**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DE:**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

# “Diseño e implementación de un Sistema de Internet de las cosas (IoT) con realidad aumentada para el monitoreo de un banco de calibración de medidores de caudal de la empresa ESRAW S.A. ”

**AUTOR:** QUINTERO TANGUILA, CARLOS ANDRÉS

**DIRECTOR:** ING. SINGAÑA AMAGUAÑA, MARCO ADOLFO

**LATACUNGA, 2023**

# CONTENIDO

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), y especialmente el Internet de las Cosas (IoT), en la industria se han vuelto ineludibles, principalmente por ser vitales para incrementar la eficiencia organizacional y su nivel de competitividad. Esto ha impulsado la adopción de las TIC y la IoT en la mayoría de las actividades de la industria, lo que ha llevado al embrión de lo que es conocida como Industria 4.0 (también llamada Internet industrial de las cosas - IIoT).

La realidad aumentada se ha desarrollado como una de las tecnologías más importantes con referencia a obtener un apoyo didáctico, buscando de esta manera que un estudiante pueda desarrollar y utilizar un conocimiento sobre un fenómeno que pueda ser observado.

ESRAW S.A. es una empresa Servicios de Instrumentación que brinda servicios de Calibración, Inspección e Instrumentación para equipos de trabajo del sector industrial y petrolero, sus laboratorios se encuentran en la ciudad de El Coca.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa ESRAW S.A., actualmente realiza procesos de calibración de instrumentos y equipos para el sector petrolero de la provincia de Orellana, los cuales son realizados por técnicos que realizan mediciones en puntos designados y posteriormente suben los datos obtenidos a una planilla. Debido a que realizan diferentes procesos de calibración, un técnico debe estar concentrado en qué magnitudes operan y cómo las evalúan, pero no están exentos a cometer errores, tanto al tomar mediciones como al ingresar los datos en la planilla, dado que si esto sucede puede ocasionar problemas tanto en la empresa cliente como en la empresa que calibra.

# OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un IoT con realidad aumentada para la digitalización, monitoreo y generación de eventos de un banco de calibración de medidores de caudal de la empresa ESRAW S.A.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información necesaria para la correcta maniobrabilidad del equipo por parte del estudiante.
- Investigar acerca de IoT, técnicas de simulación de objetos en realidad aumentada, su importancia y características.
- Seleccionar componentes para la implementación del sistema IoT con respecto a su mecánica y electrónica.
- Diseñar e implementar esquemas gráficos en 3D de los componentes, marcas de reconocimiento y aplicación de realidad aumentada.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Digitalizar y registrar variables del proceso: presión, temperatura, caudal y frecuencia del banco de calibración.
- Generar eventos a través de IoT: alarmas, arranque, paro del proceso.
- Implementar el software de monitoreo de datos del banco de calibración.
- Evaluar el funcionamiento de la aplicación en tiempo real del banco de calibración de medidores de caudal.
- Validar que la implementación del Sistema IoT con realidad aumentada permitirá la digitalización, monitoreo y generación de eventos de un banco de calibración de medidores de caudal de la empresa ESRAW S.A.

# HIPÓTESIS

¿La implementación del Sistema Internet de las Cosas con realidad aumentada permitirá la digitalización, monitoreo y generación de eventos de un banco de calibración de medidores de caudal de la empresa ESRAW S.A.?

## Internet de las cosas (IoT)

Es una red abierta e integral de objetos inteligentes que tienen la capacidad de autoorganizarse, compartir información, datos y recursos, reaccionando y actuando ante situaciones y cambios en el entorno.

Se considera que Internet de las cosas (IoT) es uno de los facilitadores de la próxima revolución industrial. Está impulsado por el avance de las tecnologías digitales, además de cambiar drásticamente la forma en que las empresas se involucran en las actividades comerciales y las personas interactúan con su entorno.

## Realidad Aumentada (AR)

La realidad aumentada (AR) emerge como una aprendizaje inmersivo en la cual el entorno físico (RW) se enriquece mediante elementos generados por computadora que están asociados a ubicaciones o actividades específicas. En términos simples, AR posibilita que el contenido digital se integre de manera perfecta con nuestras percepciones del mundo real. Más allá de los objetos en 2D o 3D que se esperan comúnmente, los recursos digitales como archivos de audio y video, datos de texto e incluso información de carácter olfativo o táctil pueden fusionarse con la percepción del mundo real por parte de los usuarios.

## Monitorización Industrial

Monitorización industrial también llamado seguimiento de procesos en entornos industriales, aprovecha las innovaciones tecnológicas actuales para supervisar el estado operativo de cualquier máquina o sistema. Mediante la incorporación de estos avances tecnológicos, es viable determinar si las máquinas están funcionando de manera adecuada y si se requiere llevar a cabo algún tipo de mantenimiento.

## Google Firebase

Firebase es una empresa proveedora de BaaS (Backend como servicio) operada por Google. Esencialmente, se trata de una base de datos en tiempo real, lo que significa que funciona como una base de datos NoSQL. Firebase almacena y organiza datos en una estructura jerárquica a través de un extenso árbol JSON.

Firebase engloba un abanico de prestaciones y utilidades valiosas para los programadores, que incluyen alternativas para la autenticación de usuarios, el almacenamiento en nube, la prestación de servicios web, la ejecución de funciones en la nube, la evaluación y supervisión de aplicaciones, así como la emisión de notificaciones push.

## Google Apps Script

Google Apps Script (GAS) es una plataforma de desarrollo de secuencias de comandos creada por Google para la creación de aplicaciones ligeras en el entorno de Google. Mediante el uso de Google Apps Script, los desarrolladores tienen la capacidad de configurar conexiones externas para sistemas de administración de bases de datos relacionales o hojas de cálculo, permitiendo que estas últimas funcionen como una base de datos para sus aplicaciones.

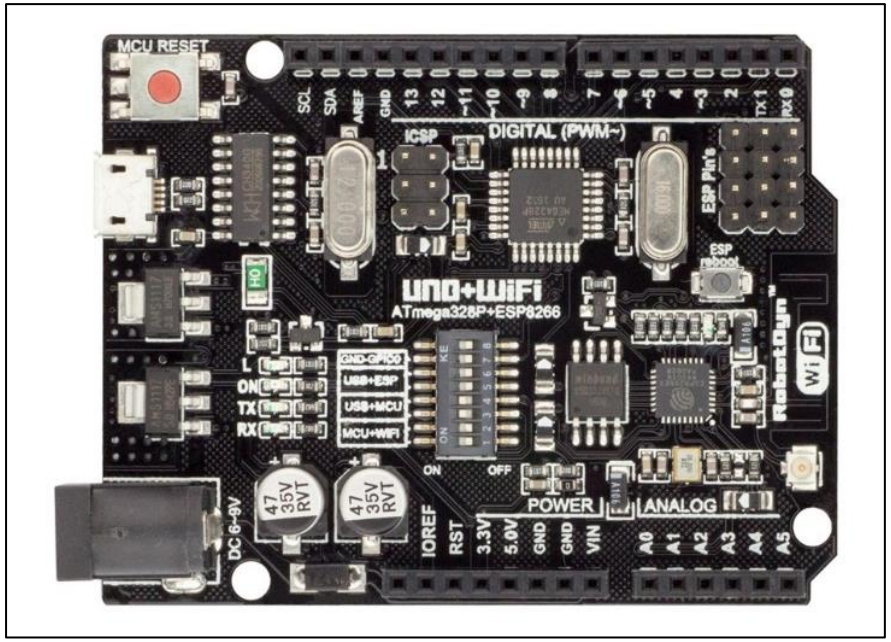
Google Apps Script desempeña un papel fundamental al extender la funcionalidad de las hojas de cálculo de Google, permitiendo un mayor control y gestión de las mismas, así como su integración con otras aplicaciones y servicios.

## Google Looker Studio

Google Looker Studio, previamente conocida como Google Data Studio, se presenta como una aplicación de visualización de datos que proporciona una herramienta amigable para presentar conjuntos de datos complejos de manera atractiva y fácilmente comprensible. Este servicio se encuentra en la nube, permitiendo acceso desde cualquier ubicación, de manera gratuita, y posibilita la compartición de informes con seleccionados destinatarios.

## Tarjeta UNO WiFi R3 ATmega328P ESP8266

Es una versión personalizada de la clásica placa ARDUINO UNO R3 que consiste en la integración completa del microcontrolador Atmel ATmega328 e IC WiFi ESP8266, con memoria flash de 32 MB y convertidor USB-TTL CH340G en una placa.



## Metrología

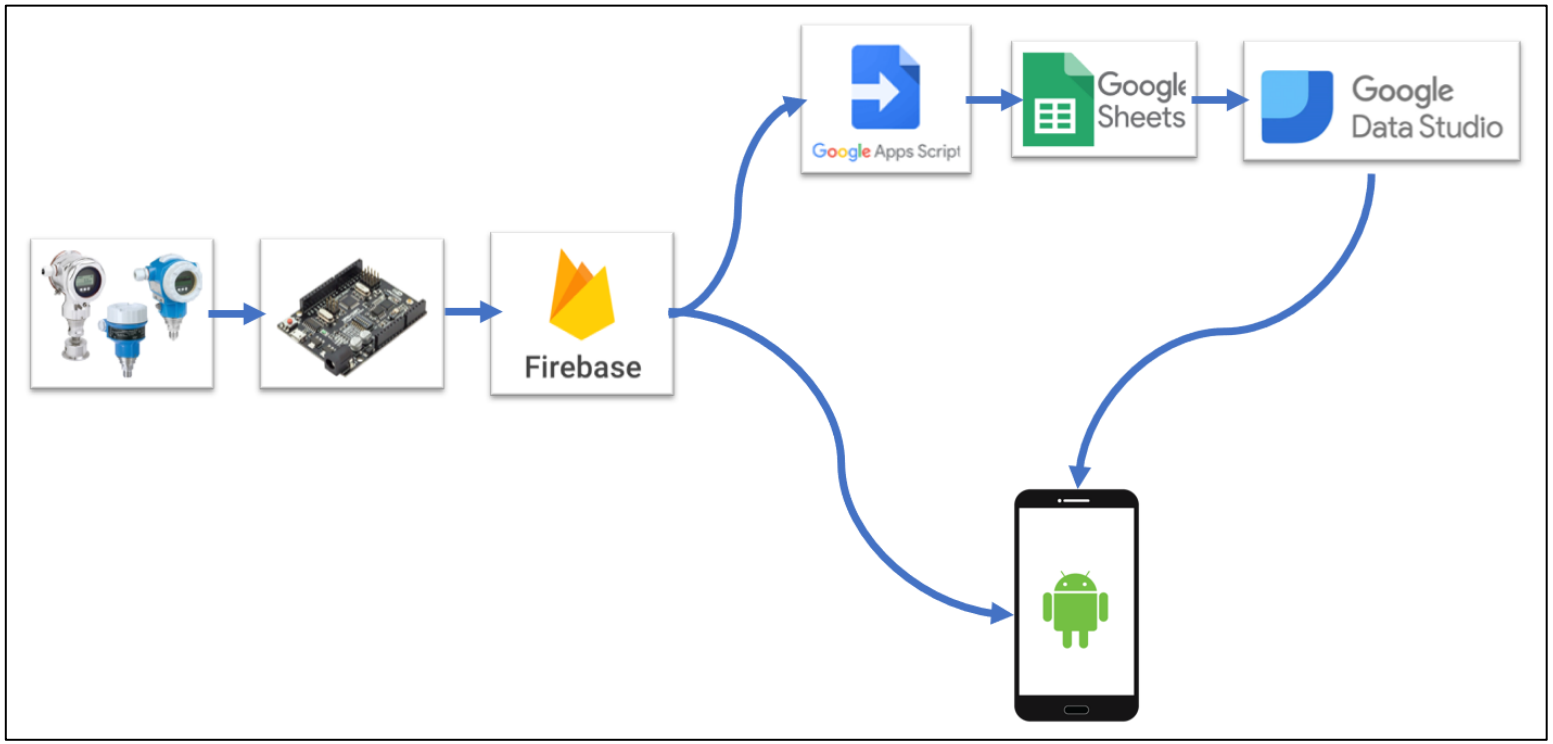
La metrología abarca el dominio del saber referente a las mediciones, englobando todos los aspectos, tanto de índole teórica como práctica, que se vinculan con las mediciones, sin importar su nivel de precisión y en cualquier esfera de la ciencia y la tecnología. La meta de la metrología consiste en asegurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones, abarcando tanto las transacciones comerciales y de servicios, como los procesos industriales, así como los respectivos empeños de investigación científica y desarrollo tecnológico.

