

UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ



FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería en Computación e Informática



Manual de Usuario “KEL AvigasDetector”

Alumno(os):

Kamir Alfaro

Edson Galdames

Lukas Torres

Asignatura: Proyecto II

Profesor: Diego Aracena

Fecha: 16/12/2025

Versión del sistema: 1.0.0

Introducción	3
Propósito del manual	3
Alcance del manual	3
Público objetivo	3
Descripción del general del sistema	3
¿Qué hace el sistema?	3
Gases Monitoreados	3
Componentes principales del sistema	3
Requisitos del sistema	3
Requisitos de hardware	3
Requisitos de software	3
Condiciones de operación	3
Instalación del sistema	4
Conexión de los sensores	4
Conexión de GrovePi y RaspberryPi	4
Encendido y puesta en marcha	4
Acceso al Sistema	4
Inicio del sistema	4
Conexión remota	4
Recomendaciones de uso	4
Interfaz Gráfica	4
Descripción de la pantalla principal	4
Significado de los valores mostrados	4
Estados de alerta	4
Funcionamiento del sistema	5
Proceso de lectura de sensores	5
Actualización de datos	5
Generación de alertas	5

Interpretación de Resultados	5
Rangos normales	5
Rangos de advertencia	5
Rangos Peligrosos	5
Acciones Recomendadas ante Alertas	5
Procedimientos sugeridos	5
Medidas Preventivas	5
Mantenimiento Básico	5
Limpieza de sensores	5
Revisión de conexiones	5
Recalibración de básica	5
Limitaciones del sistema	6
Precisión de los sensores	6
Uso en ambientes controlados	6
Consideraciones técnicas	6
Solución Problemas	6
Problemas comunes	6
Mensajes de error	6
Acciones correctivas	6
Buenas Prácticas de Uso	6
Recomendaciones generales	6
Advertencias de seguridad	6
Trabajo Futuro	6
Mejoras planificadas	6
Expansión del sistema	6
Glosario	7
Términos técnicos utilizados	7
Anexos	7

Diagramas	7
Tablas de referencia	7
Información adicional	7

Introducción

Propósito del manual

El presente manual de usuario tiene como objetivo orientar al usuario en el uso correcto del sistema **Kel AviGas Detector**, desarrollado para el monitoreo de gases nocivos en entornos avícolas. Este documento describe de manera clara y estructurada el funcionamiento general del sistema, los procedimientos básicos de operación y las recomendaciones necesarias para interpretar adecuadamente la información entregada por la interfaz gráfica, con el fin de asegurar un uso seguro y eficiente.

El sistema **Kel AviGas Detector** permite monitorear en tiempo real la presencia de gases potencialmente peligrosos mediante sensores especializados conectados a una Raspberry Pi, proporcionando alertas preventivas cuando se detectan concentraciones que pueden afectar la salud de las aves y de las personas presentes en el recinto. Este manual está dirigido a usuarios con conocimientos básicos de computación y busca servir como guía práctica para la puesta en marcha, supervisión y correcta utilización del sistema, considerando además las limitaciones propias del prototipo y promoviendo un uso responsable de la tecnología.

Alcance del manual

El sistema **Kel AviGas Detector** está diseñado para el monitoreo en tiempo real de gases nocivos en entornos avícolas, permitiendo la detección de concentraciones potencialmente peligrosas mediante sensores de la familia MQ conectados a una Raspberry Pi. El alcance del sistema se limita a la visualización de datos y generación de alertas preventivas, sin ejecutar acciones automáticas de control sobre el ambiente, como ventilación u otros mecanismos correctivos.

El sistema corresponde a un prototipo funcional orientado a la supervisión ambiental y apoyo a la toma de decisiones, por lo que sus mediciones deben considerarse referenciales. No reemplaza sistemas industriales certificados ni cumple funciones de seguridad crítica, aunque sienta las bases para futuras ampliaciones y mejoras tecnológicas.

