



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

PROYECTO INTEGRADOR MÓDULO 6



TEMA:

MASCARILLA INTELIGENTE PARA INFORMAR AL USUARIO LOS NIVELES
TÓXICOS DE LOS GASES DEL EXTERIOR E INTERIOR DE LA MASCARILLA

AUTORES:

BRITO CASANOVA GEOVANNY JOSÉ

SOLANO CHICO DORIS MICHELLE

VÉLEZ ARAUJO DAYANNA LIZZET

COORDINADOR DEL PROYECTO:

ING. GUERRERO GLEISTON

CURSO:

VI SEMESTRE “A”

Quevedo- Los Ríos – Ecuador

2020-2021

Índice de Contenido

1	Introducción.....	5
1.1	Problematización	7
1.1.1	Planteamiento del problema	7
1.1.2	Diagnóstico del problema	7
1.1.3	Formulación.....	8
1.1.4	Sistematización.....	8
1.2	Objetivos	8
1.2.1	Objetivo General.....	8
1.2.2	Objetivos Específicos.....	8
1.3	Justificación.....	9
1.4	Hipótesis.....	9
2	Marco Teórico	10
2.1	Marco Referencial.....	10
2.2	Marco Contextual	10
2.2.1	Creación de valor en Internet de las Cosas (IoT)	11
2.2.2	Principales Enfoques de IoT	11
2.2.3	Características de IoT	12
2.2.4	Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (TDDM4IoTS).....	12
2.2.5	Fases de TDDM4IoTS	13
2.2.6	Funciones y responsabilidades en TDDM4IoTS.....	14
2.3	Marco Conceptual.....	15
2.3.1	Internet de las Cosas	15
2.3.2	Calidad del Aire.....	16
2.3.3	Sensor MQ-135	16
2.3.4	Módulo GPRS/GSM Shield SIM900.....	16

2.3.5	Arduino UNO R3.....	17
2.3.6	Arduino IDE.....	17
2.3.7	NetBeans	18
2.3.8	PostgreSQL	18
2.3.9	WebSocket	18
2.3.10	Diagrama de casos de usos.....	18
3	Metodología de desarrollo.....	19
3.1	Definición de roles del proyecto.....	19
3.2	Análisis preliminar.....	19
3.2.1	Análisis de requisitos	19
3.2.2	Listado de tareas	20
3.2.3	Análisis de la tecnología	20
3.2.4	Análisis del entorno	21
3.2.5	Análisis de viabilidad.....	21
3.3	Diseño de la capa tecnológica	22
3.4	Análisis detallado de los requisitos.....	23
3.5	Evaluación entregable del software	25
4	Resultados obtenidos	25
5	Conclusión y trabajo futuro.....	32
6	Bibliografía.....	33
7	Anexos	36

Índice de tablas

Tabla 1 Funciones y responsabilidades en TDDM4IoTS [25].	14
Tabla 2 Definición de roles del proyecto	19
Tabla 3 Listado de tareas.	20
Tabla 4 Listado de gastos	20
Tabla 5 Descripción del caso de uso.	23
Tabla 6 Lista de productos entregables	25

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Principales Enfoques de IoT	11
Ilustración 2 Fases del ciclo de vida de los TDDM4IoTS [25].	13
Ilustración 3 Sensor MQ-135	16
Ilustración 4 Módulo GPRS/GSM Shield SIM900	17
Ilustración 5 Arduino UNO R3 [30].	17
Ilustración 6 Arquitectura del proyecto.	22
Ilustración 7 Diagrama de Caso de Uso	23
Ilustración 8 Página principal	26
Ilustración 9 Página para Inicio de Sesión	26
Ilustración 10 Formulario para registro de usuario.	27
Ilustración 11 Registro de Usuario por Facebook	27
Ilustración 12 Mensaje de registro correcto	28
Ilustración 13 Página de Inicio	28
Ilustración 14 Página para agregar una nueva mascarilla	29
Ilustración 15 Página para visualizar datos	29
Ilustración 16 Reporte de datos	30
Ilustración 17 Reportes de alertas diarias.	30
Ilustración 18 Página para actualizar información personal	31
Ilustración 19 Página para la configuración de los niveles de gases	31
Ilustración 20 Página para añadir administrador	32
Ilustración 21 Diagrama Entidad Relación	36

1 Introducción

Los brotes intermitentes de enfermedades infecciosas han tenido efectos profundos y duraderos en las sociedades a lo largo de la historia [1]. Las pandemias de gripe han acompañado a la humanidad por siglos; siendo la que produjo mayor mortalidad la gripe española [2], conocida como la “Madre de Todas las Pandemias”, sucedió en 1918-1919 y fue causada por el brote de influenza virus A del subtipo H1N1 y dejó alrededor de 50 millones de víctimas a nivel mundial [3].

Actualmente el mundo se enfrenta a la primera pandemia del siglo XXI, y la comparación entre ellas es esencial para identificar patrones epidemiológicos comunes, características clínicas y resultados [1]. Desde diciembre del 2019 se ha identificado un número creciente de la enfermedad Coronavirus 2019 (COVID-19), causada por el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) en China central, inicialmente en la ciudad de Wuhan que tiene 11 millones de habitantes. Evidentemente la infección fue difícil de controlar y las tasas de contagio fueron altas a nivel mundial, puesto que las rutas de transmisión son principalmente por partículas y por contacto [4].

Se ha informado que el uso de mascarillas y la práctica de métodos de higiene de las manos interrumpen las rutas de transmisión [5]. Al principio del brote, las mascarillas se recomendaron para individuos sanos que cuidan a pacientes sospechosos de tener COVID-19. Sin embargo, la aparición de portadores asintomáticos y los individuos en quienes no se reconocen las temperaturas corporales anormales o síntomas respiratorios leves promueve la transmisión de SARS-CoV-2 en ausencia del uso de la mascarilla [6].

La importancia de las mascarillas no fue probablemente ni predicho por nuestros antepasados ni será olvidado en el futuro, se ha convertido en una herramienta indispensable en el armamento para luchar contra la pandemia del COVID-19 [7].

Existen datos limitados sobre el uso de mascarillas para prevenir la transmisión de la gripe [8]. Sin embargo las mascarillas médicas o quirúrgicas pueden ayudar a proteger a las personas de las partículas respiratorias. Además, cabe recalcar que uno de los tipos de mascarillas recomendados es la N95, puesto que están diseñadas para proteger a los usuarios de pequeñas partículas en el aire, incluyendo aerosoles [9]. En [10] argumentan que el uso de mascarillas puede causar múltiples riesgos en la salud de las personas, estos

pueden variar desde dolor de cabeza, acumulación de dióxido de carbono, hasta hipoxia, y complicaciones graves que amenazan la vida. Además, se sabe que el uso constante de la mascarilla N95, reduce el nivel de oxígeno en la sangre causando la pérdida de conciencia en las personas [11].

A principios de febrero del 2020, el fabricante Chino Xiaomi anunció haber conseguido la patente para una mascarilla inteligente con sensores de contaminación y posibilidad de conectarse al móvil para ir observando todos los datos captados [12]. Sin embargo, no alerta cuando los niveles de contaminación son elevados.

Por otro lado, en España la mascarilla inteligente LEAF cuenta con un sistema de esterilización basado en luz ultravioleta. LEAF permite conocer cuál es la calidad del aire y los niveles del CO₂, a partir del control de la mascarilla con una App móvil disponible para iPhone o Android [13]. Sin embargo, no muestra el historial de los datos capturados sobre la calidad del aire en el exterior.

En [12] y [13] los fabricantes no especifican si monitorizan los niveles de gases tóxicos en el espacio cubierto por la mascarilla.

Es por eso que el presente proyecto tiene como objetivo construir una mascarilla inteligente que permita informar al usuario los niveles tóxicos de los gases del exterior e interior de la mascarilla. Este sistema basado en [Internet de las cosas](#) (IoT), está formado por la mascarilla inteligente y una aplicación web que permite emitir alertas sobre los niveles de gases peligrosos y visualizar el historial de los datos capturados por la mascarilla sobre la calidad del aire. Para lograr estos objetivos se utilizaron tecnologías como [Arduino UNO R3](#), [GPRS/GSM Shield SIM900](#) y el sensor [MQ-135](#). El IDE (*Integrated Development Environment*) elegido para el desarrollo de la aplicación web fue NetBeans y para la programación y configuración del hardware IoT se utilizó Arduino IDE.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: en la [sección 1](#) se plantea el problema, los objetivos y la hipótesis que se verificó. La [sección 2](#) se centra en el trabajo relacionado y definición de términos. La [sección 3](#) describe la metodología de desarrollo. La [sección 4](#) muestra los resultados obtenidos y la discusión con los trabajos

relacionados. Finalmente en la [sección 5](#) se muestra las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

1.1 Problematicación

En esta sección se describen los problemas por el uso prolongado de mascarilla.

1.1.1 Planteamiento del problema

La mascarilla es un dispositivo que cubre la nariz, la boca y la barbilla. Es usada como barrera contra las partículas potencialmente infecciosas, además de ser una manera de bajo costo para protegerse y evitar la propagación de virus [14]. Se han realizado varios estudios en los cuales se han encontrado problemas que afectan significativamente la salud por el uso constante de mascarilla [10].

Si la mascarilla no es usada correctamente puede aumentar el riesgo de propagación de enfermedades respiratorias. Sin embargo, uno de los principales riesgos al usar constantemente la mascarilla es la auto contaminación [14].

Durante la pandemia por el virus SARS-CoV-2, la población está obligada a utilizar mascarilla para disminuir los riesgos de contagio. Sin embargo, el control acerca de los niveles monóxido de carbono (CO) es un tema al que se le debe brindar la importancia que merece, puesto que el CO es un gas sin olor, incoloro muy peligroso para la vida humana. El uso prolongado de la mascarilla causa acumulación de gases internos emanados por el usuario que puede alcanzar niveles tóxicos o perjudiciales para la salud.

1.1.2 Diagnóstico del problema

Las mascarillas están recomendadas por ser una barrera que ayuda a evitar que las gotas respiratorias viajen por el aire hasta otras personas cuando tosen, estornudan, hablan o alzan la voz [15]. Sin embargo, debido a la alta demanda durante la pandemia, se ha evidenciado que las personas elaboran sus mascarillas en casa, esto puede dar una falsa sensación de seguridad. La elección de la mascarilla incorrecta disminuye el nivel de protección requerido contra la inhalación de agentes infecciosos.

Las mascarillas son particularmente esenciales en momentos donde se dificulta mantener el distanciamiento social. Pero el uso correcto y prolongado por ejemplo en entornos

clínicos, provoca la contaminación por el propio usuario creando una falsa sensación de seguridad dado que las personas desconocen cuando los gases tóxicos del exterior o interior de la mascarilla alcanzan niveles peligrosos para la salud.

1.1.3 Formulación

¿Cómo informar al usuario los niveles de los gases tóxicos en el exterior o interior de la mascarilla?