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El sistema de monitoreo en tiempo real se realizó mediante implementación de una tarjeta de adquisición de datos, una base de datos Firebase, una aplicación Android, Google Apps Script, Google Docs, Looker Studio y un complemento AR de Unity.

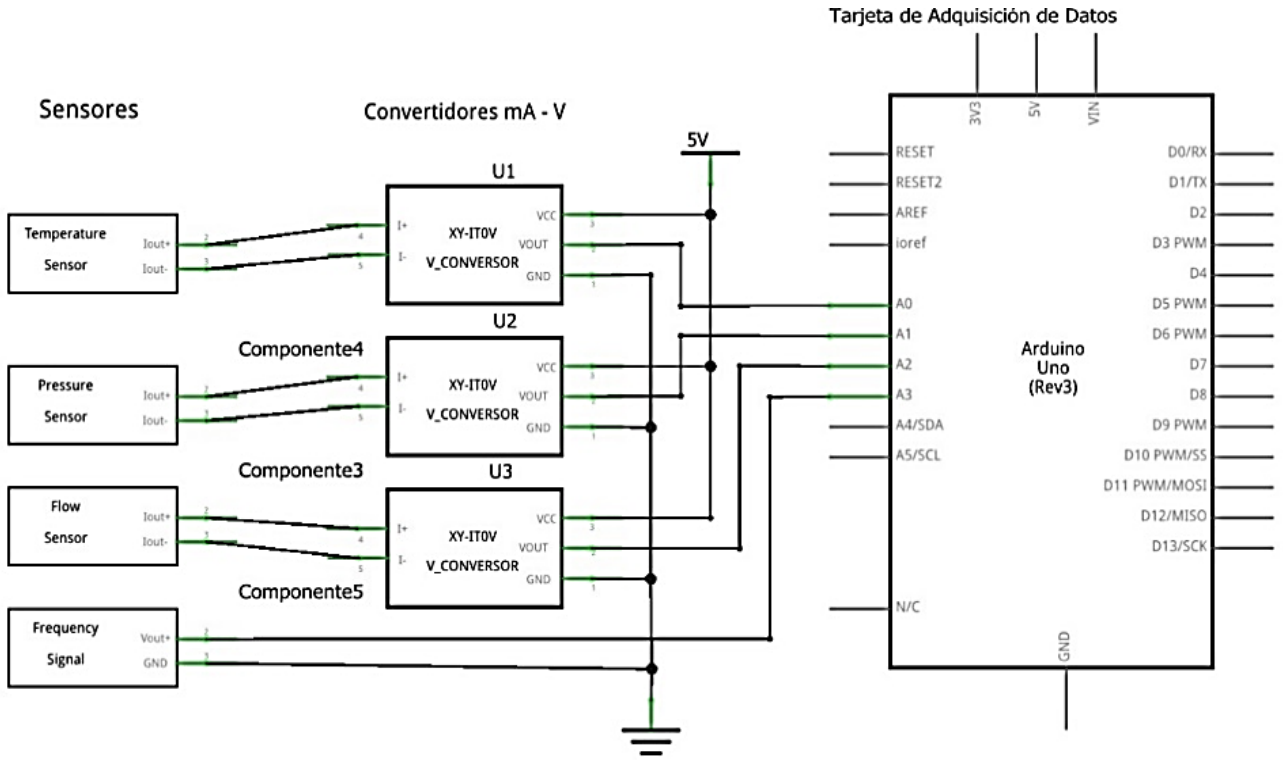
La aplicación Android se desarrolló para emitir notificaciones relevantes del banco de pruebas de medidores de caudal, mostrar los datos de los sensores en tiempo real, ver los registros de Looker Studio y observar los estados de los sensores mediante la integración de un complemento AR realizado en Unity.

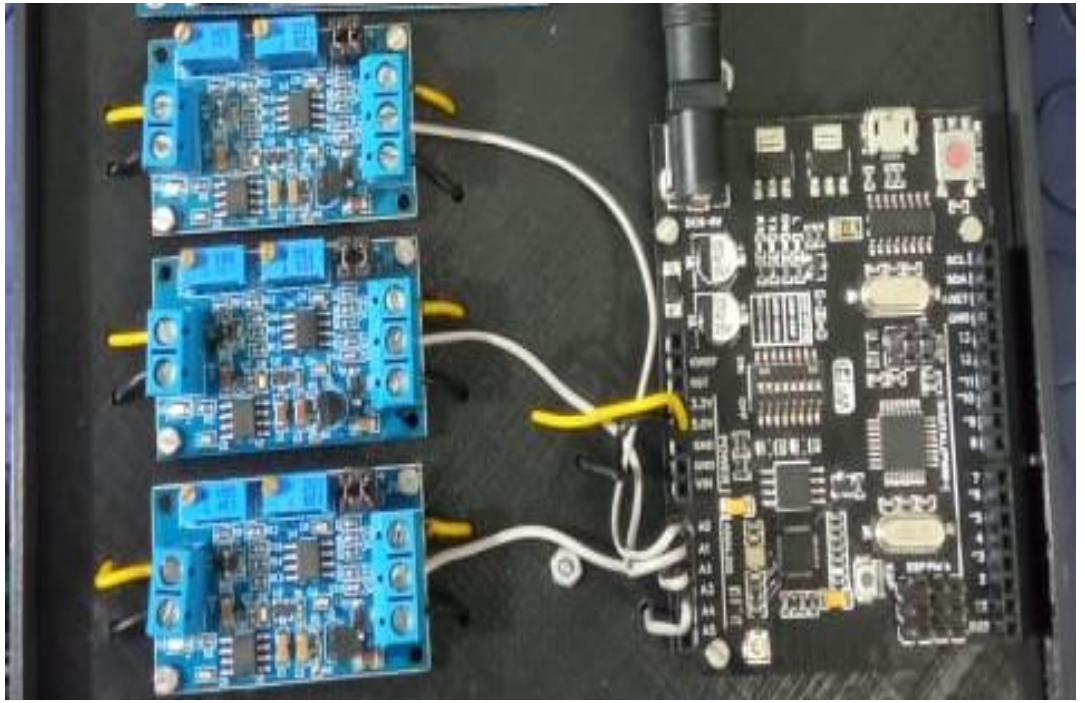
## Diagrama de conexión




La tarjeta capta las medidas de los sensores del banco de pruebas y los envía a la base de datos, la aplicación android muestra la información de la base de datos y de los reportes de Google Data Studio.

## Diagrama de conexión de las señales de sensores



## Características de los software y herramientas digitales utilizadas para el monitoreo

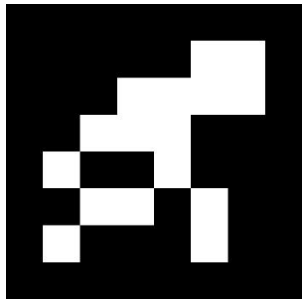
| Software/Lenguaje | Características |
|---|---|
| Lenguaje de programación android | Java y Kotlin |
| Editor Android | Android Studio 4.1.1 |
| Base de datos | Firebase |
| Google Scripts | JavaScript |
| Hoja de cálculo | Google Sheets |
| Registros y gráficos | DataStudio |
| Realidad Aumentada | Unity 2021.2.7f1 |
| Programación Unity | C# |
| Arduino | Arduino 1.8+ |

## *Base de datos Firebase*


En el servicio de Realtime Database, en la parte de Datos, se agregan los campos que almacenarán los datos enviados por la tarjeta UNO WiFi R3 ATmega328P ESP8266, para este proyecto se denominó ESTACIONES, A-E.

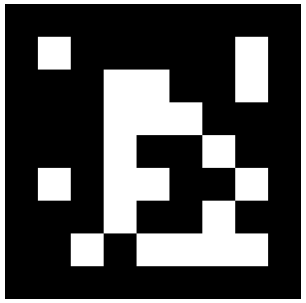
**Marcadores Aruco para reconocimiento de sensores**

ARUCO #33 de 6*6



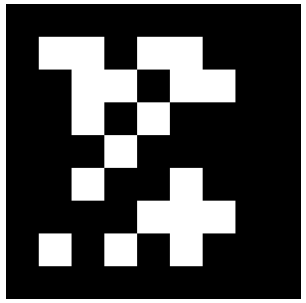
Marcador para señal de temperatura

ARUCO #91 de 7*7



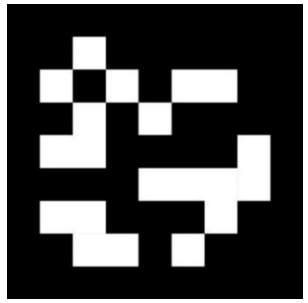
Marcador para señal de presión

ARUCO #107 de 7*7



Marcador para señal de caudal

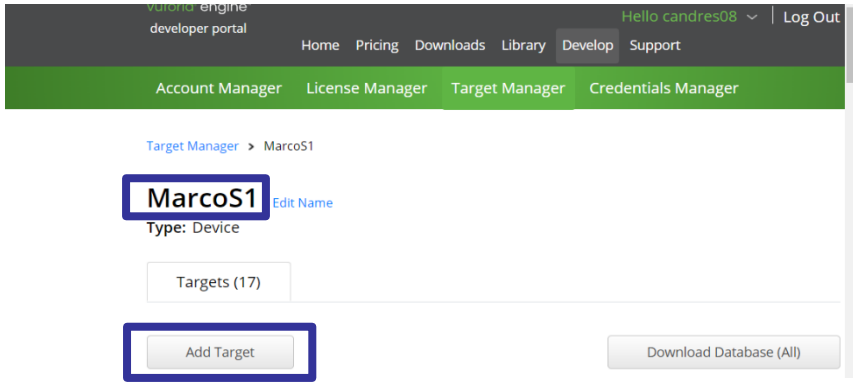
ARUCO #146 de 7*7



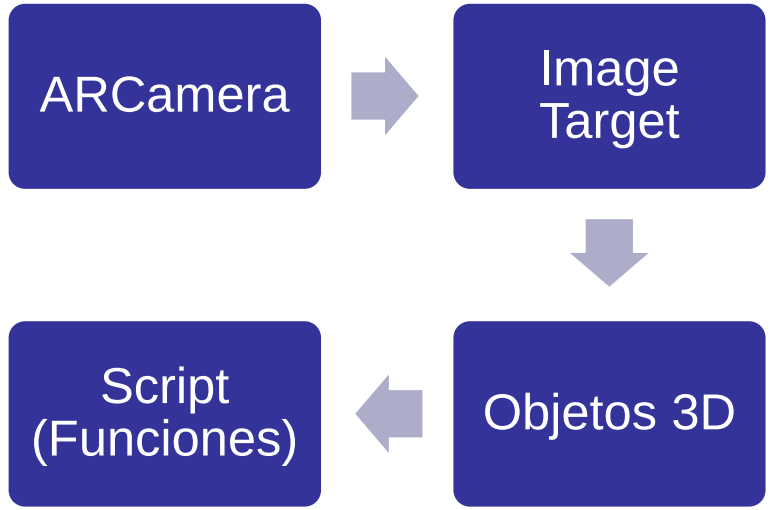
Marcador para señal de frecuencia

## Base de datos de Vuforia

Los marcadores se deben añadir a una base de datos de Vuforia para poder implementarlo en Unity.




