

Prototipo de aplicación móvil para el control de vacunación contra COVID en México, compatible con distintas plataformas móviles

Prototype of a mobile application for the control of COVID vaccination in México, compatible with different mobile platforms

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7626802>

AUTORES: Karla Verónica Rodríguez Lozano^{1*}

Elda Moreno Núñez²

María Guadalupe Flores Luévanos³

Juan Martín Arzola Monreal⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: karla_rl@itslerdo.edu.mx

Fecha de recepción: 09 / 06 / 2022

Fecha de aceptación: 23 / 09 / 2022

RESUMEN

Derivado del confinamiento por COVID-19, los países cerraron sus fronteras con el resto del mundo para así frenar la expansión de esta epidemia. En el ámbito nacional, se ordenó el cierre de diversos lugares y centros de trabajo, cuya actividad no fuera primordial para la economía. Ante esto, el Gobierno de México, inició un plan de vacunación para sus ciudadanos, con vacunas aprobadas por la Secretaría de Salud a nivel federal. La vacunación permite el relajamiento de las medidas de confinamiento y favorece la recuperación de la economía; sin embargo, aún no se dispone de una herramienta accesible,

^{1*}<https://orcid.org/0000-0003-2832-4165> , Tecnológico Nacional de México campus Lerdo/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, México, karla_rl@itslerdo.edu.mx

² <https://orcid.org/0000-0002-5912-082> Tecnológico Nacional de México campus Lerdo/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, México, elda.mn@itslerdo.edu.mx

³ <https://orcid.org/0000-0003-2613-1431> Tecnológico Nacional de México campus Lerdo/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, México, maria.fl@itslerdo.edu.mx

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5829-7818> Tecnológico Nacional de México campus Lerdo/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, México, juan.am@itslerdo.edu.mx

que proporcione a la población su certificado digital de vacunación e información importante como: datos del usuario, farmacéutica de procedencia de la vacuna y estatus actual del esquema de vacunación. COV-ID App es un desarrollo que busca ayudar a que las personas puedan comprobar su actual estatus de vacunación, obteniendo esta información desde sus dispositivos celulares; y permitiendo con esto, que establecimientos diversos tales como: restaurantes, lugares de trabajo, cruces fronterizos, o cualquier otro que así lo solicite; puedan comprobar de manera veraz, que la persona cumple con el esquema de vacunación parcial o total, así como los detalles relevantes de cada una de las dosis aplicadas a la persona.

PALABRAS CLAVE: Aplicación, Móviles, Prototipo, Software, COVID-19

ABSTRACT

As a result of the COVID-19 confinement, countries closed their borders with the rest of the world to curb the spread of this epidemic. At the national level, several places and workplaces whose activity was not essential for the economy were ordered to close. In response to this, the Mexican Government initiated a vaccination plan for its citizens, with vaccines approved by the Ministry of Health at the federal level. Vaccination allows the relaxation of confinement measures and favors the recovery of the economy; however, there is still no accessible tool available, which provides the population with their digital vaccination certificate and important information such as: user data, pharmacy of origin of the vaccine and current status of the vaccination schedule. COV-ID App is a development that seeks to help people to check their current vaccination status, obtaining this information from their mobile devices; and thus, allowing various establishments such as: restaurants, workplaces, border crossings, or any other that so requests, to verify truthfully that the person complies with the partial or total vaccination schedule, as well as the relevant details of each of the doses applied to the person.

KEYWORDS: Application, Mobile, Prototype, Software, COVID-19

INTRODUCCIÓN

Según Ferrer (Ferrer, 2020) en diciembre de 2019 fueron reportados una serie de casos de pacientes hospitalizados con una enfermedad nueva caracterizada por neumonía e insuficiencia respiratoria, a causa de un nuevo coronavirus (SARS-CoV-2), en la provincia de Hubei, China. El 11 de febrero de 2020, la Organización Mundial de la Salud nombró este agente etiológico como COVID-19 (Coronavirus Disease, 2019). Posteriormente, y a pesar de las extensas medidas de contención, este coronavirus ha continuado avanzando hasta afectar al resto de los países europeos, asiáticos, de oriente medio e incluso americanos. El 11 de marzo, el COVID-19 fue declarada pandemia en una rueda de prensa mundial por Tedros Adhanom Ghebreyesus, director general de la Organización Mundial de la Salud (Ferrer, 2020).

El artículo del periódico Marca Claro publicado en febrero de año 2020, indica que el primer caso positivo a COVID-19 en México se detectó en un hombre con residencia en la Ciudad de México que había regresado de un viaje a Italia. El 'paciente cero', un hombre que vive en la capital del país, recién había regresado de un viaje en Italia, que en ese momento era el país con más contagios convirtiéndose así en el epicentro de la pandemia.

El COVID-19 es una infección viral producida por el SARS-CoV-2, que afecta principalmente las vías respiratorias bajas, en los casos más graves podría producir una inflamación sistémica masiva y problemas trombóticos en diferentes órganos (Alves C. *Et al*, 2020). Los síntomas más comunes incluyen fiebre y tos, mientras que la dificultad respiratoria es más característica de neumonía (Castro, 2020).

Según (Picazo, 2021) en su documento "*Vacuna frente al COVID-19*", el SARS-CoV-2 se transmite por contacto persona a persona y a través de secreciones de personas infectadas, principalmente gotitas respiratorias. Las gotitas expulsadas al hablar, estornudar o toser tienen distintos tamaños, por lo que el contagio puede ocurrir por aspiración de las gotitas o por el contacto con superficies contaminadas por ellas, que permita al virus acceder a las mucosas de boca, nariz y ojos.

La Organización Mundial de la Salud, define que "*la vacunación es una forma sencilla, inocua y eficaz de protegernos contra enfermedades dañinas antes de entrar en contacto con ellas*". La OMS indica también, que "*las vacunas activan las defensas naturales del*

organismo para que aprendan a resistir a infecciones específicas, y fortalecen el sistema inmunitario”. Información de la OMS asegura que “las vacunas ponen en marcha las defensas naturales del organismo y, de ese modo, reducen el riesgo de contraer enfermedades” (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Según la OMS, al 18 de febrero de 2021, “existían al menos siete vacunas distintas para que los países las pudieran administrar, concediendo prioridad en todos los casos a las personas vulnerables”. Además, hay más de 200 vacunas experimentales en desarrollo, de las cuales más de 60 están en fase clínica (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La vacuna es una sustancia que se introduce en el organismo, estimulando la formación de anticuerpos que ayudaran a prevenir y tratar determinadas enfermedades infecciosas como el COVID-19.

Conforme a la Secretaría de Salud de México, México tiene convenios con las farmacéuticas: Pfizer-BioNTech, Cansino, COVAX, AstraZeneca, Sputnik V y Sinovac (Secretaría de Salud, 2021).

El plan de vacunación en México, está compuesta por cinco etapas dictaminadas por la Secretaría de Salud de México (México S. d. , 2021).

1. La primera etapa inicia en diciembre de 2020 y culmina en febrero de 2021. Durante esta etapa se priorizará la aplicación de la vacuna según el grupo de edad.
2. La etapa dos, fue de febrero a abril de 2021, contempló vacunar al personal de salud restante y a personas de 60 años o más.
3. La tercera etapa fue entre abril a mayo del año 2021, incluyendo a personas de entre 50 y 59 años.
4. La cuarta fase, abarcó de mayo a junio de 2021, para las personas de 40 a 49 años.
5. La quinta etapa inicia en junio de 2021 y culminando en marzo de 2022, vacunando al resto de la población mayores de 15 años.
6. Actualmente México se encuentra en la etapa 6 que abarca a los niños entre 5 y 15 años.

El registro para obtener la vacuna se realiza en la página web oficial de la Secretaría de Salud de México (<https://mivacuna.salud.gob.mx>). Para el registro se necesitan datos como

la CURP, domicilio, correo electrónico y un número de teléfono, así como también, el estado y municipio de residencia. Una vez llenado los datos, se procede a imprimir el comprobante donde aparecerá un folio de registro de vacunación para posteriormente notificar a la persona la fecha y el lugar en que se podrá vacunar.