Público objetivo

El sistema **Kel AviGas Detector** está dirigido principalmente a estudiantes, técnicos y personal operativo que requiera monitorear la calidad del aire en criaderos avícolas de manera remota. Asimismo, puede ser utilizado por supervisores o responsables de seguridad ambiental como herramienta de apoyo para la identificación temprana de condiciones desfavorables en el entorno de trabajo.

El manual está orientado a usuarios con conocimientos básicos de computación, sin requerir experiencia avanzada en electrónica o programación, ya que la interacción con el sistema se realiza a través de una interfaz gráfica intuitiva y de fácil comprensión.

Descripción del general del sistema

¿Qué hace el sistema?

El sistema **Kel AviGas Detector** es una solución de monitoreo ambiental diseñada para detectar y visualizar en tiempo real la presencia de gases nocivos en entornos avícolas. A través de sensores especializados, el sistema recopila información sobre la concentración de gases presentes en el ambiente y presenta estos datos de manera clara mediante una interfaz gráfica. Su función principal es apoyar la detección temprana de condiciones potencialmente peligrosas y facilitar la toma de decisiones preventivas.

Gases Monitoreados

El sistema está configurado para monitorear los siguientes gases:

- **Metano (CH₄):** Detectado mediante el sensor MQ-4, asociado a riesgos de inflamabilidad y acumulación en espacios cerrados.
- **Monóxido de Carbono (CO):** Detectado mediante el sensor MQ-7, gas altamente tóxico que puede representar un riesgo grave para la salud.
- **Gases contaminantes del aire (NH₃, CO₂):** Detectados de forma referencial mediante el sensor MQ-135, relevantes en ambientes avícolas por su impacto en la salud de las aves y las personas.

Componentes principales del sistema

El sistema **Kel AviGas Detector** está compuesto por los siguientes elementos:

- **Sensores de gas MQ (MQ-4, MQ-7 y MQ-135):** Encargados de detectar la presencia y concentración de gases nocivos.
- **Raspberry Pi:** Unidad central de procesamiento que gestiona la adquisición de datos, el procesamiento de la información y la comunicación con la interfaz gráfica.
- **GrovePi:** Módulo de expansión que permite la conexión y lectura de señales analógicas y digitales entre los sensores y la Raspberry Pi.
- **Software en Python:** Responsable de la lectura de sensores, procesamiento de datos y comunicación con la interfaz gráfica.
- **Interfaz Gráfica de Usuario (GUI):** Permite la visualización remota de las mediciones y el monitoreo del sistema de manera intuitiva.

Requisitos del sistema

Componentes Incluidos

El sistema **Kel AviGas Detector** se entrega como un producto integrado, incluyendo los siguientes componentes:

- Unidad de procesamiento basada en **Raspberry Pi**.
- Módulo **GrovePi** para conexión de sensores.
- Sensores de gas **MQ-4, MQ-7 y MQ-135**.
- Software del sistema preinstalado para adquisición de datos y visualización.
- Interfaz gráfica lista para su uso.

Requisitos para el usuario

Para el correcto funcionamiento del sistema, el usuario debe contar con:

- **Suministro eléctrico estable para la alimentación del equipo.**
- **Conexión a red Wi-Fi para el monitoreo remoto.**
- **Computador o notebook con acceso a la red para visualizar los datos del sistema.**
- **Navegador web o software cliente instalado (según configuración del sistema).**

Condiciones de operación

Se deben considerar las siguientes condiciones para un uso adecuado del sistema:

- El equipo debe instalarse en un lugar protegido de humedad excesiva y polvo.
- Los sensores MQ requieren un tiempo inicial de calentamiento para entregar lecturas estables.
- El sistema debe utilizarse como herramienta de monitoreo preventivo, considerando que las mediciones entregadas son referenciales.
- No se recomienda su uso como sistema de seguridad crítica sin validaciones y certificaciones adicionales.