## Creación de la herramienta AR

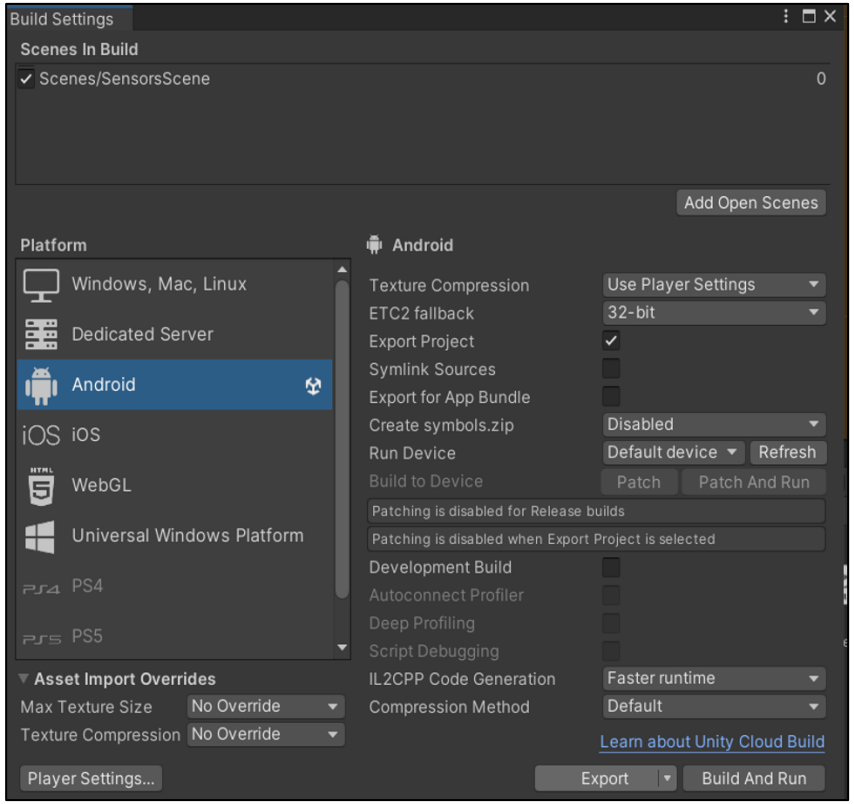
## Funciones del script Database

```
101     void NoLeerDatosPresion()
102     {
103         pres0.SetActive(false);
104         pres1.SetActive(false);
105         pres2.SetActive(false);
106     }
        0 referencias
107     void DatosPresion(string datoP)
108     {
109
110         if (datoP == "OFF")
111         {
112             pres0.SetActive(true);
113             pres1.SetActive(false);
114             pres2.SetActive(false);
115         }
116         else if (datoP == "ON")
117         {
118             pres0.SetActive(false);
119             pres1.SetActive(true);
120             pres2.SetActive(false);
121         }
122         else if (datoP == "FAIL")
123         {
124             pres0.SetActive(false);
125             pres1.SetActive(false);
126             pres2.SetActive(true);
127         }
128         text.text = "Presion";
129     }
```

Son funciones paramétricas, en las que ingresan un dato desde la aplicación android.

Asignan que objeto 3D debe activarse cuando reconozca el marcador el *Image Target.*

## Exportación de la herramienta AR



## Programación de la Tarjeta UNO WiFi R3 ATmega328P ESP8266

Se crea dos programas en Arduino para recibir del banco de pruebas y enviarlos a la base de datos de Firebase.

ReceptordeDatos Arduino 1.8.13

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

ReceptordeDatos §

```
    //Se realiza la lectura del sensor 1
    valorSensor1 = analogRead(sensor1);
    //cambia la escala a 0.0 - 100.0
    vSensor1 = map(valorSensor1, 0, 204.6, 0.0, 250);
    vSensor1=vSensor1/100;
    //Se realiza la lectura del sensor 2
    valorSensor2 = analogRead(sensor2);
    //cambia la escala a 0.0 - 100.0
    vSensor2 = map(valorSensor2, 0, 368, 0, 2390);
    vSensor2=vSensor2/100;
    //Se realiza la lectura del sensor 3
    valorSensor3 = analogRead(sensor3);
    //cambia la escala a 0.0 - 100.0
    vSensor3 = map(valorSensor3, 0, 409, 0.0, 10000);
    vSensor3=vSensor3/100;
    //Se realiza la lectura del sensor 4
    valorSensor4 = analogRead(sensor4);
    //cambia la escala a 0.0 - 100.0
    vSensor4 = map(valorSensor4, 0, 1084, 0.0, 6000);
    vSensor4=vSensor4/100;
//    Serial.println(vSensor4);

    //Enviamos los valores de los sensores por comunicación serial al ESP8266 para su posterior env
    //Preparación para enviar valores de los sensores por serial al esp8266
    DynamicJsonBuffer jbuffer;
    JsonObject& root = jbuffer.createObject();
    root["Sensor1"] = String(vSensor1); // configurando la variable Sensor1 para contener el valor
    root["Sensor2"] = String(vSensor2); // configurando la variable Sensor2 para contener el valor
    root["Sensor3"] = String(vSensor3); // configurando la variable Sensor3 para contener el valor
    root["Sensor4"] = String(vSensor4); // configurando la variable Sensor4 para contener el valor
    root.printTo (Serial); // enviando los valores de los sensores por serial al esp8266
    root.remove ("Sensor1"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutiliza
    root.remove ("Sensor2"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutiliza
    root.remove ("Sensor3"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutiliza
    root.remove ("Sensor4"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutiliza
    delay(2000);
}
```

Firebase_ESP8266 Arduino 1.8.13

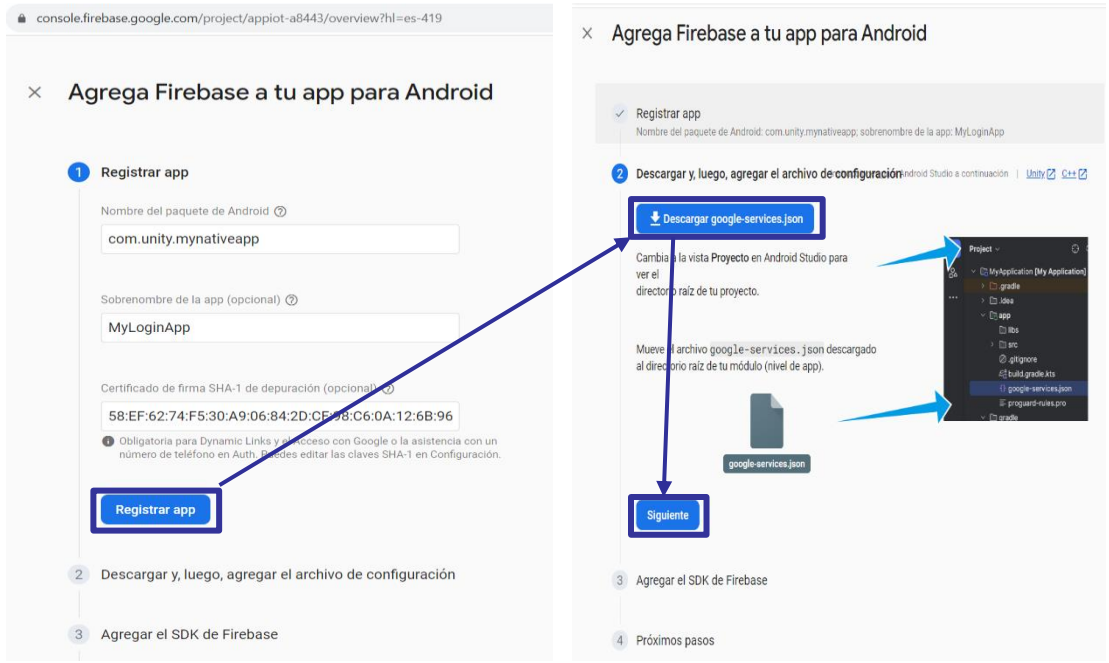
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Firebase_ESP8266

```
// En el ciclo loop se desarrolla el código que se va a estar repitiendo constantemente
void loop() {
  // Definición de variables para leer los valores del Arduino

  while(1){
      // Aceptar datos del arduino
      while (Serial.available()) {// Leer datos en serie del Arduino
        json = Serial.readString();
        StringReady = true;
      }
      if (StringReady) {
        StaticJsonBuffer <200> jsonBuffer; // memoria preasignada para almacenar el JsonObject max 200 bytes
        JsonObject & root = jsonBuffer.parseObject (json); // convertir la cadena en datos JSON

        if (!root.success()) {
        Serial.println ("parseObject () failed");
        return;
        }
        //Declaración de variables para almacenar los valores leído del arduino
        String rawSensor1 = root["Sensor1"]; //
        String rawSensor2 = root["Sensor2"]; //
        String rawSensor3 = root["Sensor3"]; //
        String rawSensor4 = root["Sensor4"]; //
        // Conversión en número flotantes a los valores obtenidos
        vSensor1=rawSensor1.toFloat();
        vSensor2=rawSensor2.toFloat();
        vSensor3=rawSensor3.toFloat();
        vSensor4=rawSensor4.toFloat();
        root.remove ("Sensor1"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutilizar el ob
        root.remove ("Sensor2"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutilizar el ob
        root.remove ("Sensor3"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutilizar el ob
        root.remove ("Sensor4"); // elimina el campo temporal del objeto raíz JSON para poder reutilizar el ob
      }

      /// Programación para enviar a la base de datos

        //Si el valor del sensor ha cambiado respecto a la lectura previa actualiza el valor en la base de dat
```

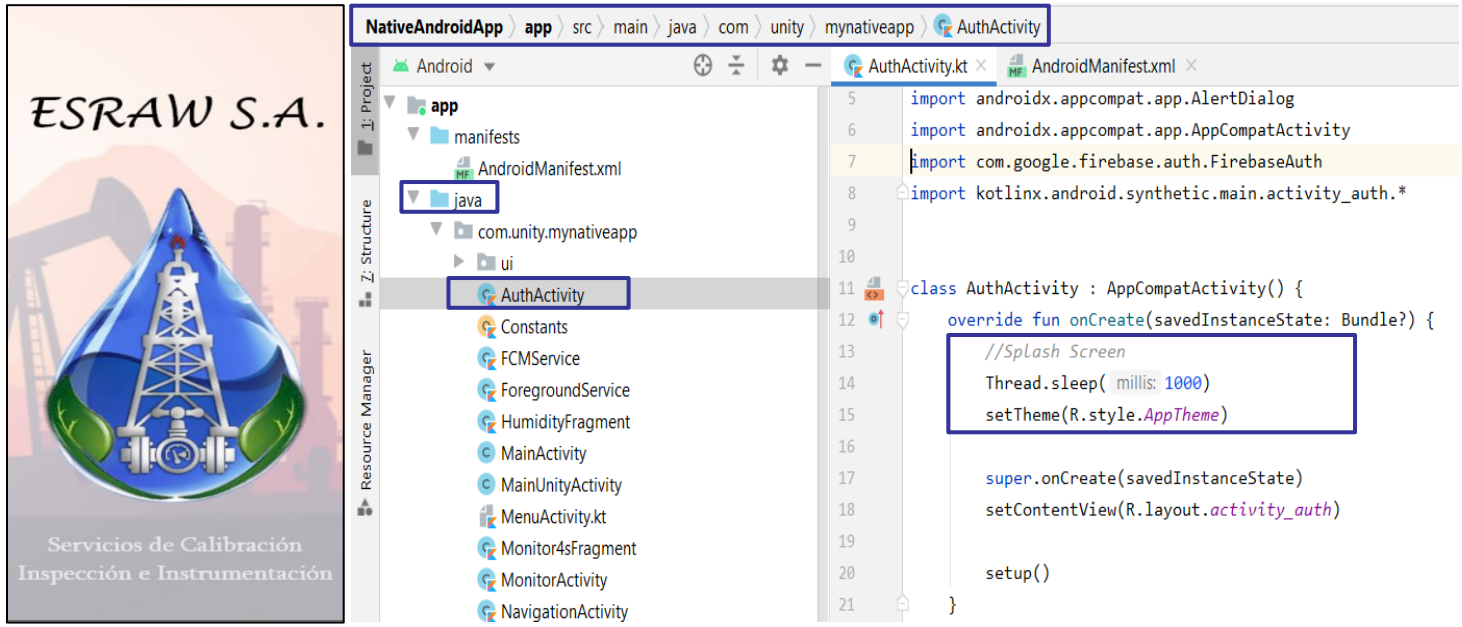
## Implementación de Firebase en aplicación Android

Es necesario crear un proyecto de Firebase y posteriormente implementarlo en la aplicación Android para que se habiliten los servicios de autentificación y de base de datos.