1.1.4 Sistematización

- ¿Cómo monitorear la calidad de aire en el ambiente?
- ¿Cómo alertar al usuario cuando los gases tóxicos del exterior o interior de la mascarilla están en niveles peligrosos?
- ¿Cómo conocer el historial de los datos capturados por el sistema de monitorización de la calidad del aire?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Construir una mascarilla inteligente que permita informar al usuario los niveles tóxicos de los gases del exterior e interior de la mascarilla.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un sistema basado en IoT para monitorizar la calidad del aire en el ambiente.
- Desarrollar un sistema de alertas que permita alertar al usuario cuando los gases tóxicos del exterior o interior de la mascarilla están en niveles peligrosos.
- Desarrollar una aplicación web para visualizar el historial de los datos capturados por el sistema de monitorización de la calidad del aire.

1.3 Justificación

El proyecto está dirigido a la población en general, enfocado principalmente en monitorizar los niveles tóxicos de gases en el ambiente y emitir alertas cuando están en porcentajes perjudiciales para la salud.

Además, la implantación del sistema basado en IoT permite monitorizar en tiempo real los niveles de gases mediante la aplicación web, aprovechando las ventajas que ofrece IoT en la interacción con el usuario.

El proyecto surgió como medida de precaución durante la pandemia por el virus SARS-CoV-2, que obliga a la población a utilizar mascarilla para disminuir los riesgos de contagio. Con la propuesta que se plantea, permite al usuario tener seguridad en sus actividades diarias, dado que lo mantiene informado sobre la calidad del aire presente alrededor y dentro del área cubierta por la mascarilla. Además, de emitir alertas cuando debe retirarse la mascarilla en caso que los gases internos alcancen niveles peligrosos y se deba renovar el aire.

Cabe mencionar que el aumento en la producción y el consumo de mascarillas en todo el mundo ha dado lugar a nuevos desafíos medioambientales, por ejemplo, las mascarillas quirúrgicas son dispositivos médicos desechables. Por ello el prototipo de la mascarilla propuesta evita la generación diaria de desechos peligrosos, dado que puede reutilizarse bajo medidas de desinfección diaria.

1.4 Hipótesis

Una mascarilla inteligente sincronizada en tiempo real a una aplicación web responsiva (adaptable al móvil), será capaz de informar al usuario cuando están los gases del exterior o interior en niveles tóxicos.

2 Marco Teórico

Esta sección centra en el trabajo relacionado y definición de términos.

2.1 Marco Referencial

En [16], presentan un estudio experimental en el que analizan el estado de la contaminación del aire interior de un departamento, además describen la relación existente entre las partículas de materia y la temperatura en conjunto con los niveles de humedad. El experimento se llevó a cabo con la implementación de Arduino Uno, módulo Wi-Fi ESP8266, sensor de PM y el DHT11; mientras que los datos se recogieron en línea en la plataforma ThingSpeak. Mientras que en [17], utilizan IoT para implementar un sistema de monitoreo de la calidad del aire interior.

Kodali, Patthuri y Rajnarayanan en [18], desarrollaron un proyecto basado en IoT, el cual consiste en un sistema de vigilancia de la contaminación atmosférica, que envía alertas al usuario a través del Internet, cuando la concentración de gases contaminantes se encuentren fuera de sus niveles seguros.

Zhu et al. en [19], proponen un sistema de vigilancia de gases contaminantes de múltiples componentes basado en IoT, el cual fue diseñado para resolver los problemas de la seguridad personal de los trabajadores, debido a la presencia de gases tóxicos en el ambiente donde realizan sus labores.

Cheng et al. en [20], presentan una mascarilla inteligente bifuncional, con la aplicación de supervisar la capacidad de eliminación de partículas de materia. Además, de contar con un filtro de aire, este estudio promueve el progreso de la electrónica portátil autoalimentada.

2.2 Marco Contextual

El siguiente proyecto presenta una mascarilla inteligente para informar la calidad de aire. Realizado por los estudiantes de Sexto Semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo periodo 2020- 2021.

2.2.1 Creación de valor en Internet de las Cosas (IoT)

La innovación en IoT se caracteriza por la combinación de componentes físicos y digitales para crear nuevos productos y permitir nuevos modelos de negocio. Gracias a una gestión de la energía cada vez más eficiente, a las comunicaciones de banda ancha, a la fiabilidad de la memoria y a los avances en las tecnologías de microprocesadores, ha sido posible digitalizar funciones y capacidades clave de los productos de la era industrial [21].

Los sectores beneficiados por IoT son: transporte, ciudad inteligente, domótica inteligente, salud inteligente, gobierno electrónico, vida asistida, educación electrónica, comercio minorista, logística, agricultura, automatización, fabricación industrial, gestión de procesos, entre otros [22].

2.2.2 Principales Enfoques de IoT

El paradigma de IoT se describe en su análisis como el resultado de la convergencia de tres visiones principales [23]: Orientada a las cosas, orientada a Internet y orientada a la semántica.

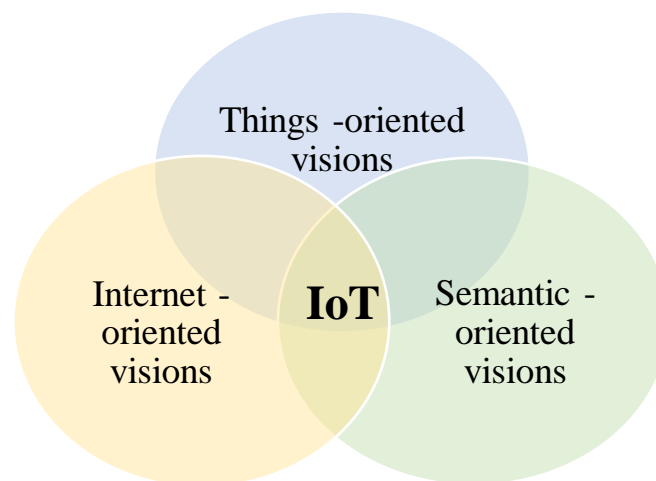


Ilustración 1 Principales Enfoques de IoT

Bajo este paradigma, se pueden inferir tres bloques fundamentales del concepto de IO: la forma en que los objetos o las cosas se conectan a la red, las capacidades de interacción y comunicaciones proporcionadas por esta última, y el uso e interpretación de la información proporcionada por las cosas. Como sugieren en [23], la IO tiene el potencial de añadir una nueva dimensión al proceso de interacción entre las personas y las máquinas, al permitir las comunicaciones con y entre los objetos inteligentes, lo que

conduce a la visión de las comunicaciones "en cualquier momento, en cualquier lugar, en cualquier medio, en cualquier cosa".

2.2.3 Características de IoT

Las características fundamentales IoT son las siguientes [24]:

- **Interconexión:** En lo que respecta IoT, cualquier cosa puede ser interconectada con la infraestructura global de información y comunicación.
- **Servicios relacionados con las cosas:** IoT es capaz de proporcionar servicios relacionados con las cosas dentro de las limitaciones de las cosas, como la protección de la privacidad y la coherencia semántica entre las cosas físicas y sus cosas virtuales asociadas.
- **Heterogeneidad:** Los dispositivos en IoT son heterogéneos ya que se basan en diferentes plataformas de hardware y redes. Pueden interactuar con otros dispositivos o plataformas de servicios a través de diferentes redes.
- **Cambios dinámicos:** El estado de los dispositivos cambia dinámicamente, por ejemplo, durmiendo y despertando, conectados y/o desconectados como así como el contexto de los dispositivos, incluyendo la ubicación y la velocidad. Además, el número de dispositivos puede cambiar dinámicamente.
- **Enorme escala:** El número de dispositivos que deben ser administrados y que se comunican entre sí será al menos un orden de magnitud mayor que los dispositivos conectados a Internet actual.

2.2.4 Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (TDDM4IoTS)

TDDM4IoTS es una metodología independiente de herramientas o marcos de automatización específicos, de modo que los desarrolladores son libres de elegir la(s) herramienta(s) apropiada(s) a ser utilizada(s), dependiendo de sus necesidades y preferencias [25].

Las fases del ciclo de vida de TDDM4IoTS, mostradas en la Ilustración 1, han sido planteadas considerando el desarrollo de todos los tipos de IoTS. Por ello, el orden y la frecuencia de aplicación, así como la asignación de recursos para cada fase dependerán tanto de la naturaleza del proyecto como de los conocimientos, aptitudes, experiencia y

número de los miembros del proyecto. No obstante, el orden de aplicación sugerido en la Ilustración 1 (mostrado por los números) sería válido para el desarrollo de un buen número de IoTS [25].

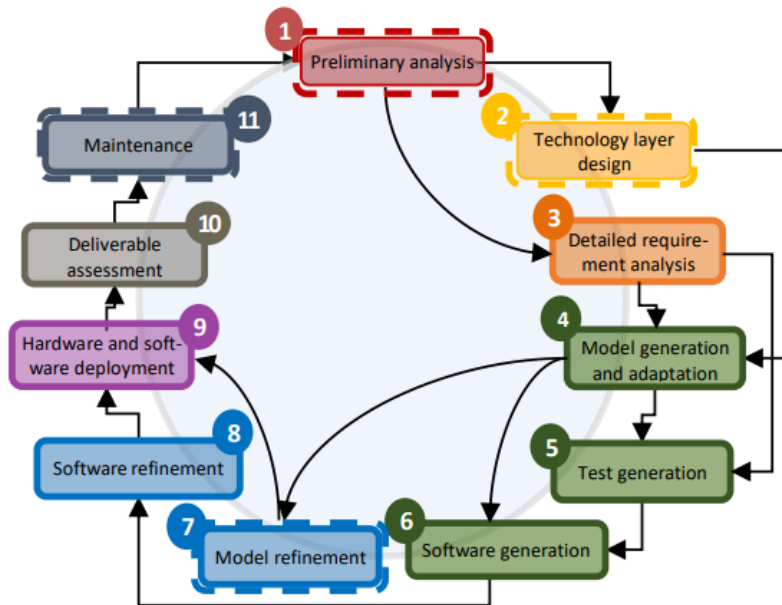


Ilustración 2. Fases del ciclo de vida de los TDDM4IoTS [25].

2.2.5 Fases de TDDM4IoTS

A continuación se detallan cada una de las fases con su objetivo [25]:

1. **Análisis preliminar:** El objetivo de esta fase es obtener un estudio de viabilidad del sistema (completo) en lo que respecta a sus aspectos tecnológicos, económicos y operativos, así como un análisis del contexto en el que se desplegará el sistema, basado en los requisitos y objetivos expresados por el cliente.
2. **Diseño de la capa tecnológica:** El objetivo de esta fase es obtener el primer diseño del sistema global que servirá de guía para los equipos de desarrollo.
3. **Análisis detallado de los requisitos:** El objetivo de esta fase, que se ejecutará para cada entregable del sistema, es obtener los requisitos detallados del entregable a desarrollar. Además, se le pedirá al cliente que describa las pruebas junto con los desarrolladores, para reducir las ambigüedades.
4. **Modelo de generación y adaptación:** El objetivo de la aplicación del MDE en TDDM4IoTS es reutilizar los modelos y mejorar así la productividad del equipo de

desarrollo. Por lo tanto, en esta fase, se generarán nuevos modelos o se adaptarán los modelos existentes.