Instalación del sistema

Conexión de los sensores

Los sensores de gas MQ-4, MQ-7 y MQ-135 deben conectarse a los puertos correspondientes del módulo GrovePi, utilizando los cables adecuados para señales analógicas y digitales según la configuración del sistema. Es importante verificar que cada sensor se encuentre firmemente conectado y correctamente identificado para evitar lecturas

erróneas. Los sensores deben instalarse en una posición representativa del ambiente a monitorear, evitando zonas con obstrucciones, humedad excesiva o fuentes directas de calor.

Conexión de GrovePi y RaspberryPi

El módulo GrovePi debe conectarse directamente sobre la Raspberry Pi, asegurando una correcta alineación de los pines antes de fijarlo. Una vez instalado, se debe verificar que la conexión entre ambos dispositivos sea estable y que no existan pines mal posicionados. Esta conexión permite la comunicación entre los sensores y la unidad de procesamiento, facilitando la lectura de señales analógicas y digitales.

Encendido y puesta en marcha

Para iniciar el sistema, conecte la fuente de alimentación a la Raspberry Pi y espere a que el sistema operativo y el software del **Kel AviGas Detector** se carguen completamente. Durante los primeros minutos de funcionamiento, los sensores MQ realizarán un proceso de calentamiento necesario para estabilizar las lecturas. Una vez finalizado este proceso, el sistema estará listo para comenzar el monitoreo y visualizar los datos a través de la interfaz gráfica.

Acceso al Sistema

Inicio del sistema

Una vez realizada la instalación y conexión del equipo, el sistema **Kel AviGas Detector** se inicia automáticamente al encender la Raspberry Pi. El software de monitoreo se ejecuta de forma automática durante el arranque, sin requerir intervención del usuario. Es recomendable esperar unos minutos después del encendido para asegurar que los sensores MQ completen su proceso de calentamiento y entreguen lecturas estables.

Recomendaciones de uso

Para un funcionamiento óptimo del sistema, se recomienda no interrumpir bruscamente la alimentación eléctrica durante su operación, mantener los sensores limpios y evitar su exposición directa a condiciones extremas. Asimismo, se aconseja utilizar el sistema como herramienta de monitoreo preventivo, considerando que las mediciones entregadas son referenciales y deben complementarse con protocolos de seguridad establecidos.

Interfaz Gráfica

Descripción de la pantalla principal



En la pantalla principal se puede observar 4 pestañas en la parte superior de la pantalla en donde el usuario podrá visualizar las mediciones en tiempo real, el Historial y gráficos y la configuración del umbral de las alarmas.

En medio de la pantalla el usuario se encontrará con 3 botones en los cuales podrá empezar las mediciones y botones de acceso rápido al historial y a la configuración.

