through an air purification system with activated carbon and IoT technology, in order to reduce risks in offices near production processes. The methodology begins by applying the qualitative hazard and risk identification matrix (IPER), followed by a direct quantitative evaluation in enclosed work environments using the commercial BR-Smart Air Quality Monitor in four companies. The presence of contaminants such as TVOC, CO₂, HCHO, and PM (particulate matter) was determined. While most contaminants did not exceed permissible limits, INNOVA did exceed the limits for PM₂ and PM₁₀, justifying the intervention. Several air purification prototypes were designed and constructed, and the most suitable air purifier was selected, based on quality. The control system with IoT was developed using the Arduino system, where an ESP32 board was programmed with three MQ gas sensors and a PMS5003 particulate sensor. The central phase of the project involves the development and testing of an air purification system and IoT control. Activated carbon in a pad or filter was chosen for air decontamination. The results obtained from the commercial device measurements and the prototype were directly compared to evaluate effectiveness using alcohol, carbon monoxide, carbon dioxide, and cigarette smoke for PM_{2.5} particles. The results showed similar values for alcohol at 2000 ppm, carbon monoxide

KEYWORDS: air, iot, pollution, purifier, risks, workplace environment



at 100 ppm, carbon dioxide at 200 ppm, and PM2.5 particles at 2500 ppm, validating the measurement system. The purifier was validated using the paired T-student statistical test, determining that there is a significant difference between the values taken before and after using the purifier, obtaining a p-value less than 0.05 between the pairs. This reduction has a direct impact on improving air quality, which can prevent future respiratory diseases.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción

La norma UNE 171330-1 define la calidad de aire interior como las condiciones ambientales adecuadas para el usuario y la actividad en espacios interiores, las cuales son determinadas por los niveles de contaminación fisicoquímica y microbiológica del aire. El término "aire interior" se refiere al aire respirado en espacios cerrados no industriales, como edificios de oficinas, establecimientos públicos (como escuelas, hospitales, restaurantes y teatros) y hogares particulares (Bouza et al., 2022).

Gran parte del tiempo de las personas se dedican a respirar el aire en espacios cerrados de forma natural, donde se pueden generar diversos contaminantes a través de diferentes fuentes, lo que puede empeorar la calidad del aire y representar un factor de riesgo significativo para la salud de la población en general (Carazo Fernández et al., 2013).

Asegurar la calidad del aire en entornos laborales es crucial para preservar la salud de los trabajadores, las empresas deben cumplir con los estándares legales, proporcionando un ambiente cómodo. La comunicación científica sobre los riesgos de contaminantes atmosféricos es fundamental para proteger la salud pública. (Pfleger et al., 2023).

Las partículas en el aire pueden causar irritación en los ojos, la nariz y la garganta, lo que puede resultar en molestias cotidianas para los trabajadores. Además, estas partículas pueden causar problemas respiratorios a corto y largo plazo, así como enfermedades más graves como enfermedades cardiovasculares, enfermedades pulmonares y cáncer de pulmón. Por lo tanto, es esencial garantizar que el aire que se respira en el lugar de trabajo sea lo más limpio posible. Se puede evaluar el nivel de

material particulado (PM) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y las partículas más perjudiciales para la salud son aquellas que miden menos de 10 micras, ya que tienen la capacidad de penetrar en los pulmones. Incluso existen partículas más pequeñas, con dimensiones inferiores a 2.5 micras, que debido a su tamaño pueden ingresar en el flujo sanguíneo e incluso alcanzar el cerebro, lo que las hace particularmente preocupantes (Zona Rubio et al., 2022).

Más aún, un ambiente laboral que cuente con un aire limpio y fresco puede tener un impacto positivo en la productividad y el bienestar de los empleados. Los estudios han demostrado que los trabajadores en un entorno con aire fresco y limpio son más productivos, más creativos y tienen menos probabilidades de faltar al trabajo debido a enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire (Rodríguez-Rojas, 2019).

El carbón activado es una de las materias orgánicas que se están utilizando para ayudar a descontaminar, purificar, desinfectar y blanquear, por ejemplo, en un estudio comparativo entre un generador de radicales hidroxilos y un filtro de aire de carbón activado, se demostró que el dispositivo de filtro de aire de carbón activado tiene un rendimiento superior. El dispositivo de filtro de aire probado logró una tasa de suministro de aire limpio que es un orden de magnitud mayor que la obtenida con el generador de radicales hidroxilos. Esto indica que el dispositivo de filtro de aire de carbón activado es más efectivo para eliminar contaminantes del aire y proporcionar un ambiente más saludable. Una posible estrategia para mejorar aún más el rendimiento del dispositivo de filtro de aire podría ser la optimización de la eficiencia del filtro de carbón activado (Rajapakse et al., 2023).

En el estudio de (Francelino et al, 2023), se desarrolló una máscara que está compuesta por varias capas de elementos filtrantes. Entre ellas se encuentran el tejido de fibra de carbono superactivado, polipropileno no tejido, y poliamida antiviral con un recubrimiento de película delgada de SiO_2 nanoestructurado, diseñada específicamente para su uso en entornos médicos y odontológicos, y el estudio ha demostrado que tiene una eficiencia de filtración de partículas del 98,18%. Esto significa que la máscara es capaz de filtrar con éxito la mayoría de las partículas que podrían ser perjudiciales para la salud del usuario, lo que la convierte en una herramienta valiosa para la protección de los profesionales sanitarios y odontológicos. La combinación de las diferentes capas de materiales también garantiza que la máscara sea cómoda de usar y permita una adecuada respiración, lo que es fundamental en entornos donde se requiere una gran cantidad de

movimiento y trabajo físico. En resumen, la máscara de alta capacidad de filtración representa una solución eficaz y práctica para la protección de los profesionales sanitarios y odontológicos frente a posibles riesgos en el ambiente de trabajo (Francelino et al., 2023).

En el estudio realizado por (Zemtsova & Gornostaeva, 2023), los datos muestran que las redes de mosquitos con carbón activado son eficaces en la absorción de vapores de formaldehído, con una capacidad de adsorción promedio de 0.69 ± 0.01 cm³/g, en línea con las capacidades típicas de carbones activados para contaminantes gaseosos. Es importante destacar que el respaldo adhesivo puede retener algunos vapores, aunque disminuye la capacidad de adsorción del carbón debido a una reducción en la superficie activa del solvente.

Durante la última década, numerosos investigadores se han enfocado en la actualización tecnológica de las industrias de medio ambiente, salud y seguridad. En este contexto, el Internet de las cosas (IoT) ha sido utilizado para conectar distintos sensores y proveedores de atención médica, lo que ha permitido la prestación de servicios médicos remotos de alta calidad. Esta innovación ha mejorado la seguridad de los pacientes, reducido los riesgos asociados con las industrias de EHS, aumentado la disponibilidad de servicios de atención médica y mejorado la eficiencia operativa en el sector de la salud. Sin embargo, la implementación del IoT en las industrias de EHS en la Industria 4.0 también ha presentado desafíos que deben ser abordados (He et al., 2023)

Además, se ha utilizado el internet de las cosas IoT como objetivo principal prevenir accidentes de tráfico, para ello se ha implementado un sistema de sensores que permite detectar distintos factores de riesgo. Entre los sensores utilizados se encuentran el de ubicación de licor, el de parpadeo ocular, el de control de velocidad excesiva, el de temperatura y el de ritmo cardíaco. Asimismo, se han instalado sensores en el volante y una cámara para detectar la somnolencia, la velocidad del vehículo, la salud del conductor, el consumo de alcohol y el comportamiento imprudente en la conducción. Gracias a esta tecnología avanzada, se busca prevenir accidentes y promover la seguridad en las carreteras (Pravinth Raja et al., 2023)

El internet de las cosas se ha venido desarrollando en favor del ser humano y su ergonomía laboral, se ha desarrollado un sensor innovador capaz de detectar y registrar de manera autónoma los movimientos de las personas en un entorno de oficina, con el propósito de

monitorear su comportamiento sedentario. Este sensor ofrece la posibilidad de recopilar información precisa sobre la actividad física de una persona y analizarla para identificar patrones de comportamiento sedentario y promover hábitos más saludables (Maiti et al., 2023).

El objetivo de este proyecto es resaltar la importancia de proporcionar un ambiente laboral seguro y saludable para los trabajadores. El aire que se respira en espacios cerrados puede tener un impacto significativo en la salud y bienestar de las personas, por lo que es crucial asegurarse de que el aire que se respira en el lugar de trabajo sea de buena calidad y no represente un riesgo para la salud. Para lograr esto, es necesario implementar medidas de control de la calidad del aire en el ambiente de trabajo. Esto incluye la instalación de sistemas de ventilación adecuados y la regulación de la calidad del aire en el entorno de trabajo. También es importante mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado, para evitar la acumulación de polvo y otros contaminantes que puedan afectar la calidad del aire. Además, un ambiente laboral saludable y seguro también debe incluir una aplicación de actividades preventivas de seguridad adecuadas, como equipos de protección personal y el establecimiento de prácticas seguras de trabajo. Estas medidas pueden ayudar a prevenir accidentes y lesiones, y proteger la salud y bienestar de los trabajadores en general.

Además, un ambiente de trabajo saludable y seguro también puede contribuir a reducir la rotación de personal. Cuando los trabajadores se sienten seguros y saludables en el trabajo, es más probable que estén satisfechos con su trabajo y que permanezcan en su puesto de trabajo durante un período de tiempo más prolongado. Esto, a su vez, puede reducir los costos de reclutamiento y formación, y mejorar la calidad general del trabajo en la organización.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto no solo es mejorar la calidad del aire en el entorno laboral, sino también mejorar la calidad de vida y la salud de los trabajadores. Al desarrollar un mecanismo de bajo costo que pueda purificar y filtrar el aire, se puede lograr un ambiente de trabajo más saludable y agradable para todos los empleados. Esto no solo puede beneficiar a la empresa en términos de productividad y retención de empleados, sino también a los trabajadores en términos de una mejor salud y bienestar general.

Problematización.

El desarrollo de dispositivos de medición de bajo costo y su integración con la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) plantea una problemática de gran relevancia en el campo de la ingeniería industrial, especialmente en lo que respecta a la seguridad, salud e higiene en el trabajo. Estos dispositivos tienen el potencial de revolucionar la forma en que se recopilan y utilizan datos relacionados con la seguridad y la salud laboral, pero también presentan desafíos significativos que deben ser abordados de manera cuidadosa.

La ingeniería industrial abarca una amplia gama de sectores, desde la manufactura hasta la construcción y la logística. En todos estos sectores, la seguridad y la salud de los trabajadores son de suma importancia. La falta de dispositivos de medición precisos y asequibles puede resultar en una evaluación inadecuada de los riesgos laborales. Esto puede llevar a una exposición no detectada a sustancias peligrosas, condiciones ambientales perjudiciales o situaciones de riesgo, lo que, a su vez, aumenta la probabilidad de accidentes laborales y problemas de salud ocupacional.

Uno de los problemas fundamentales es la asequibilidad de los dispositivos de medición de seguridad, salud e higiene. Las soluciones tradicionales suelen ser costosas, lo que limita su adopción, especialmente por parte de pequeñas y medianas empresas. Esto crea una brecha en la seguridad laboral y la salud ocupacional, ya que no todas las organizaciones pueden permitirse la implementación de sistemas de medición avanzados.

La incorporación de tecnología IoT en la medición de seguridad y salud puede mitigar estos desafíos de costos, pero también introduce desafíos propios. La conectividad y el intercambio de datos en tiempo real entre dispositivos y sistemas de monitoreo pueden ser vulnerables a ciberataques, lo que plantea preocupaciones de seguridad adicionales. La seguridad de los datos y la privacidad de los trabajadores deben ser consideradas con cuidado en el diseño y la implementación de estos sistemas.

La introducción de nuevos dispositivos de medición y tecnologías IoT también requiere una formación adecuada de los trabajadores y la creación de una conciencia sobre su uso. La falta de comprensión sobre cómo funcionan estos dispositivos o cómo interpretar los datos que generan puede llevar a una subutilización o a decisiones erróneas.

La integración efectiva de estos dispositivos en los procesos industriales es otro desafío. Los sistemas existentes pueden no ser compatibles con la tecnología IoT o requerir modificaciones significativas para aprovecharla plenamente. Esto puede generar costos adicionales y tiempos de implementación más largos.

Antecedentes:

En América, se realizan continuamente estudios sobre la calidad del aire, con el fin de proteger la salud pública y el medio ambiente. Estos estudios son llevados a cabo por agencias gubernamentales, universidades y organizaciones sin fines de lucro, que utilizan una variedad de métodos y tecnologías para medir la calidad del aire en diferentes lugares de la región. Los resultados de estos estudios son utilizados para monitorear y mejorar la calidad del aire, identificar y abordar los problemas de contaminación y evaluar los riesgos ambientales para la salud. Además, estos estudios también pueden ayudar a las autoridades a tomar decisiones informadas sobre políticas públicas relacionadas con el medio ambiente y la salud.

Es importante destacar que la calidad del aire puede ser afectada por una variedad de factores, incluyendo la actividad humana, las condiciones climáticas y la geografía local. Por lo tanto, es necesario realizar estudios regulares para evaluar y monitorear la calidad del aire en diferentes áreas y contextos (Gallardo et al., 2018).

En América del Norte, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) es una de las principales agencias gubernamentales encargadas de monitorear y regular la calidad del aire. La EPA opera una extensa red de estaciones de monitoreo en todo el país, que miden los niveles de contaminantes como el ozono, el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y las partículas finas presentes en el aire. Estas estaciones de monitoreo son esenciales para evaluar y controlar la calidad del aire en diferentes áreas y contextos.

La EPA utiliza tecnologías avanzadas, como sensores remotos y modelos de pronóstico, para monitorear la calidad del aire y prever los niveles de contaminación futuros. Los resultados de las mediciones son utilizados por la EPA para desarrollar regulaciones y políticas públicas que protejan la salud pública y el medio ambiente. Además, los resultados son también accesibles para el público en general, lo que permite a las personas tomar medidas para proteger su propia salud y bienestar. (Currie & Walker, 2019).

En América Latina, el aumento de la población, el desarrollo económico y la falta de regulaciones ambientales apropiadas han provocado problemas de contaminación del aire en muchas ciudades. Para abordar este problema, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han llevado a cabo estudios en diversas ciudades de la región para evaluar la calidad del aire y han resaltado la necesidad de tomar medidas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública. (Serio et al., 2020) (Husaini et al., 2022).

El monitoreo de la calidad del aire en América ha sido esencial para identificar los principales contaminantes y evaluar los riesgos para la salud asociados con su exposición. Además, ha impulsado la creación de políticas y regulaciones ambientales más efectivas, así como iniciativas de educación y concientización pública sobre los peligros de la contaminación del aire. Estos esfuerzos han permitido que los individuos y las comunidades adopten medidas para reducir su exposición a los contaminantes y mejorar la calidad del aire. (Fuentes García et al., 2022).

En la actualidad, la contaminación del aire en los lugares de trabajo, como la mala calidad del aire en interiores de edificios, las emisiones de contaminantes en fábricas y plantas, y la exposición de los trabajadores a la contaminación del aire exterior, tienen un impacto significativo en la salud y el bienestar de los trabajadores, y, por lo tanto, en la productividad de las empresas. Por lo tanto, es crucial desarrollar soluciones prácticas para mejorar la calidad del aire en los lugares de trabajo y reducir los efectos negativos de la contaminación del aire en la salud de los trabajadores.

El internet de las cosas se ha venido utilizando para el control de contaminación del medio ambiente por el monóxido y dióxido de carbono, se ha desarrollado una solución para medir y controlar el nivel de monóxido de carbono en los vehículos que se utilizan para el transporte en los bulevares. Esta solución emplea el sensor de gas MQ-7, capaz de detectar la presencia de monóxido de carbono, una sustancia tóxica en el aire barométrico.

De esta manera, se logra detectar y detener el nivel de esta sustancia en el vehículo, asegurando un ambiente saludable para los pasajeros y el conductor (Etier et al., 2022), en este sentido en la industria se ha demostrado cómo se puede monitorear los niveles de CO₂ en una cervecería artesanal australiana utilizando un sistema recientemente desarrollado, este sistema está compuesto por tres nodos de sensores de Internet de las cosas (IoT) ubicados estratégicamente en diferentes secciones de la cervecería, lo que

permite obtener datos precisos y detallados sobre la concentración de CO₂ en todo momento. De esta manera, se garantiza un ambiente seguro y saludable para los trabajadores y se puede controlar el proceso de producción de la cerveza en tiempo real, lo que mejora la calidad del producto final (Hawchar et al., 2022).

En el ámbito deportivo, la salud de los deportistas (IoT-EHDS) como lo mencionan Zeng et al., (2021), el sistema probabilístico de recolección de energía en dispositivos IoT para monitoreo de salud deportiva es esencial, utilizando un marco probabilístico (PF) que minimiza las interrupciones del usuario y facilita la obtención sin problemas de marcos según el comportamiento actual del usuario. Para obtener parámetros de dispositivos deportivos, se emplea un método de recolección de energía clasificado y evaluado en términos de probabilidad de rendimiento cuantitativo.

Además, en la búsqueda de mejorar el confort térmico, se ha creado una solución innovadora e inteligente para construir un modelo de confort térmico, basada en tecnologías de punta como el BIM, IoT, Machine Learning y centrada en la experiencia del usuario. Para lograr esto, se diseñó un modelo BIM personalizado capaz de integrar flujos de datos de los dispositivos IoT y las preferencias térmicas especificadas por el usuario a través de una aplicación móvil fácil de usar. De esta forma, se logra un análisis preciso y en tiempo real de los datos recopilados para construir un modelo de confort térmico personalizado y eficiente, que satisfaga las necesidades y preferencias del usuario de manera óptima (Kanna et al., 2022).

Como también para controlar la iluminación en las empresas, se ha creado un sistema de control de iluminación que utiliza una red de sensores inalámbricos para lograr una arquitectura compatible con los requisitos de Internet de las cosas. Este sistema se enfoca en crear un ambiente de trabajo inclusivo que promueva el bienestar físico y mental de los trabajadores. El sistema cuenta con un nodo ad-hoc diseñado específicamente para interoperar con sistemas de control de iluminación estándar, permitiendo su integración y la posibilidad de monitorear y controlar el sistema de forma remota a través de una plataforma web (Pierleoni et al., 2022).

En un estudio de la carga de trabajo mental con sensores e internet de las cosas, los datos muestran la importancia de considerar las expectativas de los empleados en cuanto a las mejoras en el diseño del lugar de trabajo y su bienestar, así como las preocupaciones relacionadas con la privacidad y la soberanía, al momento de implementar sistemas de

monitoreo de la carga de trabajo. Estos aspectos deben ser tomados en cuenta para asegurar una implementación efectiva y aceptable de estos sistemas en el entorno laboral (Pütz et al., 2022).

La investigación se desarrollará en el laboratorio de Ciencias y Seguridad Industrial de la Universidad Indoamérica de Ambato, generando ambientes controlados de evaluación de los contaminantes del aire más comunes existentes en los procesos de las empresas de la provincia de Tungurahua. Realizando experimentación según el plan diseñado y registro de los resultados en detalle de todas las variables que estén bajo control y que se estén midiendo correctamente. Se analizarán los resultados de la experimentación y comparará los datos obtenidos con los objetivos previamente definidos. Si los resultados no son los esperados, es necesario volver a revisar el diseño del experimento. Finalmente se documentará los resultados al terminar el experimento, mediante un informe detallado con los resultados obtenidos, las conclusiones y las recomendaciones para futuros experimentos.

Justificación

El uso de aparatos de limpieza de aire, como los purificadores de aire y los filtros de aire, es de gran **importancia** para mejorar la calidad del aire interior y reducir la exposición a contaminantes del aire, lo que a su vez puede tener importantes beneficios para la salud y el bienestar de las personas. En muchos casos, el aire interior puede ser más contaminado que el aire exterior debido a la acumulación de polvo, humo, productos químicos y ácaros. Estos contaminantes pueden irritar las vías respiratorias, causar problemas respiratorios y aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer. Este proyecto, por otro lado, está enfocado en el área de agricultura de precisión y busca desarrollar algoritmos más robustos para la identificación de desperfectos en la cosecha de flores.

El uso de purificadores de aire de bajo costo y filtros de aire generará un **impacto** para mejorar la calidad del aire en espacios cerrados, ya que estos dispositivos tienen como objetivo eliminar los contaminantes del aire interior. Al reducir la exposición a los contaminantes del aire, se puede prevenir el desarrollo de enfermedades respiratorias y mejorar la calidad de vida en general. Por lo tanto, es importante considerar el uso de estos dispositivos para mantener un ambiente saludable en el hogar o en lugares de trabajo.

La **utilidad** práctica del trabajo reside en desarrollar experimentaciones con diseños de dispositivos para la descontaminación de ambientes de trabajo con aire contaminado por agentes generados por procesos productivos.

El presente proyecto de investigación **beneficiará** directamente a todas las personas que trabajan en ambientes con aire contaminado por gases, micropartículas y malos olores. Además, también beneficiará a los directivos empresariales, quienes podrán conocer que es posible mejorar la calidad del aire de manera efectiva y con dispositivos de bajo costo.

El proyecto es **factible** puesto que se tiene las competencias necesarias para desarrollar electrónica desde el campo de la seguridad industrial generando una gran relevancia al diseñar un dispositivo que pueda eliminar los contaminantes del aire interior y así la calidad del aire será adecuada al disminuir la cantidad de exposición. Esto puede tener un valor significativo para la salud de las personas que trabajan o viven en espacios cerrados, previniendo enfermedades respiratorias y mejorando su calidad de vida.