El Gobierno federal de México, diseña un sistema para solicitar el comprobante que acredite la vacunación contra la COVID-19. Existen dos opciones para descargar su certificado de vacunación:

1. Chatboot en WhastApp® para obtener el certificado de vacunación. Este chat utiliza la palabra “hola” para activar la mensajería con el Doctor Armando Vacuno, nombre del personaje virtual implementado por la Secretaría de Salud, quien responderá con un link que permitirá descargar el certificado.
2. Para obtener el certificado de vacunación se puede realizar también, la consulta por medio del sitio: <https://cvcovid.salud.gob.mx/>. Aquí se debe introducir la CURP y automáticamente se enviará el correo con el link de descarga del certificado.

El certificado está compuesto por datos como el folio de registro, el número de dosis, fecha de aplicación, marca y lote de vacuna, así como el sello digital que emite el Gobierno de México

A pesar de tener diferentes medios para poder obtener el certificado, aún no se puede demostrar que las personas cuentan con sus vacunas por completo, de manera fácil, accesible y que puedan portar este certificado de manera digital, comprobando la información del nombre del ciudadano, su estado actual de vacunación y el nombre de la farmacéutica que desarrolló la vacuna.

DESARROLLO

Objetivo

Presentar a la sociedad información de calidad implica un gran reto, tanto en el sector salud como en muchos otros. En la etapa actual de inmunización de la población ante el virus SARS-CoV2, es necesario disponer de una herramienta tecnológica que facilite la trazabilidad del proceso de vacunación de forma fiable, rápida, segura y que permita a las personas consultar los datos de su estado actual de vacunación.

Se diseña un prototipo de aplicación móvil con el fin de que las personas vacunadas en México, contra el COVID-19, dispongan de su certificado de vacunación digital y puedan demostrar su estado de vacunación cuando sea necesario; adicionalmente, la aplicación proporciona a los usuarios, un diagnóstico dirigido por inteligencia artificial con base en los síntomas, recomendaciones para reducir el riesgo de contagio y solicita atención médica especializada.

La utilización de una herramienta tecnológica que brinde estos servicios a la población mexicana es oportuno, adecuado y conveniente en la fase del programa de vacunación actual, en la que se pretende que toda la población adulta reciba por lo menos una dosis de la vacuna contra el COVID-19, puesto que muchas organizaciones empresariales ya están supervisando el nivel de inmunización de su personal y el tránsito por las fronteras internacionales está condicionado al número de dosis y al laboratorio de origen de las vacunas recibidas. El prototipo desarrollado responde a estas exigencias.

El propósito de COV-ID App es facilitar que las personas comprueben su estado actual de vacunación, mediante el acceso desde sus teléfonos celulares, a la información de una base de datos nacional de registros de vacunación. La aplicación se conecta a una base de datos implementada en *Firestore Realtime Database*[®], sincronizando en tiempo real los datos de la vacunación. Esta base de datos simula a una del gobierno donde se registraría toda la información relacionada con la vacunación de cada ciudadana(o) mexicana(o).

COV-ID App tiene las siguientes opciones:

1. Registro de datos para el uso de la aplicación en un solo dispositivo móvil implementando autenticación vía SMS.
2. Mostrar el estado de vacunación identificando los datos de la persona, la dosis de la vacuna, número de dosis recibidas y fechas de aplicación de cada una de éstas.
3. Actualización de los estados de vacunación.
4. Identificación de tiempos de reacción, inmunidad y expiración de la vacuna.
5. Alertas de expiración de vacuna.
6. Diagnóstico dirigido por inteligencia artificial, como respuesta ante la captura de síntomas de COVID-19 y envío de atención especializada en caso de ser necesario.

7. Recomendaciones para reducir el riesgo de contagio.

Este proyecto tiene como objetivo general desarrollar un prototipo de aplicación móvil para el control de vacunación contra el COVID-19 en México, compatible con distintas plataformas.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Desarrollar la aplicación móvil para el sistema operativo *IOS*[®] y *Android*[®].
- Implementar *Flutter*[®] para el diseño de las interfaces en ambas plataformas móviles.
- Montar una base de datos en un servidor que fungirá como la fuente de información nacional del registro de vacunación.
- Realizar el proceso de registro de usuario con autenticación mediante un código de verificación en un teléfono celular.
- Mostrar la información actualizada de las vacunas contra el virus del SARS-CoV2 con que ha sido inculado el usuario de la aplicación móvil.
- Incluir en la aplicación móvil una sección de recomendaciones útiles para la reducción del riesgo de contagio del COVID-19.

METODOLOGÍA

Sommerville (2011) afirma que la ingeniería para el desarrollo de software de calidad consiste en seleccionar el método más apropiado. “*Los métodos ágiles son métodos de desarrollo incremental que se enfocan en el diseño rápido, liberaciones frecuentes del software, reducción de gastos en el proceso y producción de código de alta calidad. Hacen que el cliente intervenga directamente en el proceso de desarrollo*” (Sommerville, 2011)

La metodología *Scrum*, logra una colaboración efectiva entre los equipos del proyecto, empleando un conjunto de reglas y roles para su correcto funcionamiento. *Scrum* utiliza un enfoque incremental, el cual está basado en la teoría de control empírico de procesos. Los equipos *Scrum* son autogestionados, lo que permite que elijan la mejor forma de realizar el trabajo, por lo que la entrega de cada iteración se realiza mucho más rápido.

Scrum define tres roles: el *Scrum master*, el dueño del producto y el equipo de desarrollo. Cada uno de estos roles tienen el mismo nivel lo que facilita la comunicación entre ellos. El tamaño óptimo del equipo está entre tres y nueve personas, lo que permite una interacción

entre los integrantes desarrollando de forma rápida pequeñas funcionalidades para obtener una retroalimentación a corto plazo.

Esta aplicación, adopta el método ágil *SCRUM* para la administración del proyecto basándose en la definición de un *sprint* (incremento) creando una versión del producto como un proyecto independiente. Cada *sprint* tiene una duración máxima de un mes. Un *sprint* está compuesto por cinco elementos, *Daily Scrum*, reunión de planeación, revisión del *sprint*, trabajo de desarrollo, y retrospectiva del *sprint*. Las fases utilizadas en el proyecto, son las que componen al SCRUM, estas fases son: planeación, puesta en escena, desarrollo y entrega.

La metodología para el diseño de un prototipo está relacionada con la mejora continua y el Ciclo de *Deming*, el cual se basa en un proceso iterativo para diseñar, implementar, medir y ajustar un plan. Para el diseño de este prototipo se aplica cinco etapas:

- Definición de requerimientos y variables.
- Definir las herramientas para el diseño y testeo.
- Analizar el tipo prototipo ideal para posteriormente evaluar factores de diseño, montaje, ergonomía, entre otros.
- Observar y registrar el desempeño del prototipo permitiendo al usuario aportar ideas.
- Analizar los resultados y aprendizajes.

En el diseño del prototipo se utilizó tecnología de vanguardia para el desarrollo de aplicaciones móviles.

1. *Flutter*® es un *framework* para desarrollar aplicaciones para diferentes plataformas elaborado por Google®. Este *framework* ofrece bibliotecas para elementos estándar de la interfaz de usuario para Android® y iOS® sin necesidad de escribir un código base propio para cada uno de estos sistemas. En este contexto, las aplicaciones móviles se ejecutan como auténticas aplicaciones nativas en los dispositivos (*Flutter Dev*, 2020).

2. Swift es un lenguaje de programación rápido y eficaz que proporciona información en tiempo real. Este lenguaje fue creado por Apple para el desarrollo de aplicaciones en iOS®, OS X, Apple TV y Watch OS. (Apple Inc, 2021).
3. *Firebase* de Google® es una plataforma en la nube para hacer más sencillo el desarrollo de aplicaciones web y móviles. Una de las herramientas esenciales de *Firebase* son las bases de datos No SQL y tipo JSON que permiten alojar y disponer de los datos e información de la aplicación en tiempo real, en caso de no existir conexión por parte de un usuario, sus datos estarían disponibles y los cambios realizados se sincronizarían una vez restablecida la conexión (Google Developers, 2021).