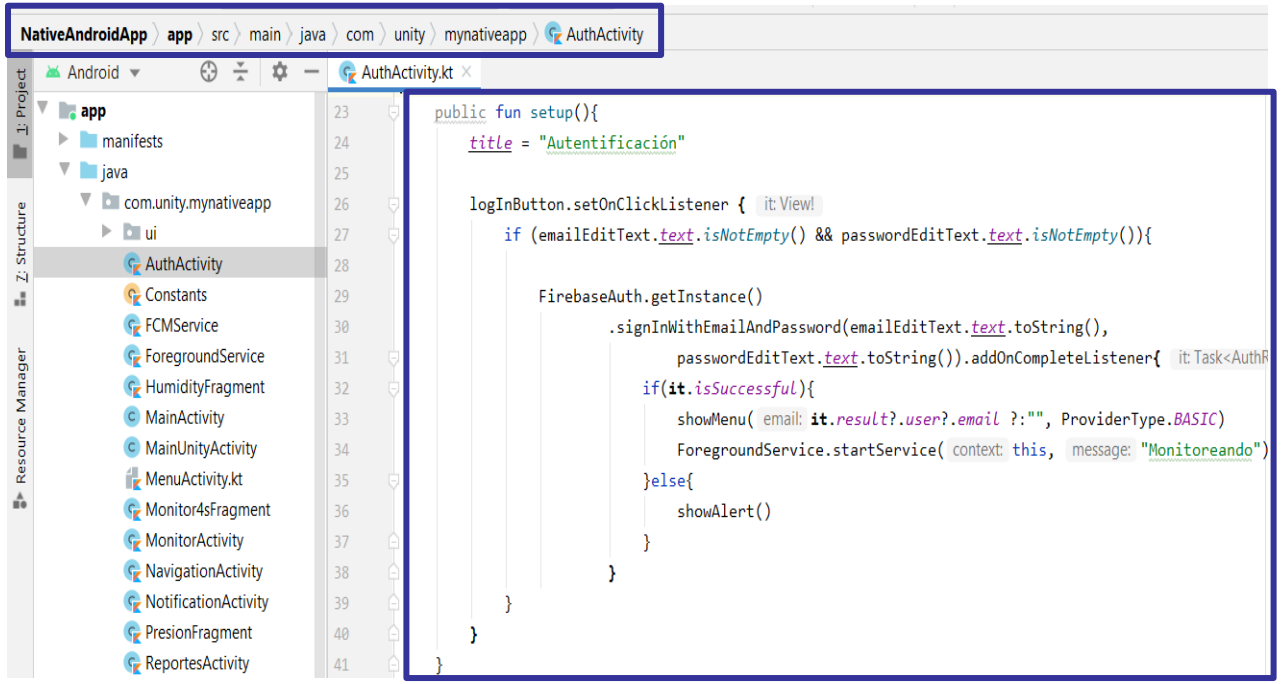
## Splash Screen

Se implementa un splash screen como pantalla de carga para que al iniciar la aplicación se vea el nombre y logo de la empresa.

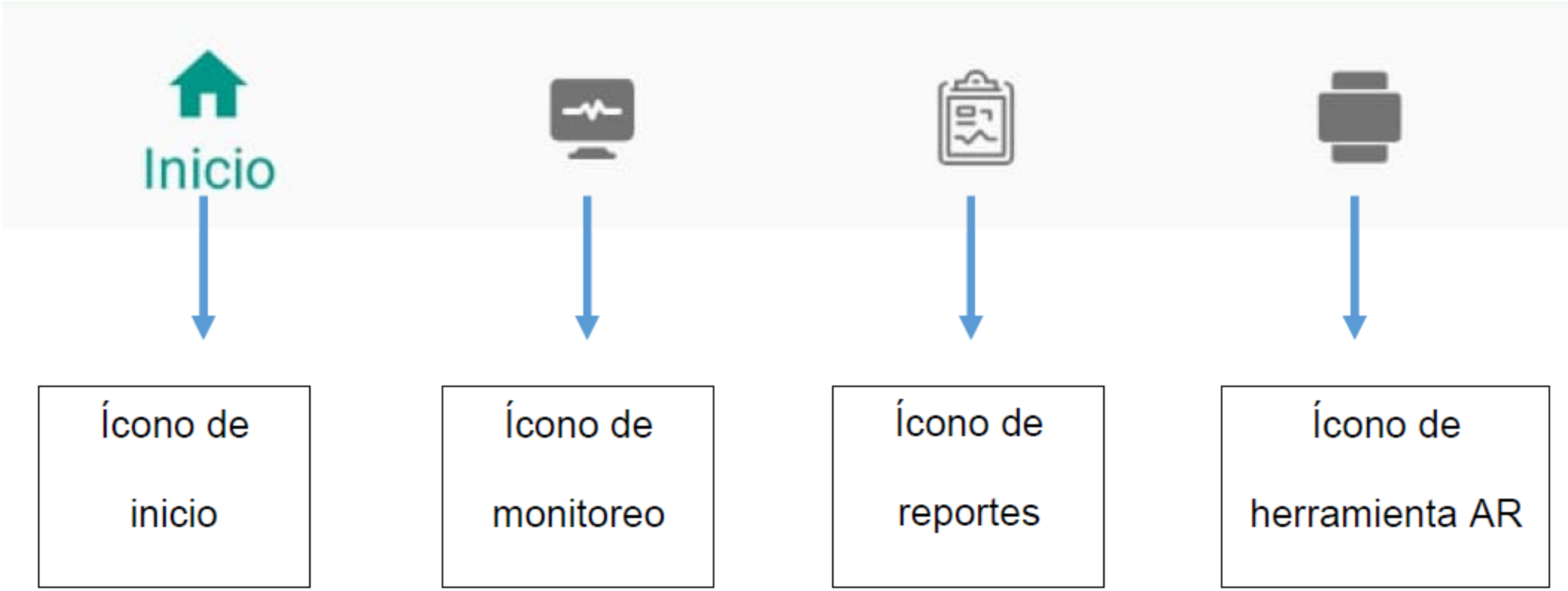


## Programación para Autentificar usuarios

El código autentica al usuario mediante Firebase Authentication utilizando un correo electrónico y contraseña proporcionados. Si la autenticación tiene éxito, se muestra la pantalla de Menú y se inicia un servicio en primer plano para emitir notificaciones, si la autenticación falla, se muestra una alerta.



***Barra de navegación***



## Codificación de la ventana Monitoreo

Este código establece una función que lee la base de datos de Firebase. Cada vez que los datos en la base de datos cambian, la función “onDataChange” se ejecuta, obteniendo los valores de diferentes nodos y actualizando las vistas en la interfaz de usuario con esos valores.

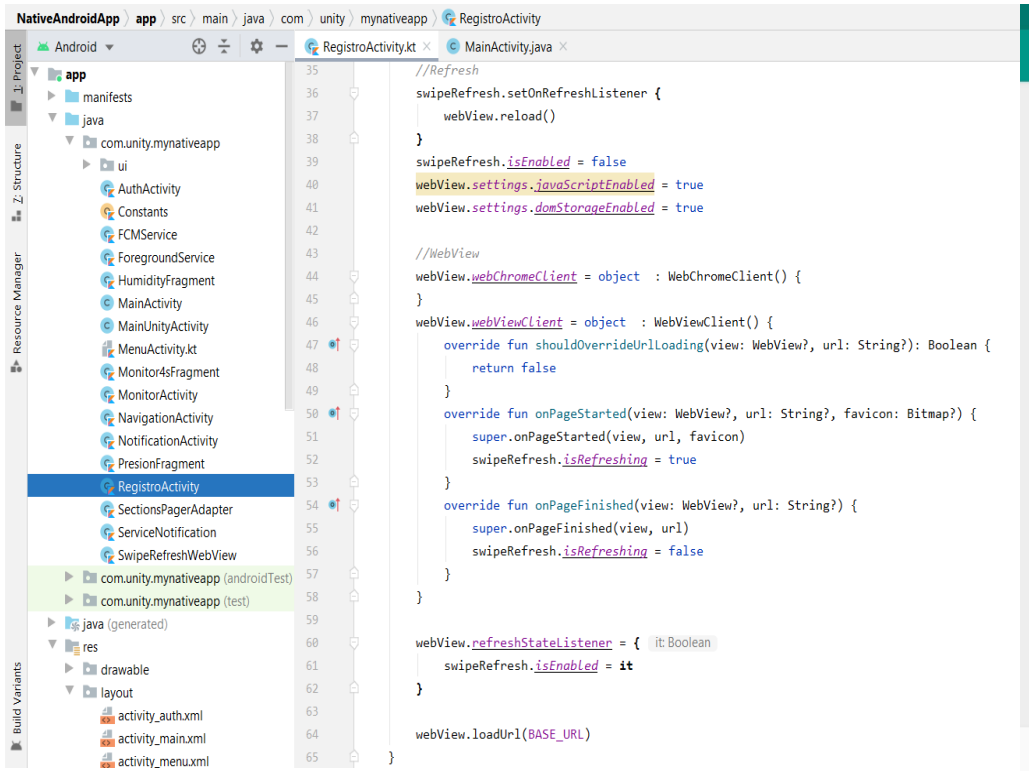
com 〉 unity 〉 mynativeapp 〉 Monitor4sFragment