La línea de investigación a desarrollar es la Salud y seguridad en el trabajo, la investigación se enfoca en el estudio y aplicación de metodologías para la promoción y prevención de peligros laborales en el contexto de la salud y seguridad en el trabajo. Se abordan temas como la evaluación y prevención de riesgos laborales, la promoción de ambientes laborales saludables y seguros, y el estudio de factores psicosociales y ergonómicos en el ámbito laboral y la sub línea es la evaluación y prevención de riesgos laborales, puesto que la propuesta metodológica se centra en la identificación y control de contaminantes en el aire en ambientes laborales y el desarrollo de un prototipo de purificación de aire con carbón activado de bajo costo.

Objetivos.

Objetivo General

Desarrollar un purificador de aire basado en carbón activado e IoT para ambientes laborales cerrados.

Objetivos específicos

- Identificar los riesgos presentes en el aire de procesos productivos en cuatro empresas de la provincia de Tungurahua.
- Cuantificar la contaminación del aire presente en ambientes cerrados de las empresas de la provincia de Tungurahua.
- Investigar las propiedades del carbón activado para purificación del aire.
- Construir un purificador de aire por filtrado con carbón activado y control IoT.
- Evaluar el rendimiento del prototipo en ambiente controlado de laboratorio.

CAPITULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la contaminación del aire en empresas de la provincia de Tungurahua.

Se realiza una evaluación de riesgos en cuatro empresas de la provincia de Tungurahua las cuales en sus procesos productivos realizan actividades que generan contaminación al aire y que, si bien es cierto que la mayoría de las empresas usan elementos de protección personal como guantes, ropa adecuada, mascarillas y casco, no se ha pensado en que si este aire contaminado puede afectar a las áreas de oficinas cercanas a los procesos que son ambientes laborales cerrados.

Para el diagnostico se utilizará la matriz de evaluación de riesgos considerando los que tienen relación con la contaminación del aire interior en las empresas consideradas:

La matriz IPER (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles) es un instrumento utilizado en la identificación de riesgos y la seguridad ocupacional para identificar y evaluar los peligros en un entorno de trabajo, determinar el nivel de riesgo asociado y establecer controles para mitigar o eliminar esos riesgos. Esta matriz se utiliza comúnmente en diversas industrias y lugares de trabajo para garantizar la seguridad de los empleados y minimizar la ocurrencia de incidentes o accidentes.

La matriz IPER consta de cuatro componentes principales:

Identificación de Peligros: En esta etapa, se identifican y documentan todos los peligros potenciales en el ambiente de trabajo. Los riesgos pueden incluir situaciones, condiciones o actividades que podrían causar lesiones, daños a la propiedad o impactos negativos en

la salud de los trabajadores. Es esencial involucrar a los empleados y expertos en seguridad para identificar de manera exhaustiva estos peligros.

Evaluación de Riesgos: Una vez identificados los peligros, se procede a evaluar el nivel de riesgo asociado con cada uno de ellos. Esto implica considerar la probabilidad de que ocurra un evento peligroso y la severidad de las posibles consecuencias. La evaluación de riesgos generalmente se realiza utilizando una escala o matriz que clasifica los riesgos en categorías como bajo, moderado o alto.

Determinación de Controles: Después de evaluar los riesgos, se deben establecer controles o medidas de seguridad para reducir o eliminar estos riesgos. Estos controles pueden ser medidas preventivas, correctivas o de mitigación. La elección de los controles adecuados depende de la naturaleza del peligro y su nivel de riesgo. Los controles pueden incluir capacitación, equipos de protección personal, modificaciones en procesos o instalaciones, entre otros.

Implementación y Monitoreo: Una vez determinados los controles, es crucial implementarlos adecuadamente en el entorno de trabajo y asegurarse de que se cumplan de manera continua. Además, se debe establecer un sistema de seguimiento y monitoreo para evaluar la efectividad de los controles y realizar ajustes si es necesario. La seguridad ocupacional es un proceso en constante evolución, y es fundamental mantener un enfoque proactivo en la gestión de riesgos.

Resultados del diagnóstico

Identificación de peligros:

En la Tabla 1, se presenta la identificación de factores de riesgos en las empresas seleccionadas de la provincia de Tungurahua.

Tabla 1. Identificación de factores de riesgo en empresas de la provincia de Tungurahua.

EMPRESA	PELIGROS O FACTORES DE RIESGOS IDENTIFICADOS	FACTORES DE RIESGOS RELACIONADOS CON EL AIRE DE INTERIORES.
1. INNOVA	<p>Riesgos de atrapamiento, cortes, aplastamientos y lesiones por objetos en movimiento. Niveles de ruido Polvo y Partículas Manejo de cargas. Productos Químicos, riesgos relacionados con la exposición a sustancias tóxicas, inflamables o irritantes. Incendios y Explosiones Ergonomía Deficiente Riesgos eléctricos, incluyendo choques eléctricos. Iluminación Inadecuada Desorden y Espacios Angostos con el riesgo de tropezones y caídas.</p>	<p>Productos Químicos, riesgos relacionados con la exposición a sustancias tóxicas, inflamables o irritantes. Polvo y Partículas</p>
2. TALLER JCAR JR MANTENIMIENTO Y PINTURA DE BUSES.	<p>Exposición a Sustancias Químicas Riesgos Ergonómicos Caídas desde Altura Ruido La exposición a polvo, partículas y vapores de pintura. Incendios y Explosiones</p>	<p>Exposición a Sustancias Químicas La exposición a polvo, partículas y vapores de pintura. Exposición a Humos y Gases Tóxicos</p>
3. LAVATEX	<p>Exposición a Sustancias Químicas Riesgos de atrapamiento, cortes, aplastamientos y lesiones por objetos en movimiento. Niveles de ruido Polvo y Partículas Manejo de cargas.</p>	<p>Riesgo Químico con presencia de: Secuestrante Dispersante Brillo Óptico Catalasa Permanganato</p>
4. METALMECÁNICA MAYORGA	<p>Exposición a Humos y Gases Tóxicos Químicos en pintura. Exposición a Polvo y Partículas Metálicas Quemaduras Radiación UV y Luz Intensa Ruido Exposición a Sustancias Químicas Riesgo de electrocución. Espacios Confinados Las mangueras y cables sueltos</p>	<p>Exposición a Humos y Gases Tóxicos Exposición a Polvo y Partículas Metálicas Químicos en pinturas.</p>

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

En la tabla 2. Se describen los resultados de evaluación cualitativa con matriz Iper de riesgos relacionados con la contaminación del aire, las matrices con la evaluación se presentan en el Anexo 1 de este documento.

Tabla 2. Resultados de evaluación cualitativa de riesgos relacionados al ambiente.

EMPRESA	FACTORES DE RIESGOS RELACIONADOS CON EL AIRE	NIVEL DE RIESGO EVALUACIÓN CUALITATIVA IPER
1. INNOVA	Material particulado.	CRITICO
	Presencia de Químicos Pintura y Barniz.	CRITICO
2. TALLER JCAR JR MANTENIMIENTO Y PINTURA DE BUSES.	Material particulado.	CRITICO
	Presencia de Químicos Pintura y Barniz.	CRITICO
3. LAVATEX	Presencia de Químicos	CRITICO
4. METALMECÁNICA MAYORGA	Presencia de Químicos en vapores.	CRITICO
	Presencia de Químicos Pintura y Barniz.	CRITICO

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Área de estudio

En la siguiente tabla 3 se da a conocer el área de estudio.

Tabla 3. Área de estudio.

Área de estudio	Delimitación del objeto de estudio.
Dominio.	Tecnología y sociedad.
Línea de investigación.	Seguridad, salud e higiene industrial.
Campo.	Ingeniería Industrial.
Área.	Seguridad, salud laboral y ambiente.
Aspecto.	Riesgo Químico y Contaminación de aire.
Objetivo.	Identificar la calidad del aire en espacios cerrados en empresas de Tungurahua.
Periodo de análisis.	2023

Elaborado por: Lara-Calle, (2023).

Modelo operativo.

En la Imagen 1, se presenta el modelo operativo de la propuesta metodológica.

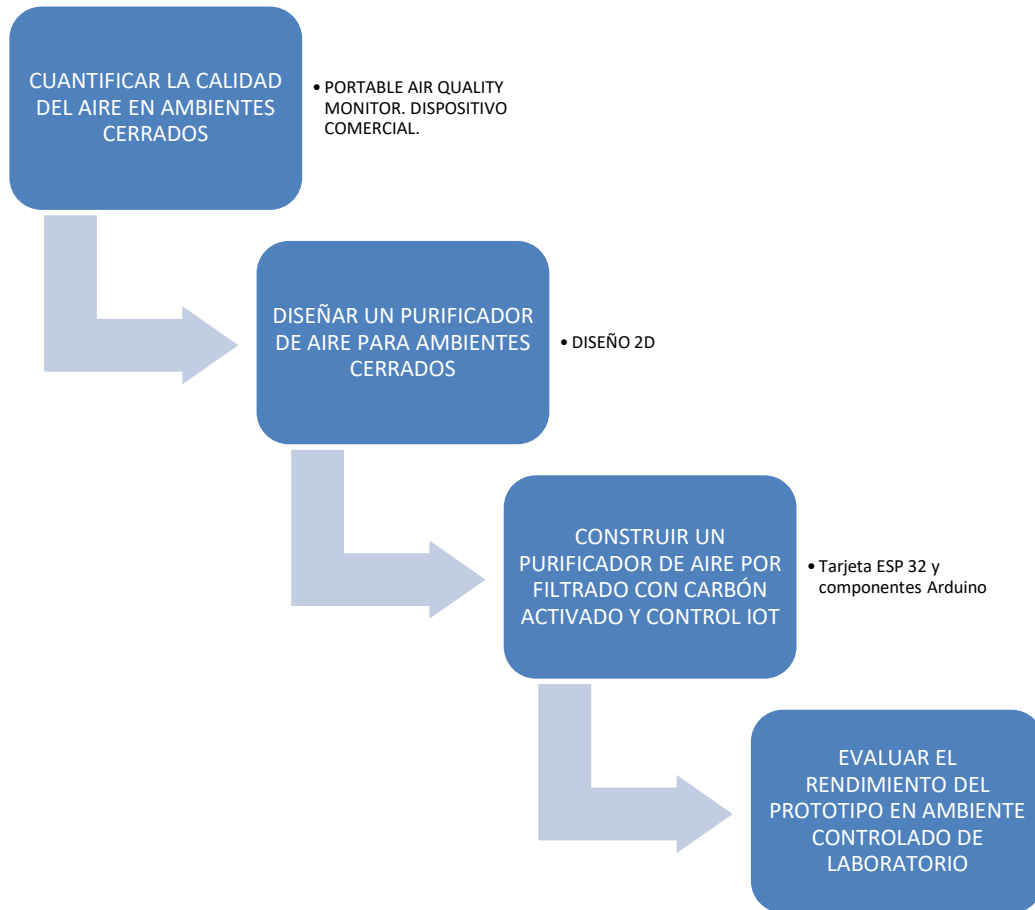


Imagen 1. Modelo Operativo

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Desarrollo del modelo operativo

Cuantificar la calidad del aire en ambientes cerrados.

Para cuantificar la calidad del aire se utiliza la evaluación de toxicidad y evaluación a la exposición según la NTP 935 Agentes Químicos, en los ambientes cerrados del personal que trabaja en oficinas cercanas a los procesos productivos ya que son los que están expuestos a contaminación del aire y no se ha considerado el grado de exposición y los posibles daños a la salud que se puedan generar. En la tabla 4 se presenta la metodología a seguir para cuantificar la calidad del aire.

Tabla 4. Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos.

FASE	PROCEDIMIENTO	HERRAMIENTAS
FASE INICIAL	<p>Caracterización de agentes químicos presentes en los procesos.</p> <p>Toma de información cualitativa sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Peligrosidad de agentes. -Ambientes de trabajo. 	<p>Fuentes de información de peligrosidad de agentes químicos, etiquetado o FDS.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis del lugar de trabajo • Modelos cualitativos • Criterio del prevencionista.
ESTUDIO BÁSICO	<p>Toma de información cuantitativa sobre:</p> <p>La medición de la concentración ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En las condiciones desfavorables • Junto a los focos. • Mediciones “rápidas” • Extrapolaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestra, en especial: tubos colorimétricos y medidores en continuo, etc. • Dispositivos para verificaciones diversas: bolómetros, manómetros, etc. • Registros de exposición ambiental en distintas tareas u operaciones.
ESTUDIO DETALLADO	<p>Recogida de información cuantitativa representativa de la concentración ambiental.</p> <p>-Exposición aceptable. Reevaluación</p> <p>- EXPOSICIÓN INCIERTA.</p> <p>Programa de Mediciones periódicas</p> <p>- EXPOSICIÓN INACEPTABLE.</p> <p>Medidas Preventivas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de: - toma de muestra - análisis • Tratamiento estadístico

Fuente: Norma Técnica de Prevención NTP 935.

Fase inicial:

En el diagnóstico realizado con la matriz IPER se determinó los factores de riesgo relacionados al ambiente laboral que son el material particulado, la presencia de químicos pintura y barniz y presencia de químicos en vapores con una evaluación cualitativa de riesgo crítico en el área de producción. Con la siguiente peligrosidad de agentes químicos tomado de las fichas de seguridad de las casas comerciales.

Fungicidas:

Producto: Marulex Transparente

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas (Inhalación):

Categoría 1 (Sistema nervioso central)

Insecticidas:

Producto: T KILL PRESERVANTE P/MADERA

Toxicidad aguda (inhalación) - Categoría 4. Puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias

Fondos:

Producto: 8405-ALTOS SOLIDOS ACABADO DE COLOR

Asp. Tox. 1: H304 - Puede resultar fatal si es ingerido o inhalado.

Carc. 1B: H350 - produce cáncer.

Barnices:

Producto: HS-P-P-035 - Barniz para Madera

Tox. Agud. 4: Toxicidad aguda por inhalación, Categoría 4, H332

Tintes:

Producto: Tintes para madera Corona.

Sensibilización respiratoria o cutánea Irritante del tracto respiratorio y de la

Piel, Carc. 2: H351 - Susceptible de provocar cáncer

Disolventes:**Producto: Separol Madera**

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas (Inhalación).
Categoría 1 (Sistema nervioso central)

Colas:

Producto: Cola Vinilica Petrilac

No tiene toxicidad en inhalación.

Adhesivos:

Producto: Pegamento para Madera Acrilex

En caso de inhalación, trasladar a la persona al aire libre y mantenerla en reposo en una posición cómoda para respirar.

Ceras y parafinas:

Producto: CERA EN PASTA AMARILLA DIVERSEY

Toxicidad por respiración, Categoría 1. Peligro de mortalidad en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias. Puede provocar irritación respiratoria.

Material Particulado:

La exposición a estas partículas puede tener un impacto en los pulmones y el corazón. Varios estudios científicos han establecido una conexión entre la exposición a la contaminación de partículas y diversos problemas de salud, que incluyen:

- Fallecimiento prematuro en individuos que padecen enfermedades cardíacas o pulmonares.
- Infartos de miocardio no fatales.
- Alteraciones en el ritmo cardíaco.
- Agravamiento del asma.
- Disminución de la función pulmonar.
- Aumento de afecciones respiratorias, como irritación de nariz y garganta, tos o problema para respirar.

El ser humano al estar expuesto a partículas afecta principalmente a personas que tienen padecimientos cardíacos o pulmonares, así como a niños y adultos mayores.

El asunto de particulado (PM) es un importante contaminante del aire que causa graves problemas de salud, los resultados de una investigación revelaron que los valores de PM_{2.5} y PM₁₀ estaban por encima de los límites permitidos (35 g/m³ para PM_{2.5} y 150 g/m³ para PM₁₀) establecidos por la Agencia de Protección Ambiental Pakistán (Pak-EPA) en todos los institutos educativos, hospitales, áreas recreativas e industrias investigadas (Asghar et al., 2024).

Químicos de Vapores por Suelda:

Los vapores generados durante el proceso de soldadura consisten en una combinación diversa de gases y partículas finas que son transportados por el aire. La composición de esta mezcla está influenciada por el método de soldadura empleado y los materiales que están siendo unidos. Los gases que liberan contienen, por ejemplo:

- Óxido nitroso (NO)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Monóxido de carbono (CO)
- Gas de protección
- Ozono (O₃)

Adicionalmente, puede contener muchas partículas finas de: óxidos metálicos, fluoruros y metales como:

- Cromo
- Níquel
- Zinc
- Manganeseo
- Cobalto
- Plomo
- Cobre

Toxicidad: La inhalación de los vapores de soldadura podría representar un riesgo potencial para la salud. Si existen dudas al respecto, se recomienda consultar los numerosos estudios y reportes científicos que advierten sobre los posibles efectos nocivos de los vapores de soldadura, los cuales pueden desencadenar una variedad de problemas físicos y enfermedades graves, como cáncer, asma y, en algunos casos, síntomas relacionados con el Parkinson.

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), perteneciente a la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha categorizado los vapores de soldadura como un agente carcinógeno del Grupo 1 para los seres humanos. Con el fin de entender mejor cómo se generan, se propagan y afectan al cuerpo humano estos vapores de soldadura, este estudio ha examinado el avance de la investigación en torno a la producción de estos vapores y sus características de transmisión, así como su impacto en el sistema respiratorio (Asghar et al., 2024; Li et al., 2023).

Estudio básico:

Se emplea como método de medición de contaminantes la lectura directa, que implica la recolección de muestras y la evaluación de la concentración al mismo tiempo. Estas pruebas se realizan de forma rápida y ofrecen resultados inmediatos, lo que permite obtener información precisa y oportuna a un costo razonable. Esta clase de técnicas incluye los tubos colorimétricos y los dispositivos de medición especializados. El dispositivo Monitor portátil de calidad del aire se utiliza para medir los contaminantes.



Imagen 2. Monitor portátil de calidad del aire.

Fuente: <https://blatn.com/>

El dispositivo de monitoreo de calidad del aire de la serie BR-Smart es fabricado por BLATN Ciencia y Tecnología (Beijing) Co LTD. Es un instrumento preciso diseñado para monitorear continuamente la calidad del aire en interiores y detectar posibles contaminantes. Este monitor utiliza un sensor de alta precisión que convierte la concentración de contaminantes en datos fáciles de interpretar, brindando información crucial sobre la calidad del aire y promoviendo la salud. El modelo BR-Smart es empleado

para medir los niveles de contaminantes en el aire en espacios cerrados de empresas en la provincia de Tungurahua.

- PM 10
- PM 1
- PM 2,5
- CO₂
- Formaldehído
- TVOC
- Fecha y Hora

Las siglas PM se refieren a materia particulada, también conocida como contaminación por partículas, que hace referencia a una mezcla de partículas sólidas y gotas de líquido presentes en el aire. Algunas de estas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín o el humo, son lo bastante grandes u oscuras como para ser visibles a simple vista, mientras que otras son tan diminutas que solo pueden ser detectadas con un microscopio electrónico. La contaminación por partículas abarca:

Partículas respirables PM10, con diámetros generalmente de 10 micrómetros y menor
Partículas finas respirables PM 2,5, con diámetros generalmente de 2,5 micrómetros y más pequeño.

Los 2,5 micrómetros, en comparación con el cabello humano tiene unos 70 micrómetros de diámetro, lo que lo hace 30 veces más grande que la partícula fina.

El formaldehído (HCHO) es un gas incoloro, altamente tóxico e inflamable en temperatura ambiente. Se utiliza en varios procesos como fertilizantes, papel, madera contrachapada y algunas resinas. También es utilizado como conservante de alimentos y en productos domésticos, como antisépticos, medicamentos y cosméticos. La exposición al formaldehído puede irritar la piel, garganta, pulmones y ojos. La exposición repetida al formaldehído puede provocar cáncer.

El formaldehído se encuentra en:

- Resinas utilizadas en la elaboración de muebles de madera compuesta (es decir,

contrachapados de madera dura, tableros de partículas y tableros de fibra de densidad media);

- Materia prima de edificación y aislamiento;
- Productos elaborados para el hogar como adhesivos, telas de planchado permanente, pinturas y revestimientos, lacas y acabados, y productos de papel;
- Conservantes presentes en ciertos medicamentos, productos cosméticos y de consumo como detergentes líquidos y suavizantes de telas; así como fertilizantes y pesticidas.

El formaldehído es el resultado de la combustión de otros procesos naturales y también se lo encuentra en humos de aparatos que queman combustible sin ventilación, como estufas de gas o calentadores de queroseno; y Humo de cigarrillo.

Las siglas TVOC, los investigadores de la calidad del aire interior suelen llamar a todas las sustancias gaseosas orgánicas que se encuentran en interiores y se entiende que TVOC es la abreviatura de la primera letra de las tres palabras **Compuesto Orgánico Volátil**, y en conjunto los VOC medidos son denominados colectivamente compuestos orgánicos volátiles totales TVOC (Total de Compuesto Orgánico Volátil)

TVOC es uno de los tres tipos que afectan más seriamente la calidad del aire interior, se refiere a la materia orgánica cuya presión de vapor saturado supera 133.32 Pa en temperatura ambiente. Su punto de ebullición es de 50 °C a 250 °C. Puede permanecer en el aire en forma de evaporación a temperatura ambiente. Su toxicidad, irritación, carcinogenicidad y olor, afectará la dermis y las membranas mucosas, provocando daños agudos al cuerpo humano. La Organización Mundial de la Salud (OMS), la Academia Nacional de Ciencias/Consejo Nacional de Investigación (NAS/NRC) y otras agencias siempre han enfatizado que el TVOC es un tipo importante de contaminación del aire.

La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) define los COV como cualquier compuesto que contiene carbono y que participa en reacciones fotoquímicas en la atmósfera excepto con compuestos como: el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), ácido carbónico, carburos metálicos, carbonatos y carbonato de amonio.