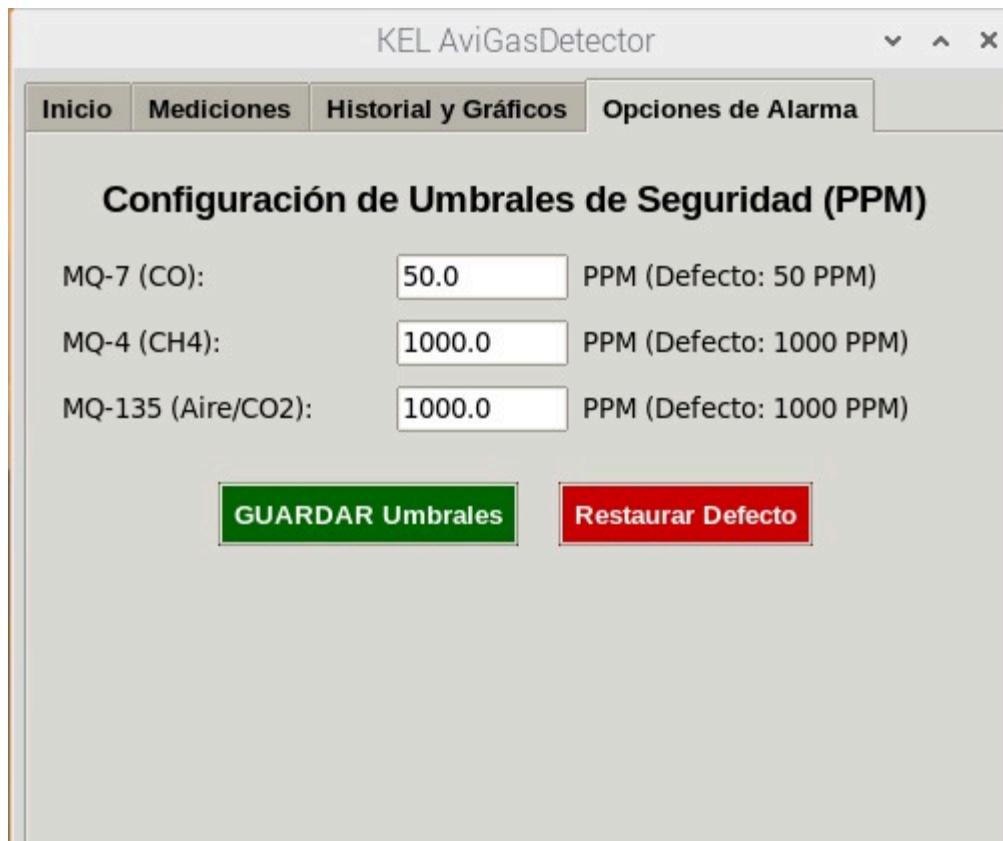
En la parte inferior el usuario encontrará el botón para salir y cerrar la aplicación

Pantalla de mediciones



En esta pantalla de mediciones el usuario podrá visualizar en tiempo real las mediciones y un botón para empezar las mediciones

Configuración de Umbral



KEL AviGasDetector

Inicio Mediciones Historial y Gráficos Opciones de Alarma

Configuración de Umbrales de Seguridad (PPM)

MQ-7 (CO): PPM (Defecto: 50 PPM)

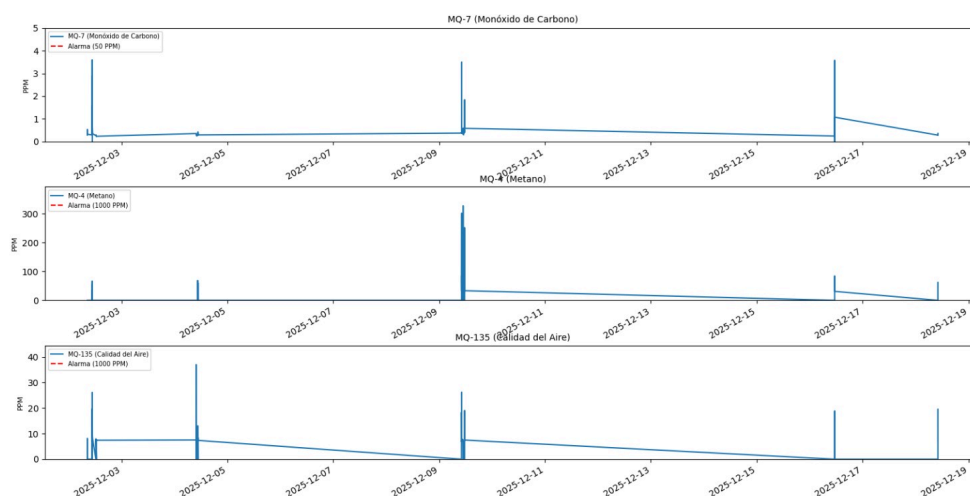
MQ-4 (CH4): PPM (Defecto: 1000 PPM)

MQ-135 (Aire/CO2): PPM (Defecto: 1000 PPM)

GUARDAR Umbrales **Restaurar Defecto**

En esta pantalla el usuario podrá configurar los umbrales de alerta para cada gas, y por defecto vendrán con los umbrales establecidos.