RESULTADOS

En este apartado se inicia con la explicación de las fases de desarrollo de *Software* de la metodología SCRUM. Este producto es un prototipo funcional de aplicación móvil, por lo que la fase de entrega no se implementa en el proyecto.

4.1 Fase de planeación

En esta primera fase se define la idea, se planteó con exactitud la dimensión que se desea para la aplicación. Se tomaron en cuenta las necesidades de los usuarios y los problemas que se quieren solucionar. Partiendo de esas características, se definió el concepto dado para el desarrollo de este prototipo.

Además, se especificaron aspectos importantes para elaborar esta app 1) los *stakeholders* que se tendrían que involucrar en este proyecto, 2) la seguridad a incorporar para que el usuario se convenza de usar esta aplicación y que su información está segura, 3) el tipo de metodología para desarrollar el proyecto, 4) las herramientas que se adecúan al tipo de proyecto, basándose en las características principales para desarrollar. Todas estas características se plasman a continuación dentro de los requisitos funcionales y No funcionales que marca la metodología de desarrollo de *software*.

Requerimientos Funcionales

- El sistema enviará un código SMS al teléfono del usuario para poder realizar su autenticación al sistema.
- El sistema validará el registro del usuario para la vacuna del COVID-19.
- El sistema desplegará una sección de recomendaciones para concientizar y disminuir el riesgo de contagio.
- El sistema obtendrá desde la base de datos la información respecto a las dosis aplicadas y desplegará la información.
- El sistema deberá implementar mapas de Google para desplegar la ubicación de los centros de vacunación disponibles para el usuario.
- El usuario podrá ser redirigido a las páginas correspondientes del gobierno para poder obtener asistencia si presenta síntomas de COVID-19.
- El usuario podrá acceder a un panel de configuración para poder leer los avisos de privacidad, obtener ayuda sobre la aplicación, entre otras.

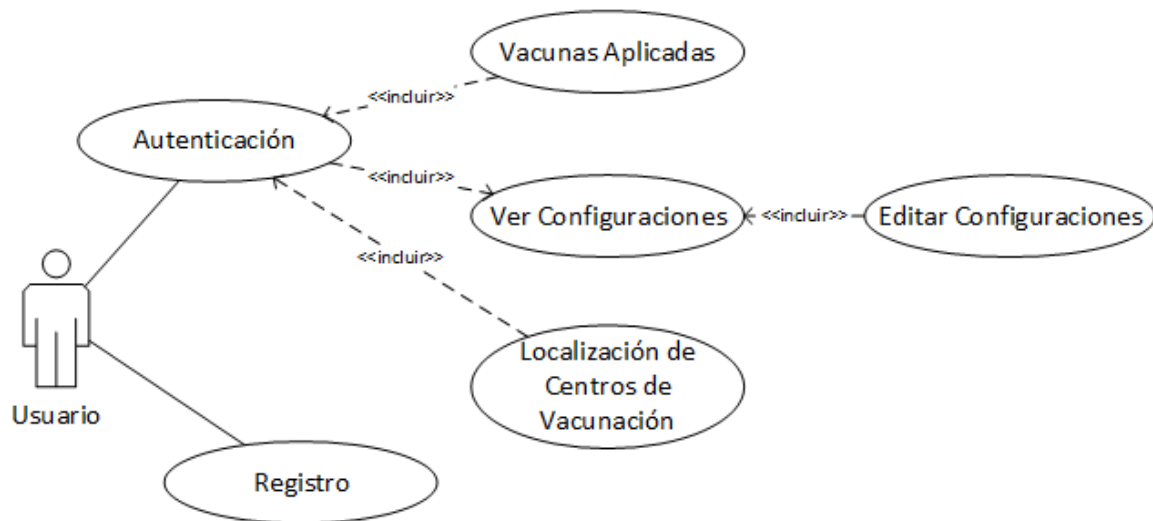
Requerimientos No Funcionales

- Toda la funcionalidad del sistema y transacción de negocio debe responder al usuario en menos de 5 segundos.
- Los datos modificados en la base de datos deben ser actualizados para los usuarios que acceden en menos de dos segundos.
- Los permisos de acceso al sistema podrán ser cambiados solamente por el administrador de acceso a datos.
- El sistema debe poseer interfaces gráficas bien formadas.
- El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- El tiempo de aprendizaje del sistema por un usuario deberá ser menor a 4 horas.

4.1.1 Casos de Uso

Los diagramas de casos de uso es una forma de diagrama UML que sirven para mostrar las funciones de un sistema de software desde las interacciones con el exterior sin entrar en la descripción detallada ni implementación de las funciones. (Pressman, 1993). A continuación, se presenta el diagrama de casos de uso de la aplicación (figura 1). Este diagrama ejemplifica que el usuario debe registrarse para entrar al sistema, una vez realizado este proceso, podrá visualizar el status de su vacunación, editar configuraciones, localizar centros de vacunación y obtener su certificado digital oficial de vacunación.

Figura 1 Caso de uso de usuario de la App

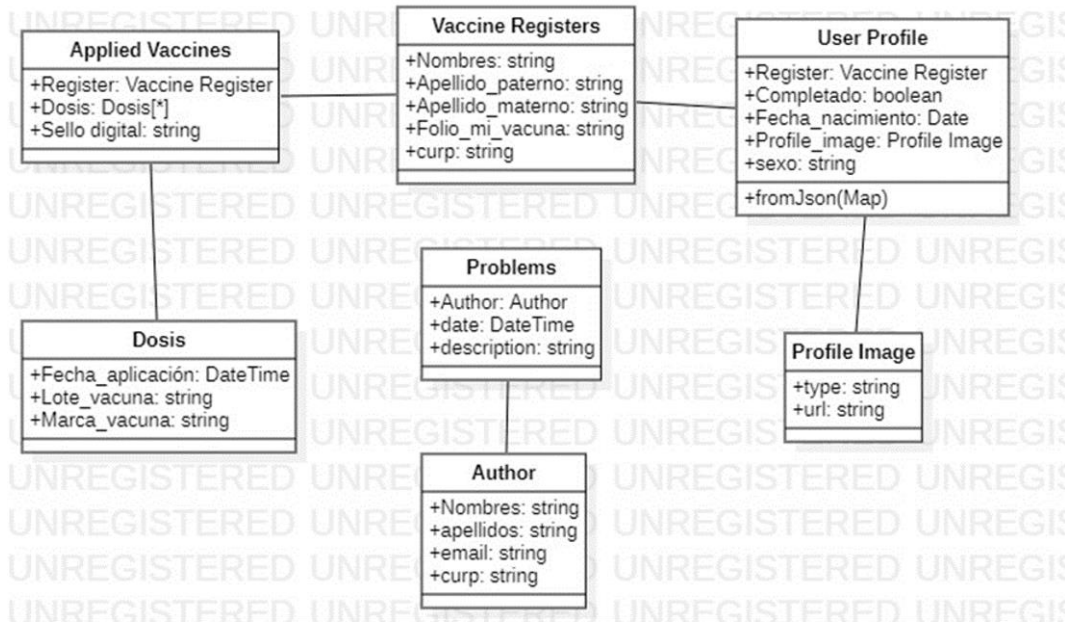


4.1.1 Diagrama de clases

Un diagrama de clases sirve para visualizar las relaciones entre las clases que involucran el sistema, las cuales pueden ser asociativas, de herencia, de uso y de composición. (Pressman, 1993)

El diagrama de la aplicación, abarca siete clases, en ellas se describen las diferentes operaciones que se pueden realizar, así como también la interacción que existen entre ellas. En la figura 2 se presenta este diagrama.