Entre los compuestos orgánicos volátiles se encuentra el Benceno, alcanos, hidrocarburos aromáticos, alquenos, hidrocarburos halogenados, ésteres, aldehídos, cetonas y otros.

Las primordiales fuentes de TVOC son las externas, inicialmente de la quema de combustible y transporte. En interiores a partir de productos de combustión como carbón y productos naturales como gas, humo de fumar, calefacción, cocina, adhesivos, revestimientos y pinturas en materiales de construcción y decoración, chapa, papel pintado, etc., muebles, electrodomésticos, muebles, detergentes y emisiones del cuerpo humano. Hay casi mil tipos debido a la fuerte volatilidad de TVOC, en condiciones normales el 90% de las pinturas se pueden volatilizar dentro de las 10 horas posteriores a su aplicación, mientras que el TVOC en el solvente solo libera el 25% de la cantidad total durante el proceso de secado al aire de la pintura.

Entre los productos de uso cotidiano que están presentes los TVOC son:

- Las pinturas, decapantes y otros disolventes
- Protectores de madera
- Pulverizaciones
- Limpiadores y desinfectantes
- Repelentes de bichos y ambientadores
- Combustibles almacenados y productos automotrices
- Lavado de ropa en seco
- Químicos mata bacterias.

En otros productos, como:

- Materiales de edificación y mobiliario
- Equipos como fotocopiadoras e impresoras, líquidos correctores y papel de copia sin carbón
- Materiales gráficos y artesanales, incluidos pegamentos y adhesivos, permanentes, rotuladores y soluciones fotográficas

Efectos en la salud por TVOC consiguen:

- Irritación de la vista y sistema respiratorio.

- Cefaleas, descoordinación y náuseas.
- Perjuicio al hígado, riñón y sistema nervioso central.
- Algunas sustancias orgánicas pueden producir cáncer en animales, se sospecha o se sabe que algunas causar cáncer en humanos.

El dióxido de carbono CO₂, un compuesto de carbono y oxígeno es incoloro e inodoro y gas ligeramente ácido a temperatura y presión normal. También es un gas de efecto invernadero que representa el 0,03% -0,04% del volumen atmosférico total.

Cuando la concentración de dióxido de carbono en el aire es inferior al 2%, no hay daño evidente a las personas. Superar esta concentración puede causar daños a las personas en órgano respiratorio, es decir, el dióxido de carbono no es una sustancia tóxica en condiciones normales, pero cuando la concentración de dióxido de carbono en el aire excede un cierto límite, envenenará el cuerpo.

Síntomas de envenenamiento.

Leve: Malestar general como mareos, dolor de cabeza, debilidad muscular, malestar general, dolor, etc.

Moderado: Los mareos caerán al suelo; opresión en el pecho, dolor en la cavidad nasal y garganta, dificultad para respirar, opresión en el pecho y asfixia; severo dolor de cabeza, tinnitus (ruidos en uno o en ambos oídos), debilidad muscular, piel enrojecida, aumento de la presión arterial, pulso acelerado fuerte.

Resultados del estudio básico:

Se realizan veinte tomas directas en las oficinas de INNOVA para el estudio, se obtienen los siguientes resultados presentados en la tabla 5 y gráficos 1, 2 y 3.

Tabla 5. Resultados de medición de la calidad del aire en “INNOVA”

PM1 PROMEDIO	PM2 PROMEDIO	PM10 PROMEDIO	CO2 PROMEDIO	HCHO	TVOC	CALIDAD DEL AIRE
PM1.0:007	PM2.5:012	PM10:019	CO2:0640	HCHO:0.000	TVOC:0.606	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:015	PM10:019	CO2:0710	HCHO:0.000	TVOC:0.503	VENTILATED
PM1.0:008	PM2.5:013	PM10:019	CO2:0750	HCHO:0.000	TVOC:0.503	VENTILATED
PM1.0:008	PM2.5:012	PM10:018	CO2:0818	HCHO:0.000	TVOC:0.500	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:016	PM10:022	CO2:0447	HCHO:0.000	TVOC:0.507	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:019	PM10:030	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.513	VENTILATED
PM1.0:010	PM2.5:015	PM10:020	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.521	VENTILATED
PM1.0:013	PM2.5:018	PM10:031	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.511	VENTILATED
PM1.0:014	PM2.5:019	PM10:032	CO2:0401	HCHO:0.001	TVOC:0.512	VENTILATED
PM1.0:015	PM2.5:020	PM10:033	CO2:0402	HCHO:0.002	TVOC:0.513	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:023	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.508	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:023	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.508	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:017	PM10:022	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.507	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:018	PM10:030	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.505	VENTILATED
PM1.0:010	PM2.5:016	PM10:023	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.511	VENTILATED
PM1.0:012	PM2.5:016	PM10:029	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.509	VENTILATED
PM1.0:006	PM2.5:014	PM10:021	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.507	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:027	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.507	VENTILATED
PM1.0:014	PM2.5:018	PM10:030	CO2:0400	HCHO:0.000	TVOC:0.527	VENTILATED
PM1.0:015	PM2.5:018	PM10:031	CO2:0400	HCHO:0.001	TVOC:0.528	VENTILATED

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

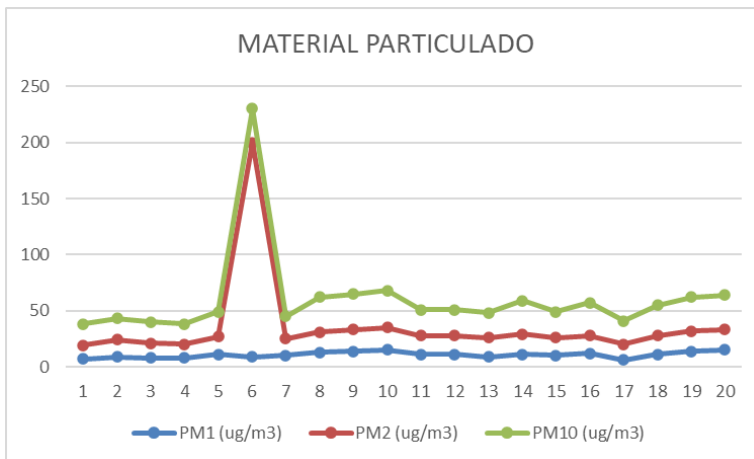


Gráfico 1. Material Particulado en INNOVA

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

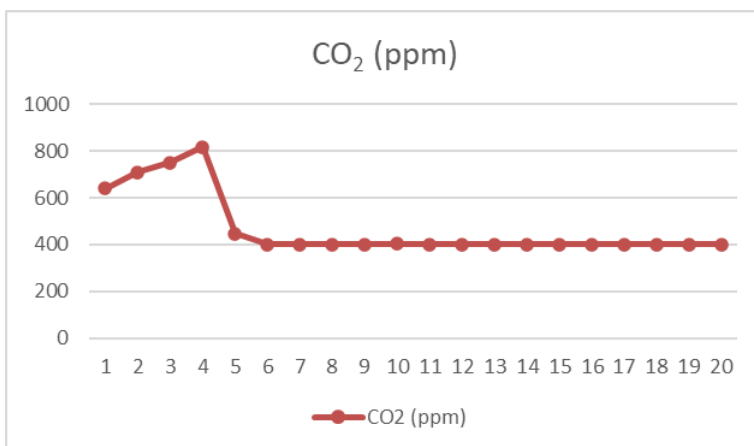


Gráfico 2. Dióxido de carbono en INNOVA

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

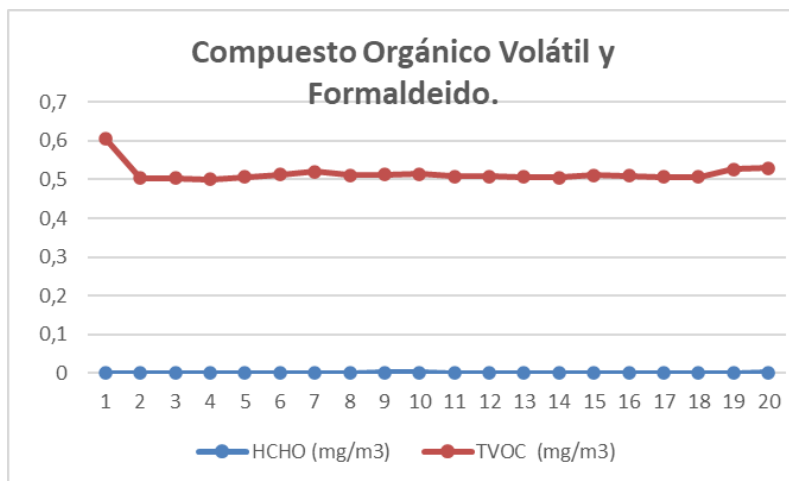


Gráfico 3. Compuesto orgánico volátil y formaldeído en INNOVA
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación:

En esta empresa se determinó que tienen dos tipos de oficinas cercanas a la producción, se realizaron mediciones en las oficinas principales y en la oficina de diseño que está más cercana a los procesos de corte, pintado y suelda donde se pudo cuantificar una calidad del aire VENTILATED, sugiere el dispositivo que hace falta ventilación ya que son completamente cerradas y sin ventanas. Se puede apreciar la presencia de material particulado, CO2 y TVOC, son valores que pueden repercutir con el tiempo de exposición generando problemas respiratorios y futuras enfermedades.

Se realizan diecinueve tomas directas en las oficinas de “JCAR JR” para el estudio, se obtienen los siguientes resultados presentados en la tabla 6 y gráficos 4, 5 y 6.

Tabla 6. Resultados de medición de la calidad del aire en “JCAR JR”

PM1 PROMEDIO	PM2 PROMEDIO	PM10 PROMEDIO	CO2 PROMEDIO	HCHO	TVOC	CALIDAD DEL AIRE
PM1.0:000	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.234	VENTILATED
PM1.0:001	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.300	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.360	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.380	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.422	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.477	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.489	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.420	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.445	VENTILATED
PM1.0:001	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.486	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.480	VENTILATED
PM1.0:000	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0407	HCHO:0.014	TVOC:0.547	VENTILATED
PM1.0:000	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0419	HCHO:0.012	TVOC:0.580	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:022	CO2:0575	HCHO:0.000	TVOC:0.500	VENTILATED
PM1.0:010	PM2.5:020	PM10:030	CO2:0528	HCHO:0.000	TVOC:0.500	VENTILATED
PM1.0:012	PM2.5:019	PM10:031	CO2:0498	HCHO:0.000	TVOC:0.504	VENTILATED
PM1.0:010	PM2.5:018	PM10:025	CO2:0506	HCHO:0.000	TVOC:0.519	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:018	PM10:024	CO2:0501	HCHO:0.000	TVOC:0.500	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:018	PM10:030	CO2:0506	HCHO:0.000	TVOC:0.571	VENTILATED

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

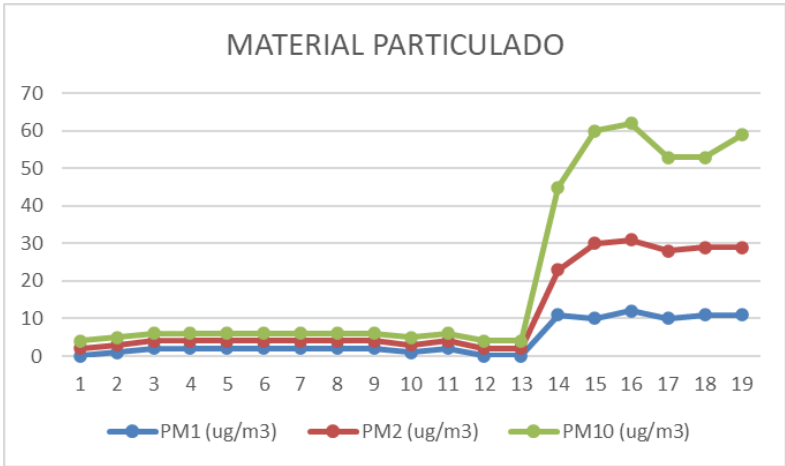


Gráfico 4. Material Particulado en JCAR JR
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

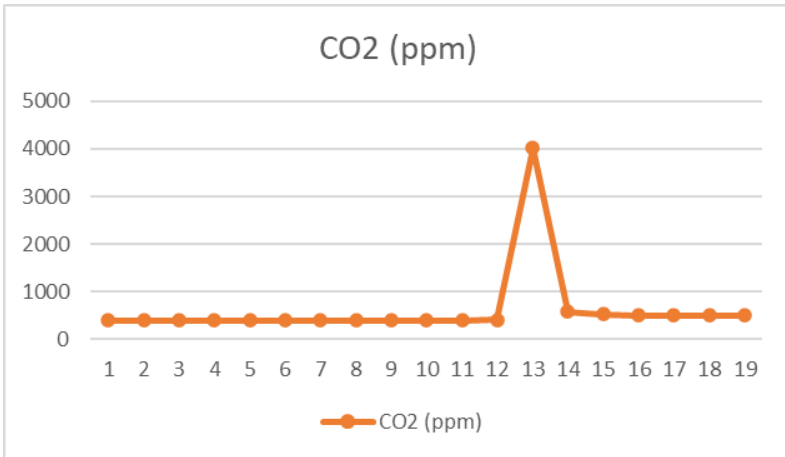


Gráfico 5. Dióxido de carbono en JCAR JR
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

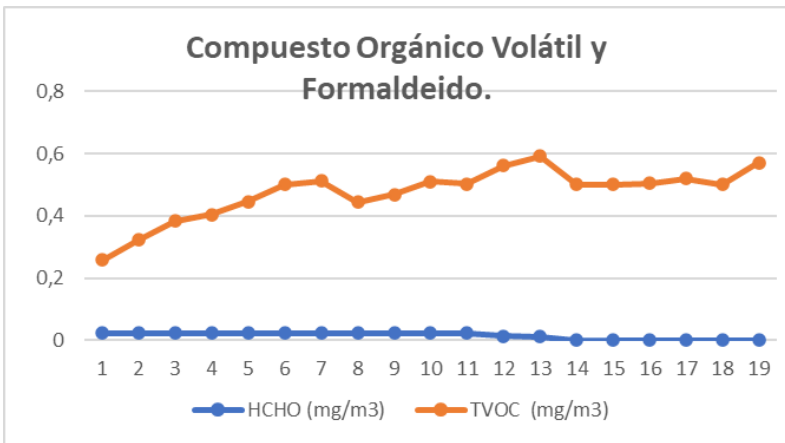


Gráfico 6. Compuesto orgánico volátil y formaldehido en JCAR JR
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación:

En esta empresa se determina que tienen una oficina principal cercana a los procesos, se pudo cuantificar una calidad del aire VENTILATED, se puede apreciar la presencia de material particulado, CO₂, HCHO y TVOC, significativos a sus efectos a futuro.

Se realizan dieciocho tomas directas en las oficinas de “LAVATEX” para el estudio, se obtienen los siguientes resultados presentados en la tabla 7 y gráficos 7, 8 y 9.

Tabla 7. Resultados de medición de la calidad del aire en “LAVATEX”

PM1 PROMEDIO	PM2 PROMEDIO	PM10 PROMEDIO	CO2 PROMEDIO	HCHO	TVOC	CALIDAD DEL AIRE
PM1.0:011	PM2.5:019	PM10:032	CO2:0616	HCHO:0.000	TVOC:0.604	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:021	CO2:0605	HCHO:0.000	TVOC:0.625	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:021	CO2:0566	HCHO:0.000	TVOC:0.579	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:024	CO2:0594	HCHO:0.000	TVOC:0.584	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:015	PM10:025	CO2:0629	HCHO:0.000	TVOC:0.597	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:017	PM10:030	CO2:0593	HCHO:0.000	TVOC:0.504	VENTILATED
PM1.0:013	PM2.5:018	PM10:031	CO2:0516	HCHO:0.000	TVOC:0.502	VENTILATED
PM1.0:010	PM2.5:015	PM10:023	CO2:0463	HCHO:0.000	TVOC:0.506	VENTILATED
PM1.0:013	PM2.5:016	PM10:023	CO2:0463	HCHO:0.000	TVOC:0.503	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:015	PM10:021	CO2:0454	HCHO:0.000	TVOC:0.505	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:015	PM10:021	CO2:0447	HCHO:0.000	TVOC:0.504	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:016	PM10:022	CO2:0440	HCHO:0.000	TVOC:0.516	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:016	PM10:021	CO2:0491	HCHO:0.000	TVOC:0.546	VENTILATED
PM1.0:011	PM2.5:016	PM10:024	CO2:0535	HCHO:0.000	TVOC:0.505	VENTILATED
PM1.0:008	PM2.5:012	PM10:019	CO2:0000	HCHO:0.000	TVOC:0.000	VENTILATED
PM1.0:009	PM2.5:015	PM10:020	CO2:0000	HCHO:0.000	TVOC:0.000	VENTILATED
PM1.0:008	PM2.5:014	PM10:019	CO2:0604	HCHO:0.000	TVOC:0.724	VENTILATED
PM1.0:008	PM2.5:012	PM10:019	CO2:0627	HCHO:0.000	TVOC:0.681	VENTILATED

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

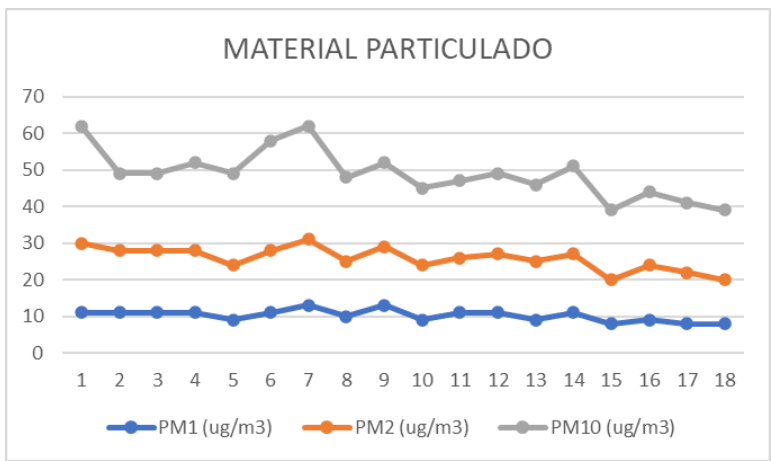


Gráfico 7. Material Particulado en LAVATEX

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

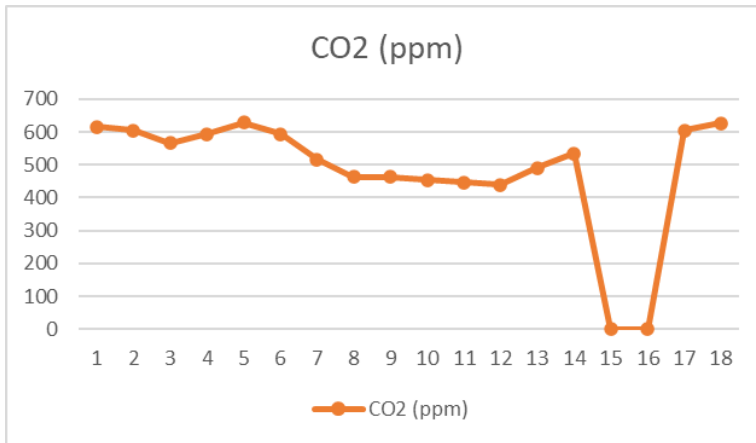


Gráfico 8. Dióxido de carbono en LAVATEX

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

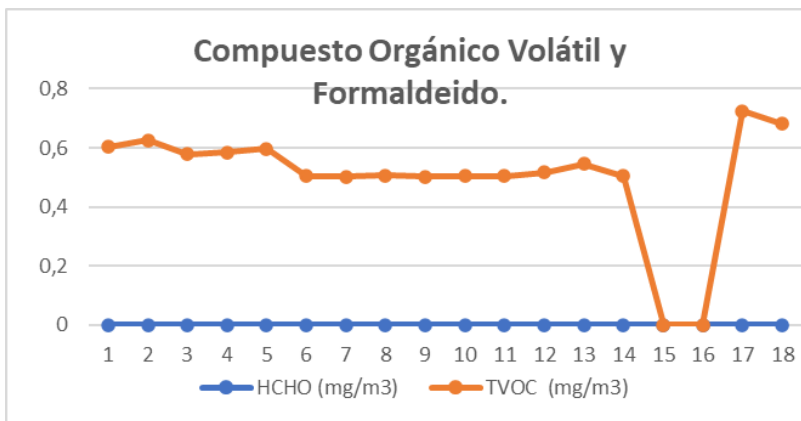


Gráfico 9. Compuesto orgánico volátil y formaldehído en LAVATEX

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación:

En esta empresa se determina una oficina principal cercana a los procesos, se pudo cuantificar una calidad del aire VENTILATED, se puede apreciar la presencia de material particulado, CO2 y TVOC con valores significativos que podrían causar daños en la salud d ellos trabajadores.

Se realizan diecinueve tomas directas en las oficinas de M. Mayorga para el estudio, se obtienen los siguientes resultados presentados en la tabla 8 y gráficos 10, 11 y 12.