5. **Generación de pruebas:** TDDM4IoTS sigue el paradigma TDD, por lo que debe generar las pruebas que el software debe pasar para asegurar la calidad del sistema.
6. **Generación de software:** Esta fase se basa en modelos y pruebas.
7. **Refinamiento del modelo:** Los modelos UML facilitan el refinamiento del modelo. El resultado de esta fase será el modelo definitivo, a partir del cual se generará el código del sistema. Las herramientas sugeridas para llevar a cabo las tareas de esta fase son las mismas que en la fase de generación y adaptación del modelo.
8. **Refinamiento del software:** El trabajo de los desarrolladores en esta fase será garantizar la calidad del software, eliminando las redundancias y haciendo el software fácil de mantener.
9. **Despliegue de hardware y software:** Una vez que el software ha sido probado (simulado), se implementa y despliega en los dispositivos y recursos que se utilizarán en el sistema, confirmando el cumplimiento de los requisitos finales negociados entre el cliente y el equipo de desarrollo.
10. **Evaluación entregable:** Una vez completado el desarrollo del entregable (tuvo que pasar las pruebas necesarias para garantizar su funcionamiento), las pruebas de integración, las pruebas del sistema y las pruebas funcionales deben realizarse de nuevo en esta etapa.
11. **Mantenimiento:** Los IoTS combinan la complejidad del mantenimiento del software con la menor complejidad del mantenimiento del hardware. Si un componente físico de un IoTS (sensor, actuador, computadoras de placa, entre otros) falla, es reemplazado por otro dispositivo similar.

2.2.6 Funciones y responsabilidades en TDDM4IoTS

Tabla 1 Funciones y responsabilidades en TDDM4IoTS [25].

Rol	Descripción	Responsabilidades
Project facilitator	Experto con amplia experiencia en la gestión de proyectos y en el desarrollo ágil de la IOTS. Solucionador de conflictos,	Apoyar al equipo de desarrollo en el logro de sus objetivos.

	formador, facilitador y con las características innatas de un líder	Contribuir con su experiencia en el desarrollo de los productos finales.
Counselor	Miembro del equipo de desarrollo que se convierte en "líder" (sin designación formal) por su desempeño.	Instruye a sus compañeros de equipo sobre los temas de su dominio.
Customer /End User	Persona con facilidad de palabra y conocedora de toda la funcionalidad de la IOT que encarga al equipo de desarrollo que la desarrolle.	Contribuir con los requerimientos de la IOT. Aprobar la funcionalidad de los entregables terminados y los IOT finales
Development team	Grupo multidisciplinario de expertos con conocimientos en los diferentes ámbitos del proyecto, que es responsable del desarrollo de la IOTS.	Negociar con el cliente los aspectos del desarrollo de la IOTS (orden de entrega, tiempo, recursos). Crear entregables que satisfagan plenamente los requisitos del cliente.

2.3 Marco Conceptual

En este apartado se presenta el concepto de términos técnicos mencionados en el documento:

2.3.1 Internet de las Cosas

El Internet de las cosas (IoT) describe la red de objetos físicos "cosas" que están incorporados a sensores, programas informáticos y otras tecnologías con el propósito de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Estos dispositivos van desde objetos domésticos ordinarios hasta herramientas industriales sofisticadas. Con más de 7.000 millones de dispositivos de IoT conectados hoy en día,

los expertos esperan que esta cifra aumente a 10.000 millones en 2020 y a 22.000 millones en 2025 [26].

2.3.2 Calidad del Aire

La contaminación atmosférica es el mayor desafío ambiental y de salud pública del mundo actual. La contaminación atmosférica tiene efectos adversos en la salud humana, el clima y el ecosistema. El aire se está contaminando debido a la liberación de gases tóxicos por parte de las industrias, las emisiones de los vehículos y el aumento de la concentración de gases nocivos y partículas en la atmósfera. Las partículas son uno de los parámetros más importantes que contribuyen de manera significativa al aumento de la contaminación atmosférica [27]. Esto crea la necesidad de medir y analizar la vigilancia de la calidad del aire en tiempo real para poder adoptar decisiones adecuadas en un período de tiempo oportuno.

2.3.3 Sensor MQ-135

Es un sensor que informa los resultados de la detección de la calidad del aire en forma de cambios en el valor de la resistencia analógica en la pines de salida. Alta sensibilidad al Amoníaco (NH_3), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Alcohol, Sulfuros, Benceno (C_6H_6), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO_2), humo y otros gases nocivos [28].



Ilustración 3. Sensor MQ-135

2.3.4 Módulo GPRS/GSM Shield SIM900

Está especialmente diseñado para interactuar con microcontroladores Arduino, así como otras capacidades como permitir a los usuarios conectarse a Internet, enviar SMS, recibir SMS y realizar llamadas de voz; algunos de los cuales son esenciales para este proyecto [29].

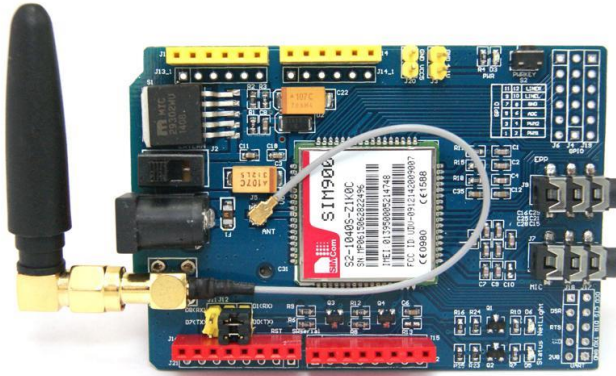


Ilustración 4. Módulo GPRS/GSM Shield SIM900

2.3.5 Arduino UNO R3

Arduino Uno es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio [30].



Ilustración 5. Arduino UNO R3 [30].

2.3.6 Arduino IDE

El software de código abierto Arduino (IDE) facilita la escritura de código y la carga en la pizarra. Funciona en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y se basa en Processing y otros programas de código abierto. Este software puede ser usado con cualquier placa Arduino [31].

2.3.7 NetBeans

NetBeans IDE ofrece herramientas de primera clase para el desarrollo de aplicaciones de escritorio, móviles y web con Java, JavaScript, HTML5, PHP, C / C ++ y más. Apache NetBeans es gratuito y de código abierto y se rige por Apache Software Foundation [32].

2.3.8 PostgreSQL

PostgreSQL es un poderoso sistema de base de datos relacional de objetos de código abierto que utiliza y extiende el lenguaje SQL combinado con muchas características que almacenan y escalan con seguridad las cargas de trabajo de datos más complicadas. Los orígenes de PostgreSQL se remontan a 1986 como parte del proyecto POSTGRES de la Universidad de California en Berkeley y tiene más de 30 años de desarrollo activo en la plataforma central [33].

2.3.9 WebSocket

HTML5 propone un protocolo WebSocket, que permite la comunicación dúplex completa entre el lado del servidor y el del cliente a través de una sola conexión TCP. WebSocket facilita el intercambio de datos entre el cliente y el servidor, permitiendo al servidor enviar datos al cliente de forma activa [34].

2.3.10 Diagrama de casos de usos

Los casos de uso se utilizan durante la obtención y análisis de requisitos para representar la funcionalidad del sistema. Un caso de uso describe una función proporcionada por el sistema que produce un resultado visible para un actor [35].

3 Metodología de desarrollo

En este proyecto se implementó la metodología TDDM4IoTS, mediante su aplicación ayudó a identificar las necesidades, realizar una correcta estimación de los tiempos, lograr una participación activa del equipo de trabajo, desarrollar un incremento funcional en el producto hasta finalmente obtener el producto esperado.

3.1 Definición de roles del proyecto

En la tabla 2, se detallan a los integrantes del grupo con el rol y contacto.

Tabla 2 Definición de roles del proyecto

Definición de roles del proyecto		
Rol	Nombre	Contacto
Project Facilitator	Ing. Gleiston Guerrero	gguerrero@uteq.edu.ec
Counselor	Geovanny José Brito Casanova	geovanny.brito2017@uteq.edu.ec
Customer /End User	Ing. Gleiston Guerrero	gguerrero@uteq.edu.ec
Development Team	Doris Michelle Solano Chico	doris.solano2017@uteq.edu.ec
	Dayanna Lizzet Velez Araujo	dayanna.velez2017@uteq.edu.ec

3.2 Análisis preliminar

A continuación se detalla el análisis preliminar realizado para desarrollar el proyecto.

3.2.1 Análisis de requisitos

Para identificar los requisitos funcionales y no funcionales del proyecto se muestra a continuación la planificación de actividades que se siguió para lograr cumplir los objetivos.

3.2.2 Listado de tareas

Tabla 3 Listado de tareas

Tarea	Prioridad	Tiempo Estimado
Formar el grupo de desarrolladores para el proyecto	Alta	2 días
Socializar y definir tema de proyecto	Alta	7 días
Revisión de artículos afines al tema	Alta	15 días
Revisar metodología TDDM4IoTs	Alta	7 días
Redactar introducción, problemática, objetivos, justificación	Alta	7 días
Identificar los componentes que se necesitan para el desarrollo del proyecto	Media	3 días
Redactar marco referencial	Media	7 días
Diseñar un bosquejo de la aplicación web	Media	7 días
Crear diagrama de casos de usos	Media	7 días
Redactar marco contextual	Media	3 días
Redactar marco conceptual	Media	3 días
Diseñar el diagrama Base de datos	Alta	7 días
Arquitectura del proyecto	Media	1 día
Comprar componentes	Alta	7 días
Realizar pruebas de componentes	Alta	1 día

3.2.3 Análisis de la tecnología

i) Recursos de hardware disponibles, donados por el tutor.

- Protoboard
- Cables macho-macho, macho-hembra
- Resistencias

ii) Recursos de hardware adquiridos.

Tabla 4 Listado de gastos

Dispositivo	Cantidad de compra	Costo Unitario	Costo Total
MQ135	3	5,00	15,00
Módulo GPRS/GSM Shield SIM900	1	35,00	35,00

Arduino UNO R3	1	20,00	20,00
Batería Lipo 11.1v 1200mah	1	25,00	25,00
Cargador para batería lipo	1	13,00	13,00
TOTAL COSTOS			108,00

iii) Herramientas (programas informáticos) para el hardware configuración

- Fritzing
- Proteus 8 Professional

iv) Herramientas de desarrollo de software

- NetBeans
- PostgreSQL

3.2.4 Análisis del entorno

El sistema será instalado en una mascarilla portátil modelo 634, cuyo punto de suministro de energía será una batería de lipo recargable de 11.1v con 1200mAh, la comunicación de datos será a través de un chip de la compañía de servicios de telecomunicaciones de bajo coste Tuenti. El chip irá conectado a un GPRS/GSM Shield SIM900, que servirá para la transmisión de datos a la aplicación.

3.2.5 Análisis de viabilidad

3.2.5.1 Viabilidad técnica:

- **¿Existen las tecnologías necesarias para desarrollar el proyecto?**

Sí, en el presente proyecto se utilizan tecnologías como Arduino UNO R3 y GPRS/GSM Shield SIM900

- **¿Se dispone de personal capacitado para desarrollar el proyecto?**

El grupo de desarrolladores mantiene continua comunicación con su tutor, quien capacita en los temas requeridos para el desarrollo del proyecto.