Figura 2 Diagrama de clases



4.2 Fase puesta en escena

Se repartieron las actividades de acuerdo a la metodología elegida (SCRUM) a los participantes del equipo. Se diseñó una interfaz para cada escenario que se plantea usar en esta app. Los requerimientos funcionales del proyecto fueron establecidos, mediante un orden de jerarquías.

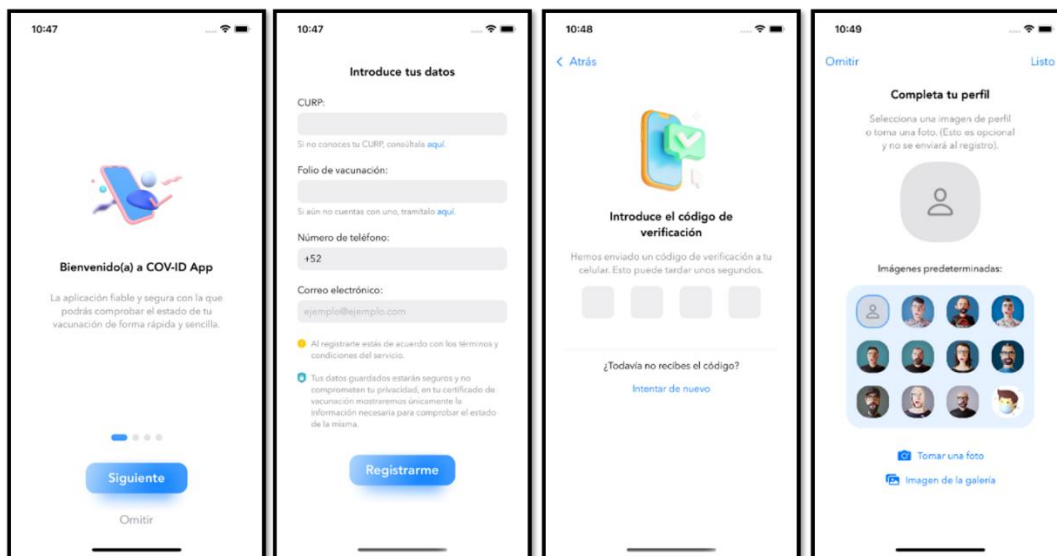
El establecimiento de fechas desde la recopilación de datos, diseño, pruebas, mantenimientos, depuración o *debugging*, rediseños y lanzamiento se llevaron a cabo en esta fase.

Las pantallas principales de la aplicación para fueron diseñadas en base a las líneas de diseño sugeridas por Apple, llamadas *Human Interface Design Guidelines*, haciendo uso de gradientes y sombras sofisticadas para dar percepción de profundidad a los botones CTA

(call-to-action), también se colocó la barra de navegación en la parte superior de la interfaz, y en general, con toques y detalles característicos de iOS®.

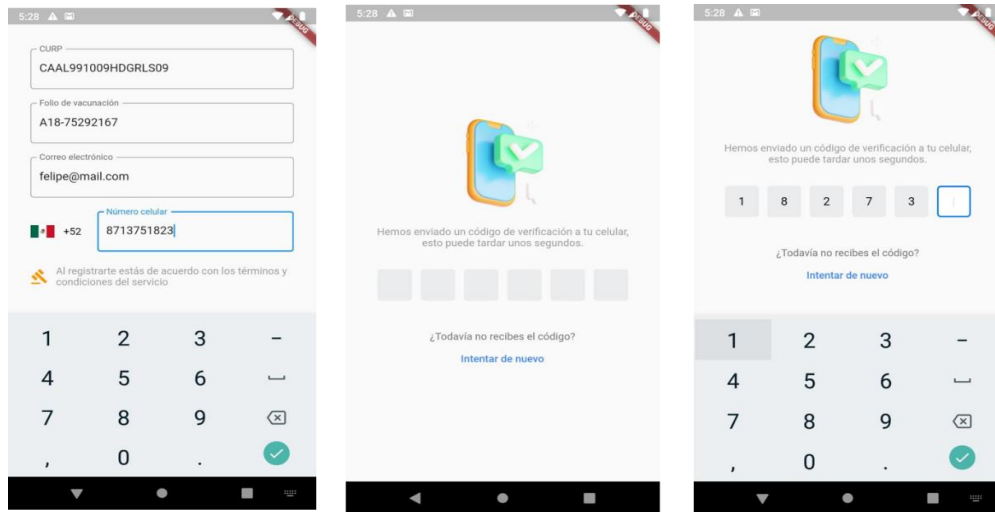
La primera pantalla es la de introducción a la aplicación, donde se muestran las principales características de la misma. Al terminar de recorrer las pantallas, la cual puede ser, deslizando de derecha a izquierda o presionando el botón “omitir”, se muestra la pantalla que permitirá el registro al sistema. Después de haber creado un nuevo registro, se muestra la pantalla de verificación del número celular, ya que la aplicación solamente puede utilizarse en un único dispositivo. De ser verificado el número de teléfono y registrar el dispositivo para el uso exclusivo de la aplicación, el sistema redirige a la pantalla configuración de perfil. En la figura 3 y 4, se muestra el conjunto de pantallas de inicio de la aplicación tanto en plataforma IOS® como en Android.

Figura 3 Pantallas de registro en iOS® de CO-VI APP



Fuente: Aplicación COV-ID APP IOS®.

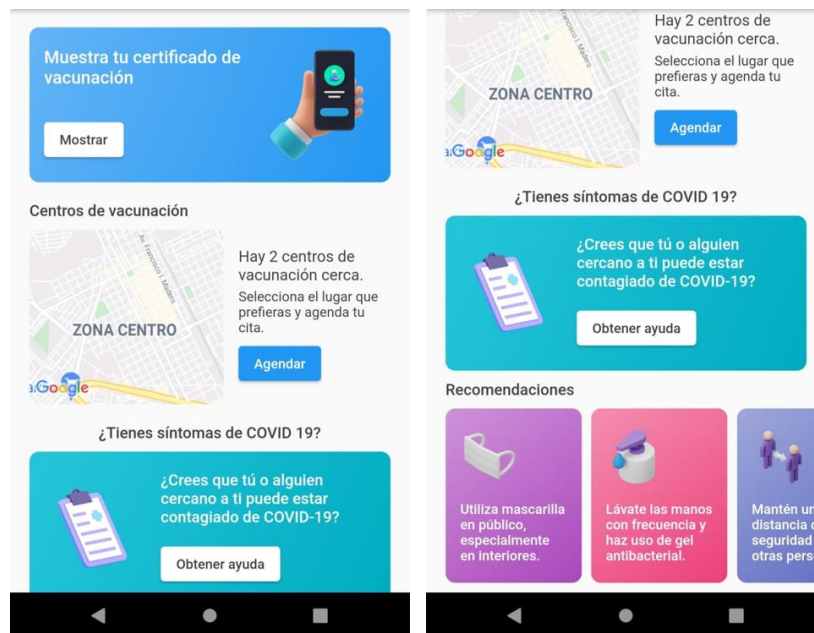
Figura 4 Pantallas de registro en Android® de CO-VI APP



Fuente: Aplicación COV-ID APP Android.

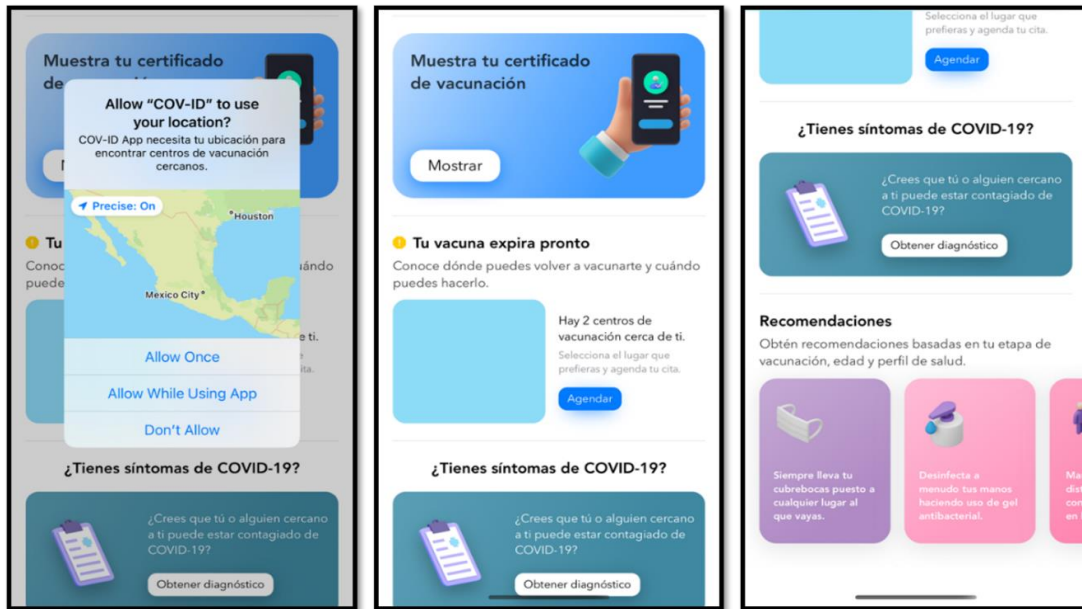
Una vez que se han completado tanto el registro del usuario como la edición de su perfil, se muestra la pantalla de contenido. En esta pantalla, se encuentran secciones de información relevante, guías, y el certificado de vacunación. Al iniciar por primera vez se solicitará acceso a la ubicación del dispositivo, la cual permitirá mostrar los puntos cercanos de vacunación en caso de expiración de vacuna, envío de atención especializada en caso de ser necesario y zonas de alto contagio (Figuras 5 y 6).

Figura 5 Pantallas de inicio en Android® de CO-VI APP



Fuente: Aplicación CO-VI APP Android.

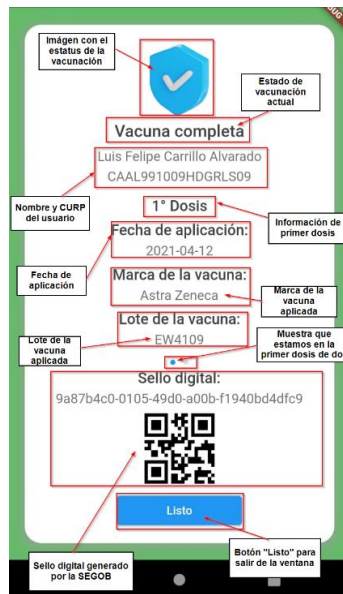
Figura 6 Pantallas de inicio en iOS® de COV-ID APP



Fuente: Aplicación COV-ID APP IOS®.

El último proceso presenta la información del estatus de vacunación del usuario. Los datos que se muestran, son el nombre del usuario, su clave única de registro de población (CURP), el número de dosis, fecha de aplicación, marca y lote de vacuna, así como el sello digital que emitiría el Gobierno de México (Ver Figura 7).

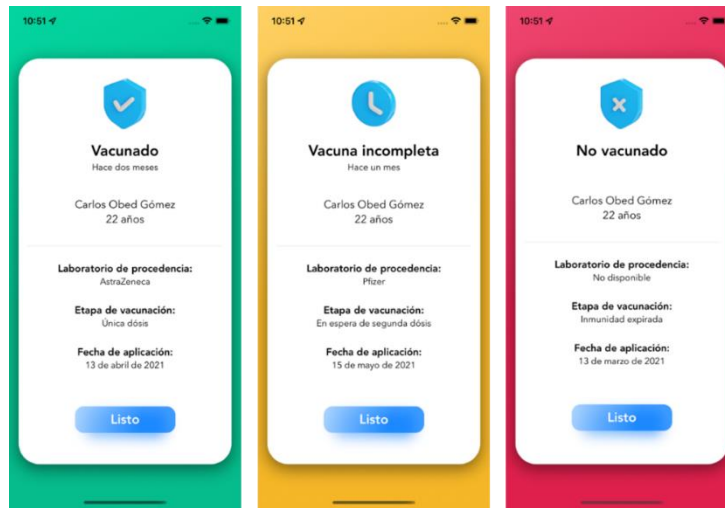
Figura 7 Pantalla de datos de vacunación de COV-ID APP



Fuente: Aplicación COV-ID APP

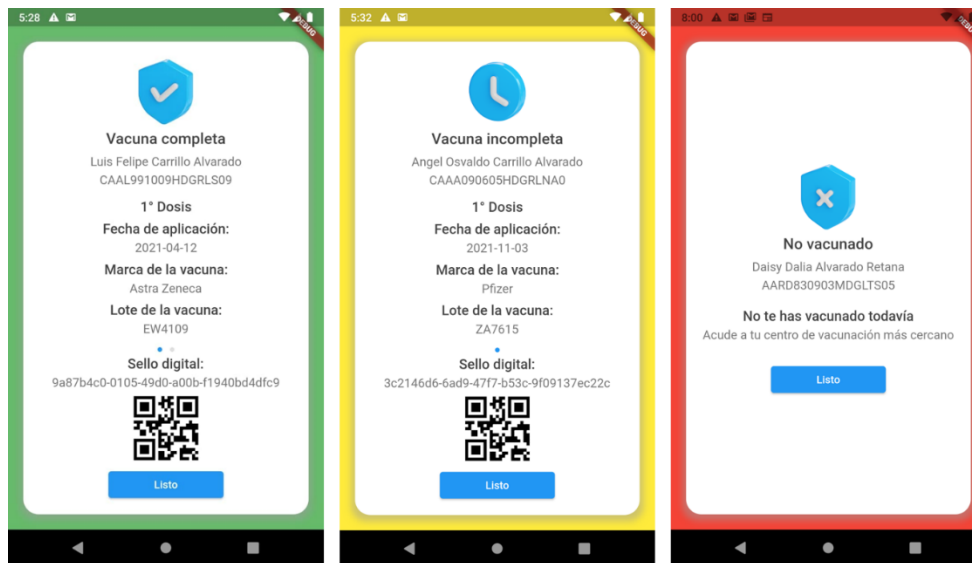
La información está enmarcada con un color que cambia acorde con el estado de vacunación. El color rojo identifica a una persona que no tienen ninguna dosis de vacuna, el color amarillo representa a una persona que no tiene completo su esquema de vacunación o que sus dosis han expirado, mientras que el color verde representa la vacunación completa. El sistema podrá identificar los tiempos de reacción, inmunidad y expiración de la vacuna. En las figuras 8 y 9 se muestran las pantallas de este proceso.

Figura 8 Pantalla de esquema de vacunación en iOS® de COV-ID APP



Fuente: Aplicación CO-VI APP IOS®.

Figura 9 Pantalla de esquema de vacunación en Android® de COV-ID APP



Fuente: Aplicación COV-ID APP Android®.

4.3 Fase de desarrollo

Se empieza con el desarrollo de la aplicación, para lograr un producto potencialmente entregable. El equipo de trabajo se focaliza en el desarrollo de tareas para alcanzar el objetivo que se ha definido previamente en la planeación. Después en esta fase se mide el progreso de un determinado proyecto, revisando que se estén cumpliendo los requisitos, funciones y actividades ya planteadas en este proyecto, revisando que las fechas de planeación se estén cumpliendo para tener la app lista para la entrega de la fecha preestablecida.

La primera parte del desarrollo consistió en codificar la parte visual de la aplicación y algunas funcionalidades para probar el correcto funcionamiento del apartado visual; lo siguiente fue conectar la aplicación con *Firebase* de Google[®], haciendo uso de sus librerías, y por último el enviar los datos introducidos por el usuario y validarlos, así como la lectura de los datos de la base de datos. En esta aplicación se simula la base de datos del registro de vacunación de todos los mexicanos mediante *Firebase*[®].