Tabla 8. Resultados de medición de la calidad del aire en “M. MAYORGA”

PM1 PROMEDIO	PM2 PROMEDIO	PM10 PROMEDIO	CO2 PROMEDIO	HCHO	TVOC	CALIDAD DEL AIRE
PM1.0:001	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0553	HCHO:0.061	TVOC:0.000	LIVABLE
PM1.0:001	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0557	HCHO:0.052	TVOC:0.000	LIVABLE
PM1.0:000	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0494	HCHO:0.046	TVOC:0.000	LIVABLE
PM1.0:001	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0433	HCHO:0.043	TVOC:0.002	LIVABLE
PM1.0:002	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0415	HCHO:0.043	TVOC:0.002	LIVABLE
PM1.0:001	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0409	HCHO:0.043	TVOC:0.001	LIVABLE
PM1.0:000	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0530	HCHO:0.046	TVOC:0.002	LIVABLE
PM1.0:000	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0544	HCHO:0.049	TVOC:0.014	LIVABLE
PM1.0:000	PM2.5:000	PM10:002	CO2:0516	HCHO:0.049	TVOC:0.014	LIVABLE
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0985	HCHO:0.023	TVOC:0.000	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0953	HCHO:0.023	TVOC:0.001	VENTILATED
PM1.0:000	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.004	VENTILATED
PM1.0:000	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.002	VENTILATED
PM1.0:001	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.059	VENTILATED
PM1.0:001	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.014	VENTILATED
PM1.0:001	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.001	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.173	VENTILATED
PM1.0:002	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.111	VENTILATED
PM1.0:000	PM2.5:002	PM10:002	CO2:0400	HCHO:0.023	TVOC:0.198	VENTILATED

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

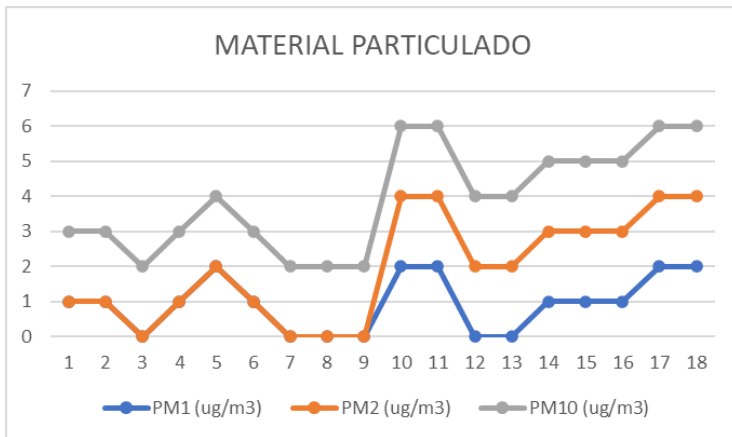


Gráfico 10. Material Particulado en M. MAYORGA

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

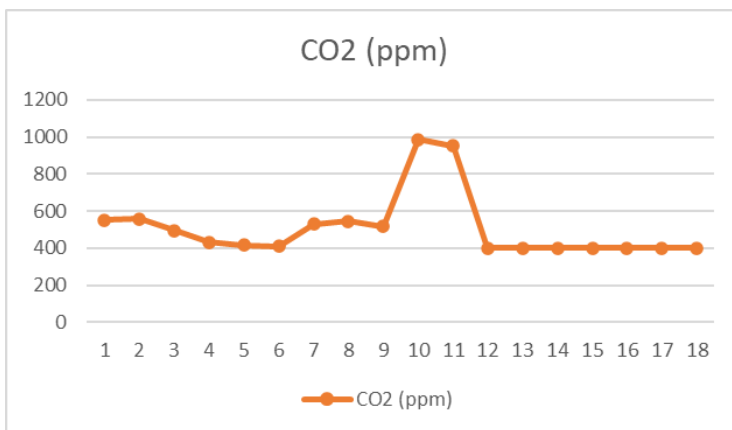


Gráfico 11. Dióxido de carbono en M. MAYORGA

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

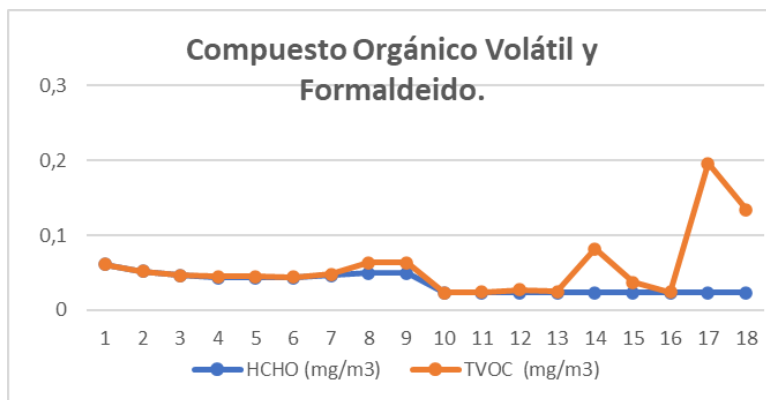


Gráfico 12. Compuesto orgánico volátil y formaldehído en M. MAYORGA
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación:

En esta empresa se determina que tienen una oficina principal cercana a los procesos, se pudo cuantificar una calidad del aire VENTILATED, se puede apreciar la presencia de material particulado, CO₂, HCHO y TVOC con valores pequeños que no afectan directamente a los trabajadores pero que a futuro por el tiempo de exposición podrían provocar enfermedades respiratorias.

Luego de haber realizado un diagnóstico inicial se puede evidenciar la existencia del problema en los lugares cerrados con la presencia de principales contaminantes del aire, lo que justifica una intervención.

Diseñar un purificador de aire para ambientes cerrados

Para el diseño y construcción de un purificador de aire se considera la metodología de la casa de la calidad QFD para considerar su análisis para desarrollar el prototipo.

Casa de la Calidad para Purificador de Aire con Carbón Activado

Necesidades del Cliente (Voz del Cliente - VdC):

- Reducción de la contaminación del aire interior
- Eliminación de partículas dañinas
- Eficiencia energética.
- Bajo costo
- Facilidad de uso
- Durabilidad y vida útil del producto

- Fácil mantenimiento
- Eliminación de malos olores
- Soporte golpes
- Liviano.

Características de Calidad (Voz del Proceso - VdP):

Características de Diseño (CD):

- Eficiencia de filtrado.
- Capacidad de eliminación de olores.
- Consumo de energía.
- Facilidad de cambio del filtro.
- Materiales de construcción.
- Durabilidad.

Características de Producción (CP):

- Tolerancias de fabricación.
- Calidad de montaje.
- Proceso de control de calidad.
- Inspección y pruebas.

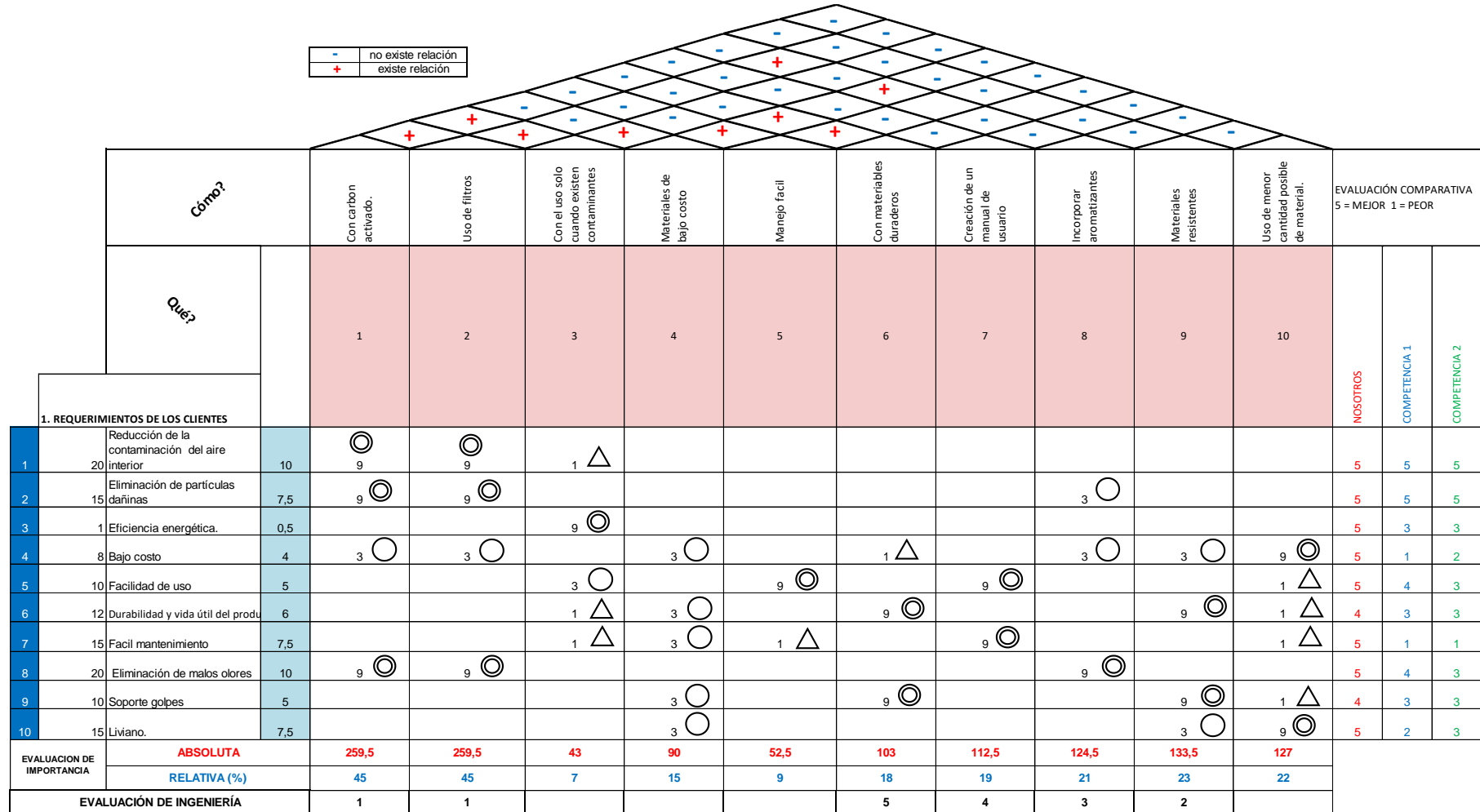
Interrelación entre las características:

- Alta eficiencia de filtrado y reducción de la contaminación del aire.
- Capacidad de eliminación de olores y eliminación de partículas dañinas y olores
- Consumo de energía y eficiencia energética.
- Facilidad de cambio del filtro y ‘facilidad de uso y mantenimiento.
- Materiales de construcción y durabilidad y vida útil del producto.
- Durabilidad y durabilidad y vida útil del producto.

Ponderación de la importancia:

A continuación, se asignan valores numéricos que reflejan la importancia relativa de cada necesidad del cliente (VdC) y cada característica de diseño (CD). A continuación, se presenta la Imagen 3 con la casa de la calidad con los valores determinados y ponderaciones necesarias para el diseño y construcción del prototipo de purificación del aire.

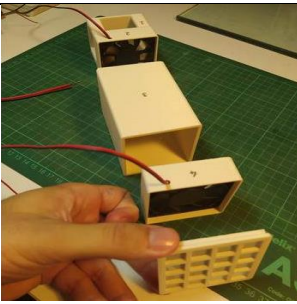



Imagen 3. Casa de la calidad para prototipo de purificador de aire.



Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Se diseñan y elaboran prototipos para purificar el aire en base a prototipos existentes, se desarrollan cuatro prototipos que podrían ayudar a disminuir la contaminación en lugares cerrados, estos diseños son básicos que utilizan una cámara donde se coloca el carbón activado, el purificador de aire tendrá varios diseños de prueba, estos contendrán ventiladores de flujo de aire silenciosos NZXT F120Q, RF-Q12SF-B1 y entre los posibles diseños adoptados se presentan en la Tabla 9 siguiente donde se presentan a los purificadores creados para esta investigación.

Tabla 9. Prototipos desarrollados para purificación de aire.

PROTOTIPO	IMAGEN	ELEMENTOS
P1		<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador para apresuramiento de aire contaminado. • Cámara de descontaminación con carbón activado en grano. • Ventilador de liberación de aire contaminado. • Rejilla de protección de aspas del ventilador.
P2		<ul style="list-style-type: none"> • Dos ventiladores para presurizar el aire contaminado. • Cámara de descontaminación con carbón activado en partículas en una funda para filtrado.
P3		<ul style="list-style-type: none"> • Un ventilador para presurizar el aire contaminado. • Cámara de descontaminación con carbón activado en grano.
P4		<ul style="list-style-type: none"> • Cámara de ingreso de aire contaminado • Dos ventiladores apresuración de aire contaminado • Cámara de descontaminación con filtros de carbón activado. • Aromatizante con carbón activado para desinfección de aire.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

De los cuatro diseños elaborados se escoge el P4 considerando que al utilizar dos ventiladores y una cámara de ingreso de aire contaminante permitirá enviar con facilidad el aire a la cámara purificadora con filtros de carbón activado y ambiental con aroma agradable y también con carbón activado que facilitaría la descontaminación del aire. Los otros prototipos fueron descartados ya que al utilizar carbón en grano o con una bolsa de contención, las partículas de carbón fueron liberadas luego del proceso de purificación en las cámaras. Adicionalmente la presurización del aire en estos prototipos sus diseños no ayudan a la fluidez del aire con cierta fuerza para su dispersión. Cabe mencionar que todos los diseños realizados podrían ayudar en el objetivo central de investigación que es el purificar el aire en espacios cerrados, pero para efecto del desarrollo de su control y aplicación se considera el prototipo P4 para completar el purificador de aire con carbón activado y IoT.

El prototipo que se ha escogido de todos los diseños realizados se presenta a continuación en las siguientes imágenes desde la 4 hasta la 8 se presenta el dimensionamiento del diseño del prototipo de purificación de aire para ambientes cerrados.

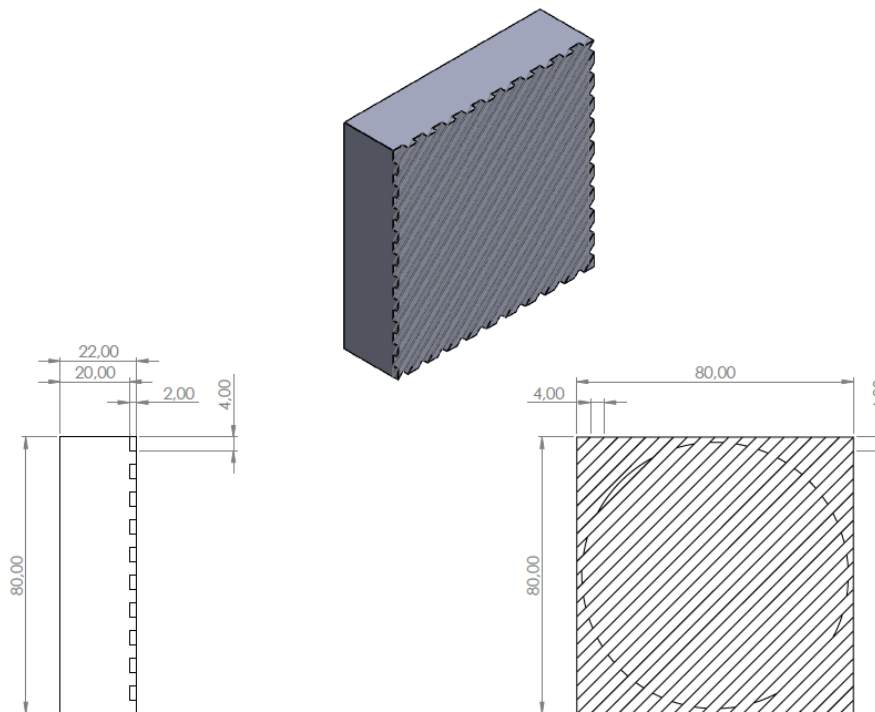


Imagen 4. Componente 1. Sección de salida de aire purificado.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

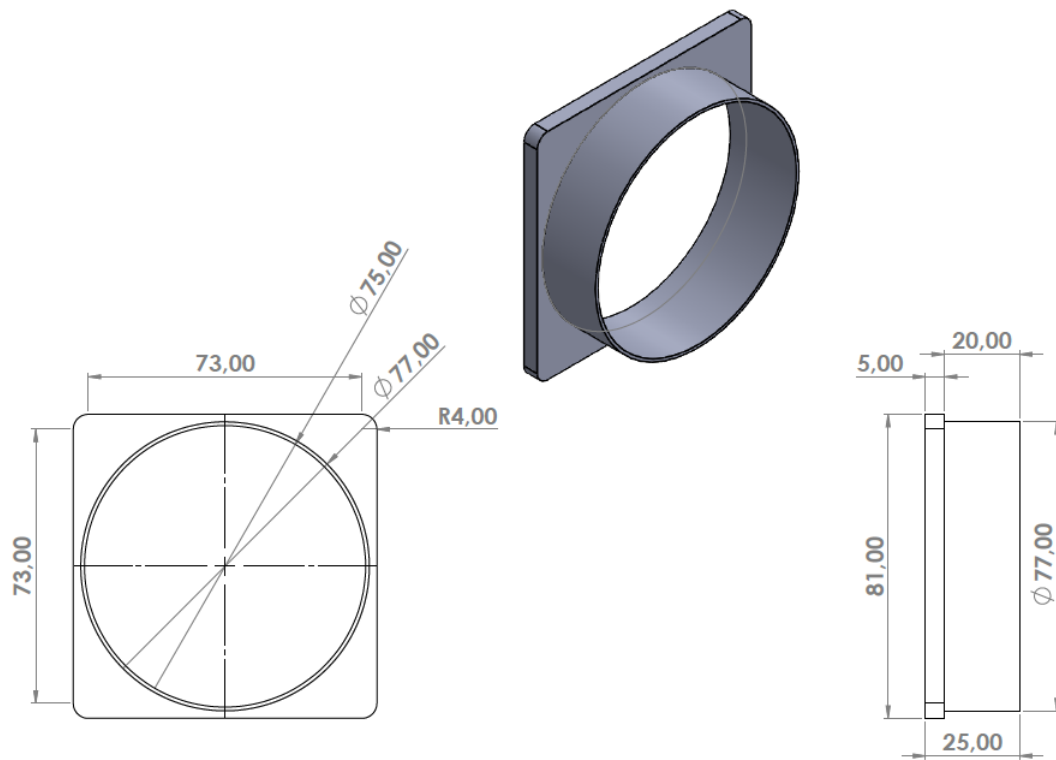


Imagen 5. Componente 2 de prototipo de purificación de aire.
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

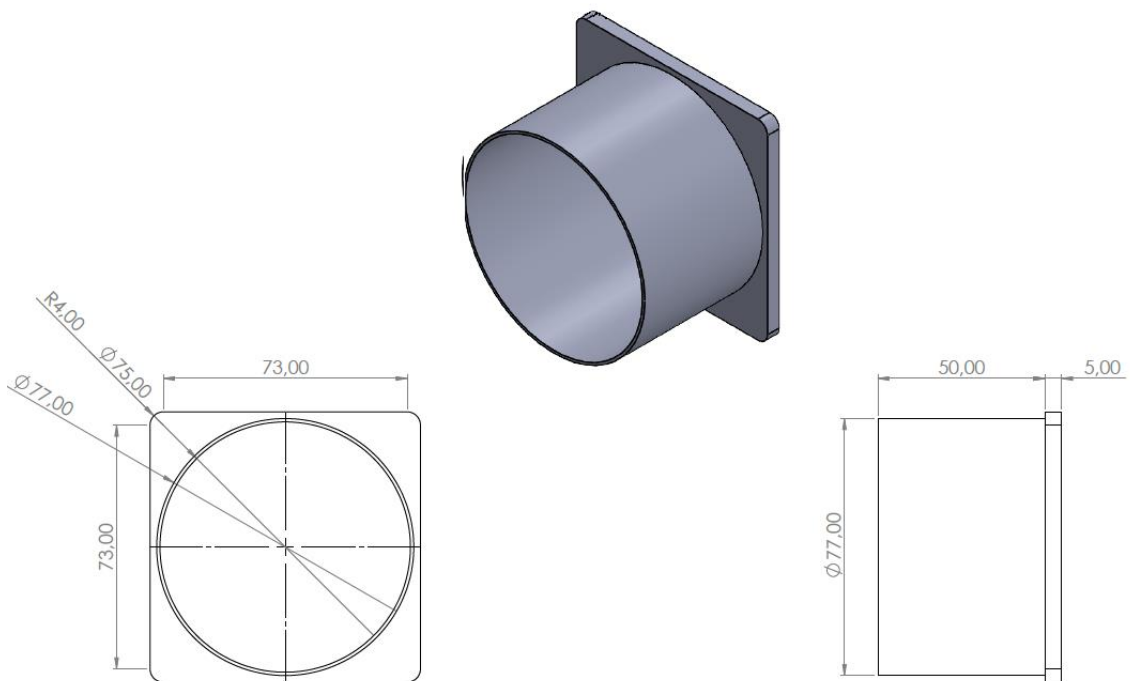


Imagen 6. Componente 3 de prototipo de purificación de aire.
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

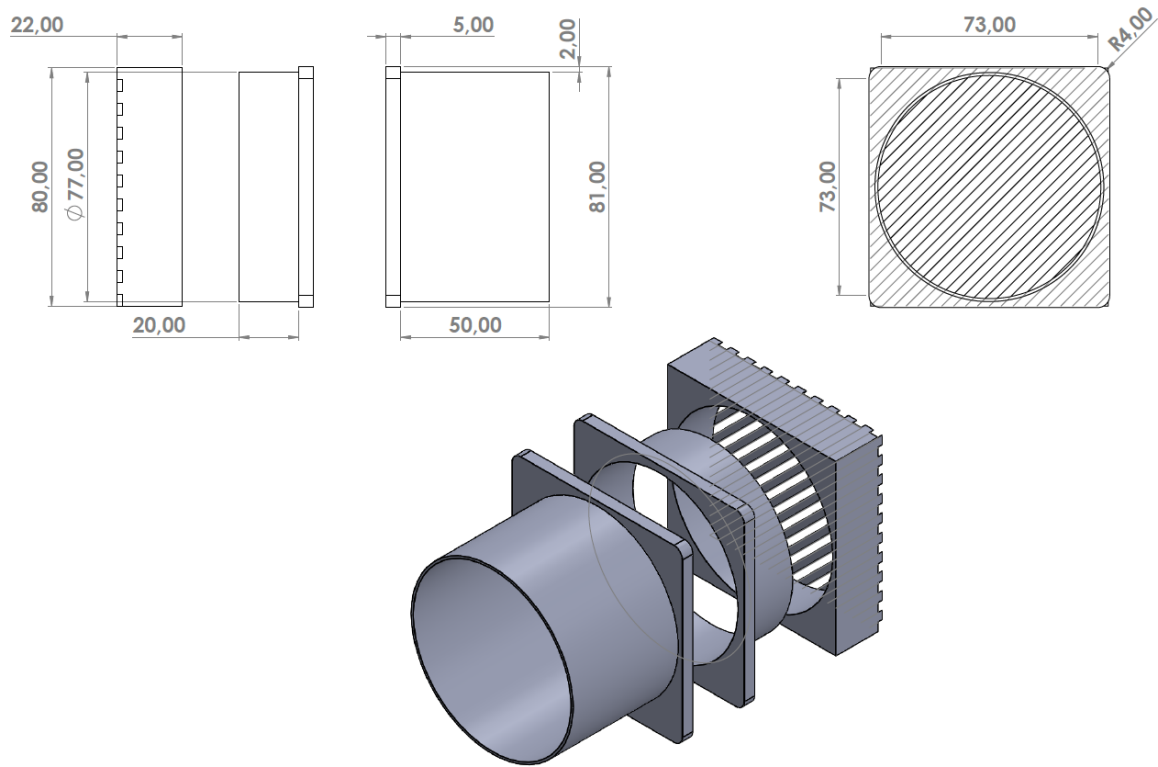


Imagen 7. Ensamblado del prototipo de purificación de aire.
Elaborado por: Lara-Calle (2023)



Imagen 8. Purificador terminado con filtro de carbón activado.
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Diseño del medidor de contaminación.