Historial



En esta pestaña se desplegará el historial para cada medición para la visualización del usuario

Interfaz de usuario para móviles

Monitorización a tiempo real

En esta sección, el usuario podrá monitorear en tiempo real las mediciones registradas por los sensores del sistema, visualizando de forma clara y actualizada las concentraciones de gases presentes en el ambiente. Esta funcionalidad permite un seguimiento continuo del estado del aire, facilitando la detección temprana de variaciones anormales y apoyando la toma de decisiones preventivas.



Configuración Umbral de alertas

En esta sección, el usuario podrá configurar y ajustar de manera personalizada los umbrales de alerta del sistema, definiendo los valores máximos permitidos para cada gas monitoreado según sus necesidades específicas y las condiciones del entorno. Esta funcionalidad permite adaptar el comportamiento del sistema a distintos escenarios operativos, mejorando la prevención de riesgos y asegurando una respuesta oportuna ante concentraciones potencialmente peligrosas.

21:26

CONFIGURACIÓN

IP de Raspberry Pi:

192.168.0.102

Umbral CO: 20.0

Umbral CH4: 100.0

Umbral Aire: 50.0

GUARDAR Y VOLVER

Funcionamiento del sistema

Proceso de lectura de sensores

El sistema **Kel AviGas Detector** realiza la lectura continua de los sensores MQ-4, MQ-7 y MQ-135 a través del módulo GrovePi, el cual permite la adquisición de señales analógicas y digitales. Cada sensor detecta la concentración de gases específicos presentes en el ambiente y envía esta información a la Raspberry Pi, donde los datos son procesados por el software del sistema. Previo a la lectura, los sensores requieren un período de calentamiento para asegurar mediciones más estables

Actualización de datos

Los datos obtenidos de los sensores se actualizan de manera periódica y automática en la interfaz gráfica del sistema. Esta actualización permite al usuario visualizar en tiempo real las variaciones en las concentraciones de gases, facilitando el monitoreo continuo del ambiente. El intervalo de actualización está configurado para ofrecer un equilibrio entre precisión y rendimiento del sistema.

Generación de alertas

Cuando los valores detectados superan los umbrales predefinidos de seguridad, el sistema genera alertas visuales en la interfaz gráfica para advertir al usuario sobre posibles condiciones peligrosas. Estas alertas permiten una respuesta temprana ante situaciones de riesgo, contribuyendo a la prevención de daños en el entorno monitoreado. El sistema no ejecuta acciones correctivas automáticas, limitándose a la notificación y apoyo a la toma de decisiones.

Interpretación de Resultados

Rangos normales

Corresponden a concentraciones seguras que no representan riesgo inmediato para humanos ni aves.

Metano(CH₄)

- Humanos: 500–700 ppm → olor perceptible, leve irritación.
- Aves: Valores inferiores a 100 ppm se consideran aceptables.

Monóxido de Carbono (CO)

- Humanos: Hasta 9 ppm se considera seguro para exposiciones prolongadas.
- Aves: Valores cercanos a 0 ppm son los recomendados.

Dióxido de Carbono (CO₂)

- Humanos: 400–1.000 ppm corresponde a condiciones normales.
- Aves: Hasta 2.000 ppm no genera efectos significativos.

Rangos de advertencia

Indican concentraciones que pueden comenzar a generar efectos negativos y requieren atención y seguimiento.

Metano (CH₄)

- Humanos: 100 - 1000 ppm → límite máximo recomendado para exposiciones cortas.
- Aves: 70 - 100 ppm → niveles perjudiciales que generan estrés y disminución del crecimiento.

Monóxido de Carbono (CO)

- Humanos: 35 ppm → riesgo leve.

- Aves: 20–30 ppm → ya es considerado peligroso.