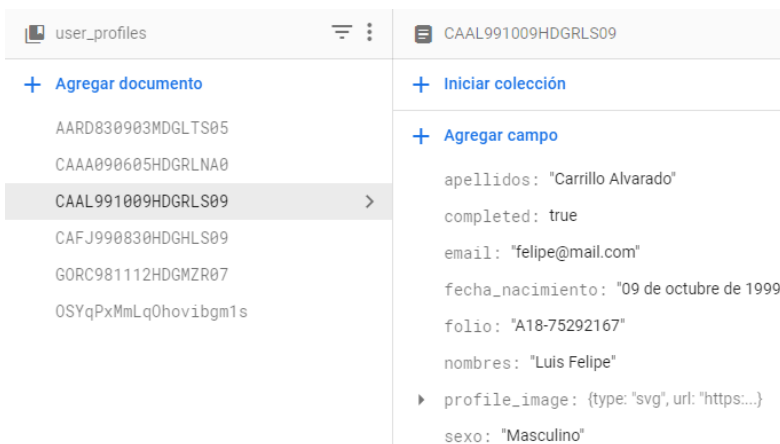
4.3.1 Comunicación con la base de datos en la nube

Los datos son únicamente de los desarrolladores del sistema. Se recalca nuevamente que estos datos se utilizaron únicamente como prueba, por lo que esta información es la simulación para el prototipo de la aplicación móvil.

La estructura para almacenar los datos dentro de *Firebase*[®], consiste en que cada usuario tiene cuatro colecciones dentro de la base de datos: 1) las vacunas aplicadas, 2) los problemas de acceso, 3) el perfil del usuario y 4) el registro de vacunas. Dentro de la colección para almacenar las vacunas aplicadas se guarda la información de las vacunas que ha recibido la persona que autorizó el acceso a los datos. En los problemas de acceso se guardan los reportes que pueden hacer los usuarios sobre los problemas que tengan en la aplicación. La colección de perfiles, guarda la información de los perfiles de cada usuario

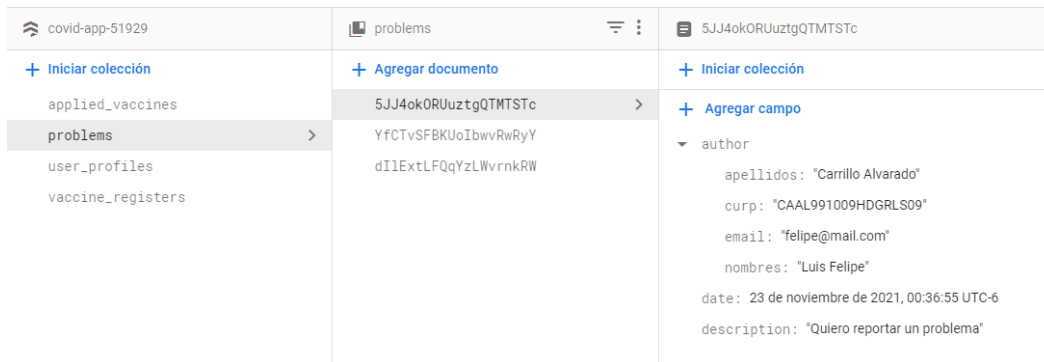
que se registró en la aplicación; mientras que la colección de registro de vacunas, permite determinar si el usuario que quiere hacer uso de la aplicación ya cuenta con su esquema de vacunación, lo que permitirá mostrar esta información, en caso contrario se indicará que dicho usuario no cuenta con información de registro de vacunas. En la figura 10 y 11 se muestra un ejemplo de colecciones de un usuario del sistema dentro de *Firestore*[®].

Figura 10 Colección de datos de un usuario del sistema



Fuente: Interfaz de administración de *Firestore*[®].

Figura 11 Colección de datos de un usuario del sistema



Fuente: Interfaz de administración de *Firestore*[®].

Una vez que se tienen almacenados los datos, se envía información a la aplicación móvil por medio de estructuras tipo JSON (Ver figura 12). Este envío es el que permite ver en tiempo real los datos que se tienen almacenados en la base de datos dentro de la aplicación, para posteriormente mostrar el estado de vacunación del ciudadano.

Figura 12 Estructura JSON

```
{
  "curp": "CAAL991009HDGRLS09",
  "nombre_completo": "Luis Felipe Carrillo Alvarado",
  "dosis": [
    {
      "fecha_aplicacion": "12 de abril de 2021, 00:00:00 UTC-5",
      "lote_vacuna": "EW4109",
      "marca_vacuna": "Astra Zeneca"
    },
    {
      "fecha_aplicacion": "12 de mayo de 2021, 00:00:00 UTC-5",
      "lote_vacuna": "EW4109",
      "marca_vacuna": "Pfizer"
    }
  ],
  "sello_digital": "3c2146d6-6ad9-47f7-b53c-9f09137ec22c"
}
```

Fuente: Código de Aplicación CO-VI APP

4.3.2 Consumo de servicios *Cloud Firestore*[®]

Para que la aplicación pueda tener comunicación con la base de datos en *Firestore*[®], es necesario incluir la dependencia *Firestore Authentication* dentro del proyecto. Este proceso consiste en agregar la dependencia dentro del archivo *pubspec.yaml*, para posteriormente, ejecutar el comando *Flutter pub get*.

Colecciones y documentos *Firestore*[®]

Firestore[®] almacena datos dentro de "documentos", que se encuentran dentro de "colecciones". Los documentos también pueden contener colecciones anidadas. Por ejemplo, los usuarios tendrían cada uno su propio "documento" almacenado dentro de la colección "Usuarios". El método *collection* permite hacer referencia a una colección dentro de nuestro código.

Leer datos

El proceso de lectura de datos, es uno de los más importantes en el proyecto. Este proceso consulta constantemente la información de todas las dosis aplicadas de cada una de las personas que cuentan con su registro de vacunación mediante la comunicación con la base de datos en la nube, solicitando los documentos al servidor.

Lectura única

Para leer una colección o un documento dentro de la aplicación, se usan los métodos *query.get* o *documentReference.get*. En la figura 13, se presenta la implementación dentro del código para leer los datos del perfil del usuario.

Figura 13 Código de lectura de datos

```
1 CollectionReference profiles =
2     FirebaseFirestore.instance.collection('user_profiles');
3 bool value = true;
4 UserProfile? profile;
5 Widget? imageProfile;
6
7 Future<void> getUserData() async {
8     String curp = Provider.of<RegisterModel>(context, listen: false).curp;
9     DocumentSnapshot snapshot = await profiles.doc(curp).get();
10    profile = UserProfile.fromJson(snapshot.data() as Map<String, dynamic>);
11    imageProfile = await parseProfileImage(profile!.imgType!, profile!.imgUrl);
12    setState(() {});
13 }
```

Fuente: Código de Aplicación COV-ID APP

Una vez agregada la dependencia, se crea una instancia de *Firestore* para la colección de perfiles de usuario dentro de la base de datos, para posteriormente crear un método que obtenga la información del perfil del usuario; en dicho método se hace referencia a la instancia de *Firestore*, apuntando a la colección que obtiene el documento del usuario dentro de la colección de *user_profiles* de la base de datos. Después de haber leído la información por medio del documento de retorno, se transforma el response a una estructura que permita manejar cada uno de los datos obtenidos, para esto se crea el código mostrado en la Figura 14. Se destaca que, en esta transformación, se define un método Factory, el cual, permite crear una instancia a partir de un JSON que recibe como parámetro. Al finalizar, es retornado un objeto con múltiples propiedades que permite tener un código mucho más limpio y mejor organizado.