El diseño del dispositivo de medición de gases consta de dos etapas: una fase gráfica y otra de programación. Está compuesto principalmente por una placa Arduino Sp32 con conectividad inalámbrica y sensores de la familia MQ para la identificación y medición de contaminantes del aire.

En la imagen 9, se presenta un diseño realizado en la página web Wokwi, que es un simulador de proyectos de sistemas electrónicos con la tecnología de Arduino, en este diseño se puede apreciar la presencia de los tres sensores de gas MQ, el sensor de partículas MP y un motor que simula al prototipo de purificación.

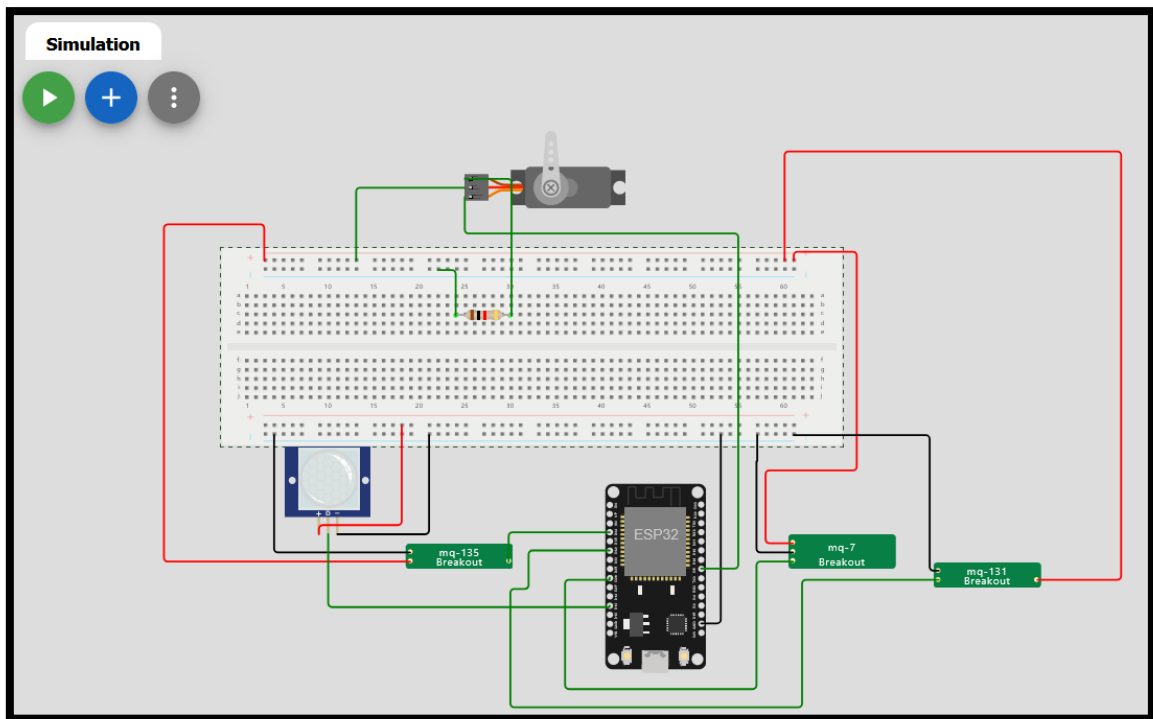


Imagen 9. Esquema del diseño del medidor.

Elaborado por: Lara-Calle, (2023)

Programación

Para realizar la programación de la tarjeta inteligente Arduino esp32 se sigue el proceso de la siguiente imagen 10.

Proceso de Configuración de Arduino

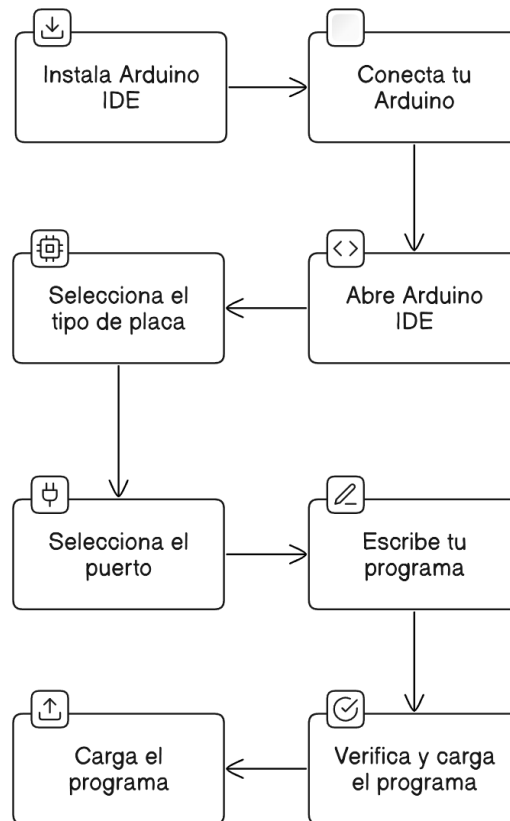


Imagen 10. Proceso de programación Arduino.
Elaborado por: Lara-Calle (2024)

Código utilizado para la programación de la tarjeta Arduino ESP32.

```
#include <DHT.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
const char* ssid = "Mercedes_Calle";
const char* password = "Olmedo35";
const char* server = "api.thingspeak.com";
unsigned long channelID = 2384178;
const char* apiKey = "M2NFDZ726D2WRSW3";
#define DHTPIN 13 // DHT11
#define DHTTYPE DHT11 // (DHT11 en este caso)
#define MQ135_PIN 12 // sensor MQ-135
#define MQ7_PIN 34 // sensor MQ-7
#define MQ131_PIN 32 // sensor MQ-131
#define PARTICLE_ANALOG_PIN 0 // sensor de partículas
#define PARTICLE_DIGITAL_PIN 36 // sensor de partículas
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
WiFiClient client;
void setup() {
```



```

Serial.begin(115200);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1000);
  Serial.println("Connecting to WiFi...");
}
Serial.println("Connected to WiFi");
dht.begin();
pinMode(MQ135_PIN, INPUT); // Inicializa MQ-135
pinMode(MQ7_PIN, INPUT); // Inicializa MQ-7
pinMode(MQ3_PIN, INPUT); // Inicializa MQ-3
pinMode(PARTICLE_ANALOG_PIN, INPUT); // Inicia sensor de partículas
pinMode(PARTICLE_DIGITAL_PIN, INPUT); // Inicializa el pin digital del
sensor de partículas
}
void loop() {
  float temp = dht.readTemperature();
  float hum = dht.readHumidity();
  int mq135Value = analogRead(MQ135_PIN);
  int mq7Value = analogRead(MQ7_PIN);
  int mq3Value = analogRead(MQ3_PIN);
  int particleAnalogValue = analogRead(PARTICLE_ANALOG_PIN);
  int particleDigitalValue = digitalRead(PARTICLE_DIGITAL_PIN);
  if (isnan(temp) || isnan(hum)) {
    Serial.println("Error reading data from DHT sensor");
    return;
  }
  if (client.connect(server, 80)) {
    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=" + String(temp);
    postStr += "&field2=" + String(hum);
    postStr += "&field3=" + String(mq135Value);
    postStr += "&field4=" + String(mq7Value);
    postStr += "&field5=" + String(mq3Value);
    postStr += "&field6=" + String(particleAnalogValue);
    postStr += "&field7=" + String(particleDigitalValue);
    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    char apiKeyHeader[50];
    sprintf(apiKeyHeader, "X-THINGSPEAKAPIKEY: %s\n", apiKey);
    client.print(apiKeyHeader);
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);
  }
  client.stop();
  Serial.println("Temperature: " + String(temp) + " °C, Humidity: " + String(hum)
+
", MQ-135: " + String(mq135Value) + ", MQ-7: " + String(mq7Value) +

```

```
", MQ-131: " + String(mq131Value) + ", Particle Analog: " +  
String(particleAnalogValue) + ", Particle Digital: " +  
String(particleDigitalValue));  
  delay(15000); // Envía datos cada 15 segundos (puede ajustarse según sea  
necesario)  
}
```

Construcción de un purificador de aire por filtrado con carbón activado y control IoT

Luego de haber elaborado el purificador de aire se completará el prototipo propuesto con sensores que se presentan en la Tabla 10, y una tarjeta Arduino ESP32 de la imagen 11.








Imagen. 11. Tarjeta Arduino esp32.

Fuente: www.didacticaselectronicas.com

La placa de desarrollo Arduino ESP32 combina las características de Arduino con las capacidades del chip ESP32 de Espressif Systems, lo que posibilita la programación utilizando el entorno de desarrollo de Arduino. Esto permite aprovechar las funcionalidades avanzadas del ESP32, como la integración de Wi-Fi y Bluetooth, así como varios puertos GPIO e interfaces de comunicación serie y analógica. Estas características la hacen una opción popular para una amplia gama de proyectos, desde los más simples hasta los más complejos, especialmente aquellos centrados en la conectividad inalámbrica y el Internet de las cosas (IoT) (Khidhir & Ibrahim, 2023).

Tabla 10. Componentes y dispositivos para el medidor de contaminación.

IDENTIFICACIÓN	IMAGEN	UTILIDAD
Sensor Gas MQ-131		Sensor de ozono basado en la medición de conductividad del SnO ₂
Sensor Gas MQ-7		Adecuado para la detección de concentraciones de CO en el aire. "Monóxido de Carbono" y H ₂ "Hidrogeno"
Sensor MQ-135.		Para medir Amoníaco "NH ₃ ", alcohol "NO ₂ ", Dióxido de Carbono "CO ₂ ", benceno, humo entre otros
Sensor PMS5003		Para medir la presencia de partículas PM2.5 y PM10 que se refiere a partículas desde 2.5 micrones a 10 micrones de diámetro.
Sensor DHT11		Es un sensor de humedad relativa y temperatura.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Fuente: <https://avelectronics.cc/producto/sensor-gas-mq-131/>

La diferencia entre los distintos modelos de sensores MQ reside en su sensibilidad a diferentes gases, presentando una mayor reacción ante ciertos gases en comparación con otros. Es relevante señalar que estos sensores tienen la capacidad de detectar más de un tipo de gas. Por consiguiente, se aconseja revisar minuciosamente las especificaciones técnicas de cada sensor (datasheet) para elegir el más adecuado según las necesidades específicas de la aplicación. A continuación, se detallan los sensores utilizados y sus imágenes del número 12 al 15.

Sensor Gas MQ-131

Este sensor de ozono basado en la medición de conductividad del SnO₂, tiene alta sensibilidad al ozono, también es sensible a Cl₂ (dióxido de cloro), NO₂ (dióxido de nitrógeno), etc.



Imagen 12. Sensor MQ-131

Fuente: <https://naylampmechatronics.com>

Sensor de Monóxido de Carbono MQ7

Este sensor muestra una alta sensibilidad al monóxido de carbono (CO), aunque también detecta la presencia de H₂.



Imagen 13. Sensor MQ-7

Fuente: <https://naylampmechatronics.com>

Sensor Calidad Aire MQ135

Se emplean en dispositivos de monitoreo de la calidad del aire en edificios y oficinas y son aptos para detectar NH₃, NO_x, alcohol, benceno, humo, CO₂, y otros compuestos. Este sensor responde de manera sensible a los gases mencionados, permitiéndonos determinar la pureza del aire.



Imagen 14. Sensor MQ-135

Fuente: <https://naylampmechatronics.com>

Sensor de polvo y material particulado PMS5003

Sensor digital universal para medir la concentración de partículas en el aire, capaz de proporcionar el recuento de partículas suspendidas con salida en formato digital.



Imagen 15. Sensor PMS5003

Fuente: <https://naylorpmechatronics.com>

Propiedades del carbón activado en limpieza y descontaminación.

El carbón activado es un material poroso que se obtiene a partir de la carbonización de materiales ricos en carbono, como madera, cáscaras de coco, hueso, carbón, entre otros. Sus propiedades únicas se deben a su estructura porosa y a la activación que sufre durante su proceso de fabricación, es importante tener en cuenta que las propiedades específicas del carbón activado pueden variar según el tipo de material precursor y el proceso de activación utilizado durante su fabricación (Zambrano Campitelli & Pérez Hernández, 2023).

Algunas propiedades del carbón activado son:

Porosidad:

El carbón activado tiene una estructura altamente porosa con una amplia gama de poros de diferentes tamaños. Esta porosidad proporciona una gran área superficial específica, lo que es beneficioso para la adsorción de gases y sustancias químicas.

Adsorción:

Es conocido por su capacidad de adsorber (no absorber) moléculas en su superficie. La adsorción implica la adhesión de partículas o moléculas a la superficie del carbón activado debido a las fuerzas de atracción.

Propiedades Químicas:

El carbón activado es químicamente inerte. No reacciona fácilmente con sustancias químicas, lo que lo hace útil para aplicaciones donde se requiere una superficie limpia sin interacciones químicas no deseadas.

Decoloración y Purificación:

Se utiliza comúnmente en la industria alimentaria y farmacéutica para la decoloración y purificación de líquidos. Adsorbe impurezas y pigmentos no deseados.

Filtración: Se utiliza en sistemas de filtración para eliminar contaminantes del agua y del aire. La estructura porosa permite retener partículas indeseadas.

Tratamiento de Aguas:

Es eficaz para eliminar compuestos orgánicos, productos químicos y contaminantes en el tratamiento de aguas, tanto en aplicaciones industriales como domésticas.

Adsorción de Gases:

Se utiliza en máscaras de gas y sistemas de purificación de aire para adsorber gases tóxicos y olores.

Medicina y Toxicología:

Se utiliza en situaciones de envenenamiento o sobredosis para adsorber sustancias tóxicas del tracto gastrointestinal.

Catálisis Heterogénea:

En algunas formas, el carbón activado se utiliza como catalizador en reacciones químicas heterogéneas.

Almacenamiento de Gas:

Debido a su alta porosidad, puede usarse para almacenar gases a alta presión.

El purificador de aire está equipado con filtros de carbón activado que podrá eliminar olores desagradables y gases volátiles orgánicos, como los provenientes de productos químicos y materiales de construcción. En la imagen 14 se presenta al carbón activado.



Imagen 16. Carbón activado.

Fuente: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>

Por problema en el uso del carbón activado en pepas por la existencia de movimiento se generan polvos de carbón activado lo que provocó la expulsión de estas partículas al ambiente, por tal razón se realizó la compra de filtro de carbón activado PUREBURG, almohadilla de carbón cortada a medida, de 16 x 48 pulgadas, para filtro de aire, lámina de carbón, se adapta a campanas extractoras, filtros de horno, elimina el olor, piezas de VOC, para colocar en el prototipo en lugar del material absorbente en pepas, en la imagen 15 de presenta el carbón activado en almohadilla.



Imagen 17. Carbón activado en almohadilla.

Fuente: <https://tiendamia.com/ec>

El control de los sensores se realiza en <https://thingspeak.com> para mantener un registro de los valores de los contaminantes como se presenta en la imagen 16. El link de acceso es <https://thingspeak.com/channels/2384178>

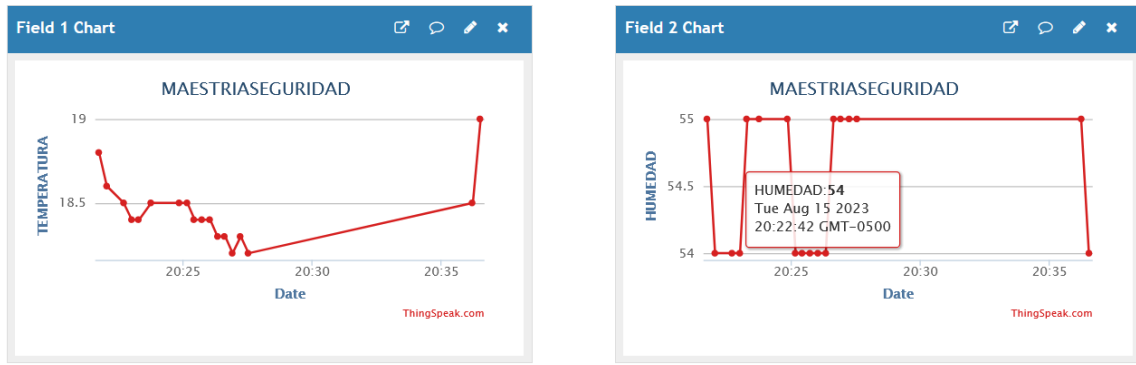


Imagen 18. Control de sensores de purificador de aire.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Evaluar el rendimiento del prototipo en ambiente controlado de laboratorio

La evaluación del rendimiento del prototipo en ambiente controlado se presentará en el capítulo 4 de la presente propuesta metodológica.

Para dicho cometido se realizará una evaluación del prototipo de medición mediante comparación con un dispositivo de medición comercial. Se realizarán tomas en un ambiente controlado de laboratorio tanto con el dispositivo comercial y el prototipo propuesto, estos datos serán comparados de forma directa y se podrá conocer si el prototipo propuesto cumple con su objetivo y con ello validar su rendimiento.

Para validar el purificador de aire se realizarán mediciones con contaminantes comunes de ambientes cerrados en una cuba de vidrio hermética y luego se pondrá en marcha el prototipo de purificación de aire con filtro de carbón activado con los mismos contaminantes comunes y cuantificar si su utilización disminuye la cantidad de los contaminantes analizados, para su verificación se establecerá un estadístico de comparación y saber si existen diferencias significativas.

CAPITULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

El producto final presentado en la imagen 17 es el resultado de la investigación, desarrollo de un prototipo de purificación de aire para ambientes laborales que permitirá controlar el Riesgo Físico al purificar y reducir del medio el material particulado y el Riesgo Químico al reducir o eliminar la contaminación por agentes químicos que puedan causar daños en las vías respiratorias de trabajadores.



Imagen 19. Purificador de aire para interiores con filtro de carbón activado y control IoT.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

El prototipo podrá Identificar los contaminantes del aire y cuantificarlos con dispositivos o sensores de medición con tecnología IoT, se refiere a la conexión de objetos físicos a través de internet y la capacidad de recopilar y compartir datos en tiempo real. Esto se logra mediante la integración de sensores, dispositivos electrónicos y software en

los objetos cotidianos, lo que les permite comunicarse entre sí y con sistemas de gestión centralizados. Los dispositivos IoT medirán y recopilará datos de temperatura, humedad, ozono, conductividad del SnO₂, detección de concentraciones de CO en el aire. "Monóxido de Carbono" y H₂ "Hidrogeno", Amoníaco "NH₃", alcohol "NO₂", Dióxido de Carbono "CO₂", benceno, humo, la concentración de partículas PM2.5 y PM10 y la concentración de dióxido de azufre (SO₂).

Los datos recopilados por los dispositivos IoT se transmiten a través de redes inalámbricas a sistemas de procesamiento de datos, que pueden analizar y actuar sobre ellos en tiempo real. Esto permite a los usuarios monitorear y controlar los dispositivos IoT desde cualquier lugar, lo que puede mejorar la eficiencia, la seguridad y la productividad.

Mediante su sistema de purificación con filtros de carbón activado pretende reducir los contaminantes del medio ambiente de trabajo. El prototipo será construido mediante impresión 3D y deberá ser probado y ajustado para asegurarse de que funciona de manera efectiva. Una vez construido el prototipo, se realizarán pruebas de calidad del aire para evaluar su efectividad en la eliminación de los contaminantes. En función de los resultados de las pruebas de calidad del aire, se pueden realizar mejoras y ajustes en la máquina para optimizar su desempeño. Finalmente, una vez que se ha perfeccionado el prototipo, se puede proceder a la fabricación.

Con el prototipo se presentarán las instrucciones detalladas sobre cómo utilizar y mantener el dispositivo de manera segura y eficiente. Ayudando a los usuarios a evitar accidentes o lesiones al utilizar el dispositivo de manera incorrecta o no segura reduciendo el riesgo de lesiones y aumentar la seguridad del usuario. Las directrices de uso y mantenimiento detallado podrán proporcionar información sobre cómo mantener el dispositivo en buen estado de funcionamiento, incluyendo la limpieza y el cuidado adecuados, lo que puede reducir la necesidad de reparaciones costosas o la necesidad de reemplazar el dispositivo por completo.