- **¿Puede desarrollarse el proyecto?**

Sí, pero este proyecto tiene mayores desafíos, debido a la pandemia que actualmente afecta al mundo, lo cual impide que los integrantes del equipo se reúnan físicamente. Sin

embargo, a este equipo le gustan los desafíos, y por ello han adoptado diferentes medidas para estar constantemente comunicados y mantenerse firmes en el desarrollo del proyecto.

3.2.5.2 Viabilidad económica:

- ¿Hay un presupuesto adecuado para desarrollar el proyecto?

El equipo desarrollador marcó un presupuesto máximo por integrante de 60 dólares, además de recibir apoyo de parte del tutor quien ha prestado componentes.

3.2.5.3 Viabilidad operacional

El prototipo de la mascarilla inteligente presentada en el proyecto, está en proceso de prueba, las pruebas han dado resultados favorables. Además, cabe mencionar que la aplicación web está completamente funcional.

3.3 Diseño de la capa tecnológica

En la ilustración 6, se muestra la arquitectura del proyecto.

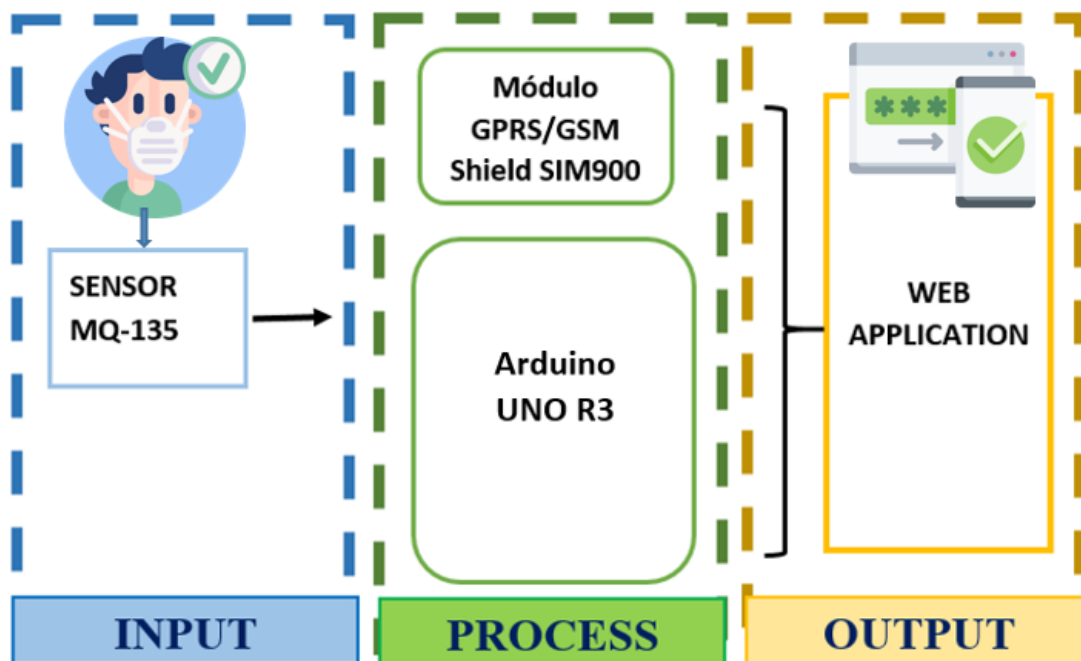


Ilustración 6 Arquitectura del proyecto.

3.4 Análisis detallado de los requisitos

3.4.1.1 Caso de uso

En la ilustración 8, se muestra el caso de uso que representa la funcionalidad de proyecto, además los requisitos funcionales y no funcionales.

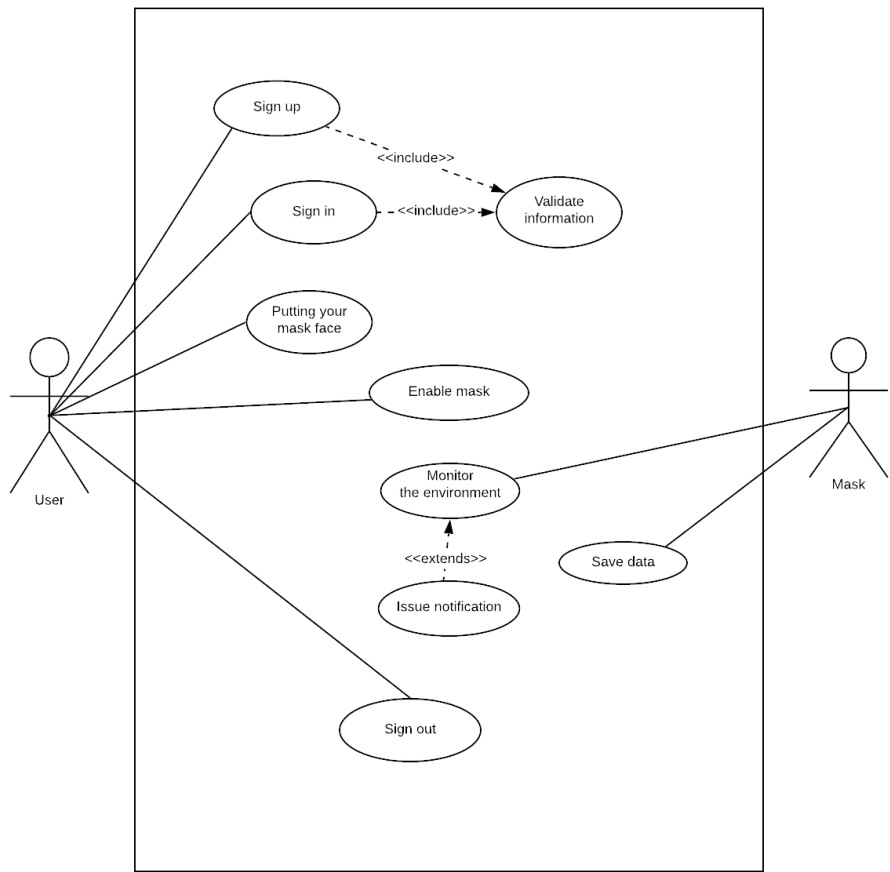


Ilustración 7. Diagrama de Caso de Uso

3.4.1.2 Descripción del funcionamiento interno del caso de uso

Tabla 5 Descripción del caso de uso

CASO DE USO:	Monitorizar ambiente
ACTORES:	Usuario, Mascarilla
PROPÓSITO:	Emitir alertas de niveles tóxicos del ambiente
RESUMEN:	El usuario puede visualizar los niveles de gases en el ambiente, mediante la aplicación web.
TIPO:	Primario

PRE CONDICIONES:	Debe estar registrado el usuario y relacionado a un identificador de mascarilla.
CURSO NORMAL (BÁSICO) DE EVENTOS	
ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTAS DEL SISTEMA
<p>1. Este caso de uso empieza cuando el cliente adquiere una mascarilla.</p> <p>2. El usuario debe ingresar los datos en la aplicación y agregar el ID de la mascarilla.</p> <p>3. El usuario activa la mascarilla.</p> <p>5. Este caso de uso termina cuando el usuario desactiva la mascarilla.</p>	<p>4. Muestra los niveles de gases en el ambiente, en tiempo real.</p>
FLUJO ALTERNO	
ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTAS DEL SISTEMA
<p>4.2. El usuario revisa las notificaciones</p>	<p>4.1. La mascarilla captura todos los datos del ambiente y envía notificación cuando los niveles son tóxicos.</p> <p>4.3. Guarda toda la información de los gases obtenidos durante el monitoreo.</p>
REQUISITOS TRAZADOS:	<p>Requisitos funcionales: Iniciar sesión, emitir notificaciones, guardar los datos.</p> <p>Requisitos no funcionales: Ubicación de sensores, diseño de mascarilla.</p>
PUNTOS DE INCLUSIÓN:	Validar información del usuario
PUNTOS DE EXTENSIÓN:	Emitir notificaciones

3.5 Evaluación entregable del software

A continuación se muestra el listado de los productos entregables durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 6 Lista de productos entregables

Productos entregables		Fecha	Estado
1	Diseño de base de datos	07/07/20	Terminado
2	Diseños de diagramas UML	14/07/20	Terminado
3	Diseño de interfaz de aplicación web	21/07/20	Terminado
4	Conexión de la base de datos con la aplicación	28/07/20	Terminado
5	WebSocket	04/08/20	Terminado
6	Ensamblaje de dispositivo	11/08/20	Terminado
7	Envío de datos a la base de datos	18/08/20	Terminado
9	Consulta de los datos en la base de datos	25/08/20	Terminado
10	Modificación de los datos en la base de datos	01/09/20	Terminado
11	Emitir alertas	08/09/20	Terminado
12	Reportes	15/09/20	Terminado

4 Resultados obtenidos

A lo largo de este proyecto se analizó la construcción de un prototipo de mascarilla inteligente basado en IoT. Además se estudió las tecnologías necesarias para cumplir con los objetivos e hipótesis. La revisión de estos temas, permitió establecer bases sólidas para poder realizar el modelado correcto y la implementación de una aplicación web responsiva, llamada *Smart Face Mask App*, que constituye una herramienta útil para visualizar los datos monitorizados por los sensores en tiempo real.

La manera en que estuvo dirigido el proyecto hizo posible que se obtuviera un producto con las siguientes características:

En la ilustración 8, se muestra la pantalla principal de la aplicación web. El usuario debe dar clic en el botón que dice <<Login>> para acceder a la página de inicio de sesión.

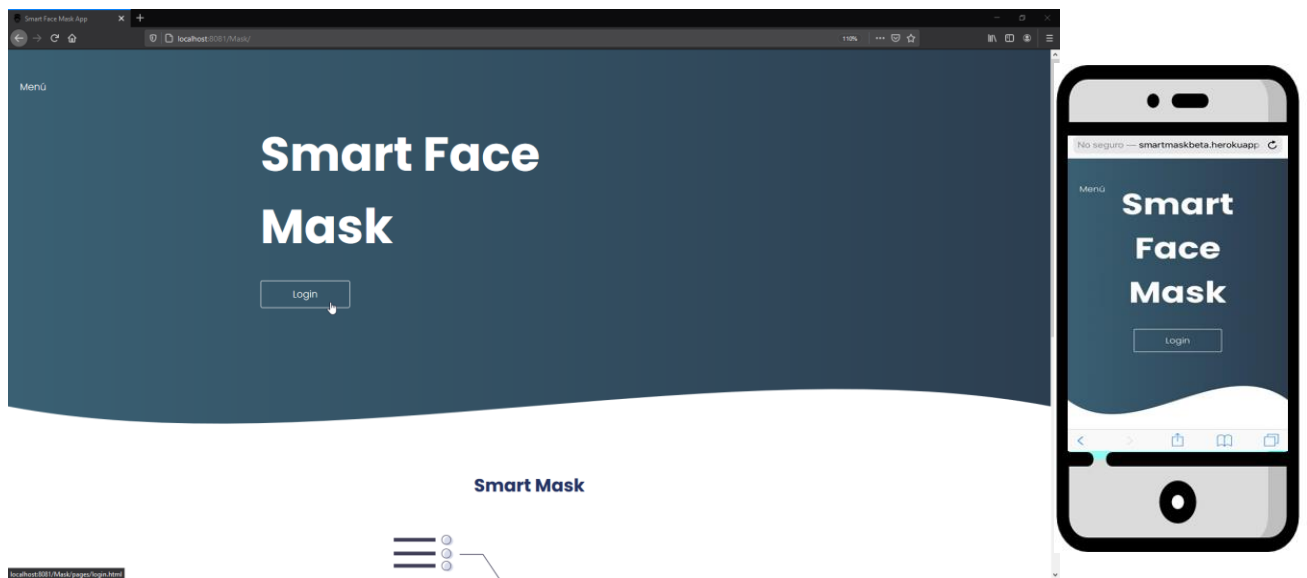


Ilustración 8. Página principal

En la ilustración 9, se presenta el inicio de sesión y el botón para registrarse, luego que el usuario seleccione <<SIGN UP>> se muestra un formulario como se presenta en la ilustración 10 donde debe completar todos los datos solicitados.