Dióxido de Carbono (CO₂)

- Humanos: Alrededor de 2.000 ppm puede causar fatiga y somnolencia.
- Aves: 2.000–3.000 ppm → provoca estrés.

Rangos Peligrosos

Representan concentraciones que suponen un riesgo grave para la salud y requieren acción inmediata.

Amoníaco (NH₃)

- Humanos: ≥ 1000 ppm → irritación severa en ojos y vías respiratorias.
- Aves: ≥25 ppm → problemas respiratorios y oculares; ≥50 ppm altamente peligroso.
Las aves son más sensibles que los humanos.

Monóxido de Carbono (CO)

- Humanos: ≥100 ppm → peligro serio; ≥200 ppm → riesgo de muerte.
- Aves: ≥50 ppm → riesgo grave; ≥100 ppm → potencialmente mortal.
El CO es extremadamente peligroso por ser incoloro e inodoro.

Dióxido de Carbono (CO₂)

- Humanos: ≥5.000 ppm → límite máximo recomendado; ≥15.000 ppm → peligro grave.
- Aves: ≥5.000 ppm → problemas respiratorios; ≥10.000 ppm → riesgo elevado.

Umbral de Alerta del sistema por defecto

Gases	Umbral de alerta
CH ₄	70 – 100 ppm
CO	20 ppm
CO ₂	2500 ppm

Estos umbrales permiten advertir oportunamente condiciones potencialmente riesgosas y apoyar la toma de decisiones preventivas.

Acciones Recomendadas ante Alertas

Las alertas generadas por el sistema **Kel AviGas Detector** indican la presencia de concentraciones elevadas de gases nocivos en el ambiente monitoreado. Ante la activación de una alerta, se recomienda actuar de manera oportuna para reducir los riesgos asociados a la salud de las personas y las aves.

Procedimientos sugeridos

- Verificar inmediatamente los valores mostrados en la interfaz gráfica para identificar el gas y el nivel de concentración detectado.
- Ventilar el área afectada de forma natural o mecánica, abriendo accesos de aire o activando sistemas de ventilación disponibles.
- Evitar la permanencia prolongada de personas en el área si los niveles detectados se encuentran en rangos peligrosos.
- Supervisar el estado de las aves, observando posibles signos de estrés o dificultad respiratoria.
- Mantener el monitoreo activo hasta que los valores regresen a rangos considerados seguros.

Medidas Preventivas

- Realizar inspecciones periódicas del sistema y de los sensores para asegurar su correcto funcionamiento.
- Mantener una adecuada ventilación del recinto de forma continua, especialmente en espacios cerrados.
- Evitar la acumulación excesiva de residuos orgánicos que puedan generar gases como amoníaco.

- Utilizar el sistema de monitoreo de manera constante como apoyo preventivo y no solo ante situaciones críticas.
- Capacitar al personal sobre la interpretación de alertas y las acciones a seguir frente a condiciones de riesgo.

Mantenimiento Básico

El mantenimiento periódico del sistema **Kel AviGas Detector** es fundamental para asegurar lecturas confiables y prolongar la vida útil de los componentes. Las siguientes acciones deben realizarse de forma preventiva y controlada.

Limpieza de sensores

Los sensores de gas deben mantenerse libres de polvo, grasa y residuos que puedan afectar su sensibilidad. Para su limpieza, se recomienda utilizar un paño seco y suave o aire comprimido a baja presión. No se deben emplear líquidos ni productos químicos directamente sobre los sensores, ya que podrían dañarlos o alterar sus mediciones.

Revisión de conexiones

Se debe revisar periódicamente el estado de las conexiones entre los sensores, el módulo GrovePi y la Raspberry Pi. Es importante verificar que los cables se encuentren firmes, sin signos de desgaste o falsos contactos, y que los módulos estén correctamente fijados. Cualquier conexión defectuosa puede generar lecturas erróneas o interrupciones en el funcionamiento del sistema.