En la imagen 18, se presenta la propuesta metodológica final que es el producto terminado de un prototipo de purificación de aire con filtro de carbón activado y control IoT.

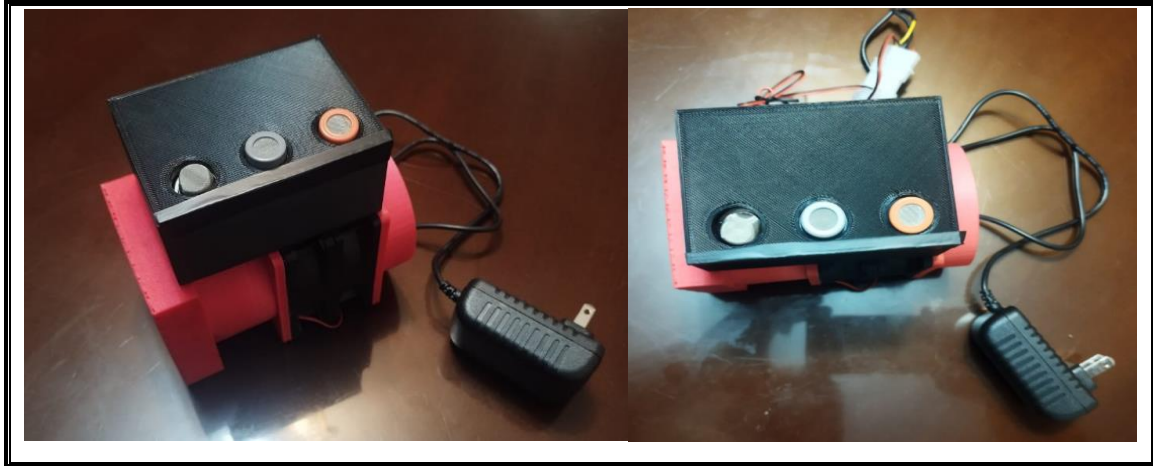


Imagen 20. Purificador de aire para interiores con control IoT.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Instrucciones de uso del prototipo de purificación de aire y control IoT.

Es fundamental revisar detenidamente todas las instrucciones antes de utilizar el dispositivo por primera vez. Solo el personal adecuadamente capacitado debe utilizar el dispositivo. El fabricante no se hará responsable de ningún daño causado por no seguir las advertencias y directrices del manual.

El aparato debe ser utilizado únicamente siguiendo las instrucciones proporcionadas en este manual. Emplear el dispositivo para otros fines puede resultar en situaciones de riesgo.

Garantice que el dispositivo se utilice únicamente cuando las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, se encuentren dentro de los límites indicados en las especificaciones técnicas. Evite la exposición del dispositivo a temperaturas extremas, a la luz solar directa, a entornos con alta humedad o a lugares húmedos. Asimismo, evite impactos o vibraciones fuertes.

La carcasa del dispositivo solo debe ser abierta por personal calificado de la empresa o por el desarrollador del prototipo.

Evite usar el dispositivo con las manos mojadas y no realice cambios técnicos en él.

Es imprescindible utilizar un paño para limpiar el dispositivo, teniendo especial precaución al manipular los sensores; es recomendable evitar la utilización de productos de limpieza abrasivos o con base disolvente. Se deben emplear accesorios o piezas de repuesto proporcionados por el fabricante.

Antes de utilizar el dispositivo, es importante inspeccionar visualmente su carcasa para verificar que no tenga ningún tipo de deterioro visible. En caso de detectar algún daño, se recomienda no utilizar el dispositivo.

No seguir las indicaciones de seguridad puede causar daños al equipo y comprometer la seguridad del usuario. Es importante tener en cuenta que este medidor no está diseñado para detectar gas metano debido al riesgo de posibles incendios.

Para consultas adicionales, por favor comuníquese con el proveedor correspondiente cuyos detalles de contacto están disponibles al final de esta publicación.

Características

- Descubrimiento de gases:
- Control con ThingSpeak.com (IoT)
- Rango de control hasta 10000 ppm
- Sensores de repuesto.
- Permanencia del sensor de 5 años
- Dispositivo de voltaje.

Gases detectables como:

MQ131: El MQ-131 es receptivo al ozono y muestra sensibilidad a Cl_2 (dióxido de cloro), NO_2 (dióxido de nitrógeno) y otros gases.

MQ7: CO , H_2 (Hidrógeno Molecular)

MQ135: NH_3 (Amoníaco), NO_x , Alcohol, Benceno, humo y CO_2 (Dióxido de Carbono)

Partículas detectables como:

Rango efectivo (PM2.5 standard), sensible a:

Partículas de polvo: Estas partículas pueden provenir de la erosión del suelo, la actividad industrial, la construcción, el tráfico vehicular, etc. Pueden ser de diversos tamaños y composiciones, dependiendo de su origen.

Humo y hollín: Partículas generadas por la combustión incompleta de materiales orgánicos, como el humo de los automóviles, la quema de biomasa, la industria y los incendios forestales.

Polen y esporas de moho: Partículas biológicas liberadas por plantas y hongos respectivamente. Estas partículas pueden desencadenar alergias en algunas personas.

Cenizas volcánicas: Partículas finas producidas durante erupciones volcánicas que pueden permanecer suspendidas en el aire durante largos períodos.

Metales y compuestos inorgánicos: Partículas que pueden ser liberadas por actividades industriales, como la fundición de metales, la construcción, la minería, etc.

Contaminantes orgánicos: Compuestos orgánicos volátiles (COV) que pueden estar presentes en el aire debido a actividades industriales, el tráfico vehicular, la combustión de combustibles fósiles, etc.

Especificaciones técnicas

En la siguiente tabla 11 se presenta las especificaciones técnicas del prototipo.

Tabla 11. Especificaciones técnicas del prototipo de purificación del aire.

Rango de medición	Concentración baja: 0 Concentración alta: 10000 ppm
Sensibilidad	<50 ppm
Intervalo de medición	15 segundos
Visualización IoT	Thingspeak.com
Calibración	Se calibran los sensores encendiendo el dispositivo en lugares libres de contaminación.
Fase de calentamiento	50 segundos
Fuente de Voltaje	Adaptador de voltaje. 5 V
Duración del sensor	Aprox. 5 años (sensor intercambiable)
Peso	Aproximadamente. 400 g
Lugar de aplicación	Oficinas cerradas cercanas a procesos productivos.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Temperatura óptima: En general, la mayoría de los sensores MQ operan de manera confiable a temperaturas que oscilan entre los 20°C y los 50°C. Temperaturas más allá de este rango podrían afectar la precisión y la estabilidad de las mediciones.

Humedad óptima: La mayoría de los sensores MQ no son muy sensibles a la humedad, pero es recomendable operarlos en entornos con una humedad relativa moderada, preferiblemente entre el 20% y el 80%. La alta humedad puede tener efectos adversos en los componentes electrónicos en general, por lo que mantener un nivel de humedad moderado es ideal.

Elementos del dispositivo de medición de gases.

1 purificador de aire para interiores.

1. medidor de gases con control IoT.

1 adaptador de voltaje.

1 manual de instrucciones

Descripción: En la imagen 17 se presenta la descripción de los componentes del prototipo.

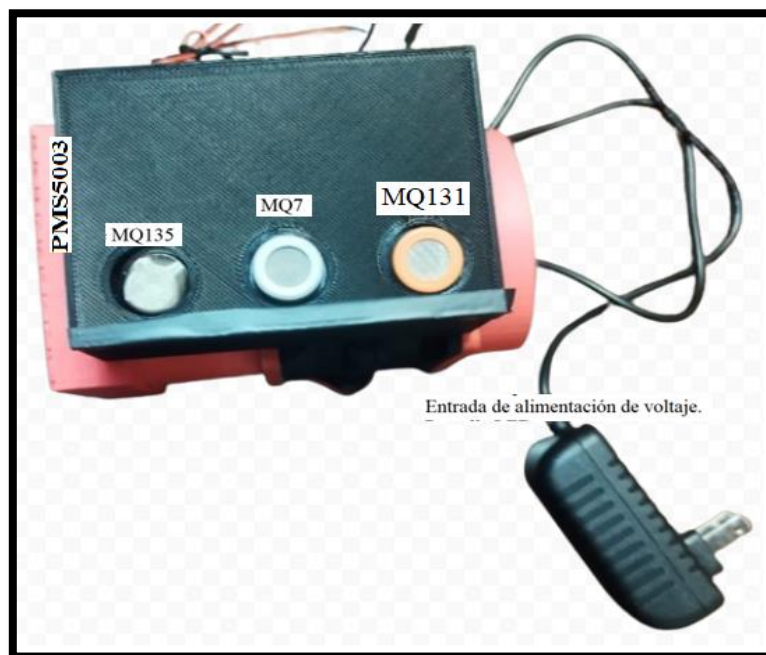


Imagen 21. Descripción de componentes del purificador de aire.
Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Funcionamiento del dispositivo

Antes del primer uso

Localizar la conexión de alimentación de 110 V. El conector de carga está situado en el lado derecho junto al botón de encendido.

Encienda el equipo y déjelo funcionando durante unos treinta minutos para que el sensor se adapte. En un entorno sin contaminación, compruebe que la red inalámbrica de la empresa esté activa y configure el dispositivo con la asistencia de personal cualificado para la conexión a la red inalámbrica.

El equipo debe ubicarse en las proximidades de las estaciones de trabajo donde se pretende evaluar la contaminación. Evite colocar el dispositivo directamente expuesto a los gases o vapores generados por los procesos, ya que esto podría afectar los sensores. Se recomienda mantener una distancia de medición de entre uno y dos metros.

Si el dispositivo no se usa por un período superior a dos meses, se recomienda repetir este procedimiento.

Antes de usar

Antes de utilizar el dispositivo, inspeccione visualmente en busca de daños. Solo encienda el dispositivo en un área libre de gases inflamables y realice una prueba de gas con el gas adecuado.

¡Precaución!

Cuando utilice un encendedor, mueva suavemente la cabeza del sensor hacia la fuente de gas. Evite exponer el sensor a una concentración del 100% para evitar daños. Revise el control IoT y la lectura en la pantalla LED. En caso de no mostrar valores, contacte directamente al fabricante.

Uso

Verifique que el gas a identificar se encuentre en la lista mencionada previamente. Active el dispositivo únicamente en un entorno libre de contaminación por gas.

Encienda el equipo y permite que se caliente durante media hora. El dispositivo indicará el final del periodo de calentamiento al medir los niveles de contaminación.

Elimine el aceite y el polvo de las zonas a inspeccionar, ya que podrían interferir con la detección. Desplace con cuidado el sensor hacia la región a examinar, si es preciso.

El purificador de aire se activará automáticamente al detectar contaminantes, recordando a los trabajadores la importancia de proteger sus vías respiratorias con mascarillas. Se recomienda apagar el dispositivo después de completar las mediciones.

Valores permisibles de exposición de contaminantes.

Es fundamental tener en cuenta los límites aceptables de los contaminantes químicos detallados en la tabla 12, de modo que el monitoreo a través de la tecnología IoT pueda detectar la presencia de dichos químicos y realizar evaluaciones para reducir la contaminación.

Tabla 12. Valores permisibles de exposición a químicos y partículas.

VALORES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN A QUÍMICOS	
GLP (Gas licuado de petróleo)	1,000 ppm (partes por millón) durante un periodo corto de tiempo.
Propano	1,000 ppm (partes por millón) durante un periodo corto de tiempo.
Alcohol	1,000 ppm durante un periodo corto de tiempo.
Hidrógeno	1,000 ppm durante un periodo corto de tiempo.
Humo	Humo de soldadura, el límite puede ser de 5 mg/m ³ para partículas totales.
Hexano	50 ppm en una jornada laboral de 8 horas.
CO (Monóxido de Carbono)	25 ppm durante una jornada laboral de 8 horas.
CH ₄ (Metano)	Se debe evitar concentraciones elevadas debido al riesgo de asfixia.
NH ₃ (Amoniaco),	25 ppm durante una jornada laboral de 8 horas.
NO _x .	25 ppm para el dióxido de nitrógeno (NO ₂) durante una jornada laboral de 8 horas.
Benceno,	1 ppm durante una jornada laboral de 8 horas.
CO ₂ (Dióxido de Carbono)	5,000 ppm durante una jornada laboral de 8 horas.

Fuente: OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, Estados Unidos)

Los límites permisibles para material particulado son:

PM1 (Partículas Menores a 1 Micra):

Las partículas PM1 son aquellas con un diámetro inferior a 1 micra. No están reguladas específicamente, pero se consideran especialmente peligrosas debido a su tamaño extremadamente pequeño.

Pueden penetrar en el tejido pulmonar y llegar al torrente sanguíneo, causando efectos sistémicos en la salud.

PM2.5 (Partículas Menores a 2.5 Micras): El valor límite permisible para la concentración promedio de 24 horas (exposición aguda) es de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para la exposición crónica, el promedio anual está especificado en 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM10 (Partículas Menores a 10 Micras):

El valor límite permisible para la concentración promedio de 24 horas (exposición aguda) es de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para la exposición crónica, el promedio anual está especificado en 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Otras funciones

Calibración de sensores

Los sensores de la serie MQ diseñados para Arduino conservan su calibración. Aunque la durabilidad usual de un sensor MQ puede variar de uno a cinco años, es crucial recordar que esta cifra es meramente indicativa. Con el paso del tiempo, la precisión y la respuesta del sensor pueden decaer debido al envejecimiento y la exposición a productos químicos. Además, factores como la concentración de gases detectados, la temperatura, la humedad y la contaminación ambiental pueden afectar la vida útil del sensor.

Monitoreo en Tiempo Real:

El sistema integrado en la tarjeta de IoT posibilita la supervisión constante y en tiempo real de los niveles de contaminantes, ofreciendo de manera inmediata datos sobre la calidad del aire y otros aspectos ambientales.

ThingSpeak, desarrollado por MathWorks, es una plataforma en línea diseñada para la gestión de datos provenientes de dispositivos conectados a Internet, como sensores y dispositivos IoT. Ofrece una variedad de herramientas y servicios para la captura, almacenamiento y presentación de datos en tiempo real, permitiendo a los usuarios analizar y visualizar la información mediante gráficos y widgets personalizables. Además de facilitar la compartición de datos tanto en entornos públicos como privados, ThingSpeak integra capacidades avanzadas de procesamiento y análisis de datos mediante MATLAB. Esta plataforma es ampliamente empleada en diversos campos, incluyendo el monitoreo remoto, la gestión ambiental y la agricultura inteligente, entre otros, contribuyendo así al desarrollo de aplicaciones relacionadas con el IoT y la gestión de datos en la nube.

Purificador de aire.

El purificador de aire se encenderá cuando los sensores conozcan la presencia de los contaminantes del aire por lo que alerta a los trabajadores como prevención.

Solución de problemas

Los posibles errores en el prototipo y soluciones se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Posibles errores en el prototipo y soluciones.

Error	Posible causa Solución
No es posible activar el dispositivo.	Comprobar la fuente de voltaje para detectar posibles daños en el adaptador de voltaje.
Sensor defectuoso	Pida asistencia técnica para la sustitución del sensor.
Sistema de medición de gases NO funciona.	Comprobar su operatividad con el personal técnico de la empresa; en caso de que los componentes estén quemados o dañados, verificar la garantía para su reparación.

Problema con el control IoT	Para confirmar la conexión sin cables, en caso de que la empresa haya modificado la red, los usuarios y las contraseñas, es necesario contactar al centro de atención para reprogramar la tarjeta del dispositivo.
-----------------------------	--

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Garantía

Las condiciones de la garantía se detallan en un documento que se entrega al adquirir el dispositivo, principalmente la garantía es válida por 2 años para cubrir problemas en el dispositivo que no sean causados por el usuario.

Reciclaje

Debido a su contenido tóxico, los componentes del dispositivo no deben ser descartados en la basura convencional, sino que deben ser llevados a lugares adecuados para su reciclaje. Con el fin de cumplir con la normativa de reciclaje de aparatos eléctricos, recolectamos todos nuestros dispositivos para ser reciclados por nosotros mismos o eliminados legalmente por una empresa especializada en reciclaje.

Puede enviarlo a: Ing. Andrés Lara C.

Universidad Indoamérica. Dirección: Agramonte y Manuelita.

Información de contacto y servicio:

Técnico de vigilancia al usuario: Ing. Andrés Lara.

Teléfono: 0995665120 Correo: anrolaca@yahoo.com

Resultados esperados.

- Crear conciencia de prevención de enfermedades respiratorias por presencia de contaminantes químicos y físicos en la comunidad Académica y proyectar a las empresas de la provincia de Tungurahua.
- Obtener un purificador de aire de bajo costo con carbón activado para ambientes cerrados laborales con riesgos físicos y químicos.

- Reducir o eliminar los contaminantes del aire con las propiedades del carbón activado, considerando estudios realizados que han utilizado este material orgánico para purificación.
- Generar un medidor con control IoT, el mismo que permitirá identificar la contaminación existente en el aire de lugares cerrados que permitirá a futuro utilizarlo para diferentes procesos productivos e identificar la presencia de contaminantes para generar posibles soluciones a favor de la seguridad y salud de los trabajadores.
- Validar el medidor de contaminantes mediante experimentación de ambiente controlado utilizando los datos de medición de contaminantes comunes, mediante la comparación de variables con un medidor comercial.
- Verificar la reducción de la contaminación del aire con el prototipo propuesto.
- Realizar un proyecto de investigación para poner en marcha el prototipo en las empresas de la provincia de Tungurahua y Chimborazo.
- Presentar los resultados de la investigación de propuesta metodológica en una publicación científica.

Planificación.

En la tabla 14. se presenta el cronograma cumplido para el desarrollo de la propuesta metodológica.

Tabla 14. Cronograma de desarrollo de propuesta metodológica.

Tema	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Solicitud de aprobación de tema						
Tema: Desarrollo de un purificador de aire mediante carbón activado con sistema de medición IoT para ambientes laborales cerrados.						
Identificar los riesgos presentes en el aire de procesos productivos en cuatro empresas de la provincia de Tungurahua.						
Cuantificar la calidad del aire y contaminantes presentes en ambientes cerrados de las empresas de la provincia de Tungurahua.						
Investigar las propiedades del carbón activado para purificación del aire.						

Tema	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Construir un purificador de aire por filtrado con carbón activado y control IoT, en base a diseños básicos de purificadores de aire y selección en base a los requerimientos y necesidades de un análisis de la casa de calidad.						
Construir el control de la calidad del aire con tecnología Arduino y adaptar al purificador de aire.						
Evaluar el rendimiento del prototipo en ambiente controlado de laboratorio.						
Presentación de resultados						

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Costos de la Propuesta Metodológica.

A continuación, en la tabla 15 se detallan los valores monetarios utilizados en la propuesta metodológica.

Tabla 15. Recursos económicos de la propuesta metodológica.

CANTIDAD	Material	Costo (\$)
1	Instrumento de medición BLATN Smart 128s	200
2	Impresión 3D de purificadores de aire de diseños básicos	100
1	Carbón activado	80
2	Ventiladores de flujo de aire silenciosos NZXT F120Q, RF-Q12SF-B1	40
2	Tarjeta esp32	27
3	Sensores de gases MQ 131, 7 y 135	57
1	Sensor de medición de partículas PMS5003	28
1	Dispositivos de conexión eléctrica. (Cables, protoboard, case)	25
1	Cabina con aislamiento para pruebas de contaminación	80
Total		637\$

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

CAPITULO IV

EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso de ejecución

La ejecución de la propuesta metodológica engloba la creación de un prototipo de purificación de aire con control de medición de presencia de contaminantes, utilizando sensores Arduino y control IoT, está justificada en base desde la Maestría de Seguridad, Salud e Higiene por diversas razones fundamentales relacionadas con prevenir la salud de los trabajadores y riesgos químicos en entornos laborales.

La Protección de la Salud Ocupacional por la exposición a contaminantes del aire en entornos laborales puede tener consecuencias adversas para la salud de los trabajadores, como problemas respiratorios, alergias, e incluso enfermedades crónicas. Un prototipo de purificación de aire contribuirá significativamente a la protección de la salud ocupacional al reducir la presencia de sustancias perjudiciales en el ambiente laboral.

La implementación de medidas para garantizar la calidad del aire en el lugar de trabajo está alineada con normativas y regulaciones en materia de seguridad y salud ocupacional. La Maestría de Seguridad, Salud e Higiene de la Universidad Indoamérica se enfoca en preparar profesionales para cumplir con estándares legales, y este prototipo ayudaría a cumplir con requisitos normativos relacionados con la calidad del aire.

La identificación y mitigación de riesgos químicos son elementos fundamentales en la gestión de la seguridad en el trabajo. El prototipo con sensores Arduino permitirá la detección temprana de contaminantes químicos en el aire, facilitando la toma de medidas

preventivas y correctivas para minimizar los riesgos asociados. La integración de sensores Arduino y control IoT proporciona la capacidad de monitorear la calidad del aire en tiempo real. Esto no solo permite una respuesta inmediata ante posibles problemas, sino que también facilita la recopilación de datos a lo largo del tiempo para realizar análisis y mejoras continuas en la gestión de la seguridad y salud ocupacional.

La creación de un prototipo con tecnología Arduino y IoT representa una oportunidad para la innovación en el campo de la seguridad, salud e higiene. Los estudiantes de la Maestría pueden desarrollar habilidades técnicas avanzadas y aplicar conocimientos teóricos en la creación de soluciones prácticas, lo cual contribuye al desarrollo profesional y académico y un ambiente laboral saludable y seguro contribuye al bienestar de los trabajadores y promueve una cultura de sostenibilidad en las organizaciones. La implementación de un sistema de purificación de aire con tecnología avanzada demuestra el compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del capital humano.