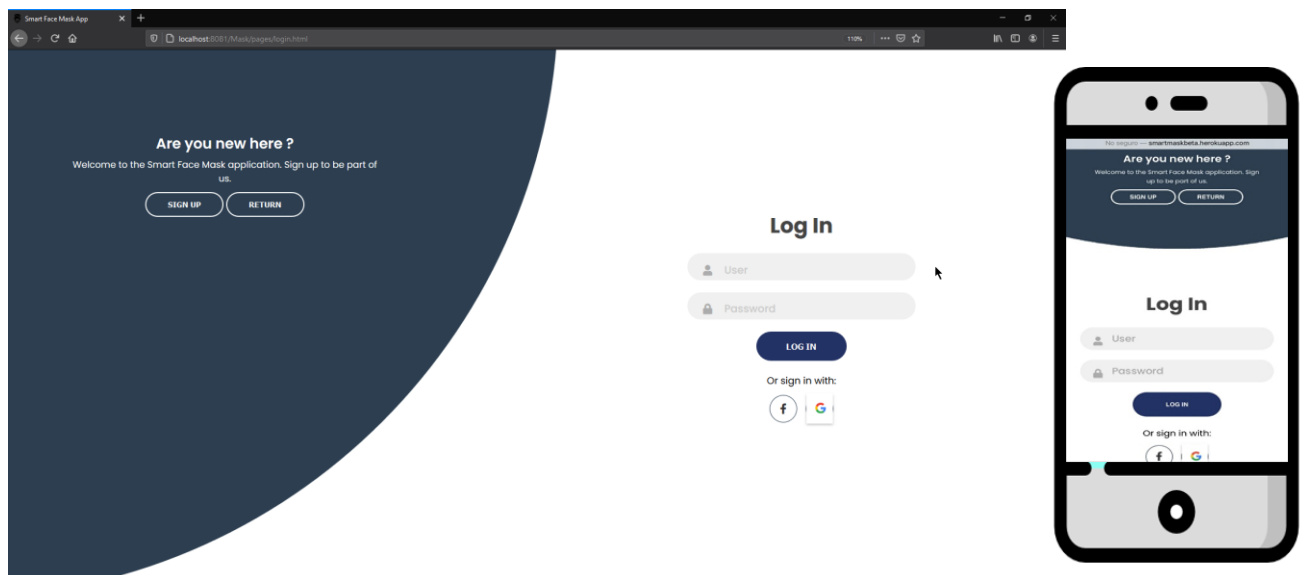


Ilustración 9. Página para Inicio de Sesión

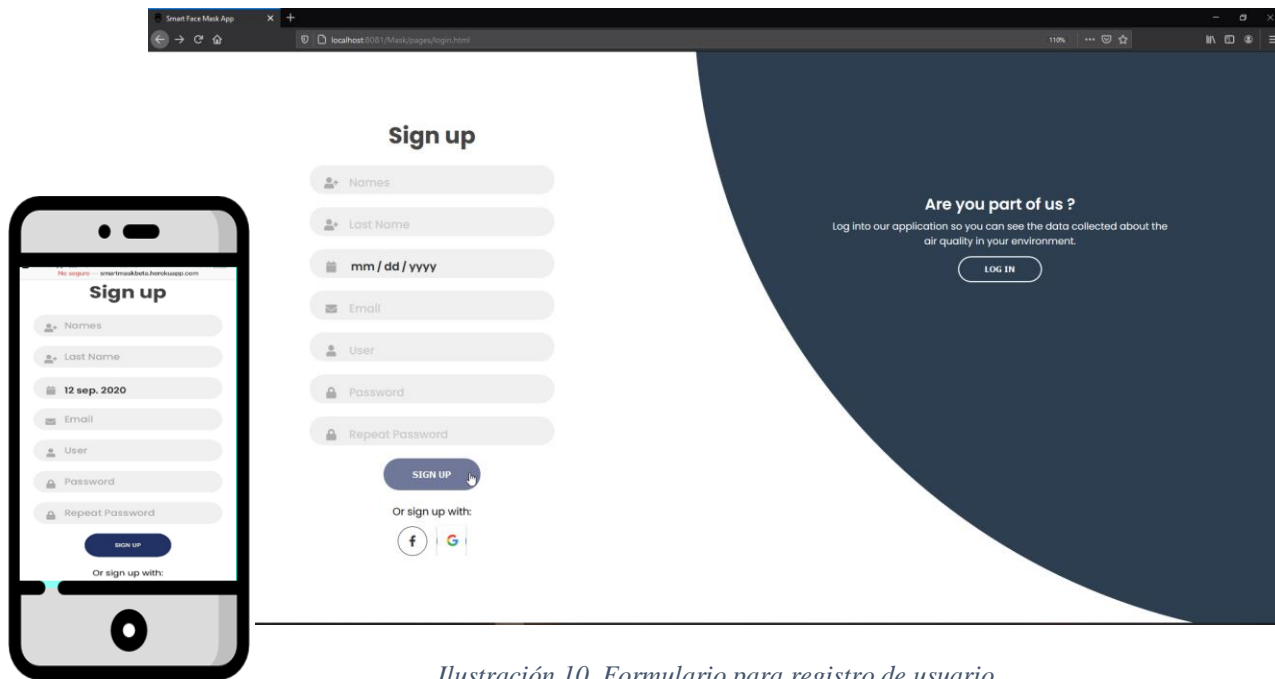


Ilustración 10. Formulario para registro de usuario

La aplicación tiene tres formas de registro, la que se mencionó anteriormente que es llenar directamente el formulario y además, puede registrarse accediendo con su cuenta de Facebook o Google, como se observa en la ilustración 11.

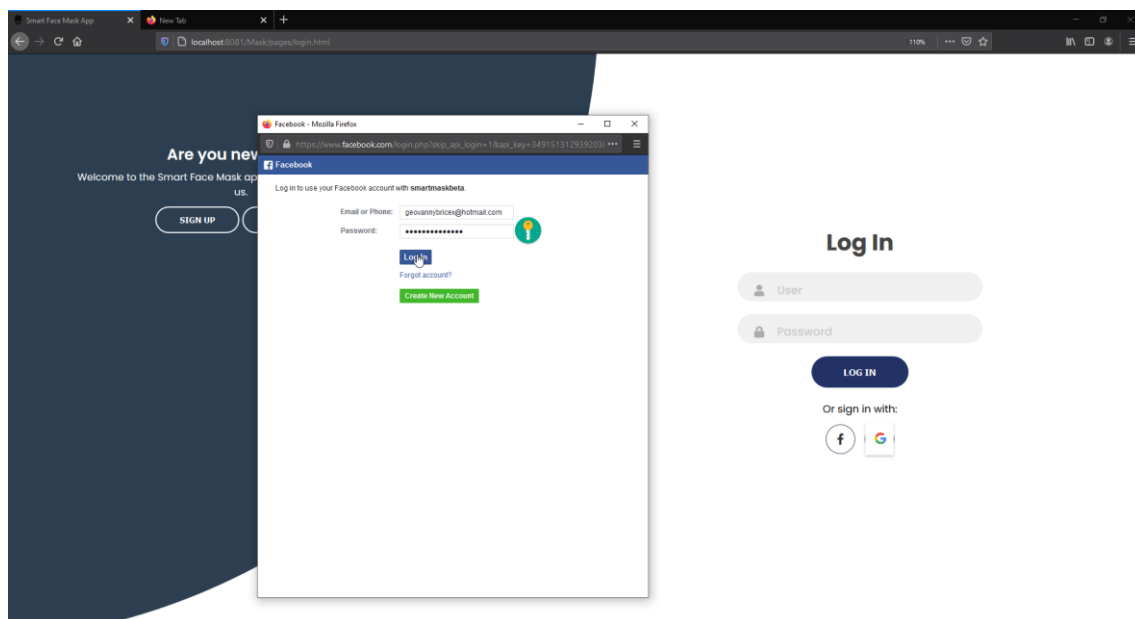


Ilustración 11. Registro de Usuario por Facebook

En la ilustración 12 se muestra el mensaje cuando el usuario se registra correctamente.

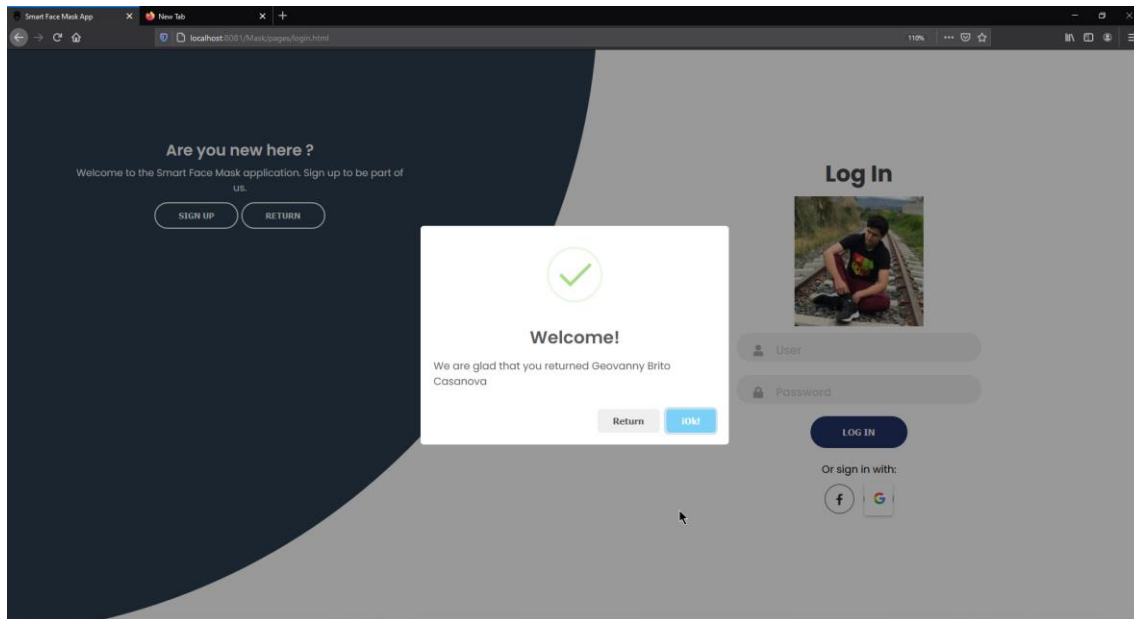


Ilustración 12. Mensaje de registro correcto

En la ilustración 13, se muestra la página de inicio que es informativa, puesto que muestra tres botones para que el usuario pueda visitar documentos sobre los cuidados de la salud.