Recalibración de básica

Con el uso prolongado, los sensores MQ pueden presentar variaciones en sus lecturas. Por ello, se recomienda realizar una recalibración básica de manera periódica, comparando los valores obtenidos con condiciones ambientales conocidas o de referencia. Esta recalibración permite ajustar los umbrales del sistema y mejorar la precisión del monitoreo, considerando que el sistema opera como un prototipo de carácter preventivo.

Limitaciones del sistema

El sistema **Kel AviGas Detector** corresponde a un prototipo de monitoreo ambiental diseñado como apoyo preventivo, por lo que presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas durante su uso.

Precisión de los sensores

Los sensores de la familia MQ entregan mediciones referenciales y no cuentan con certificación industrial. Su precisión puede verse afectada por factores como temperatura, humedad, tiempo de uso y presencia de otros gases en el ambiente. Por esta razón, los valores obtenidos deben interpretarse como indicadores aproximados y no como mediciones exactas.

Uso en ambientes controlados

El sistema está diseñado para operar en ambientes relativamente controlados, como espacios interiores o semi-cerrados. La exposición a condiciones extremas de humedad, polvo, corrientes de aire intensas o contaminantes externos puede alterar el comportamiento de los sensores y afectar la confiabilidad de las lecturas.

Consideraciones técnicas

Los sensores MQ requieren un tiempo de calentamiento inicial para entregar lecturas estables y pueden presentar variaciones en su respuesta ante cambios bruscos del entorno. Además, el sistema no ejecuta acciones automáticas de corrección, limitándose a la visualización de datos y generación de alertas. Para aplicaciones de seguridad crítica o uso industrial, se recomienda complementar o reemplazar el sistema con equipos certificados

Buenas Prácticas de Uso

El uso adecuado del sistema **Kel AviGas Detector** contribuye a obtener mediciones más confiables y a prolongar la vida útil del equipo, además de favorecer un entorno de trabajo más seguro.

Recomendaciones generales

- Instalar el sistema en un punto representativo del ambiente a monitorear, evitando zonas con corrientes de aire directas o acumulación excesiva de polvo.
- Mantener el equipo encendido de forma continua durante los periodos de monitoreo para asegurar la estabilidad de las lecturas.
- Revisar periódicamente la interfaz gráfica para identificar variaciones anormales en los valores registrados.
- Utilizar el sistema como herramienta de apoyo preventivo y no como único medio de control ambiental.
- Registrar y analizar los datos obtenidos para detectar tendencias que permitan anticipar situaciones de riesgo.

Advertencias de seguridad

- No manipular los sensores ni las conexiones eléctricas mientras el sistema se encuentre energizado.
- Evitar el contacto directo del equipo con agua, líquidos o ambientes excesivamente húmedos.
- No utilizar el sistema en atmósferas explosivas o altamente inflamables sin certificaciones adecuadas.
- En caso de detectar niveles peligrosos de gases, priorizar la seguridad de las personas y las aves, siguiendo los protocolos establecidos del recinto.
- El sistema no reemplaza equipos de medición certificados ni procedimientos formales de seguridad industrial.

Trabajo Futuro

El sistema **Kel AviGas Detector** establece una base funcional para el monitoreo de gases nocivos en entornos avícolas. A partir de esta implementación inicial, se consideran diversas mejoras y ampliaciones orientadas a aumentar su alcance, eficiencia y nivel de automatización.

Expansión del sistema

Como proyección a largo plazo, se considera la integración del sistema con mecanismos de control ambiental, como sistemas de ventilación automatizados, que permitan actuar de forma directa ante la detección de concentraciones peligrosas de gases. Además, se evalúa el desarrollo de una plataforma de software capaz de centralizar y monitorear múltiples unidades físicas de **Kel AviGas Detector**, facilitando la supervisión de distintas áreas o instalaciones desde un único sistema de gestión.