El desarrollo de un prototipo exitoso tiene el potencial de ser transferido a entornos industriales y empresariales, generando impactos positivos más allá del ámbito académico. Esta transferencia tecnológica puede contribuir a la mejora de las condiciones de trabajo en diversas industrias. La creación de un prototipo de purificación de aire con control de medición de presencia de contaminantes, mediante el uso de sensores Arduino y control IoT, desde la Maestría de Seguridad, Salud e Higiene, se justifica en función de la protección de la salud ocupacional, la prevención de riesgos químicos, el cumplimiento normativo, la innovación tecnológica y el bienestar laboral, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de profesionales preparados para abordar los desafíos contemporáneos en seguridad y salud ocupacional.

Se ha desarrollado el seguimiento del desarrollo en base a la planificación realizada:

Desarrollo de la ejecución de la propuesta

En el trabajo de investigación se han cumplido con todas las actividades planificadas, desde la solicitud del tema de proyecto de titulación de propuesta metodológica hasta la evaluación del prototipo en un ambiente controlado.

Fue de mucha importancia identificar que existe el problema al identificar los riesgos presentes en cinco empresas de la provincia de Tungurahua haciendo hincapié en los

riesgos químicos relacionados a la contaminación del aire en espacios cerrados cercanos a procesos productivos, como también al realizar la evaluación de los contaminantes presentes, si bien es cierto que se ha observado que muchos de los contaminantes están dentro de los límites permisibles de manejo y exposición, sin embargo la exposición de estos químicos a largo plazo probablemente acarreará problemas en la salud en el aparato respiratorio, desmico y gastrointestinal.

Luego de construir el prototipo de purificación de aire para lugares cerrados cercanos a procesos productivos, se desarrolla el control de contaminación con sensores y dispositivos Arduino con monitoreo IoT, se compacta el purificador y el sistema de control para ponerlos a prueba y valorar el rendimiento del prototipo en ambiente controlado de laboratorio.

Resultados obtenidos

Presentación de resultados obtenidos del sistema de control o de medición de contaminantes en ambientes cerrados.

El prototipo para pruebas del sistema de control de contaminantes, como se ha mencionado en los capítulos anteriores, se realizó el ensamble de todos los dispositivos, a continuación, en la imagen 22 se presenta al prototipo de control con evidencia de su funcionamiento y en la imagen 23 los datos que fueron capturados del sistema Arduino:

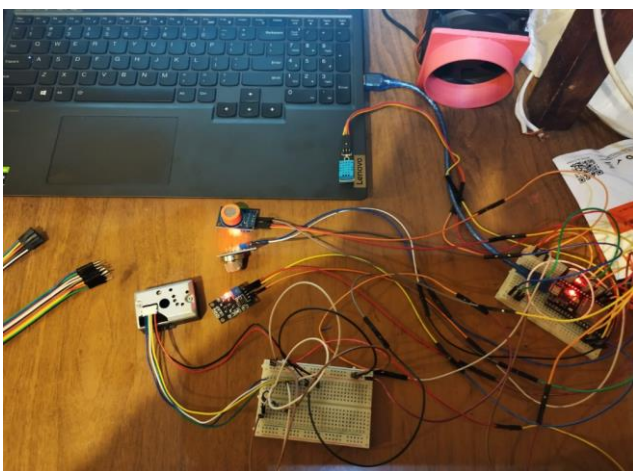


Imagen 22. Sistema de medición de contaminantes de aire.
Capturado por: Lara-Calle (2023)


```

16:51:06.384 -> Temperature: 22.20 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 416, MQ-7: 0, MQ-3: 2752
16:51:35.403 -> Temperature: 22.20 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 416, MQ-7: 0, MQ-3: 2761
16:52:04.442 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 412, MQ-7: 0, MQ-3: 2761
16:52:33.440 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 415, MQ-7: 0, MQ-3: 2738
16:53:02.479 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 419, MQ-7: 0, MQ-3: 2729
16:53:31.488 -> Temperature: 22.00 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 409, MQ-7: 16, MQ-3: 2704
16:54:00.512 -> Temperature: 22.00 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 425, MQ-7: 0, MQ-3: 2711
16:54:29.530 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 417, MQ-7: 0, MQ-3: 2698
16:54:58.575 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 404, MQ-7: 0, MQ-3: 2699
16:55:27.595 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 414, MQ-7: 0, MQ-3: 2698
16:55:56.634 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 413, MQ-7: 0, MQ-3: 2672
16:56:25.622 -> Temperature: 22.20 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 422, MQ-7: 0, MQ-3: 2694
16:56:54.642 -> Temperature: 22.20 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 415, MQ-7: 0, MQ-3: 2611
16:57:23.701 -> Temperature: 22.20 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 417, MQ-7: 0, MQ-3: 2645
16:57:52.700 -> Temperature: 22.20 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 414, MQ-7: 0, MQ-3: 2639
16:58:21.739 -> Temperature: 22.10 °C, Humidity: 51.00%, MQ-135: 423, MQ-7: 0, MQ-3: 2627

```

Imagen 23. Datos del Sistema de medición de contaminantes de aire.
Capturado por: Lara-Calle (2023)

En la tabla 16, se presentan los valores promedios de medición del prototipo propuesto y del dispositivo comercial para identificar si existe una diferencia significativa entre los dos grupos, si es que la diferencia no es significativa se puede tomar la decisión de validar el prototipo realizado. En la imagen 24 se presenta el banco de pruebas de contaminación de aire que simula a un lugar cerrado en una empresa para cuantificar los valores de los contaminantes más comunes en las empresas.



Imagen 24. Pruebas en ambiente controlado.
Capturado por: Lara-Calle (2023)

Tabla 16. Resultados obtenidos para validación de prototipo.

CONTAMINANTE	PROTOTIPO PROPUESTO (ppm)	PROTOTIPO COMERCIAL (ppm)
Alcohol	4079	4080
Monóxido de Carbono	176	175
Dióxido de Carbono	429	428
Partículas PM2.5	23	22

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Resultados obtenidos para validación del prototipo de purificación de aire.

Se realizaron tomas de datos antes y después de la aplicación del prototipo de purificación del aire tanto con el dispositivo de comercial obteniendo los siguientes datos presentados en la tabla 17.

Tabla 17. Datos obtenidos antes de la aplicación del purificador de aire propuesto.

NUMERO DE TOMAS CONTAMINANTES	DISPOSITIVO COMERCIAL					
	PM1 ug/m ³	PM2.5 ug/m ³	PM10 ug/m ³	CO ₂ ppp	HCHO ppp	TVOC ppp
1	1	2	2	400	0.023	0.500
2	0	3	1	400	0.012	0.501
3	2	5	3	400	0.023	0.502
4	1	2	5	400	0.012	0.504
5	2	4	2	450	0.023	0
6	1	5	4	455	0.012	0
7	1	6	6	456	0.020	0
8	2	8	7	400	0.010	0.500
9	0	4	6	395	0.023	0.501
10	1	12	10	392	0.012	0.502
11	2	1	2	456	0.023	0.501
12	2	2	1	457	0.012	0.500
13	1	8	7	458	0.020	0.501
14	0	11	10	400	0.012	0.502
15	1	17	16	450	0.022	0.504
16	2	15	16	400	0.012	0.500
17	2	15	17	400	0.023	0.501
18	1	16	18	400	0.012	0
19	1	14	15	400	0.021	0
20	0	12	12	450	0.012	0
21	2	15	15	455	0.021	0.502
22	1	15	12	456	0.012	0.501
23	2	10	10	400	0.021	0.502
24	2	9	7	395	0.012	0.504
25	1	4	6	392	0.021	0.502
26	0	5	5	456	0.012	0.501
27	1	7	4	457	0.024	0.502
28	2	1	1	458	0.012	0.504
29	2	2	2	400	0.023	0.502
30	1	4	2	450	0.012	0.501

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Se aplica del purificador de aire con carbón activado en laboratorio controlado para obtener los datos del después de la aplicación de la propuesta metodológica, como se presenta en la imagen 25 y sus datos en la tabla 18.

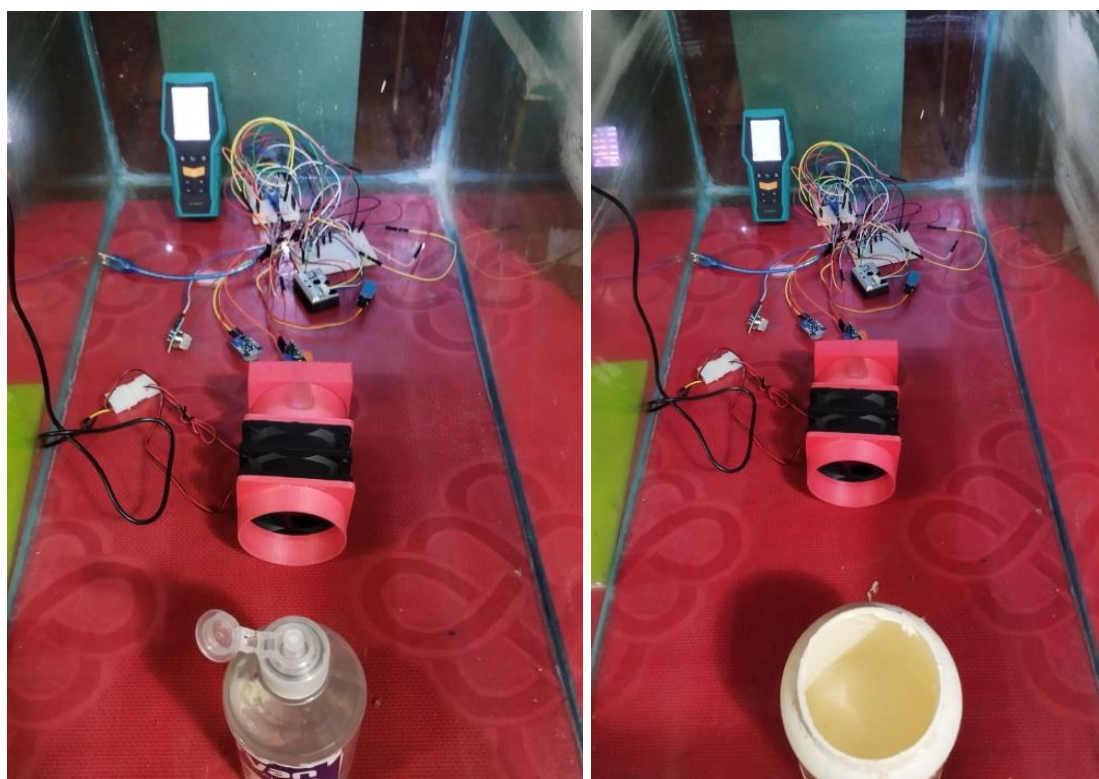


Imagen 25. Banco de pruebas con purificador de aire.
Capturado por: Lara-Calle (2023)

Tabla 18. Datos obtenidos con la aplicación del purificador de aire de carbón activado.

NUMERO DE TOMAS	DISPOSITIVO COMERCIAL						
	CONTAMINANTES	PM1 ug/m ³	PM2.5 ug/m ³	PM10 ug/m ³	CO ₂ ppp	HCHO ppp	TVOC ppp
1		1	2	1	200	0.021	0.200
2		0	3	1	300	0.011	0.300
3		2	5	3	200	0.021	0.200
4		1	2	5	200	0.011	0.100
5		1	4	2	400	0.021	0
6		1	5	1	300	0.011	0.200
7		1	6	3	400	0.010	0.300
8		1	8	2	300	0.010	0.200
9		0	4	2	300	0.020	0.100
10		1	10	1	200	0.010	0
11		1	1	2	200	0.020	0.200
12		2	1	1	300	0.010	0.300
13		1	8	7	200	0.010	0.200
14		0	7	5	200	0.010	0.100
15		1	8	6	400	0.011	0
16		1	4	10	300	0.011	0.200
17		2	4	7	400	0.020	0.300

18	1	5	5	300	0.010	0.200
19	1	5	4	300	0.020	0.100
20	0	12	4	200	0.020	0
21	1	10	5	300	0.010	0.200
22	1	11	4	200	0.010	0.300
23	1	5	4	200	0.010	0.200
24	1	4	7	400	0.011	0.100
25	1	4	5	300	0.011	0
26	0	5	5	400	0.020	0.100
27	1	1	4	300	0.010	0.200
28	2	1	1	300	0.020	0.200
29	1	1	1	200	0.020	0.200
30	1	1	1	300	0.010	0

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Evaluación de la ejecución

Evaluación del medidor de contaminación.

Para la evaluación de medidor de contaminantes se lo realiza en ambiente controlado de laboratorio, en el cual se utilizan los dispositivos de medición de contaminantes, el desarrollado por el maestrante y uno comercial, se realizaron tomas de datos con diferentes contaminantes, con los dos grupos de datos tanto del dispositivo de la propuesta metodológica con los datos que ofrece el dispositivo comercial se realiza una prueba estadística de comparación de datos para determinar si existe una diferencia significativa entre el dispositivo comercial y el creado.

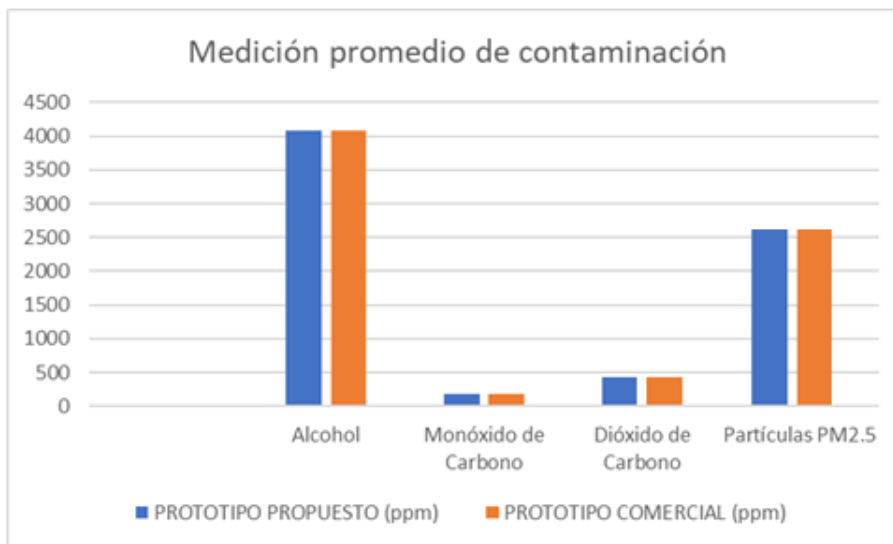
Tabla 19. Metodología de obtención de datos para validación de prototipo de medición.

IDENTIFICACIÓN	UTILIDAD	MEDICIÓN CON EL PROTOTIPO PROPUESTO	MEDICIÓN CON DISPOSITIVO COMERCIAL
Sensor Gas MQ-131 o MQ-3	El MQ-131 Sensor de ozono basado en la medición de conductividad del SnO: MQ-3 sensible al alcohol y Etanol.	Se obtuvo datos con presencia de alcohol para obtener resultados.	Valores de TVOC que son las sustancias volátiles.
Sensor Gas MQ-7	Adecuado para la detección de concentraciones de CO el aire. "Monóxido de Carbono* y H ₂ "Hidrogeno"	Se midió el Monóxido de Carbono presente.	Se compara con el monóxido de carbono del dispositivo comercial

SensorMQ-135.	Para medir Amoniaco "NH ₃ ", alcohol "NO ₂ ", Dióxido de Carbono "CO ₂ ", benceno, humo entre Otros	Se midió el dióxido de carbono presente.	Se compara con dióxido de carbono del sistema comercial.
Sensor PMS5003	Para medir la presencia de partículas PM2.5 y PM 10 micrones de diámetro.	Se miden partículas PM2.5 micrones.	Se comparó con medidas de PM2.5 micrones.
Sensor DHT 11	Es un de humedad relativa y temperatura.	Se mide humedad y temperatura.	No tiene sensor de humedad y temperatura.

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Gráfico 13. Validación de prototipo de medición.



Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación: Los datos obtenidos muestran que no existe una diferencia significativa entre los dos grupos, se puede inferir que se valida el prototipo, aunque aún se realizarán más tomas datos para poder verificar con una muestra grande para que se valide de forma definitiva.

Evaluación del purificador de aire.

Para la validación del purificador de aire se desarrolla en laboratorio con la toma de datos de contaminación de ambiente controlado de laboratorio, estos datos serán analizados por el estadístico T de student (T-Test) para muestras dependientes con supuesto de normalidad de datos.

La prueba t de muestras dependientes (t de Student para muestras pareadas) es una herramienta estadística que se utiliza en esta investigación para comparar dos conjuntos de datos relacionados, como datos antes y después de una intervención o tratamiento, en este caso de la aplicación de la propuesta metodológica de purificador de aire de espacios cerrados con carbón activado.

Hipótesis Nula (H0):

Ho: No existe una diferencia significativa entre las dos muestras (datos antes y después).

Hipótesis Alternativa (H1):

H1: Hay una diferencia significativa entre las dos muestras.

Nivel de Significancia (α):

Con un nivel de significancia de 0.05 (5%). Este valor representa la probabilidad de cometer un error tipo I, es decir, rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

Toma de decisión:

Si $p \leq 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Si $p \geq 0.05$ se acepta la hipótesis nula.

Calcular la Diferencia:

Para cada par de observaciones, calcula la diferencia entre los valores después y antes de la intervención.

Calcular la Media y la Desviación Estándar de las Diferencias:

Mediante el software estadístico SPSS se obtienen los siguientes resultados presentados desde la tabla 17 a 19. En la tabla 20 se presentan resultados del estadístico desarrollado.

Tabla 20. Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	PM1	1,2333	30	,72793	,13290
	PM1PRO	,9667	30	,55605	,10152
Par 2	PM2.5	7,8000	30	5,20212	,94977
	PM2.5PRO	4,9000	30	3,16609	,57805
Par 3	PM10	7,4667	30	5,44397	,99393
	PM10PRO	3,6333	30	2,34128	,42746
Par 4	CO2	424,6000	30	28,67367	5,23507
	CO2PRO	156,6667	30	100,63020	18,37248
Par 5	HCHO	16,9667	30	5,27508	,96309
	HCHOPRO	283,3333	30	74,66400	13,63172
Par 6	TVOC	401,3333	30	204,10027	37,26344
	TVOXPRO	14,0000	30	4,87782	,89056

Elaborado por: Lara-Calle (2023)**Tabla 21.** Correlaciones de muestras emparejadas

Muestras emparejadas.		N	Correlación	Sig.
Par 1	PM1 & PM1PRO	30	0,787	0,000
Par 2	PM2.5 & PM2.5PRO	30	0,675	0,000
Par 3	PM10 & PM10PRO	30	0,677	0,000
Par 4	CO2 & CO2PRO	30	0,089	0,639
Par 5	HCHO & HCHOPRO	30	0,034	0,860
Par 6	TVOC & TVOXPRO	30	-0,139	0,463

Elaborado por: Lara-Calle (2023)**Tabla 22.** Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias-emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Error estándar r	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PM1 - PM1PRO	0,26667	0,44978	0,08212	0,09872	0,43462	3,247	29	0,003
Par 2	PM2.5 - PM2.5PRO	2,90000	3,85379	0,70360	1,46097	4,33903	4,122	29	0,000

Par 3	PM10 - PM10PR O	3,83333	4,22703	0,77175	2,25493	5,41173	4,967	29	0,000
Par 4	CO2 - CO2PRO	267,93333	102,14085	18,6482	229,7933	306,0733	14,36	29	0,000
Par 5	HCHO - HCHOP RO	-266,3666	74,67330	13,633	-294,25	-238,483	-19,54	29	0,000
Par 6	TVOC - TVOXP RO	387,33333	204,83691	37,3979	310,845	463,8206	10,35	29	0,000

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación:

La prueba de muestras emparejadas permite establecer que existe una diferencia significativa entre los grupos de datos, se determina un $p < 0.05$, con este valor se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alternativa respecto a la presencia de contaminantes y la utilidad del purificador. Por lo que se puede asegurar que el dispositivo de purificación de aire de bajo costo ayudará a reducir los contaminantes en ambientes cerrados y a crear conciencia en políticas de prevención de la salud de los trabajadores.

Evaluación Económica.

Se presenta a continuación los costos realizados y el seguimiento con la curva S. En la tabla 23 se presenta el avance de desarrollo del costo de la propuesta metodológica. En el gráfico 2 se da a conocer la curva S del gasto realizado.