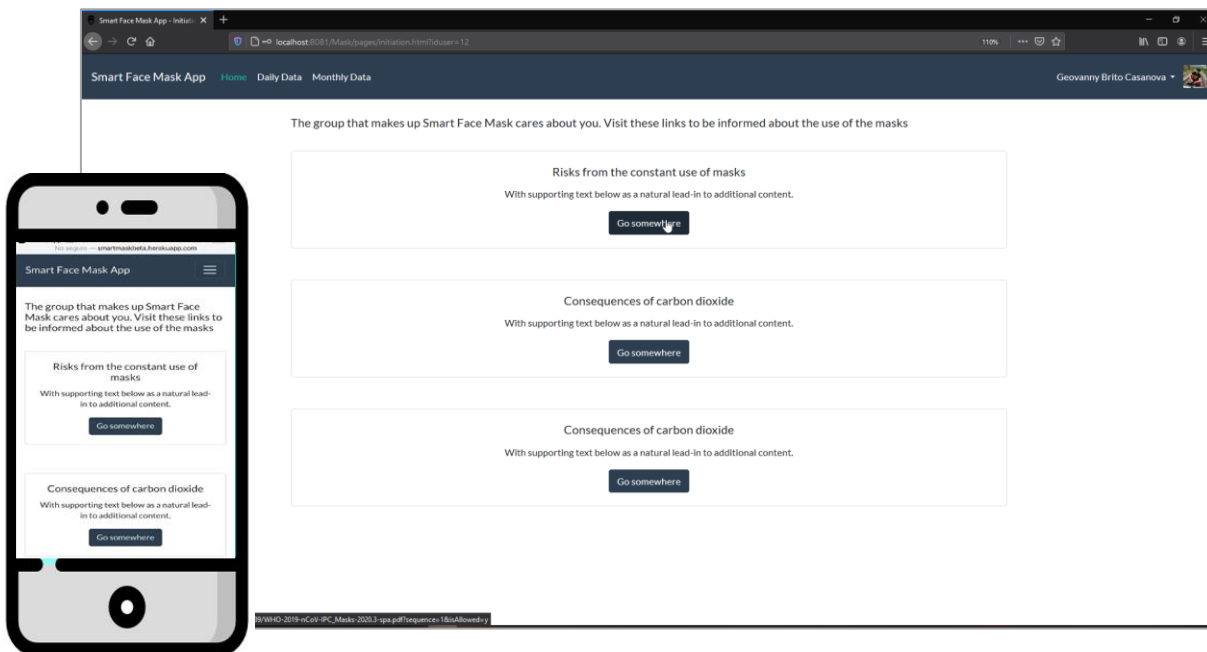


Ilustración 13. Página de Inicio

Para activar la mascarilla el usuario debe seleccionar en <<Configuration>> luego aparecerá una página como se muestra en la ilustración 14, para ingresar el código de la mascarilla debe dar clic en el botón <<Add now>>

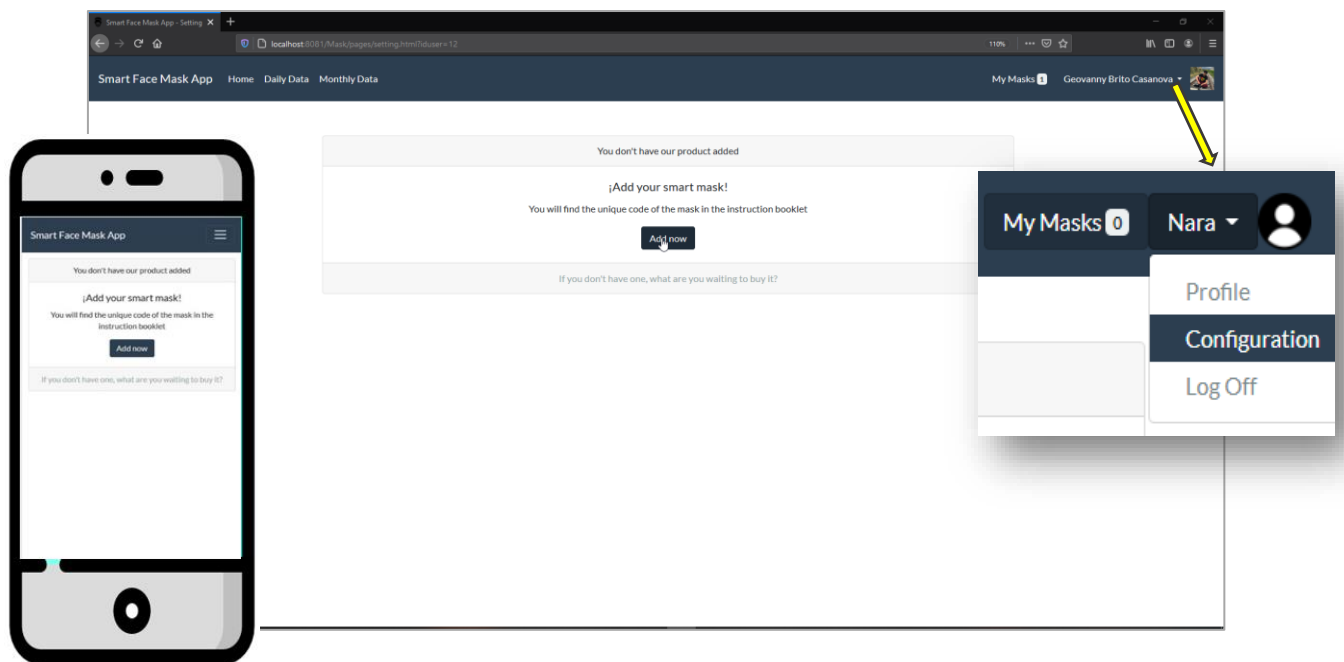


Ilustración 14. Página para agregar una nueva mascarilla

Luego de activar la mascarilla el usuario puede observar en tiempo real la gráfica con los niveles de monóxido carbono, dióxido de carbono, amonio y butano, en la ilustración 15 se observa cómo se presentan los datos.

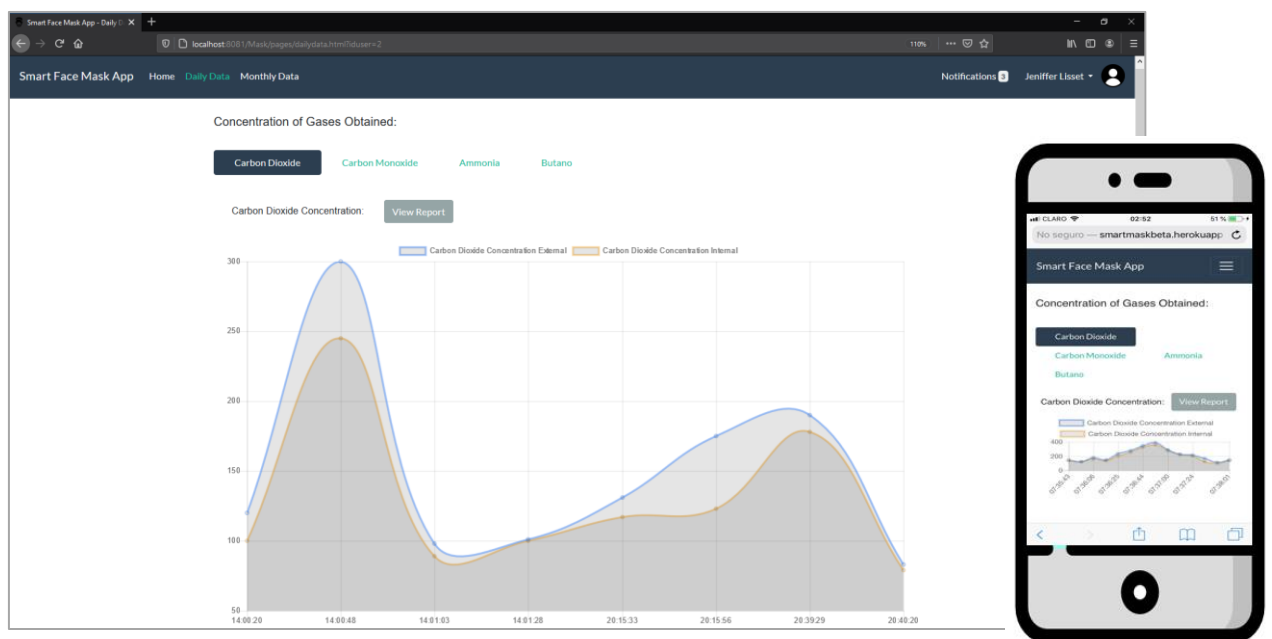


Ilustración 15. Página para visualizar datos

En la ilustración 16, se muestra una tabla con el reporte para visualizar el historial de los datos internos y externos capturados por el sistema de monitorización de la calidad del aire.

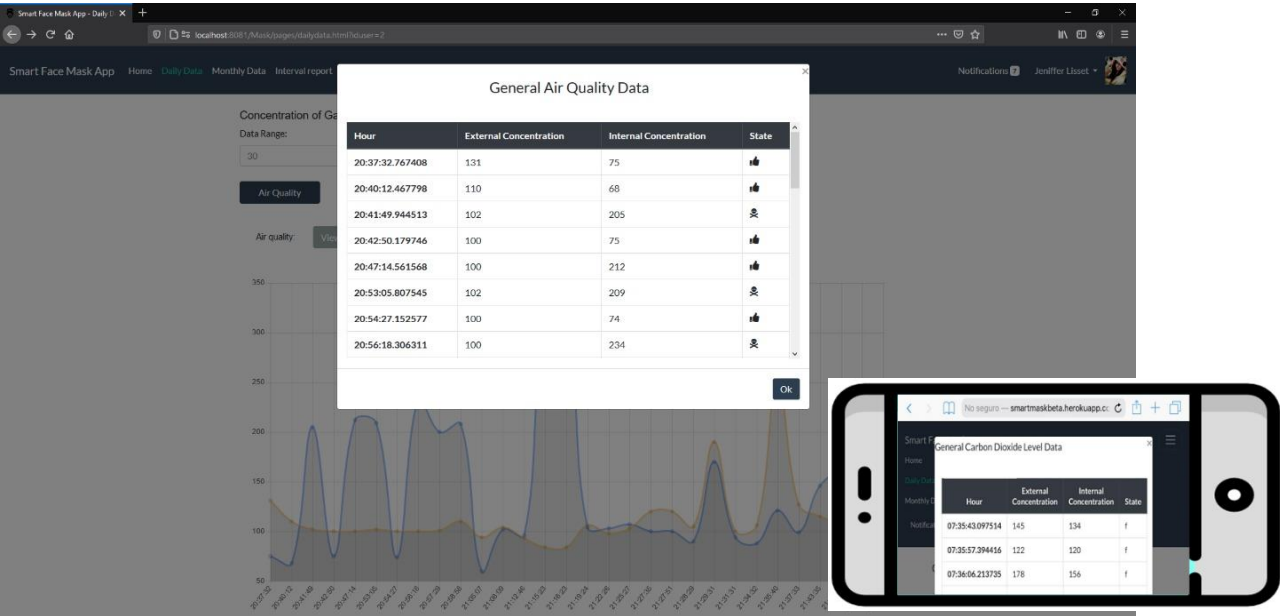


Ilustración 16. Reporte de datos

En la ilustración 17 se muestra el reporte de las alertas emitidas durante el día. Esto permite alertar al usuario cuando los gases tóxicos del exterior o interior de la mascarilla están en niveles peligrosos.