Glosario

Términos técnicos utilizados

A continuación se presentan los términos técnicos utilizados en este manual y su definición para facilitar la comprensión del sistema **Kel AviGas Detector**:

- **GrovePi**: Módulo de expansión utilizado para conectar los sensores de gas y otros dispositivos electrónicos a la Raspberry Pi, facilitando la comunicación entre los sensores y la unidad de procesamiento.
- **MQ (Sensor de Gas)**: Familia de sensores diseñados para detectar una variedad de gases en el ambiente, como metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2).
- **Raspberry Pi**: Microcomputadora de bajo costo que actúa como unidad central de procesamiento en el sistema, permitiendo la lectura de los sensores y la gestión de los datos obtenidos.
- **Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)**: Herramienta visual que permite al usuario interactuar con el sistema para visualizar las lecturas de los sensores y recibir alertas en caso de niveles peligrosos de gases.
- **Umbral de Alerta**: Valor límite predefinido para cada gas que, cuando es superado, activa una alerta visual o sonora en el sistema.

- **ppm (Partes por Millón):** Unidad de medida que indica la concentración de un gas en el aire. Un valor de 1 ppm equivale a 1 parte de gas por cada millón de partes de aire.

Anexos

Tablas de referencia

Tabla 1: Gases Monitoreados por el Sistema

Sensor	Gas Detectado	Aplicación principal
MQ-4	Metano (CH ₄)	Prevención de intoxicaciones
MQ-7	Monóxido de Carbono (CO)	Prevención de intoxicaciones
MQ-135	Amoníaco (NH ₃), CO ₂	Monitoreo calidad de aire

Tabla 2: Rangos de Concentración – Metano (CH₄)

Concentración (ppm)	Nivel de riesgo	Efectos
0 - 60	Normal	Ambiente aceptable
70 - 100	Advertencia	Estrés en aves
≥ 100	Peligroso	Irritación respiratoria

Tabla 3: Rangos de Concentración - Monóxido de Carbono (CO)

Concentración (ppm)	Nivel de riesgo	Efectos
0 - 9	Normal	Sin riesgo
10 - 35	Advertencia	Riesgo leve
50 - 100	Peligroso	Riesgo grave
≥ 200	Crítico	Potencialmente mortal

Tabla 4: Rangos de Concentración - Dióxido de Carbono (CO₂)

Concentración (ppm)	Nivel de Riesgo	Efectos
400 - 1.000	Normal	Aire saludable
2.000 - 3.000	Advertencia	Fatiga y estrés
5.000	Peligroso	Problemas respiratorios
≥ 10.000	Crítico	Riesgo severo

Tabla 5: Estados del Sistema

Estado	Descripción
Normal	Valores dentro de rangos seguros
Advertencia	Valores cercanos a umbrales
Alerta	Umbral superado
Crítico	Riesgo elevado

Tabla 6: Acciones Recomendadas según Nivel de Alerta

Nivel	Acción Recomendada
Normal	Continuar monitoreo
Advertencia	Aumentar ventilación
Alerta	Reducir exposición
Crítico	Evacuación y ventilación inmediata

Tabla 7: Mantenimiento del Sistema

Actividad	Frecuencia Recomendada
Limpieza de sensores	Mensual
Revisión de conexiones	Mensual
Recalibración básica	Trimestral
Revisión general	Semestral

Tabla 8: Componentes del Sistema

Componente	Función
RaspberryPi	Procesamiento de datos
GrovePi	Interfaz de conexión
Sensores MQ	Detección de gases
Software	Visualización y alertas
Interfaz gráfica	Monitoreo remoto

Información adicional

Documentación Técnica: Incluye detalles sobre la calibración de los sensores, especificaciones técnicas del hardware utilizado, y el código fuente del sistema para posibles modificaciones y mejoras.

Instrucciones de Soporte: En caso de requerir soporte adicional o asistencia técnica, los usuarios pueden acceder a la página web oficial del proyecto o contactar al equipo de desarrollo a través del correo electrónico proporcionado en el manual.