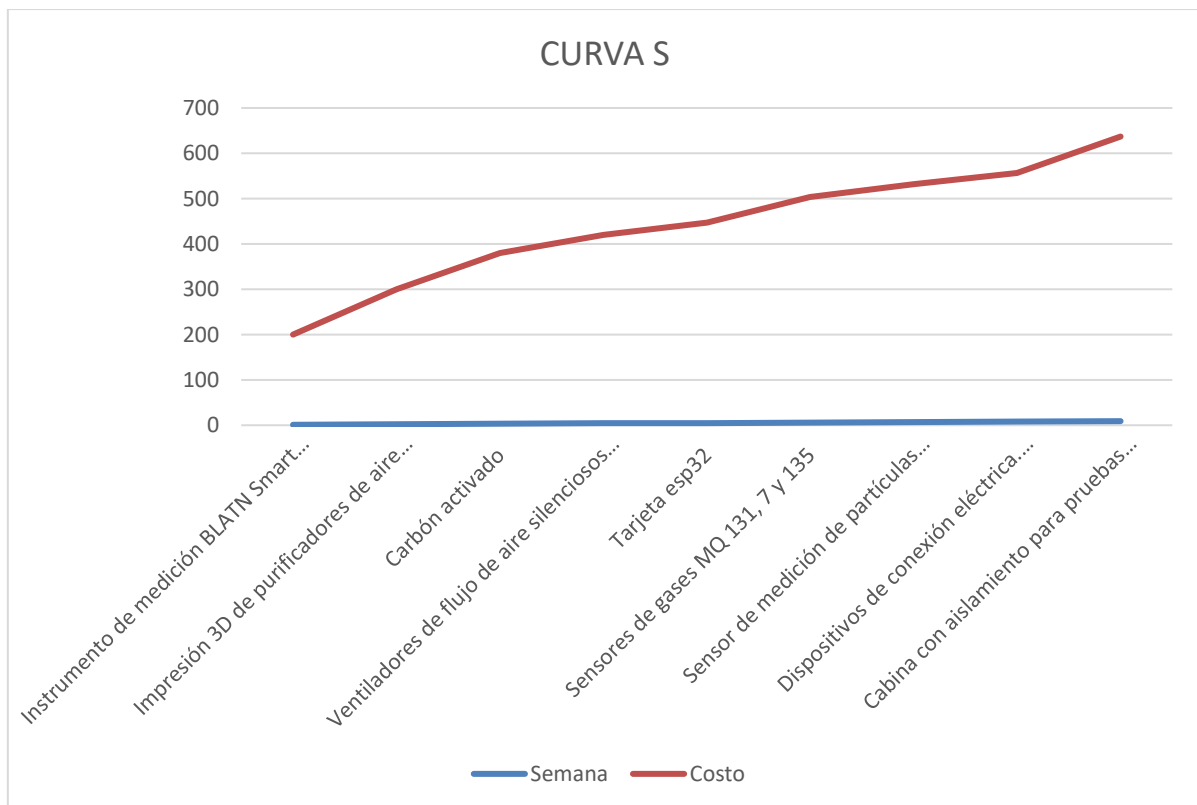
Tabla 23. Seguimiento a las actividades y el avance económico.

Actividad	Mes	Costo
Instrumento de medición BLATN Smart 128s	1	200
Impresión 3D de purificadores de aire de diseños básicos	1	300
Carbón activado	2	380
Ventiladores de flujo de aire silenciosos NZXT F120Q, RF-Q12SF-B1	2	420

Tarjeta esp32	3	447
Sensores de gases MQ 131, 7 y 135	4	504
Sensor de medición de partículas PMS5003	5	532
Dispositivos de conexión eléctrica. (Cables, protoboard, fuente)	6	557
Cabina con aislamiento para pruebas de contaminación	6	637

Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Gráfico 2. Análisis de la curva S



Elaborado por: Lara-Calle (2023)

Interpretación:

Se ha realizado un avance económico sin problema alguno en el desarrollo de la propuesta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Se logró el desarrollo exitoso de un purificador de aire basado en carbón activado e IoT diseñado para ambientes laborales cerrados. Este avance representa una contribución significativa al campo de la calidad del aire y al bienestar en entornos industriales.

Se llevó a cabo una identificación total de los riesgos presentes en el aire de procesos productivos en cuatro empresas de la provincia de Tungurahua. Se utilizó la matriz Iper y se encontró riesgos críticos en las áreas de trabajo de cuatro empresas de la provincia de Tungurahua fuente de situación ambiental, permitiendo revelar que existe el riesgo químico en lugares cerrados cercanos a los procesos productivos, este objetivo permitió asegurar la existencia del problema.

Se realizaron mediciones precisas para cuantificar la calidad del aire y determinar los niveles de contaminantes presentes en ambientes cerrados de las empresas analizadas en la provincia de Tungurahua.

Mediante medición directa con el dispositivo de medición monitor de calidad del aire de la serie BR-Smart es fabricado por BLATN Ciencia y Tecnología (Beijing), se determina presencia de contaminantes específicos en cada proceso de las cuatro empresas de la provincia de Tungurahua. En la empresa INNOVA la presencia de PM₂ de 200 ug/m³ y el límite permisible es de 40 ug/m³, PM₁₀ de 240 ug/m³ y el límite permisible es de 75 ug/m³, 800 ppm de CO₂ y TVOC de 0.6 mg/m³, estos últimos valores no superan el límite permisible. En JCAR se determina la presencia de PM₁₀ de 62 ug/m³ de PM₂ 30 ug/m³,

PM10 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CO₂ de 4000 ppm y TVOC de $0.6 \text{ mg}/\text{m}^3$, estos valores no superan los límites permisibles, pero a largo plazo pueden causar problemas respiratorios. En LAVATEX y mecánica MAYORGA también existen valores de los contaminantes pero que no superan los límites. Los resultados brindan una comprensión detallada del entorno ambiental y sus posibles impactos en la salud ocupacional.

Se llevó a cabo una investigación detallada sobre las propiedades del carbón activado en el contexto de la purificación del aire. Esta revisión contribuye al entendimiento científico de cómo el carbón activado puede ser efectivo para la adsorción de contaminantes en el aire.

Se logró construir un prototipo funcional de purificador de aire utilizando carbón activado como agente de filtración y un sistema de control basado en IoT. Esta combinación proporciona una solución integral para mejorar la calidad del aire en entornos laborales.

Se evaluó el rendimiento del prototipo de medición y control con IoT en un ambiente controlado de laboratorio. Los resultados obtenidos ofrecen información valiosa sobre la eficacia del medidor de contaminantes. Mediante comparación directa de medidas se logró validar el sistema de control al cuantificar alcohol, monóxido de carbono, dióxido de carbono y humo de cigarrillo para partículas PM_{2.5}, como resultado se obtuvo valores similares para el alcohol 2000 ppm, para el monóxido de 100 ppm, el dióxido 200 ppm y las partículas PM_{2.5} de 2500 ppm. Se debe mencionar que se realizó 10 mediciones directas y se han utilizado las medias aritméticas para la comparación.

Se validó purificador de aire con la reducción de la cantidad de contaminación y mejoramiento de la calidad del aire en condiciones controladas. Se desarrolló un análisis estadístico por medio de T de Student prueba pareada, es una herramienta estadística útil para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos conjuntos de datos relacionados, se determinó que si existe una diferencia significativa entre los valores tomados antes y después de utilizar el purificador con filtro de carbón activado al obtener un p valor menor 0,05 entre las medidas del antes y después de la aplicación del prototipo, de esta manera se pudo rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

La investigación y desarrollo de un purificador de aire con carbón activado e IoT, junto con la identificación de riesgos en ambientes laborales, la cuantificación de la calidad del aire y la evaluación del rendimiento del prototipo, constituyen un enfoque integral para abordar los desafíos asociados a la contaminación del aire en entornos industriales. Estos logros contribuyen al avance de la tecnología aplicada a la salud ocupacional y al bienestar de los trabajadores en ambientes cerrados.

Recomendaciones:

Se recomienda utilizar el carbón activado como medio de purificación para diferentes procesos productivos ya que sus propiedades permiten aislar malos olores y absorber contaminación en el ambiente.

Se debería repetir la validación de los riesgos con la matriz Iper cada seis meses para saber si existe disminución o mitigación del riesgo químico en las empresas.

Cuando se realicen mediciones directas de contaminación con dispositivos con sensores Arduino se debe precautelar el cuidado de los sensores al no exponerlos directamente a los contaminantes porque pueden dañar su sensibilidad.

Se recomienda a las empresas involucradas en el estudio implementar en sus lugares cerrados y cercanos a los procesos productivos un purificador de aire con carbón activado para prevenir enfermedades respiratorias futuras de los trabajadores.

Cuando se desarrollen prototipos de medición que apoyen en la seguridad, salud e higiene industrial para determinar contaminantes se recomienda por dispositivo no utilizar muchos sensores ya que puede entorpecer los valores.

Referencias

- Asghar, K., Ali, A., Tabassum, A., Nadeem, S. G., Hakim, S. T., Amin, M., Raza, G., Bashir, S., Afshan, N., Usman, N., Aurangzeb, N., Naz, A., & Hussain, M. (2024). Assessment of particulate matter (PM) in ambient air of different settings and its associated health risk in Haripur city, Pakistan. *Brazilian Journal of Biology*, 84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256190>
- Bouza, E., Vargas, F., Alcázar, B., Álvarez, T., Asensio, Á., Cruceta, G., Gracia, D., Guinea, J., Gil, M. A., Linares, C., Muñoz, P., Olier, E., Pastor, P., Pedro-Botet, M. L., Querol, X., Tovar, J., Urrutia, I., Villar, F., & Palomo, E. (2022). Air pollution and health prevention: A document of reflection. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(4), 307–332. <https://doi.org/10.37201/req/171.2021>
- Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F. J., & Rodríguez Portal, J. A. (2013). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/J.ARBRES.2012.04.005>
- Currie, J., & Walker, R. (2019). What Do Economists Have to Say about the Clean Air Act 50 Years after the Establishment of the Environmental Protection Agency? *Journal of Economic Perspectives*, 33(4), 3–26. <https://doi.org/10.1257/jep.33.4.3>
- Etier, I., Anci Manon Mary, A., & Kannan, N. (2022). *IoT-based Carbon Monoxide Monitoring Model for Transportation Vehicles* (pp. 65–74). https://doi.org/10.1007/978-981-16-7182-1_6
- Francelino, I. G., Petraconi, A., Miranda, F. de S., Prado, E. S. P., Gasi, F., Silva, M. C., Lourenço, S. R., & Filho, G. P. (2023). High efficacy of activated carbon fabric filters and masks developed to prevent the inhalation of microorganisms and particles associated with respiratory tract infections. *Textile Research Journal*, 93(3–4), 834–844. <https://doi.org/10.1177/00405175221127313>
- Fuentes García, G., Echeverría, R. S., Reynoso, A. G., Baldasano Recio, J. M., Rueda, V. M., Retama Hernández, A., & Kahl, J. D. W. (2022). Sea Port SO₂ Atmospheric Emissions Influence on Air Quality and Exposure at Veracruz, Mexico. *Atmosphere*, 13(12), 1950. <https://doi.org/10.3390/atmos13121950>
- Gallardo, L., Barraza, F., Ceballos, A., Galleguillos, M., Huneus, N., Lambert, F., Ibarra, C., Munizaga, M., O’Ryan, R., Osses, M., Tolvett, S., Urquiza, A., & Véliz, K. D. (2018). Evolution of air quality in Santiago: The role of mobility and lessons from the science-policy interface. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6. <https://doi.org/10.1525/elementa.293>
- Hawchar, A., Ould, S., & Bennett, N. S. (2022). Carbon Dioxide Monitoring inside an Australian Brewery Using an Internet-of-Things Sensor Network. *Sensors*, 22(24), 9752. <https://doi.org/10.3390/s22249752>
- He, Y., He, J., & Wen, N. (2023). The challenges of IoT-based applications in high-risk environments, health and safety industries in the Industry 4.0 era using decision-making

- approach. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(2), 100347. <https://doi.org/10.1016/J.JIK.2023.100347>
- Husaini, D. C., Reneau, K., & Balam, D. (2022). Air pollution and public health in Latin America and the Caribbean (LAC): a systematic review with meta-analysis. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 122. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00305-0>
- Kanna, K., AIT Lachguer, K., & Yaagoubi, R. (2022). MyComfort: An integration of BIM-IoT-machine learning for optimizing indoor thermal comfort based on user experience. *Energy and Buildings*, 277, 112547. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112547>
- Khidhir, A. S. M., & Ibrahim, A. K. (2023). IoT Based CO/CO₂ Pollution Measurement System for Vehicles. *AIP Conference Proceedings*, 2862(1). <https://doi.org/10.1063/5.0171575>
- Li, Z., Zhang, Y., Li, H., Hodúlová, E., Wang, Y., & Zhang, Y. (2023). Research Progress on Effects of Welding Fume on Particle Deposition in Welder's Respiratory System. *Beijing Gongye Daxue Xuebao/Journal of Beijing University of Technology*, 49(5), 597–608. <https://doi.org/10.11936/BJUTXB2021100011>
- Maiti, A., Ye, A., Schmidt, M., & Pedersen, S. (2023). A Privacy-Preserving Desk Sensor for Monitoring Healthy Movement Breaks in Smart Office Environments with the Internet of Things. *Sensors*, 23(4), 2229. <https://doi.org/10.3390/s23042229>
- Pfleger, E., Adrian, C., Lutz, R., & Drexler, H. (2023). Science communication on the public health risks of air pollution: a computational scoping review from 1958 to 2022. *Archives of Public Health*, 81(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s13690-023-01031-4>
- Pierleoni, P., Belli, A., Palma, L., Sabbatini, L., & Raggiunto, S. (2022). An IoT-based Wireless Sensor Network for Lighting Control Systems. *2022 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCoM/CyberSciTech)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/DASC/PiCom/CBDCoM/Cy55231.2022.9927933>
- Pravinth Raja, S., Blessed Prince, P., & Jenlo Lovesum, S. P. (2023). Smart Steering Wheel for Improving Driver's Safety Using Internet of Things. *SN Computer Science*, 4(3). <https://doi.org/10.1007/S42979-022-01636-6>
- Pütz, S., Rick, V., Mertens, A., & Nitsch, V. (2022). Using IoT devices for sensor-based monitoring of employees' mental workload: Investigating managers' expectations and concerns. *Applied Ergonomics*, 102, 103739. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103739>
- Rajakpase, M. Y., Pistochini, T. E., Borrás, E., McCartney, M. M., & Davis, C. E. (2023). Controlled air exchange rate method to evaluate reduction of volatile organic compounds by indoor air cleaners. *Chemosphere*, 313, 137528. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137528>

- Rodríguez-Rojas, Y. L. (2019). La gestión integral como una herramienta de la productividad. *SIGNOS-Investigación En Sistemas de Gestión*, 11(1), 11–21.
- Serio, L., Puccetti, C., & Oderigo, J. (2020). Revisión de los Monitoreos de Calidad del Aire en la Ciudad de Buenos Aires. *Agronomía & Ambiente*, 40(1).
- Zambrano Campitelli, M. E., & Pérez Hernández, M. M. (2023). Activated carbon elaboration from coconut shell for removal of methyl orange in aqueous phase. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39, 59–70. <https://doi.org/10.20937/RICA.54514>
- Zemtsova, E. A., & Gornostaeva, E. A. (2023). Study of the possibility of using a sorption mesh to clean the air from formaldehyde. *E3S Web of Conferences*, 392, 02035. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339202035>
- Zeng, W., Martínez, O. S., & Crespo, R. G. (2021). Energy harvesting IoT devices for sports person health monitoring. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(4), 3727–3738. <https://doi.org/10.1007/S12652-021-03498-X/METRICS>
- Zona Rubio, D. C., Páez Mora, C. D., Ramírez Arenas, N. S., & Soler Guatibonza, A. M. (2022). Efectos de la contaminación ambiental sobre la salud de la población mediante una revisión narrativa. *Revista Colombiana de Neumología*, 34(2). <https://doi.org/10.30789/rcneumologia.v34.n2.2022.553>

ANEXOS

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos IPER

Empresa: INNOVA
N° Empresa: 1
Sucursal: Santa Rosa Ambato
Área: Procesos

Responsable Área: Sr. Oscar Lema

Objetivo: Identificar y cuantificar los riesgos relacionados con la contaminación en ambientes cerrados.

NOTA: El documento incluye comentarios y vínculos, sólo desplace el cursor por los principales campos.

TIPO de FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E. SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS						PLAN DE ACCIÓN
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL		
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo		
S	CORTE DE PIEZAS DE MADERA	Rutinaria	x		Corte	2	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Material particulado	Alergias e irritaciones en la piel Enfermedad respiratoria Asma	EPP	9	8	72	Crítico	NO		
S	ENSAMBLADO Y ARMADO	Rutinaria	x		Ensamble y macillado	2	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección Exposición a Químicos en Polvo	Cefalea, náusea, irritación de la piel.	EPP	5	6	30	Moderado	NO		
S	LIJADO	Rutinaria	x		Acabado superficial	2	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Material particulado	Inhalación de polvo Alergia e irritaciones en la piel.	EPP	9	8	72	Crítico	NO		
S	ACABADO	Rutinaria	x		Pintado y barnizado.	2	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Químicos en la pintura y barniz.	Exposición a Ambiental	EPP	9	8	72	Crítico	NO		

Elaborado por:
 Ing. Andrés Lara
 Fecha:
 9/9/2023

Revisado por:
 Ing. Pedro Escudero
 Fecha:
 10/9/2023

Aprobado por:
 Ing. Jorge Buele.
 Fecha:
 11/9/2023

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS
IPER**

Empresa:
N° Empresa:
Sucursal:
Área:

TALLER JCAR JR MANTENIMIENTO Y PINTURA DE BUSES.
1
Procesos

Responsable Área

Sr. Masabanda Kevin.

Objetivo:

Identificar y cuantificar los riesgos relacionados con la contaminación en ambientes cerrados.

NOTA: El documento incluye comentarios y vínculos, sólo desplace el cursor por los principales campos.

TIPO de FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E. SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS						PLAN DE ACCIÓN	
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL			NUEVAS MEDIDAS DE CONTROL
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo	Nivel de Riesgo		
S	MASILLADO	Rutinaria	x		Pintura de Acabado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección	Contaminación del ambiente de trabajo Producción de gases y polvos producto de la utilización de sopletes	EPP	5	6	30	Moderado	Si Cuantitativa	importante	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP	
S	LIJADO Y PULIDO FINAL	Rutinaria	x		Pintura de Acabado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección	Afecciones a las vías respiratorias.	EPP	9	8	72	Critico	Si Cuantitativa	critico	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP	
S	APLICACIÓN DE PINTURA	Rutinaria	x		Pintura de Acabado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químicos	Contacto de disolventes y pinturas con la piel, ojos, lo que podría producir quemaduras considerables en corneas y dermatitis. Intoxicación por exposición prolongada a las pinturas	EPP	9	8	72	Critico	Si Cuantitativa	critico	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP	
S	APLICACIÓN DE BARNIZ	Rutinaria	x		Pintura de Acabado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección Exposición a químicos.	Contaminación del ambiente de trabajo. Producción de gases y polvos producto de la utilización de sopletes	EPP	9	8	72	Critico	Si Cuantitativa	critico	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP	

Elaborado por:

Ing. Andrés Lara C.

Fecha:

13/10/2023

Revisado por:

Ing. Pedro Ecuero

Fecha:

14/10/2023

Aprobado por:

Ing. Jorge Buele

Fecha:

14/10/2023

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS
IPER**

Empresa:
N° Empresa:
Sucursal:
Área:

LAVATEX
1
Procesos

Responsable Área: Sr. Gordón

Objetivo: Identificar y cuantificar los riesgos relacionados con la contaminación en ambientes cerrados.

NOTA: El documento incluye comentarios y vínculos, sólo desplace el cursor por los principales campos.

TIPO DE FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E. SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS						PLAN DE ACCIÓN
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL		
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo	Nivel de Riesgo	
S	Des gome	Rutinaria	x		lavado y tinturado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químico Alfa amilaza.	Alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación	EPP	9	6	54	Importante	Si Cualitativa	bajo	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP
S	Estonado	Rutinaria	x		lavado y tinturado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químico enzima acida de 0.3-1%, piedra pómez 10%	Afecciones a las vías respiratorias.	EPP	3	4	12	Bajo	Si Cualitativa	crítico	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP
S	Neutralizado	Rutinaria	x		lavado y tinturado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químicos ácido cítrico más catalaza a 0.5%	La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.	EPP	3	4	12	Bajo	Si Cualitativa	crítico	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP
S	Tinturado	Rutinaria	x		lavado y tinturado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químicos Indigo-Polvo	Puede provocar daños en los órganos (sistema hematopoyético, sangre) tras exposiciones prolongadas o repetidas	EPP	9	8	72	Crítico	Si Cuantitativa	crítico	VERIFICACIÓN DE USO DE EPP

Elaborado por:
Ing. Andrés Lara C.
Fecha:
13/10/2023

Revisado por:
Ing. Pedro Ecuero
Fecha:
14/10/2023

Aprobado por:
Ing. Jorge Buele
Fecha:
14/10/2023

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS
IPER**

Empresa: METALMECÁNICA MAYORGA
 N° Empresa: 1
 Sucursal:
 Área: Procesos

Responsable Área: Sr. Mayorga

Objetivo: Identificar y cuantificar los riesgos relacionados con la contaminación en ambientes cerrados.

NOTA: El documento incluye comentarios y vínculos, sólo desplace el cursor por los principales campos.

TIPO de FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E. SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS						PLAN DE ACCIÓN
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL		
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo	Nivel de Riesgo	
S	Corte de piezas	Rutinaria	x		Corte	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a partículas	Afecciones a las vías respiratorias.	EPP	3	4	12	Bajo	NO		
S	Soldar estructura	Rutinaria	x		Suelda	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químico Cromo Hexavalente, Níquel, Arsénico, Cadmio y Plomo	Afecciones a las vías respiratorias. Cancerígenos	EPP	9	8	72	Crítico	NO		
S	Esmerilado	Rutinaria	x		Esmerilado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a partículas	Afecciones a las vías respiratorias.	EPP	5	6	30	Moderado	NO		
S	Pintado y acabado	Rutinaria	x		Pintado	1	Ambiental	Uso inadecuado de herramientas y equipos de protección. Exposición a Químicos Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), Plomo, Cromo Hexavalente e isocianatos		EPP	9	8	72	Crítico	NO		

Elaborado por:
 Ing. Andrés Lara C.
 Fecha:
 13/10/2023

Revisado por:
 Ing. Pedro Ecuero
 Fecha:
 14/10/2023

Aprobado por:
 Ing. Jorge Buele
 Fecha:
 14/10/2023