Monitor4sFragment.kt

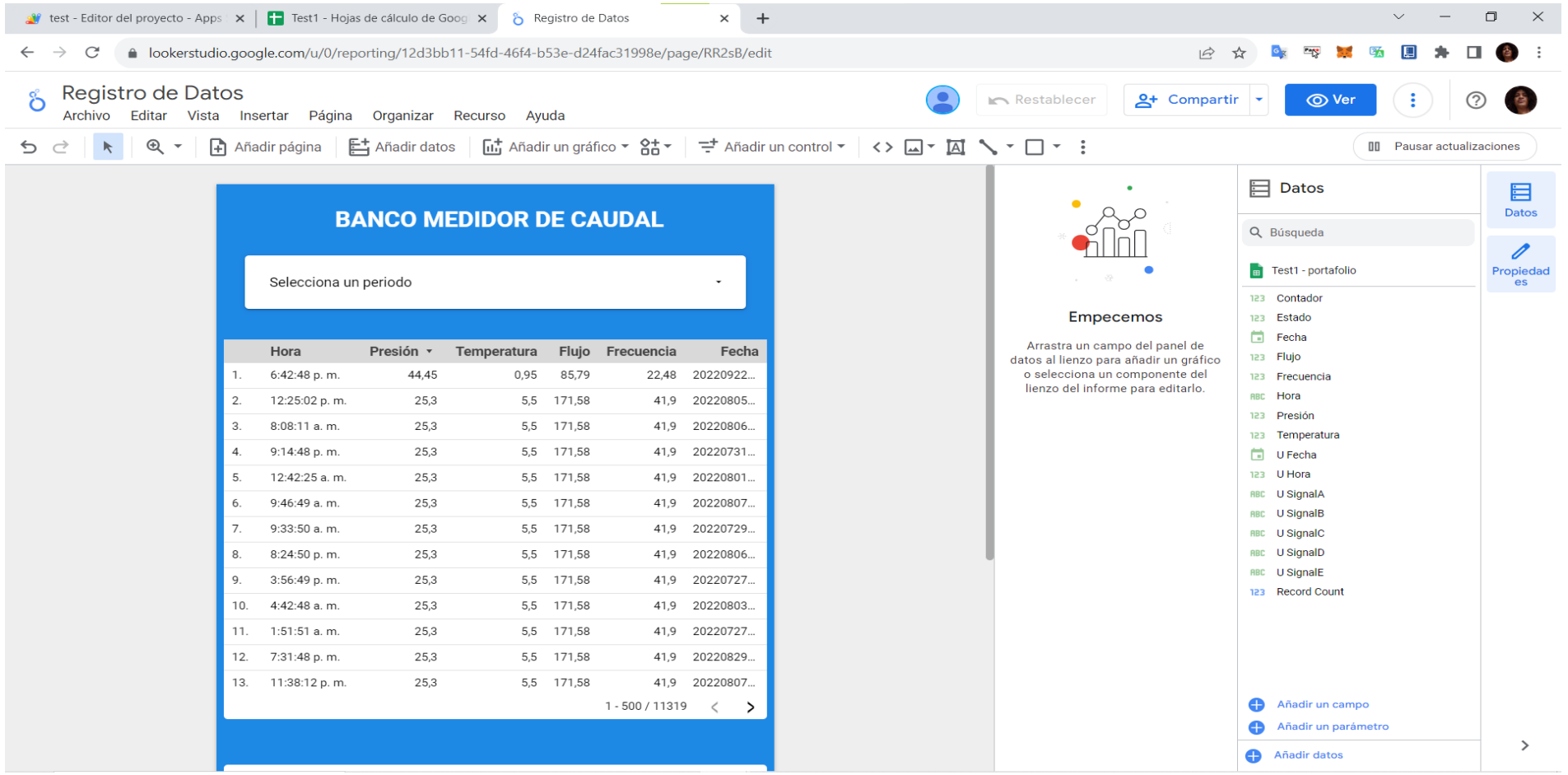
```
}

override fun onActivityCreated(savedInstanceState: Bundle?) {
    super.onActivityCreated(savedInstanceState)

    val database = Firebase.database
    val myRef = database.reference

    myRef.addValueEventListener(object : ValueEventListener {
        @SuppressLint( ...value: "SetTextI18n")
        override fun onDataChange(dataSnapshot: DataSnapshot) {
            val temperaturav: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/B").value.toString()
            val presionv: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/C").value.toString()
            val flujov: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/D").value.toString()
            val frecuenciav: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/E").value.toString()

            temperatureTextView.text = temperaturav + " C°"
            presionTextView.text = presionv + " psi"
            flujoTextView.text = flujov + " gal/min"
            turbinaTextView.text = frecuenciav + " Hz"
        }

        override fun onCancelled(error: DatabaseError) {
            Log.w( tag: "TAG",  msg: "Failed to read value.", error.toException())
        }
    })
}
}
```

## Codificación de la ventana Registros

Se programa una ventana que sirva con WebView, para poder visualizar un dirección web, que será la de Google Looker Studio en la cual se creo el registro.



## Registro de datos en Looker Studio



## Programación en Google Scripts

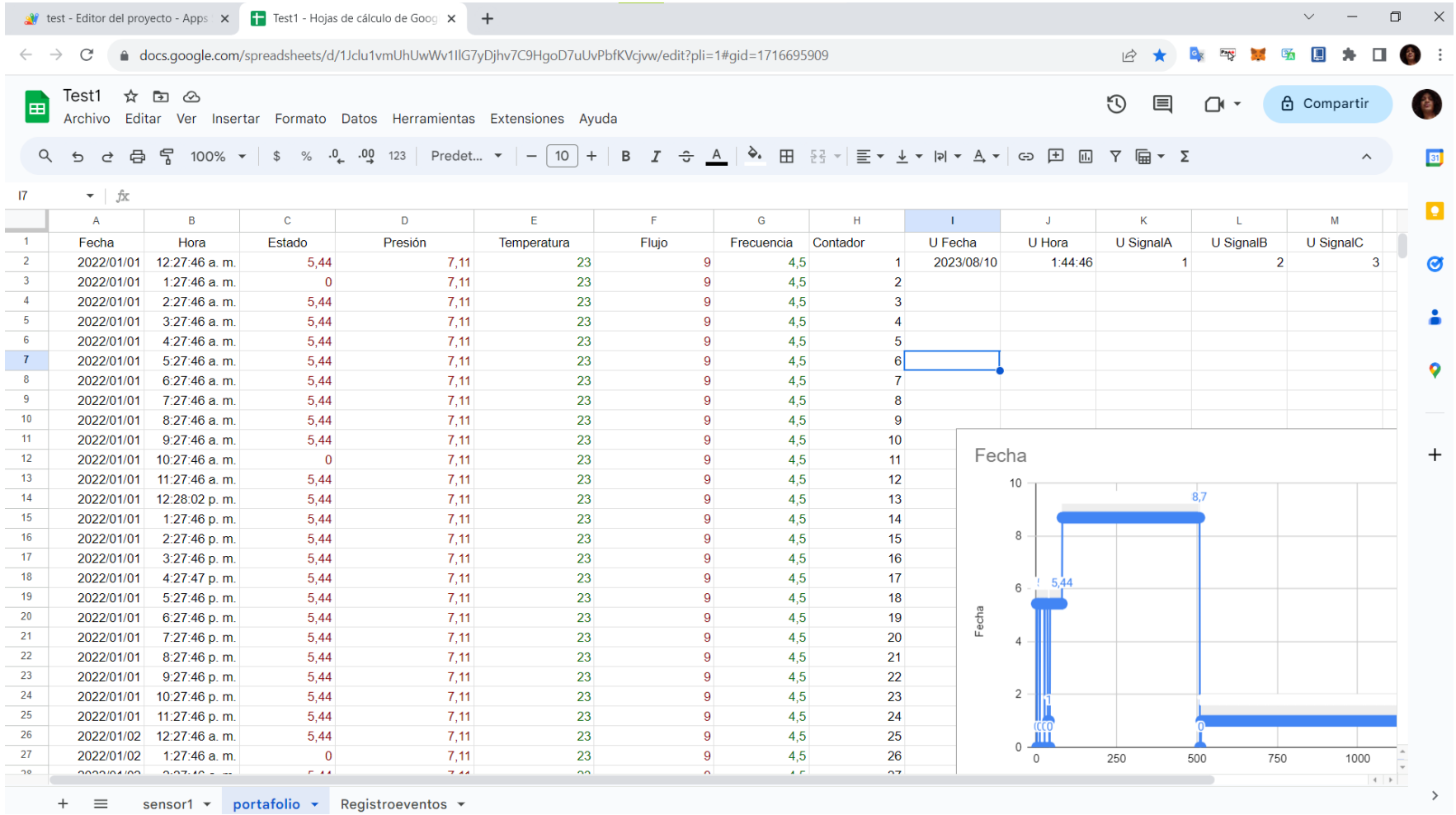
Obtiene los datos de la base de datos Firebase.

```
function obtenerDatos1() {
  // Dirección de la base de datos RealTime de Firebase
  var bd = "myloginapp-caqt.firebaseio.com" ;
  // Secreto de la base de datos Firebase
  var secreto = 'WBWK69LIDVlBwEQxk6bBxPtPOFswuehhIbj18poy';
  // Ruta de la base de datos RealTime
  var ruta = "Estaciones";

  var options = { method:'get', contentType: 'application/json' }; //opciones de la llamada a fetch
  var firebaseURL = 'https://'+bd+'/'+ruta+'.json?auth='+secreto; // construyo la ruta

  var resultado = UrlFetchApp.fetch(firebaseURL, options);

  // Hoja de cálculo activa
  var ss = SpreadsheetApp.getActive();
  var sheet = ss.getSheetByName("portafolio")

  var ultimalinea = sheet.getLastRow(); // obtiene la última línea

  // Fechas y horas actuales.
  var fecha=Utilities.formatDate(new Date, "GMT-5", "yyyy/MM/dd");
  var d = new Date();
  var hora = d.toLocaleTimeString();
```

*Envío de datos a la hoja de cálculo de Google*

```
// Objeto JSON según el resultado

var e = JSON.parse(resultado);
//var e = importDate();
//Logger.log(e["A"]);
//if(e["A"]>0){
if(true){

  for (clave in e) {
    var columna = clave.charCodeAt(0)-62; // columna de cada valor
    //Logger.log(columna);
    var valorActual = sheet.getRange(2,columna).getValue();
    if (true) { // Si los valores son distintos
        // 1) Cambio fecha y hora en la fila dos
          sheet.getRange(2,9).setValue(fecha);
          sheet.getRange(2,10).setValue(hora);
        // 2) Cambio valor actual en la fila dos
          sheet.getRange(2,columna+8).setValue((e[clave]));
        // 3) Pongo fecha y hora en la última línea
          sheet.getRange(ultimalinea+1,1).setValue(fecha);
          sheet.getRange(ultimalinea+1,2).setValue(hora);
        // 4) Escribo en la última línea un registro de lo que acontece
          segunActivo1(clave,e[clave],ultimalinea+1,columna,sheet);
    }else{
        blanco(ultimalinea+1,columna,sheet);
    }

    // Logging de los datos...
    Logger.log(e);
    Logger.log(clave);
    //Logger.log(e[clave]);

  }
```

## Hoja de Cálculo de Google




| | Fecha | Hora | Estado | Presión | Temperatura | Flujo | Frecuencia | Contador | U Fecha | U Hora | U SignalA | U SignalB | U SignalC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2022/01/01 | 12:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 1 | 2023/08/10 | 1:44:46 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 2022/01/01 | 1:27:46 a. m. | 0 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 2 | | | | | |
| 4 | 2022/01/01 | 2:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 3 | | | | | |
| 5 | 2022/01/01 | 3:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 4 | | | | | |
| 6 | 2022/01/01 | 4:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 5 | | | | | |
| 7 | 2022/01/01 | 5:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 6 | | | | | |
| 8 | 2022/01/01 | 6:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 7 | | | | | |
| 9 | 2022/01/01 | 7:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 8 | | | | | |
| 10 | 2022/01/01 | 8:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 9 | | | | | |
| 11 | 2022/01/01 | 9:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 10 | | | | | |
| 12 | 2022/01/01 | 10:27:46 a. m. | 0 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 11 | | | | | |
| 13 | 2022/01/01 | 11:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 12 | | | | | |
| 14 | 2022/01/01 | 12:28:02 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 13 | | | | | |
| 15 | 2022/01/01 | 1:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 14 | | | | | |
| 16 | 2022/01/01 | 2:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 15 | | | | | |
| 17 | 2022/01/01 | 3:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 16 | | | | | |
| 18 | 2022/01/01 | 4:27:47 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 17 | | | | | |
| 19 | 2022/01/01 | 5:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 18 | | | | | |
| 20 | 2022/01/01 | 6:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 19 | | | | | |
| 21 | 2022/01/01 | 7:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 20 | | | | | |
| 22 | 2022/01/01 | 8:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 21 | | | | | |
| 23 | 2022/01/01 | 9:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 22 | | | | | |
| 24 | 2022/01/01 | 10:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 23 | | | | | |
| 25 | 2022/01/01 | 11:27:46 p. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 24 | | | | | |
| 26 | 2022/01/02 | 12:27:46 a. m. | 5,44 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 25 | | | | | |
| 27 | 2022/01/02 | 1:27:46 a. m. | 0 | 7,11 | 23 | 9 | 4,5 | 26 | | | | | |

## Codificación de la ventana Monitoreo

Este código establece una función que lee la base de datos de Firebase. Cada vez que los datos en la base de datos cambian, la función “onDataChange” se ejecuta, obteniendo los valores de diferentes nodos y actualizando las vistas en la interfaz de usuario con esos valores.