Figura 14 Código de Response

```
1 class UserProfile {
2     final bool completed;
3     final String nombres;
4     final String apellidos;
5     final String fechaNacimiento;
6     final String folio;
7     final String? imgType;
8     final String? imgUrl;
9     final String sexo;
10
11     const UserProfile(
12         {required this.completed,
13         required this.nombres,
14         required this.apellidos,
15         required this.fechaNacimiento,
16         required this.folio,
17         this.imgType,
18         this.imgUrl,
19         required this.sexo});
20
21     factory UserProfile.fromJson(Map<String, dynamic> json) {
22         return UserProfile(
23             completed: json['completed'] as bool,
24             nombres: json['nombres'] as String,
25             apellidos: json['apellidos'] as String,
26             fechaNacimiento: json['fecha_nacimiento'] as String,
27             folio: json['folio'] as String,
28             imgType: json['profile_image']['type'],
29             imgUrl: json['profile_image']['url'],
30             sexo: json['sexo'] as String,
31         );
32     }
33 }
34
```

Fuente: Código de Aplicación COV-ID APP

CONCLUSIONES

En la etapa de inicio de la vacunación para el Covid-19 en México, surge el problema de controlar los datos de vacunación y la necesidad de que los ciudadanos pudieran verificar que su estado de vacunación estuviera actualizado; mediante la observación se identificaron una serie de características de este fenómeno de salud social y se consideró la conveniencia de desarrollar una aplicación móvil que solucionara las necesidades planteadas. Se plantea una propuesta de solución, la cual consiste en una aplicación móvil que facilitará a las personas consultar y demostrar los datos de su estado de vacunación contra el Covid-19, de forma fiable, rápida y segura.

La población total mexicana, según el último censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el 2020, es de 126,014,024

personas (INEGI, 2020). Cabe mencionar que las primeras vacunas, desarrolladas por diferentes marcas, fueron aprobadas exclusivamente para población adulta. Por su parte, el gobierno de México en comunicado oficial de prensa, anunció el inicio de la primera etapa de aplicación de la vacuna contra el virus SARS-CoV-2, en la Ciudad de México, Estado de México y Querétaro, el 24 de diciembre de 2020. (Secretaría de Salud México, 2020). En esta primera fase se pretendía vacunar aproximadamente tres mil trabajadoras y trabajadores de la salud, que estaban en la primera línea de atención COVID-19 en hospitales públicos. La Secretaría de Salud, confirma que, al mes de agosto del año 2022, el 61% de la población cuenta con el esquema completo de vacunación contra el COVID-19. Con esta información y con las pruebas realizadas en el prototipo, se obtuvo evidencia suficiente para asegurar que la aplicación agiliza el proceso de comprobación del estado de vacunación.

Esta aplicación, actualmente utiliza una base de datos de prueba con datos de la vacunación de los desarrolladores de esta obra, la información está almacenada en la plataforma *Firebase RealTime®*, y esto es parte del proceso de simulación de los datos para probar el prototipo de la aplicación móvil denominada COV-ID APP; actualmente, esta aplicación no obtiene ni descarga información de la base de datos del gobierno mexicano, ni de la Secretaría de Salud; de la misma manera, no descarga, ni descargará o creará los certificados de vacunación de los ciudadanos mexicanos. Lo anterior se presenta para formular una propuesta de desarrollo que sea implementada por el gobierno mexicano de forma oficial, fungiendo como una herramienta de apoyo a la comprobación del estado de vacunación de las personas mexicanas. En el caso de que la aplicación COV-ID APP sea acreditada por el gobierno federal, será necesario solicitar la autorización del mismo para su uso, mediante el programa de cómputo, así como de la base de datos de la Secretaría de Salud, y finalmente, el estado de vacunación de todos los ciudadanos mexicanos. Una vez que COV-ID APP esté activa y acreditada por el gobierno, esta solicitud para consultar la información deberá ser autorizada por cada uno de los ciudadanos que desee utilizar esta aplicación a través de un acuerdo digital previo a la instalación y consecuentemente el uso de la misma.

El desarrollo de aplicaciones móviles es una herramienta tecnológica de gran utilidad, que funge como un canal de comunicación en las empresas; donde los usuarios involucrados tienen la posibilidad de acceder a la información desde cualquier lugar donde se cuente con un teléfono móvil con conexión a internet.

Las aplicaciones móviles permiten mantener la cercanía y el intercambio de información con los usuarios de una manera fácil y sencilla, con tan solo desbloquear el celular e ingresar a cualquier la aplicación; además de que funcionan como una extensión de los servicios proporcionados por las instituciones públicas y privadas.

El uso de una aplicación móvil, aunado a los servicios de la misma, proporciona una mejor experiencia, que incluye la automatización e información de los procesos del sistema. Esto representa una manera más eficiente de realizar procesos, los cuales, agilizan generalmente tareas diversas a los usuarios.

El principal impacto de este proyecto se orienta hacia el ámbito social, debido a que el prototipo de la aplicación móvil, atiende las necesidades de información de calidad, donde ésta es: confiable, oportuna, y veraz. A la población mexicana que se ha vacunado, se le facilita la evidencia de la etapa de vacunación ante los empleadores, instituciones educativas, o el personal de aduanas en cruces fronterizos, por mencionar algunos interesados. Por la parte del impacto económico del proyecto, estriba en poder tener un vínculo con el gobierno mexicano, para poder oficializar la aplicación de un proceso de primordial interés a nivel nacional y global.

La importancia de tener un sistema digital, accesible y de alcance global, para el control de un virus que alcanzó escala global, y que modificó paradigmas tan importantes como el económico, social o personal; representa una oportunidad de aprovechar este mismo recurso, como una plataforma que puede adaptarse para prácticamente cualquier tipo de esquema de vacunación que requiera la población; proporcionando un sistema de control accesible a cualquier persona que disponga de un dispositivo móvil. Es acorde con lo anterior, que se puede evidenciar como el uso de recursos tecnológicos, puede proporcionar

un impacto favorable en la sociedad, atendiendo una necesidad de primer orden para cualquier país, como lo es el del bienestar de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A, O. A. (2021). *Inventum Facultad de Ingeniería UNIMINUTO*. Inventum Facultad de Ingeniería UNIMINUTO:

<https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/9/9>

Agile Alliance. (2021). *Agile Alliance*. Agile Alliance:

<https://www.agilealliance.org/agile101/the-agile-manifesto/>

Ana Luisa Alves Cunha, M. A. (2020). *Breve historia y fisiopatología del COVID-19*. La Paz, Bolivia: Université Libre de Bruxelles.

[https://www.researchgate.net/profile/Armin-Quispe-](https://www.researchgate.net/profile/Armin-Quispe-Cornejo/publication/345775752_Breve_historia_y_fisiopatologia_del_COVID-19/links/5fc24f8aa6fdcc6cc6786940/Breve-historia-y-fisiopatologia-del-COVID-19.pdf)

[Cornejo/publication/345775752_Breve_historia_y_fisiopatologia_del_COVID-19/links/5fc24f8aa6fdcc6cc6786940/Breve-historia-y-fisiopatologia-del-COVID-19.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Armin-Quispe-Cornejo/publication/345775752_Breve_historia_y_fisiopatologia_del_COVID-19/links/5fc24f8aa6fdcc6cc6786940/Breve-historia-y-fisiopatologia-del-COVID-19.pdf)

Apple Developer. (2021). *Apple Developer*. Apple Developer:

<https://developer.apple.com/es/support/xcode/>

Apple Inc. (2021). *Apple*.

<https://www.apple.com/mx/swift/>

Bengoechea, Á. R. (2015). Aplicación móvil multiplataforma para el aprendizaje de lenguajes de programación. Caso práctico con Swift. *Aplicación móvil multiplataforma para el aprendizaje de lenguajes de programación. Caso práctico con Swift*. ETSIS_Telecomunicacion.

Capital 21 Web. (2020). *Capital 21 Web Gobierno de la Ciudad de México*. Capital 21 Web Gobierno de la Ciudad de México:

<https://www.capital21.cdmx.gob.mx/noticias/?p=6270>

Castro, M. D. (2021). Vacunas aprobadas en México. En I. León, *Juventudes con perspectiva* (pág. 258). León, Guanajuato: Tlacuilo Ediciones.

- Clark, W. (2020). *Metodología Scrum: Una Guía definitiva para principiantes para el dominio de la metodología de gestión de proyectos Scrum*. Independently Published.
- Cloudflare Inc. (2021). *Cloudflare*. Cloudflare:
<https://www.cloudflare.com/es-la/learning/serverless/glossary/backend-as-a-service-baas>
- Cotino Hueso, L. (2020). Inteligencia artificial, big data y aplicaciones contra la COVID-19: privacidad y protección de datos. IDP. *Revista de Internet, Derecho y Política*. 31, 1-17. <https://doi.org/10.7238/idp.v0i31.3244>
- CristinaCalvoMilagrosGarcíaLópez-HortelanoJuanCarlosdeCarlosVicente-JoseLuisVázquezMartínez. (2020). *ScienceDirect*. ScienceDirect:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S169540332030076X?token=BC7DE92B2DF3D4E97CB530947528B17D94525F80CA153EBF03A789E07465C5B2162AFD5691F7AA584C0D54733DC092C6&originRegion=us-east-1&originCreation=20210908164233>
- Danza, Á. &. (2021). Sobre la vacuna desarrollada en Reino Unido (Universidad de Oxford-AstraZeneca). *Revista Médica del Uruguay*, 2.
- El Economista. (2021). *El Economista*. El Economista:
<https://www.economista.com.mx/politica/Numero-de-casos-de-COVID-19-en-Mexico-al-11-de-diciembre-de-2021-20211211-0024.html>
- EL País. (2021). Jóvenes de 18 a 29 años: cómo registrarse para recibir la vacuna contra la COVID-19 en México. *EL PAÍS*.
- Expansión Política. (15 de Julio de 2021). *Expansión Política Revista Digital*. Expansión Política Revista Digital:
<https://politica.expansion.mx/mexico/2021/07/15/24-variantes-de-COVID-19-circulan-en-mexico-advierte-la-ops>
- Fernández, J. H. (2020). Vacunas y vacunación contra el COVID-19. *Revista Mutis*, 5.
- Ferrer, C. (2021). *Emol*.
<https://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2021/02/11/1011908/resultados-interinos-eficacia-vacuna-cansino.html>

- Ferrer, R. (2020). *US National Library of Medicine*. US National Library of Medicine:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7151426/>
- Flutter Dev. (2020). *Flutter*. Flutter:
<https://esFlutter.dev/docs/resources/bootstrap-into-dart>
- Flutter Developers. (2020). *Flutter*. Flutter:
<https://esFlutter.dev/>
- Google Developers. (2021). *Firestore Google*. Firestore Google:
<https://firebase.google.com/docs/auth>
- Google Developers. (2021). *Firestore Google*. Firestore Google:
<https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es>
- Hernandez, N. L., & Florez Fuentes, A. S. (2014). Computación en la nube. *Mundo Fesc*, 46–51.
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2020.
<https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632>
- Jiménez, C. (2021). Sobre la vacuna rusa Sputnik V y su eficacia. *Rev Digit Postgrado.*, 2.
- KIO Networks. (2020). *KIO Networks*. KIO Networks:
<https://www.kionetworks.com/blog/nube/mecanismos-de-autenticacion-de-la-nube>
- KIO Networks. (2021). *KIO Networks*. KIO Networks:
<https://www.kionetworks.com/blog/nube/que-es-el-cloud-computing-y-quien-lo-provee>
- L., R. C. (Febrero de 2020). *SciELO*. SciELO:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0034-98872020000200143&script=sci_arttext&tlng=e
- Laburu, P. (2021). *Askinglot*. Askinglot:
<https://askinglot.com/what-are-type-safe-languages>
- Lenovo. (2021). *Lenovo*. Lenovo:
<https://www.lenovo.com/mx/es/faqs/pc-vida-faqs/que-es-un-smartphone/>
- Marca Claro. (2021). ¿Cuál fue el primer caso de COVID-19 en México? A un año del paciente cero por coronavirus en la CDMX. *MARCA Claro*.
- MDN contributors. (2021). *Developer Mozilla*. Developer Mozilla:

- https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Common_questions/Using_Github_pages
- México, S. d. (2021). *Secretaría de Salud México*. Secretaría de Salud México:
<http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/informacion-de-la-vacuna/>
- Microsoft. (2021). *Azure DevOps*. Azure DevOps:
<https://docs.microsoft.com/es-es/devops/plan/what-is-agile>
- Microsoft. (2021). *Azure DevOps*. Obtenido DevOps:
<https://docs.microsoft.com/es-es/devops/plan/what-is-scrum>
- Muradas, Y. (2021). *Open Webinars*. Open Webinars:
<https://openwebinars.net/blog/que-es-firebase-de-Google/>
- Navarro Cadavid, A., Fernández Martínez, J. D., & Morales Vélez, J. (2013). *Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software*. Prospectiva.
- OAuth 2.0. (2021). *OAuth 2.0*. OAuth 2.0:
<https://oauth.net/2/>
- Organización Mundial de la Salud. (30 de Agosto de 2021). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud:
<https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination>
- Orozco Rivera, E. D. (2021). *La Política Nacional de Vacunación contra la COVID-19: avances y desafíos*. Ciudad de México: Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República.
- Osorio, E. M. (2019). *Universidad nacional abierta y a distancia especialización en seguridad informática escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería – ecbti manizales*. Obtenido de Universidad nacional abierta y a distancia especialización en seguridad informática escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería – ecbti manizales:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/31596/emoralesoso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software un Enfoque Práctico Séptima Edición*. Madrid, España: McGraw Hill.

Picazo, J. J. (2021). *SEQ*.

<https://seq.es/wp-content/uploads/2021/06/vacunas-covid-4.9.pdf>

Red Hat. (2021). *Red Hat*. Red Hat:

<https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-is-public-cloud>

Red Hat. (2021). *Red Hat*. Red Hat:

<https://www.redhat.com/es/topics/cloud-native-apps/what-is-SDK>

Salud, O. M. (2021). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud:

<https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/COVID-19-vaccines>

Sanguiano, J. (30 de Julio de 2021). Certificado de vacunación de COVID-19, cómo obtenerlo y lo que debes saber. *EL PAÍS*.

Secretaría de Salud México. (2020). Gobierno de México. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/salud/prensa/266-arranca-vacunacion-contra-covid-19-en-mexico?idiom=es>

Secretaría de Salud México. (2021). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/salud/prensa/543-detecta-mexico-la-primera-muestra-positiva-a-la-variante-omicron>

Softwaretestinghelp. (2021). *softwaretestinghelp*. Obtenido de softwaretestinghelp: <https://www.softwaretestinghelp.com/software-development-life-cycle-sdlc/>

Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de Software 9a Edición*. Pearson Educación. México

Soriano, A. G. (2021). *Revista Seguridad Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de Revista Seguridad Universidad Nacional Autónoma de México: Google® Developers

Soto, R. G. (2021). *exevi Singular Solutions*. Obtenido de exevi Singular Solutions: <https://www.exevi.com/desarrollo-cross-platform/>

Thomas, P. J., N. G., Delía, L. N., Corbalán, L. C., & Pesado, P. M. (2016). Dispositivos móviles: desarrollo y análisis de rendimiento de aplicaciones multiplataforma.

Unity. (2021). *Unity Documentation*. Unity Documentation:

<https://docs.unity3d.com/Manual/UIElements.html>

Vennam, S. (2021). *IBM*. IBM:

<https://www.ibm.com/cloud/learn/hybrid-cloud>

Villanueva, A. (2021). *Conecta*. Conecta:

<https://tec.mx/es/noticias/nacional/salud/que-se-sabe-ahora-de-la-variante-lambda-del-virus-del-COVID-19>

Villanueva, A. (2021). *CONECTA*. Obtenido de CONECTA:

<https://tec.mx/es/noticias/nacional/salud/que-se-sabe-ahora-de-la-variante-lambda-del-virus-del-COVID-19>

Zerega, G. (2021). Así avanza la vacunación contra la COVID-19 en México. *El País*.