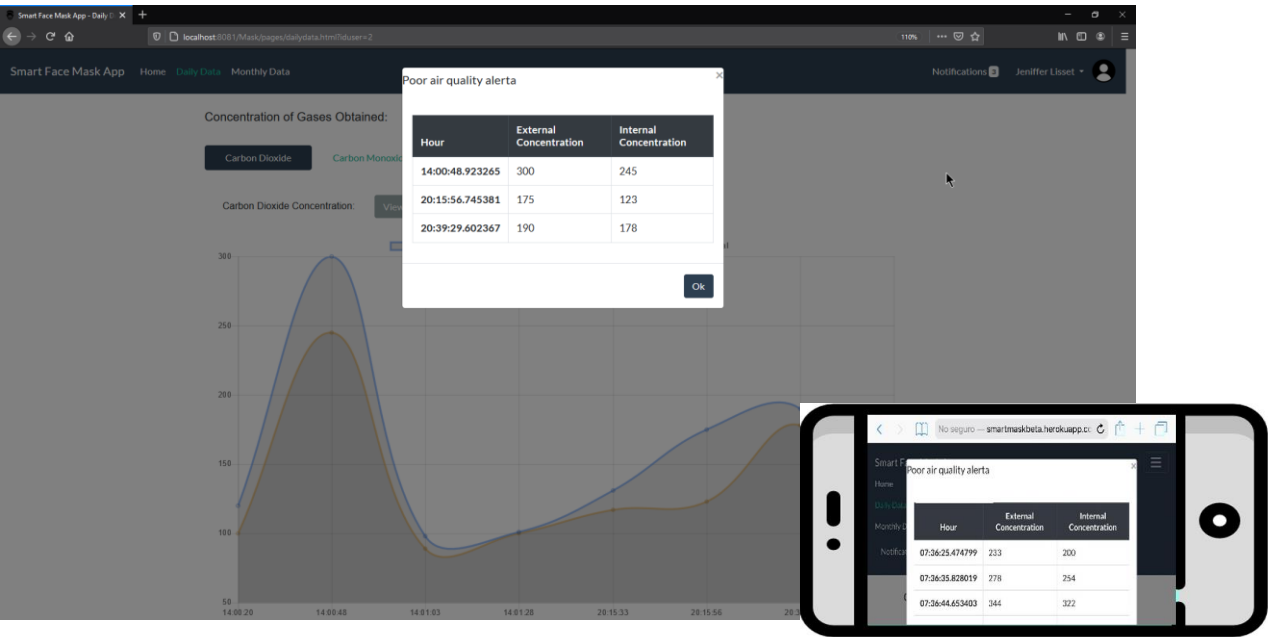


Ilustración 17. Reportes de alertas diarias

En la ilustración 18 se presenta a página donde el usuario puede actualizar su información.

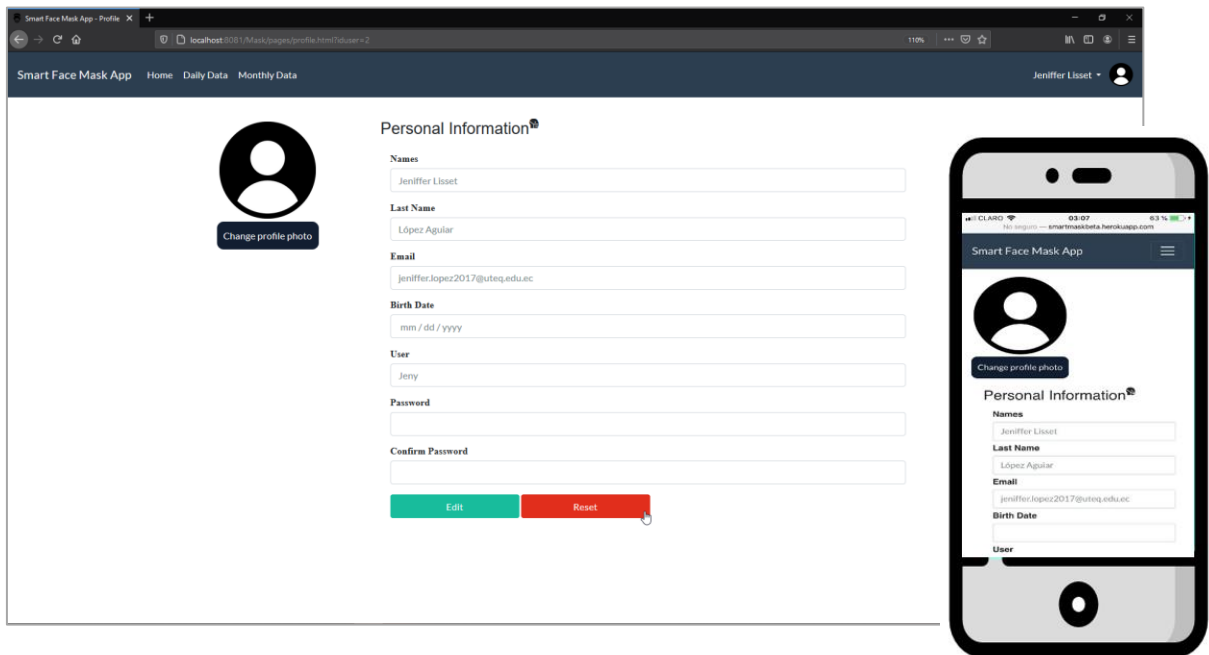


Ilustración 18. Página para actualizar información personal

En la ilustración 19, se muestra la página para configurar los niveles de gases, el administrador establece los valores que vendrán por defecto en todas las mascarillas, pero si el usuario lo requiere puede modificarlo.

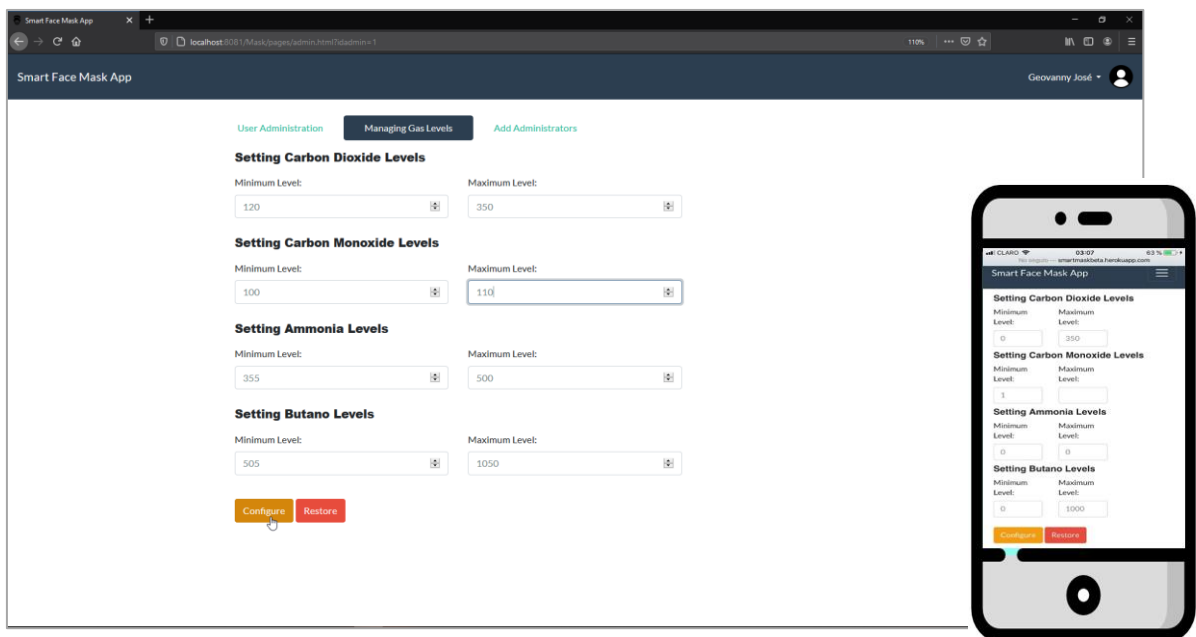


Ilustración 19. Página para la configuración de los niveles de gases

En la ilustración 20, se muestra la página para agregar administrador, cabe mencionar que los administrados son quienes pueden agregar más administradores.

Smart Face Mask App

Geovanny José

User Administration Managing Gas Levels **Add Administrators** View administrators

First Name
First name

Last Name
Last name

Birth Date
mm / dd / yyyy

User
User

Password
Password

Confirm Password
Confirm Password

Add Close

Ilustración 20. Página para añadir administrador

5 Conclusión y trabajo futuro

- Con el proyecto presentado se concluye que el sistema basado en IoT, formado por la mascarilla inteligente y la aplicación web, cumple su propósito principal de emitir alertas sobre los niveles de gases peligrosos y visualizar el historial de los datos sobre la calidad del aire capturados en tiempo real por la mascarilla.
- Este proyecto puede continuar implementando una aplicación móvil. Además, se puede buscar otras tecnologías que lo hagan más portable. Otra sugerencia de trabajo futuro es la puesta en prueba otros gases y aumentar sensores que permitan controlar la frecuencia cardíaca, la presión arterial y otras funciones del cuerpo relacionadas con la inhalación de gases tóxicos.