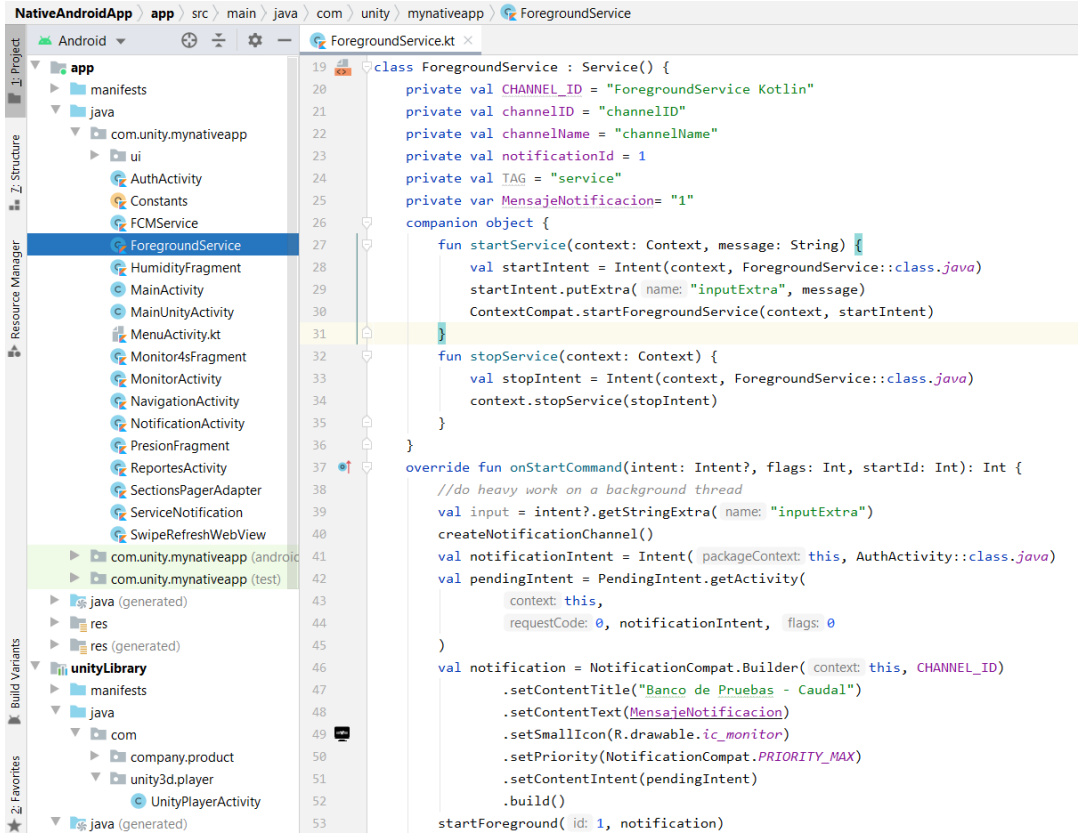
com 〉 unity 〉 mynativeapp 〉 Monitor4sFragment

Monitor4sFragment.kt

```
}

override fun onActivityCreated(savedInstanceState: Bundle?) {
    super.onActivityCreated(savedInstanceState)

    val database = Firebase.database
    val myRef = database.reference

    myRef.addValueEventListener(object : ValueEventListener {
        @SuppressLint( ...value: "SetTextI18n")
        override fun onDataChange(dataSnapshot: DataSnapshot) {
            val temperaturav: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/B").value.toString()
            val presionv: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/C").value.toString()
            val flujov: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/D").value.toString()
            val frecuenciav: String = dataSnapshot.child( path: "Estaciones/E").value.toString()

            temperatureTextView.text = temperaturav + " C°"
            presionTextView.text = presionv + " psi"
            flujoTextView.text = flujov + " gal/min"
            turbinaTextView.text = frecuenciav + " Hz"
        }

        override fun onCancelled(error: DatabaseError) {
            Log.w( tag: "TAG",  msg: "Failed to read value.", error.toException())
        }
    })
}
}
```

## Servicio Foreground

Se crea un servicio en primer plano para que pueda ejecutar la notificaciones aun cuando la aplicación se encuentra en segundo plano.



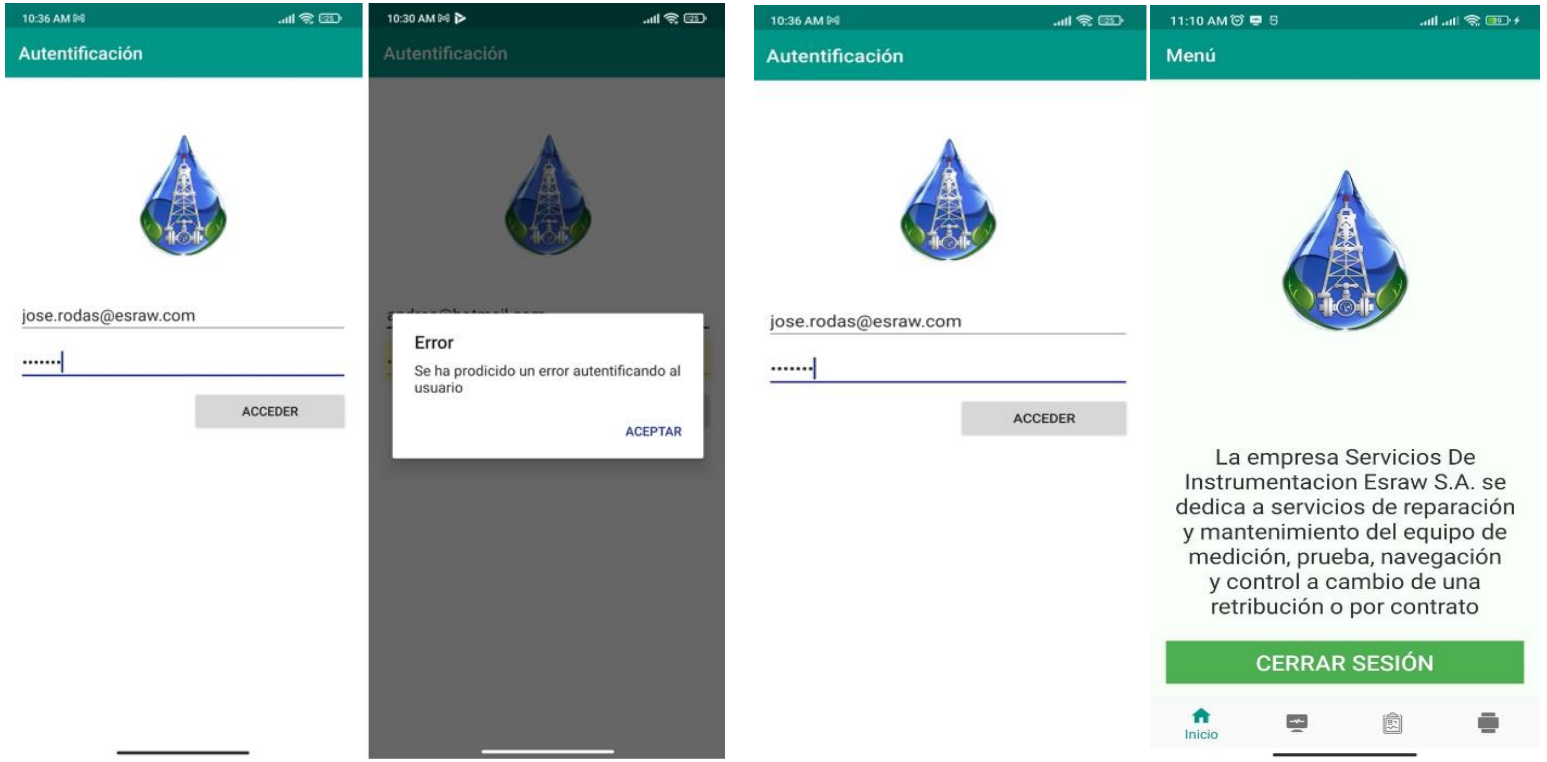
**Programación para enviar datos de la herramienta AR (librería unity)**

Se accede al script Database de la librería de unity mediante las líneas de código de la imagen en la cual se ingresan como parámetros el nombre del script, el nombre de la variable del script y el valor del estado del de cada sensor.

```
mUnityPlayer.UnitySendMessage( s: "Database", s1: "DatosTemp",DatoT);
mUnityPlayer.UnitySendMessage( s: "Database", s1: "DatosPresion",DatoP);
mUnityPlayer.UnitySendMessage( s: "Database", s1: "DatosCaudal",DatoC);
mUnityPlayer.UnitySendMessage( s: "Database", s1: "DatosFrec",DatoF);
```

## *Autentificación de usuario*

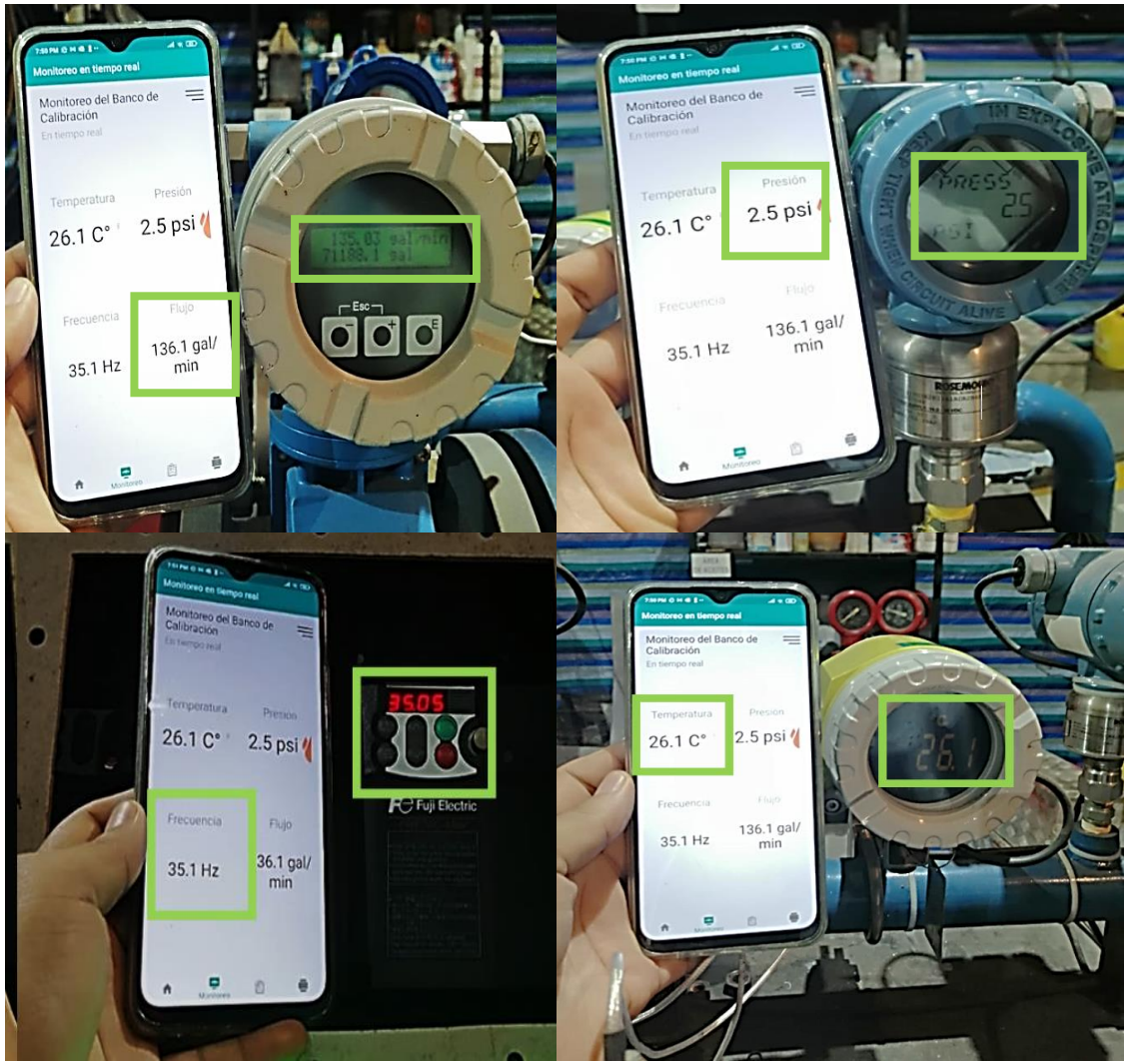
Al ingresar un usuario no registrado en la base de datos de Firebase se emite un mensaje de error, en cambio si se ingresa con un correo y contraseña correcta entrará a la venta de Menú de la aplicación



# PRUEBAS Y RESULTADOS

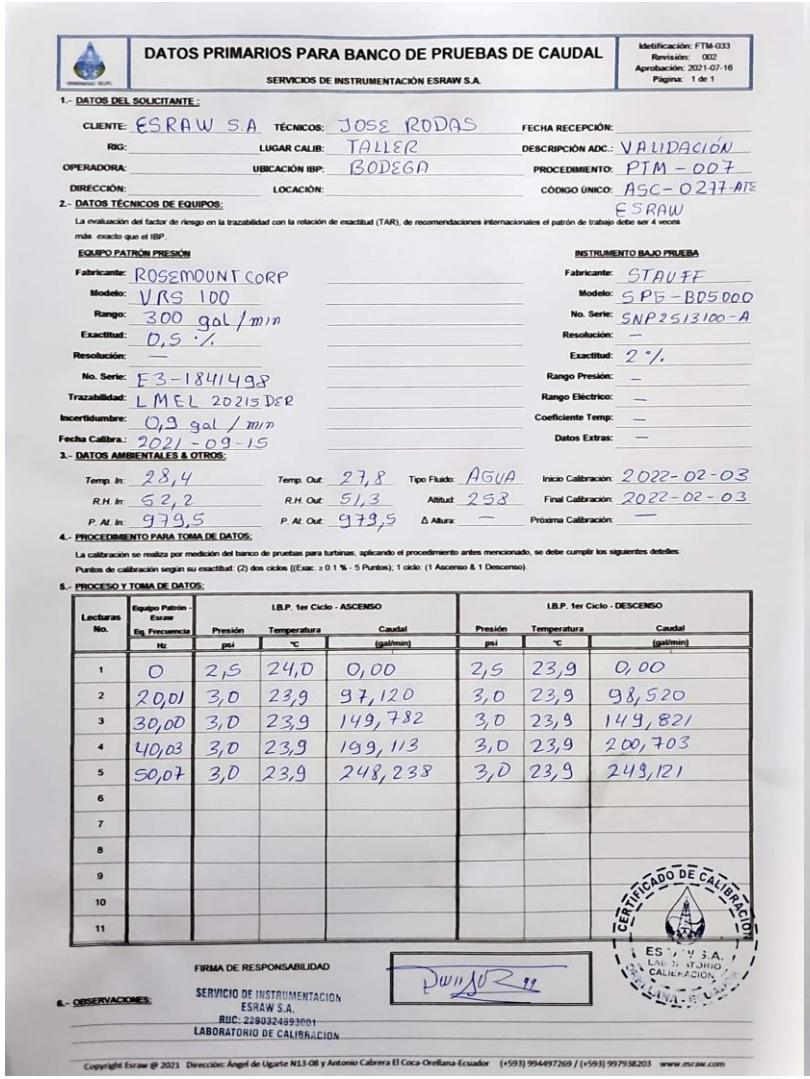
## Monitoreo en Tiempo real

Los valores de los sensores del banco de pruebas se comparan con los datos mostrados en la aplicación móvil.



## Datos primarios

Los datos primarios son los valores de los sensores que son registrados durante una calibración en el banco de pruebas.



DATOS PRIMARIOS PARA BANCO DE PRUEBAS DE CAUDAL

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN ESRAW S.A.

Identificación: FTM-033 | Revisión: 002 | Aprobación: 2021-07-16 | Página: 1 de 1

1.- DATOS DEL SOLICITANTE:

CLIENTE: ESRAW S.A | TÉCNICOS: JOSE RODAS | FECHA RECEPCIÓN:
RIG: | LUGAR CALIB: TALLER | DESCRIPCIÓN ADC.: VALIDACIÓN
OPERADORA: | UBICACIÓN IBP: BODEGA | PROCEDIMIENTO: PTM – 007
DIRECCIÓN: | LOCACIÓN: | CÓDIGO ÚNICO: ASC-0277-ATE ESRAW

2.- DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS:

La evaluación del factor de riesgo en la trazabilidad con la relación de exactitud (TAR), de recomendaciones internacionales el patrón de trabajo debe ser 4 veces más exacto que el IBP.

| EQUIPO PATRÓN PRESIÓN | | INSTRUMENTO BAJO PRUEBA | |
|---|---|---|---|
| Fabricante: | ROSEMOUNT CORP | Fabricante: | STAUFF |
| Modelo: | VRS 100 | Modelo: | SPG-BD5000 |
| Rango: | 300 gal/min | No. Serie: | SNP2513100-A |
| Exactitud: | 0,5 % | Resolución: | — |
| Resolución: | — | Exactitud: | 2 % |
| No. Serie: | E3-1841498 | Rango Presión: | — |
| Trazabilidad: | LMEL 2021SDER | Rango Eléctrico: | — |
| Incertidumbre: | 0,9 gal/min | Coeficiente Temp: | — |
| Fecha Calibra.: | 2021-09-15 | Datos Extras: | — |

3.- DATOS AMBIENTALES & OTROS:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. In: | 28,4 | Temp. Out: | 27,8 | Tipo Fluido: | AGUA | Inicio Calibración: | 2022-02-03 |
| R.H. In: | 52,2 | R.H. Out: | 51,3 | Altitud: | 258 | Final Calibración: | 2022-02-03 |
| P. At. In: | 979,5 | P. At. Out: | 979,5 | Δ Altura: | — | Próxima Calibración: | — |

4.- PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS:

La calibración se realiza por medición del banco de pruebas para turbinas, aplicando el procedimiento antes mencionado, se debe cumplir los siguientes detalles:
Puntos de calibración según su exactitud: (2) dos ciclos ((Exac. ≥ 0.1 % - 5 Puntos); 1 ciclo: (1 Ascenso & 1 Descenso).

5.- PROCESO Y TOMA DE DATOS:

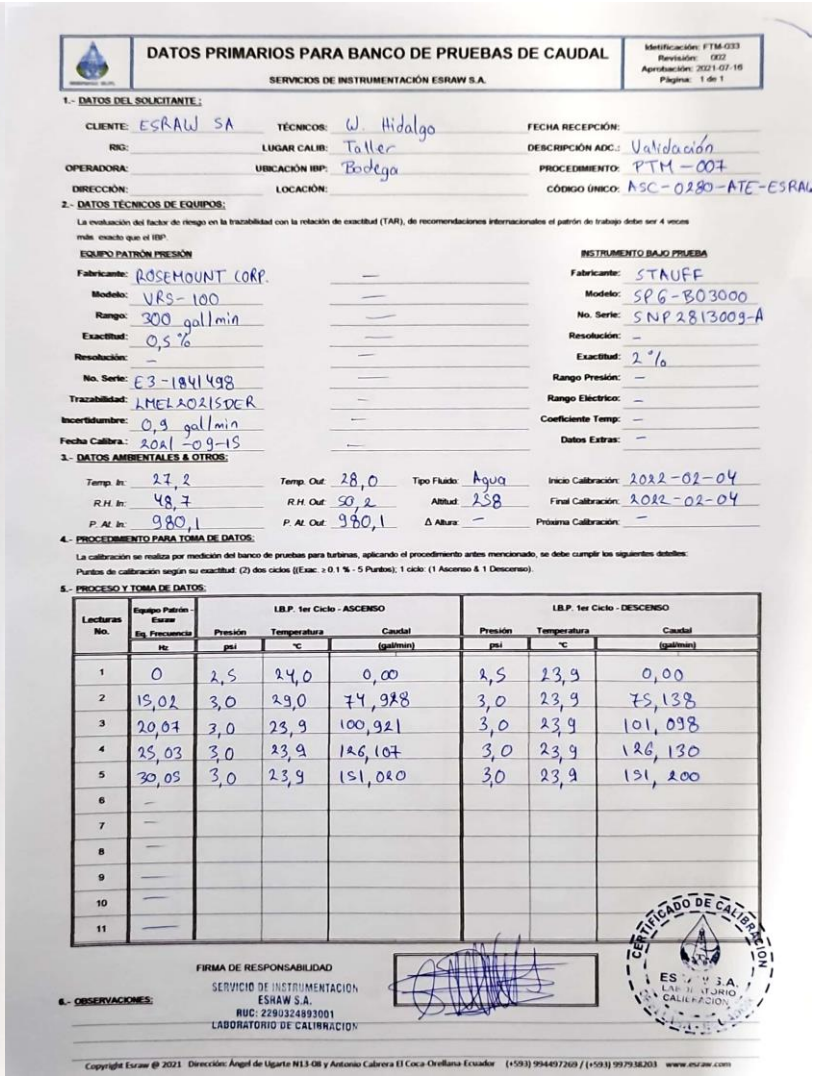
| Lecturas No. | Equipo Patrón - Esraw Eq. Frecuencia | I.B.P. 1er Ciclo - ASCENSO | | | I.B.P. 1er Ciclo - DESCENSO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hz | Presión psi | Temperatura °C | Caudal (gal/min) | Presión psi | Temperatura °C | Caudal (gal/min) |
| 1 | 0 | 2,5 | 24,0 | 0,00 | 2,5 | 23,9 | 0,00 |
| 2 | 20,01 | 3,0 | 23,9 | 97,120 | 3,0 | 23,9 | 98,520 |
| 3 | 30,00 | 3,0 | 23,9 | 149,782 | 3,0 | 23,9 | 149,821 |
| 4 | 40,03 | 3,0 | 23,9 | 199,113 | 3,0 | 23,9 | 200,703 |
| 5 | 50,07 | 3,0 | 23,9 | 248,238 | 3,0 | 23,9 | 248,121 |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN — ESRAW S.A. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

6.- OBSERVACIONES:

FIRMA DE RESPONSABILIDAD
SERVICIO DE INSTRUMENTACION ESRAW S.A.
RUC: 2290324893001
LABORATORIO DE CALIBRACION





DATOS PRIMARIOS PARA BANCO DE PRUEBAS DE CAUDAL

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN ESRAW S.A.