6 Bibliografía

- [1] D. Huremović, “Brief History of Pandemics (Pandemics Throughout History)” , DOI: 10.1007/978-3-030-15346-5_2, in *Psychiatry of Pandemics*, Springer, Cham, 2019.
- [2] C. Amela, I. Pachón, and M. J. Sierra, “Pandemia de gripe año 2009. ¿Estamos preparados para responder?” , *Rev. Adm. Sanit.*, vol. 7, no. 3, Jul. 2009.
- [3] F. Baehr, “Notas ‘influenzianas’ N°1 el virus influenza A... el virus sumergible” , DOI: 10.1016/s0716-8640(11)70400-x, *Rev. Médica Clínica Las Condes*, vol. 22, no. 1, Jan. 2011.
- [4] Q. Lin et al, “Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia” , DOI: 10.1056/NEJMoa2001316, *N. Engl. J. Med.*, vol. 382, no. 13, Mar. 2020.
- [5] N. Leung, D. Chu, E. Shiu, K. H. Chan, J. McDevitt, B. Hau, H. L. Yen, Y. Li, D. Ip, M. Peiris, W. H. Seto, G. Leung, D. Milton, and B. Cowling, “Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks” , DOI: 10.1038/s41591-020-0843-2, *Nat. Med.*, vol. 26, no. 5, 2020.
- [6] N. Zeng, Z. Li, S. Ng, D. Chen, and H. Zhou, “Epidemiology reveals mask wearing by the public is crucial for COVID-19 control” , DOI: 10.1016/j.medmic.2020.100015, *Med. Microecol.*, vol. 4, 2020.
- [7] J. Gandhi, J. Churiwala, P. Shinde, and S. Chaudhari, “Surgical Mask—the Saviour: from its Invention to the COVID-19 Era” , DOI: 10.1007/s12262-020-02438-x, *Indian J. Surg.*, 2020.
- [8] F. Bin-Reza, V. Lopez, A. Nicoll, and M. Chamberland, “The use of masks and respirators to prevent transmission of influenza: a systematic review of the scientific evidence” , DOI: 10.1111/j.1750-2659.2011.00307.x, *Influenza Other Respi. Viruses*, vol. 6, no. 4, Jul. 2011.
- [9] J. H. Zhu, S. J. Lee, D. Y. Wang, and H. YLee, “Effects of Long-Duration Wearing of N95 Respirator and Surgical Facemask: A Pilot Study” , DOI: 10.15406/jlpr.2014.01.00021, *J. Lung, Pulm. Respir. Res.*, vol. 1, no. 4, 2014.
- [10] A. Westendorf, K. Skibbe, A. Adamczyk, J. Buer, R. Geffers, W. Hansen, E. Pastille, and V. Jendrosseck, “Hypoxia enhances immunosuppression by inhibiting CD4+ Effector T cell function and promoting treg activity” , DOI: 10.1159/000464429, *Cell. Physiol. Biochem.*, vol. 41, no. 4, 2017.
- [11] V. Offeddu, C. Yung, M. Low, and C. Tam, “Effectiveness of masks and respirators against respiratory infections in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis” , DOI: 10.1016/j.ijid.2016.11.074, *Int. J. Infect. Dis.*, vol. 53, no. 2016.
- [12] T. Zhao, Q. Tao, and H. Liu, “Smart mask Xiaomi” , 2020. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US10561865B2/en>.
- [13] “Leaf Healthcare” . [Online]. Available: <http://www.leafhealthcare.com/>. [Accessed: 28-Jul-2020].
- [14] Organización Mundial de la Salud, “Advice on the use of masks in the context of

- COVID-19: interim guidance-2” , DOI: 10.1093/jiaa077, *Guía Interna OMS*, no. April, pp. 1–5, 2020.
- [15] World Health Organization, “Modes of transmission of virus causing COVID-19” , DOI: 10.1056/NEJMc2004973.Cheng, *Sci. Br.*, no. March, 2020.
 - [16] J. Saini, M. Dutta, and G. Marques, *Particulate matter assessment in association with temperature and humidity: An experimental study on residential environment*, DOI:10.1007/978-981-15-3020-3_15, ISBN: 9789811530197, vol. 116. Springer Singapore, 2020.
 - [17] S. Kannaki, S. NithyaPriya, J. Siva Mukhilan, M. Santhosh, E. K. Sudharsanan, A. B. Ganapathy, S. Abhinav, and Tansin, “Development of smart air quality monitoring & Filtering system” , DOI: 10.31838/jcr.07.09.77, *J. Crit. Rev.*, vol. 7, no. 9, 2020.
 - [18] R. K. Kodali, S. Pathuri, and S. Rajnarayanan, “Smart indoor air pollution monitoring station” , DOI: 10.1109/ICCCI48352.2020.9104080, *Int. Conf. Comput. Commun. Informatics, ICCCI*, 2020.
 - [19] J. Zhu, Y. Fu, Y. Xing, Y. Zhang, and Q. Qiao, “Multi-Component Toxic Gas Monitoring System Based on Internet of Things” , DOI: 10.1109/ICMA.2019.8816612, *Proc. 2019 IEEE Int. Conf. Mechatronics Autom. ICMA 2019*, pp. 769–773, 2019.
 - [20] Y. Cheng, C. Wang, J. Zhong, S. Lin, Y. Xiao, Q. Zhong, H. Jiang, N. Wu, W. Li, S. Chen, B. Wang, Y. Zhang, and J. Zhou, “Electrospun polyetherimide electret nonwoven for bi-functional smart face mask” , DOI: 10.1016/j.nanoen.2017.03.011, *Nano Energy*, vol. 34, no. December 2016, pp. 562–569, 2017.
 - [21] F. Wortmann and K. Fluchter, “Internet of Things, Technology and Value Added” , DOI: 10.1007/s12599-015-0383-3, *Bus. Inf. Syst. Eng.*, 2015.
 - [22] M. Silverio-Fernández, S. Renukappa, and S. Suresh, “What is a smart device? - a conceptualisation within the paradigm of the internet of things” , DOI: 10.1186/s40327-018-0063-8, *Vis. Eng.*, vol. 6, no. 1, 2018.
 - [23] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A survey” , DOI: 10.1016/j.comnet.2010.05.010, *Comput. Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
 - [24] K. Patel and S. Patel, “Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges” , DOI: 10.4010/2016.1482, *Int. J. Eng. Sci. Comput.*, vol. 6, no. 5, 2016.
 - [25] G. Guerrero-Ulloa, M. J. Hornos, and C. Rodríguez-Domínguez, “TDDM4IoTS: A Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (IoT)-Based Systems” , DOI: 10.1007/978-3-030-42517-3_4, *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 1193 CCIS, pp. 41–55, 2020.
 - [26] C. Bell, “What Is the Internet of Things?” , DOI: 10.1007/978-1-4842-3123-4_1, in *MicroPython for the Internet of Things*, 2017.
 - [27] S. Kumar and A. Jasuja, “Air quality monitoring system based on IoT using Raspberry Pi” , DOI: 10.1109/CCAA.2017.8230005, *Proceeding - IEEE Int.*

Conf. Comput. Commun. Autom. ICCCA 2017, vol. 2017-Janua, pp. 1341–1346, 2017.

- [28] H. A. Larasari, S. Soekirno, and R. Simanullang, “Measurement and analysis of air quality impacts caused by CO and NO₂ on Margonda Raya street Depok”, DOI: 10.1088/1742-6596/1528/1/012046, *J. Phys. Conf. Ser.*, 2020.
- [29] J. Vaidya, X. Zhang, and J. Li, *Cyberspace Safety and Security: 11th International Symposium, CSS*, ISBN: 9783030373511. 2019.
- [30] Arduino, “Arduino Uno Rev3” , *Store.arduino.cc*. 2020.
- [31] “Arduino - Software” . [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/software>.
- [32] “Welcome to NetBeans” . [Online]. Available: <https://netbeans.org/>.
- [33] “PostgreSQL: About” . [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/about/>.
- [34] Q. Liu, G. Yang, R. Zhao, and Y. Xia, “Design and Implementation of Real-time Monitoring System for Wireless Coverage Data Based on WebSocket” , DOI: 10.1109/CCIoT45285.2018.9032640, *Proc. 2018 IEEE 3rd Int. Conf. Cloud Comput. Internet Things, CCIOT*, 2018.
- [35] B. Bruegge and E. Riedel, *A geographic environmental modeling system: Towards an object-oriented framework*, DOI:10.1007/bfb0052197, ISBN: 9783540582021, vol. 821 LNCS. 2014.

7 Anexos

En la ilustración 21 se muestra el diagrama de base de datos que se ha utilizado para la aplicación web:

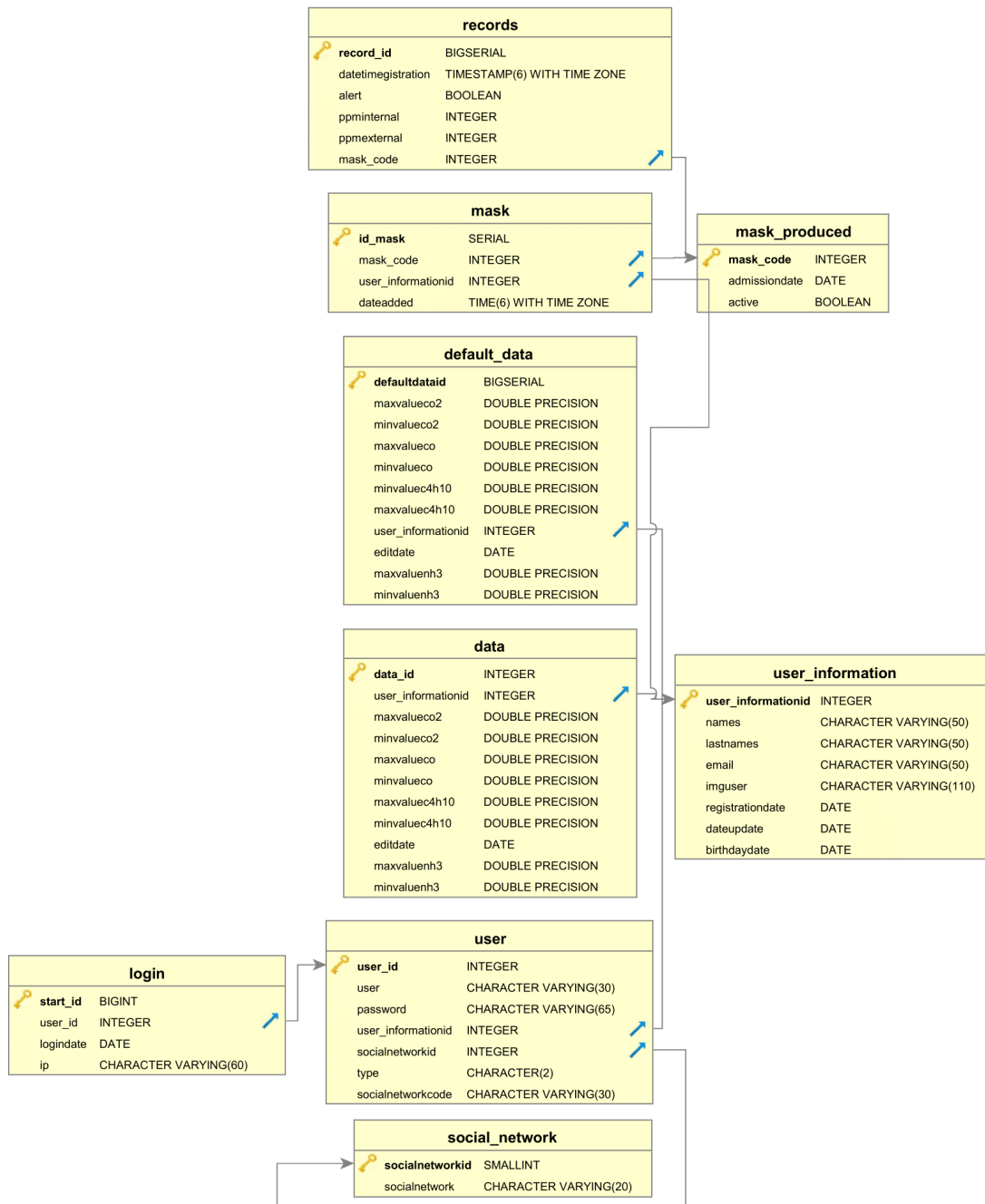


Ilustración 21. Diagrama de base de datos