Identificación: FTM-033 | Revisión: 002 | Aprobación: 2021-07-16 | Página: 1 de 1

1.- DATOS DEL SOLICITANTE:

CLIENTE: ESRAW SA | TÉCNICOS: W. Hidalgo | FECHA RECEPCIÓN:
RIG: | LUGAR CALIB: Taller | DESCRIPCIÓN ADC.: Validación
OPERADORA: | UBICACIÓN IBP: Bodega | PROCEDIMIENTO: PTM – 007
DIRECCIÓN: | LOCACIÓN: | CÓDIGO ÚNICO: ASC-0280-ATE-ESRAW

2.- DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS:

La evaluación del factor de riesgo en la trazabilidad con la relación de exactitud (TAR), de recomendaciones internacionales el patrón de trabajo debe ser 4 veces más exacto que el IBP.

| EQUIPO PATRÓN PRESIÓN | | INSTRUMENTO BAJO PRUEBA | |
|---|---|---|---|
| Fabricante: | ROSEMOUNT CORP. | Fabricante: | STAUFF |
| Modelo: | VRS-100 | Modelo: | SPG-B03000 |
| Rango: | 300 gal/min | No. Serie: | SNP2813003-A |
| Exactitud: | 0,5 % | Resolución: | — |
| Resolución: | — | Exactitud: | 2 % |
| No. Serie: | E3-1841498 | Rango Presión: | — |
| Trazabilidad: | LMEL2021SDER | Rango Eléctrico: | — |
| Incertidumbre: | 0,9 gal/min | Coeficiente Temp: | — |
| Fecha Calibra.: | 2021-09-15 | Datos Extras: | — |

3.- DATOS AMBIENTALES & OTROS:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. In: | 27,2 | Temp. Out: | 28,0 | Tipo Fluido: | Agua | Inicio Calibración: | 2022-02-04 |
| R.H. In: | 48,7 | R.H. Out: | 50,2 | Altitud: | 258 | Final Calibración: | 2022-02-04 |
| P. At. In: | 980,1 | P. At. Out: | 980,1 | Δ Altura: | — | Próxima Calibración: | — |

4.- PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS:

La calibración se realiza por medición del banco de pruebas para turbinas, aplicando el procedimiento antes mencionado, se debe cumplir los siguientes detalles:
Puntos de calibración según su exactitud: (2) dos ciclos ((Exac. ≥ 0.1 % - 5 Puntos); 1 ciclo: (1 Ascenso & 1 Descenso).

5.- PROCESO Y TOMA DE DATOS:

| Lecturas No. | Equipo Patrón - Esraw Eq. Frecuencia | I.B.P. 1er Ciclo - ASCENSO | | | I.B.P. 1er Ciclo - DESCENSO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hz | Presión psi | Temperatura °C | Caudal (gal/min) | Presión psi | Temperatura °C | Caudal (gal/min) |
| 1 | 0 | 2,5 | 24,0 | 0,00 | 2,5 | 23,9 | 0,00 |
| 2 | 15,02 | 3,0 | 29,0 | 74,988 | 3,0 | 23,9 | 75,138 |
| 3 | 20,07 | 3,0 | 23,9 | 100,921 | 3,0 | 23,9 | 101,098 |
| 4 | 25,03 | 3,0 | 23,9 | 126,107 | 3,0 | 23,9 | 126,130 |
| 5 | 30,03 | 3,0 | 23,9 | 151,020 | 3,0 | 23,9 | 151,200 |
| 6 | — | | | | | | |
| 7 | — | | | | | | |
| 8 | — | | | | | | |
| 9 | — | | | | | | |
| 10 | — | | | | | | |
| 11 | — | | | | | | |

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN — ESRAW S.A. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

6.- OBSERVACIONES:

FIRMA DE RESPONSABILIDAD
SERVICIO DE INSTRUMENTACION ESRAW S.A.
RUC: 2290324893001
LABORATORIO DE CALIBRACION

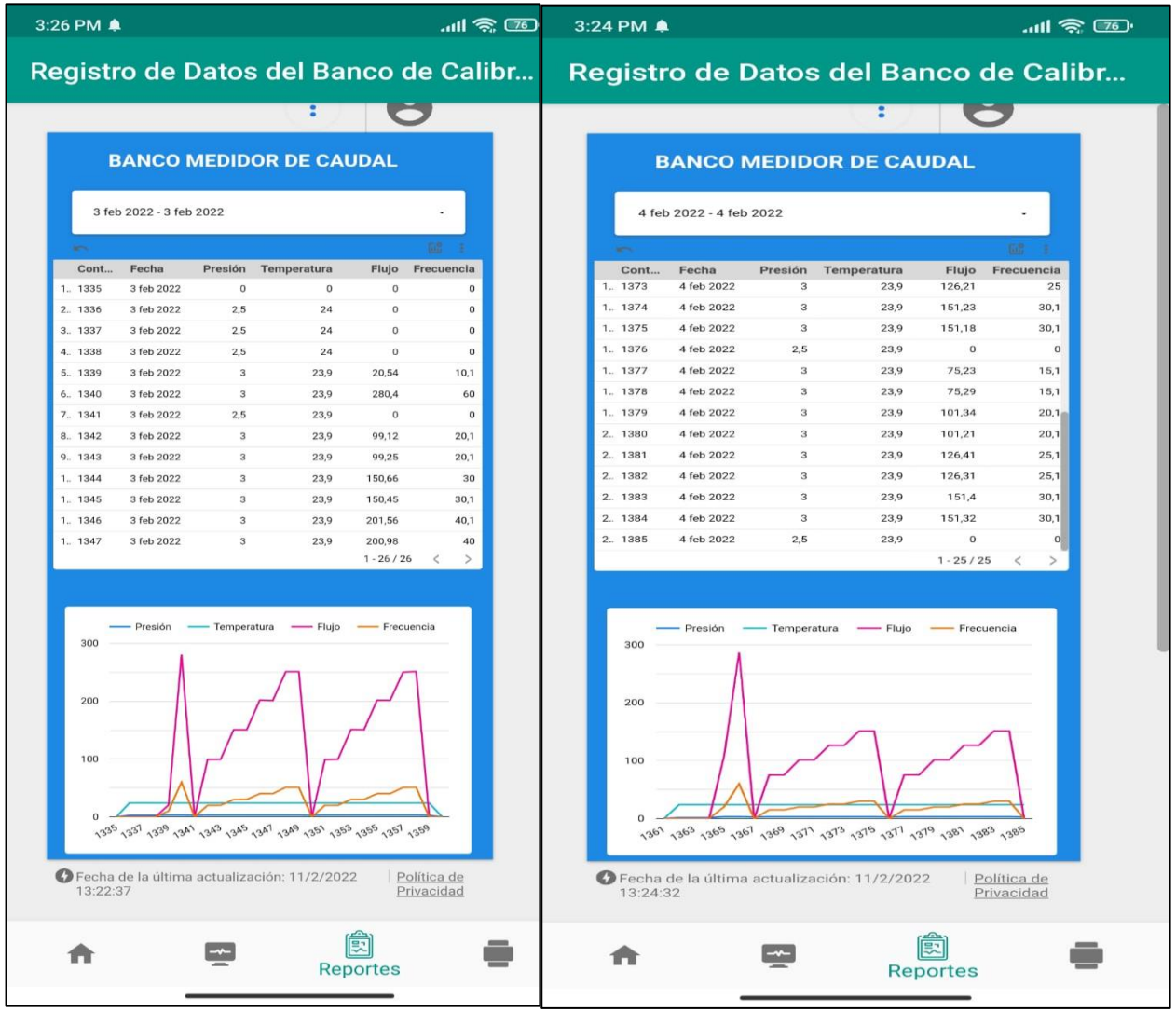
# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Registros de la app

Se filtra por fecha los datos y la

hora en la que se realizo la

toma de datos primarios



**Comparación de datos primarios vs datos del registro de la app**

En la tabla se presenta la comparación de los valores del sensor de caudal dado que es el que mayor variación presentó.

| Pruebas | Datos Primarios | App IoT | Técnico |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | J. Rodas |
| 2 | 97,12 | 99,25 | J. Rodas |
| 3 | 149,782 | 150,66 | J. Rodas |
| 4 | 199,113 | 201,56 | J. Rodas |
| 5 | 248,238 | 250,8 | J. Rodas |
| 6 | 0 | 0 | J. Rodas |
| 7 | 98,52 | 99,54 | J. Rodas |
| 8 | 149,821 | 151,15 | J. Rodas |
| 9 | 200,703 | 201,45 | J. Rodas |
| 10 | 249,121 | 251,14 | J. Rodas |
| 11 | 0 | 0 | W. Hidalgo |
| 12 | 74,928 | 75,21 | W. Hidalgo |
| 13 | 100,921 | 101,2 | W. Hidalgo |
| 14 | 126,107 | 126,3 | W. Hidalgo |
| 15 | 151,02 | 151,23 | W. Hidalgo |
| 16 | 0 | 0 | W. Hidalgo |
| 17 | 75,138 | 75,29 | W. Hidalgo |
| 18 | 101,098 | 101,34 | W. Hidalgo |
| 19 | 126,13 | 126,41 | W. Hidalgo |
| 20 | 0 | 0 | J. Rodas |

*Nota.* Valores expresados en gal/min

## Monitoreo en Tiempo real

Los valores de los sensores del banco de pruebas se comparan con los datos mostrados en la aplicación móvil.

## Pruebas de notificaciones del sistema




## Pruebas de reconocimiento del estado del sensor con AR

# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

***Cálculos T-Student***

- Nivel de significancia (α): 0.05
- Media de mediciones de datos primarios ($\bar{x}1$): 114.9 gal/min
- Media de mediciones App IoT ($\bar{x}2$): 115.7 gal/min
- Desviación estándar de mediciones de datos primarios (s1): 77.0
- Desviación estándar de mediciones App IoT (s2): 77.6
- Tamaño de mediciones de datos primarios (n1): 20
- Tamaño de mediciones de App IoT (n2): 20

# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

**Cálculos de T-Student**

***Estadístico t***

$$t = \frac{(\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2)}{\sqrt{\left(\frac{{s_1}^2}{n_1}\right) + \left(\frac{{s_2}^2}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{(114.9 - 115.7)}{\sqrt{\left(\frac{77.0^2}{20}\right) + \left(\frac{77.6^2}{20}\right)}}$$

$$t = -0.03$$

***Grados de libertad***

$$gl = n_1 + n_2 - 2$$

$$gl = 20 + 20 - 2$$

$$gl = 38$$

***Comparación de estadístico t***

$$t \geq t a/_2$$

$$0.03 \leq 1.686$$

Por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula, la cual pronuncia que la implementación del Sistema Internet de las Cosas con realidad aumentada permitirá la digitalización, monitoreo y generación de eventos de un banco de calibración de medidores de caudal de la empresa ESRAW S.A.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## *Conclusiones*

- El proyecto se finalizó con el diseño e implementación del sistema IoT con realidad aumentada para la empresa ESRAW S.A. ubicada en la ciudad de El Coca, en la provincia de Orellana, la comunicación es vía WiFi con acceso a internet, es independiente de un computador, mediante el análisis de resultados se concluyó que el sistema IoT monitoriza el banco de pruebas de caudal en tiempo real.
- La tecnología IoT proporciona información en tiempo real de los valores de los sensores del banco de pruebas de caudal, desde cualquier parte del mundo que posea conectividad a Internet.
- Se implementó realidad aumentada importando una librería creada en el motor de videojuegos Unity, la cual accede a los datos de la base de datos mediante comunicación enviada desde la aplicación Android a un complemento de Unity creado con código C#, esta librería importada muestra el estado de los sensores del banco de pruebas de caudal con la utilización de la cámara del dispositivo android, enfocando a los marcadores designados para cada sensor.
- La implementación económica de este proyecto fue accesible, debido a que todos los softwares del sistema se ocuparon con licencia de acceso libre, el valor implementar los componentes electrónicos con una base elaborada por impresión 3D es de un valor menor a los 200 dólares.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## *Recomendaciones*

- El dispositivo tecnológico en el que se instale la aplicación se recomienda deba tener una cámara posterior de 8 MP, un sistema android con versión 5 en adelante y una capacidad de memoria libre 200 MB para garantizar una experiencia de usuario fluida y la plena funcionalidad de la aplicación.
- Actualizar una vez cada seis meses la librería de Arduino FirebaseHttpClient dado que Firebase y Google actualizas sus direcciones 1 vez al año, y el fingerprint se modifica en la librería.
- Utilizar AR en aplicaciones industriales para optimizar los procesos al proporcionar información en tiempo real directamente a los operadores tiene un impacto positivo en la eficiencia y la toma de decisiones.
- La adopción de las tecnologías de este proyecto en aplicaciones industriales representa un paso audaz hacia la transformación digital y puede allanar el camino para una mayor excelencia operativa en un mundo empresarial en constante evolución.

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN