



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“Implementación de un sistema de monitorización para estaciones de
transmisiones FM, utilizando una red de dispositivos con tecnología IoT
Satelital”**

Autores:

Diego Paúl Chungandro Recalde
Borys Alexander Nuñez Llumipanta

Director del Proyecto: Ing. Olmedo Cifuentes, Gonzalo Fernando, PhD.



AGENDA

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

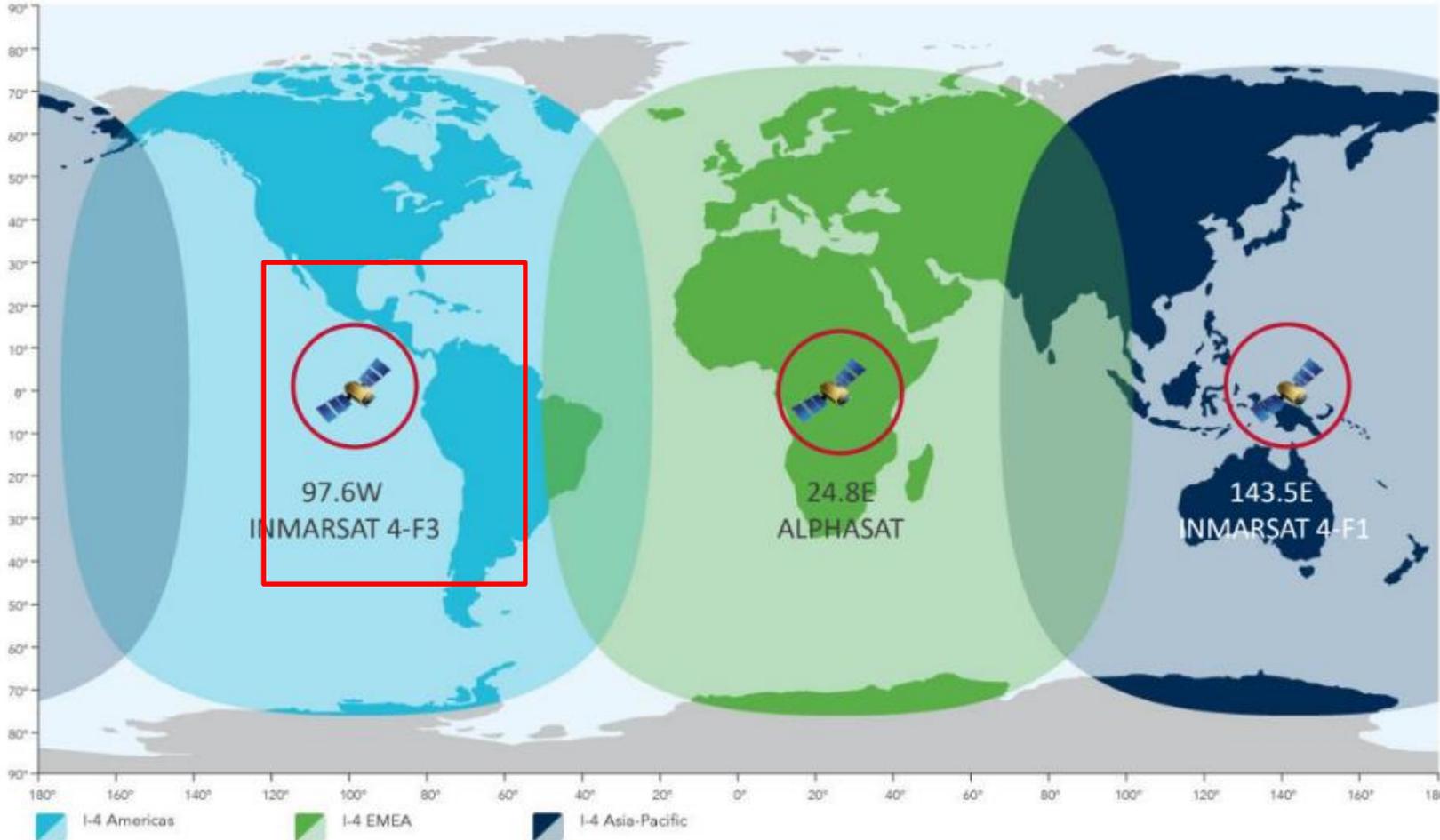
IoT (Internet of Things)



- Mayor participación e importancia a nivel mundial.
- Expansión constante en la utilización de dispositivos conectados a internet.
- Dos sistemas populares de comunicación: Sigfox y LoRa (Rubio Aparicio, 2019).
- Otra sistema de comunicación es vía satélite.
- Cobertura global a dispositivos fuera de alcance de las redes terrestres.
- Representara una oportunidad para el mercado IoT (Cavataio P, 2021).

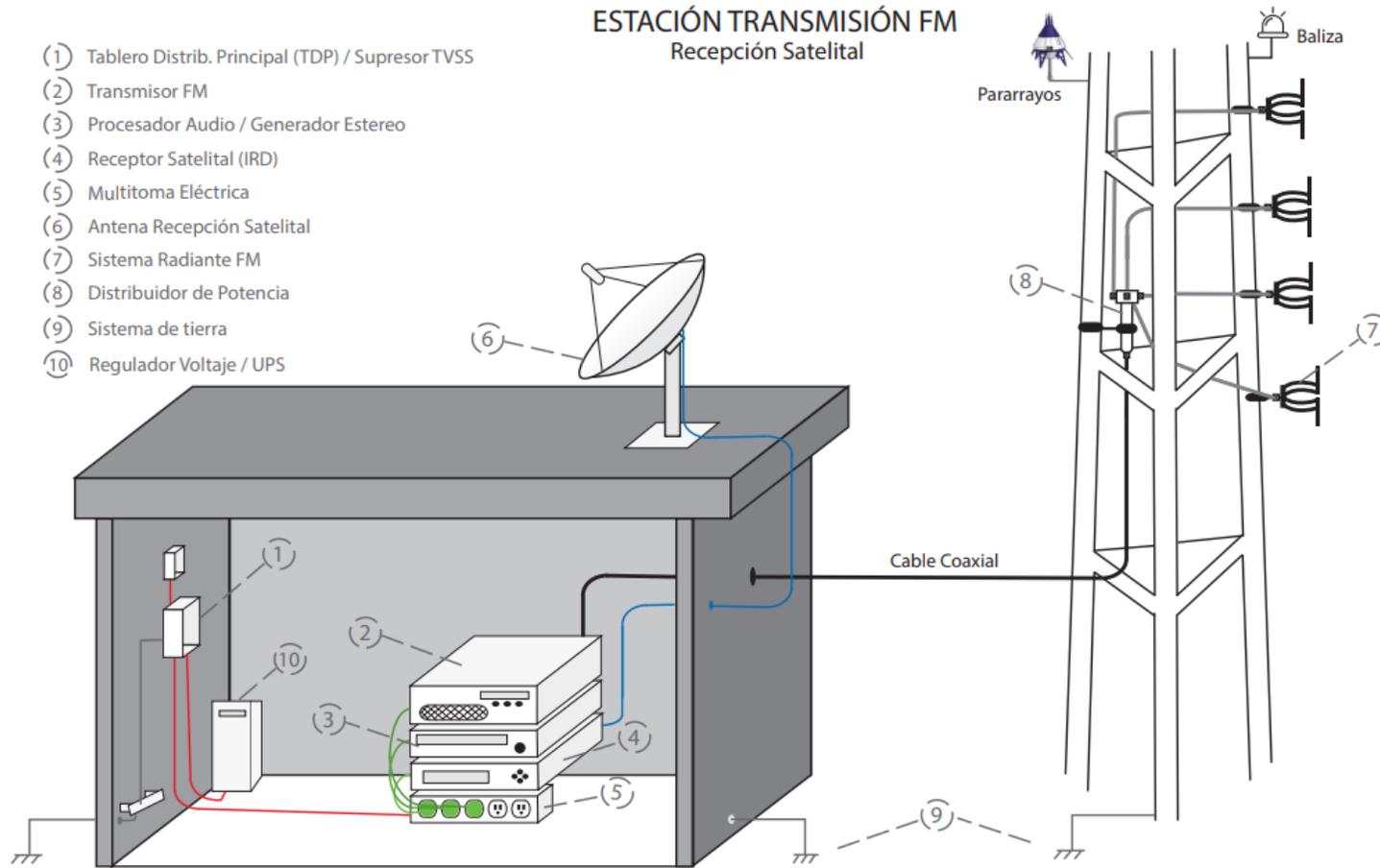
IsatData Pro (IDP)

Cobertura Global sin roaming.



- Transmisión satelital para IoT.
- Servicio de datos basado en eventos.
- Transmite información usando mensajes cortos a nivel mundial.
- Red satelital de generación Inmarsat I-4 (banda L).
- Satélites tiene una orbita geoestacionaria (Inmarsat, 2020).

Broadcasting



- Industrias de Broadcasting.
- Problemas en el aumento de costos destinados a mantenimiento de la estación FM.
- Buscan soluciones en base IoT.
- Solucionando el monitoreo de estaciones remotas (Rojas Vélez, 2023)

Power Bi

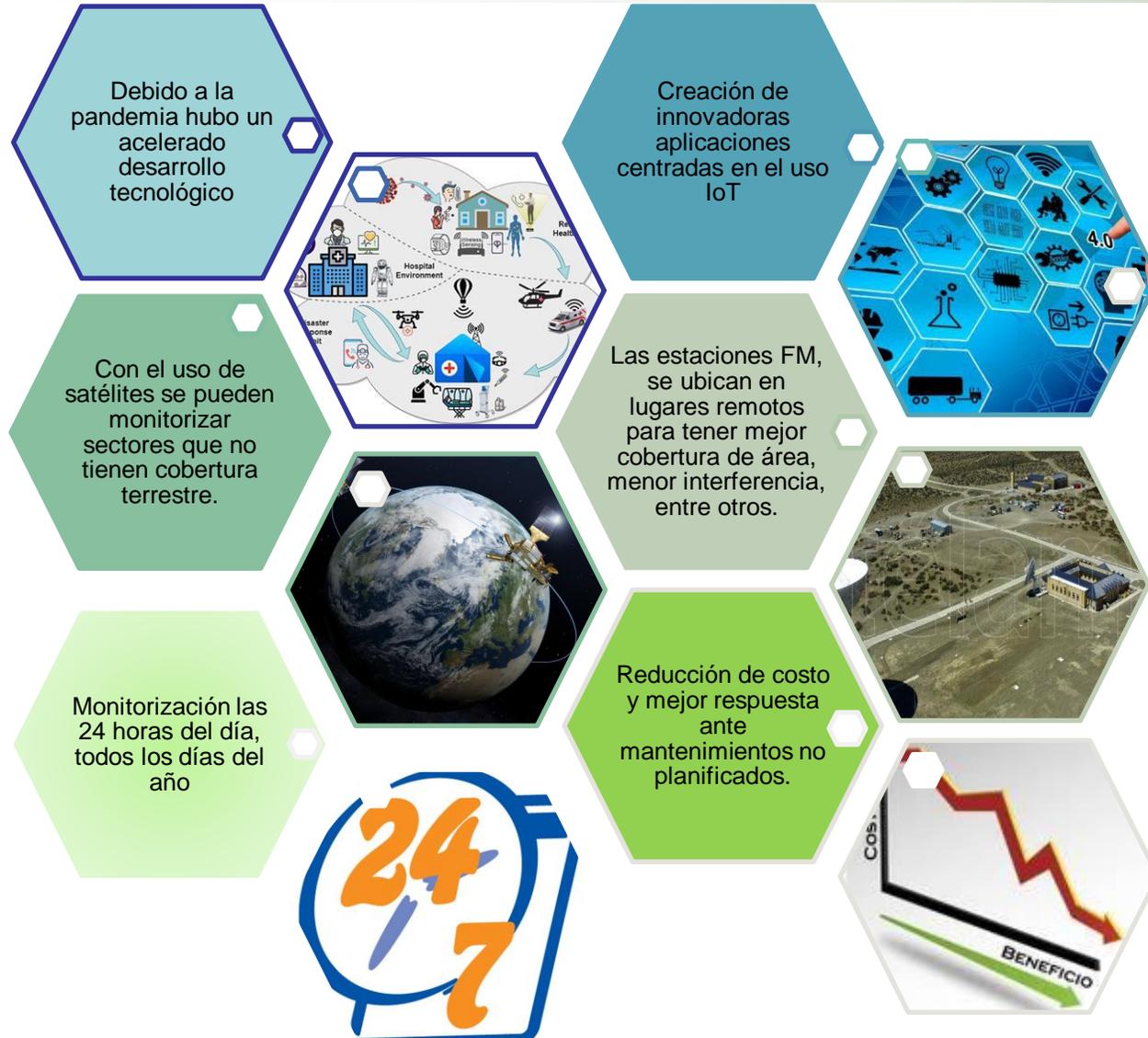


- Power Bi plataforma para análisis y visualización de datos.
- Incorpora objetos visuales en diferentes informes y reportes (Microsoft Power BI, s/f).
- Herramienta utilizada en diferentes industrias por su flexibilidad y fácil uso.

ST9100



- Terminal celular satelital de modo dual flexible, robusto y programable.
- Ocupado para el monitoreo y control de forma remota de activos fijos y portátiles.
- Ideal para áreas remotas del mundo con un sellado ambientalmente (Orbcomm T413, 2020).



- Incorporar a la tecnología IoT transmisión satelital.
- Monitorear estaciones FM remotas (montañas).
- Dar respuesta inmediata ante fallas no planificadas.
- Prolongar la vida útil de los equipo.



Objetivo General

Implementar un sistema de monitorización para Estaciones de transmisiones FM, utilizando una red de dispositivos conectados con tecnología IoT Satelital.

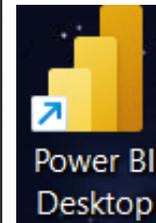
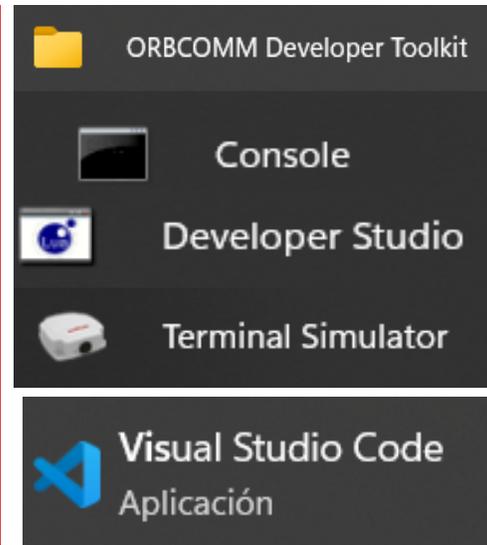
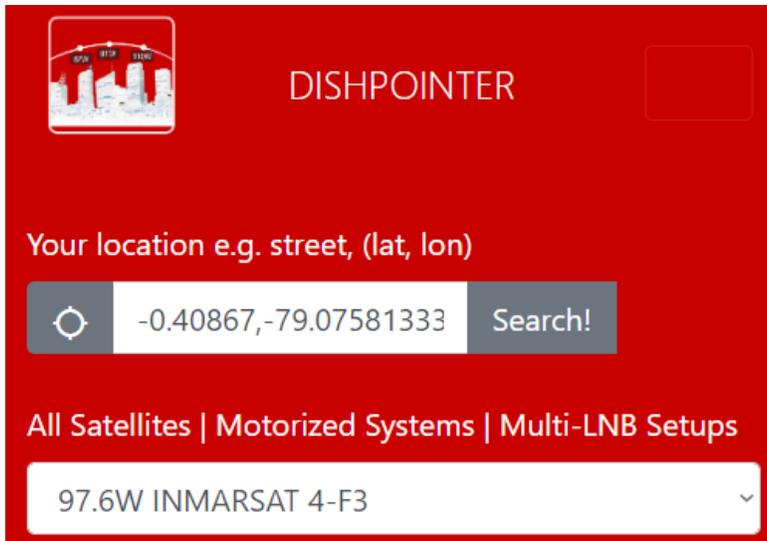
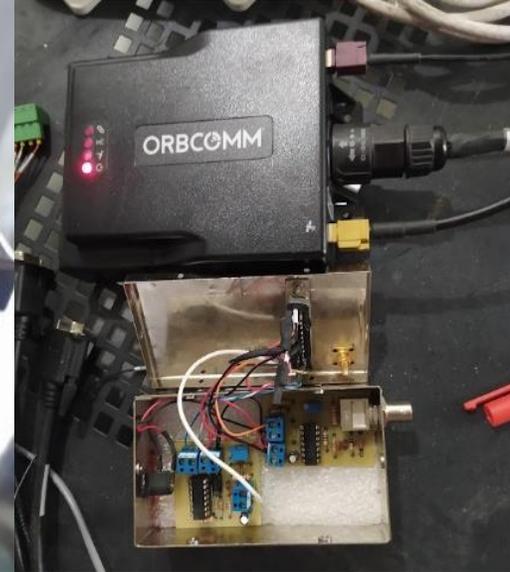
Objetivos Específicos

- Evaluar el Terminal ST 9100 de modo dual para recolección y transmisión de datos de los dispositivos IoT a través de una red satelital y su comunicación entre Ecuador y Canadá.
- Aplicar el protocolo IsatData Pro usado por la empresa ORBCOMM, para el desarrollo de aplicaciones de IoT y M2M.
- Validar los sensores para monitoreo del área de Broadcasting de una estación de transmisión FM con base a su calibración, trazabilidad y procesamiento de datos para IoT.
- Comparar el funcionamiento de los protocolos de comunicación XML y JSON, para el envío de información.
- Evaluar el desempeño de la red considerando métricas como: pérdidas de paquetes, tamaño de las tramas y los retardos en la transmisión al satélite.
- Comprobar la integridad de la información enviada por los sensores por medio del dispositivo ST 9100.
- Implementar el Terminal de modo dual ST 9100 para la recolección de datos en ambientes reales, dentro de una estación remota ubicada en la ciudad de Santo Domingo.
- Diseñar e implementar un dashboard, que muestre la información del sistema de monitorización de la Estación de Transmisión FM a la empresa ADVICOM.



Hardware:

- Sensor temperatura Lm35
- Mozart NEXT FM Transmitter (Potencia, Potencia Reflejada y Audio)
- Caja de distribución de energía (Voltaje)
- Circuito adaptado (5V)
- Jaula de Faraday
- Terminal ST 9100

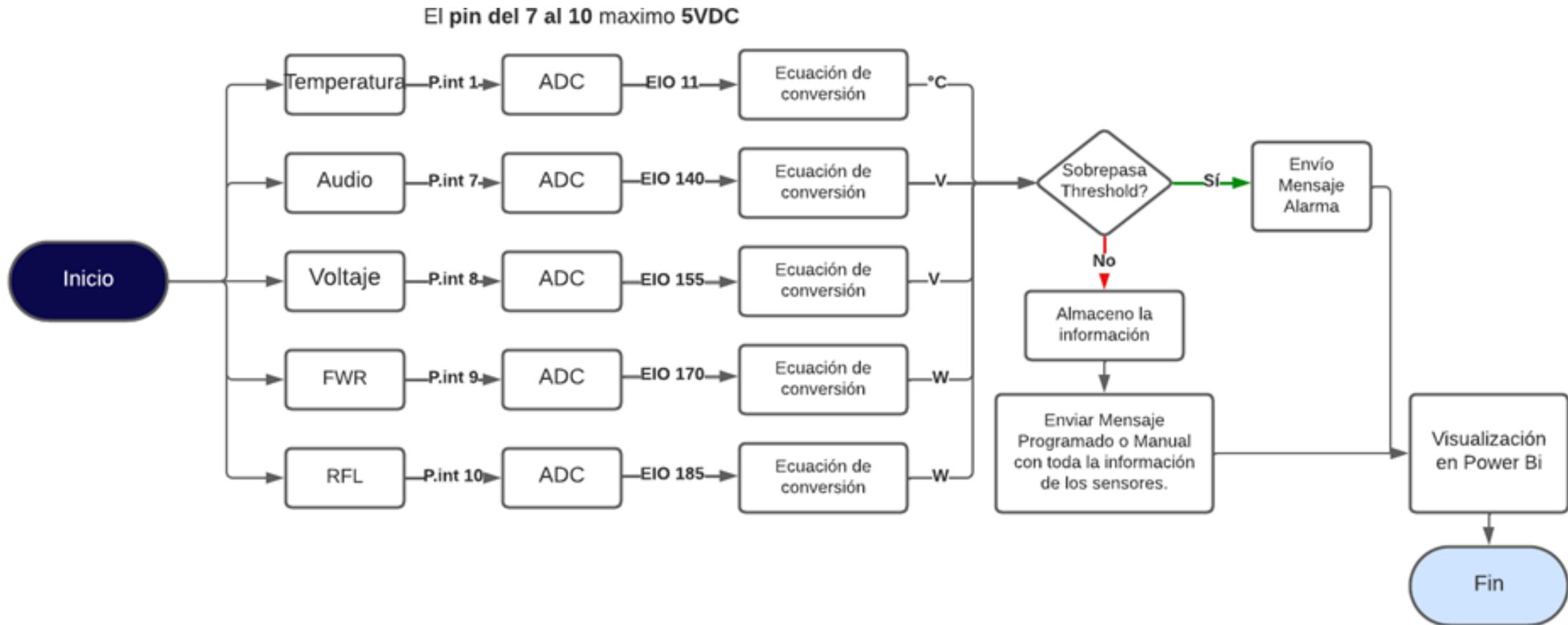


Software

- Sistema operativo Windows
- Dishpointer
- ORBCOMM Developer Toolkit (Console, Developer Studio, Messenger y Terminal Simulator)
- Visual Studio Code (Python)
- Power Bi Desktop

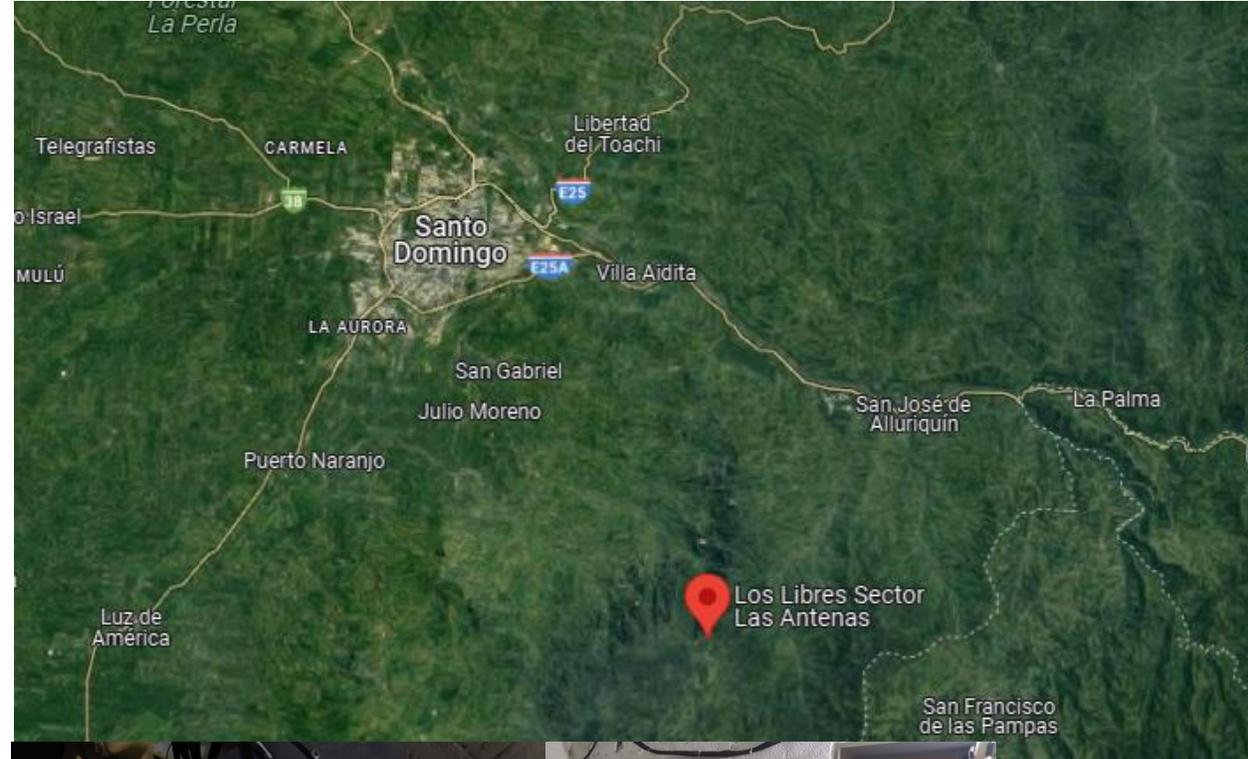


Diagrama de Programación General

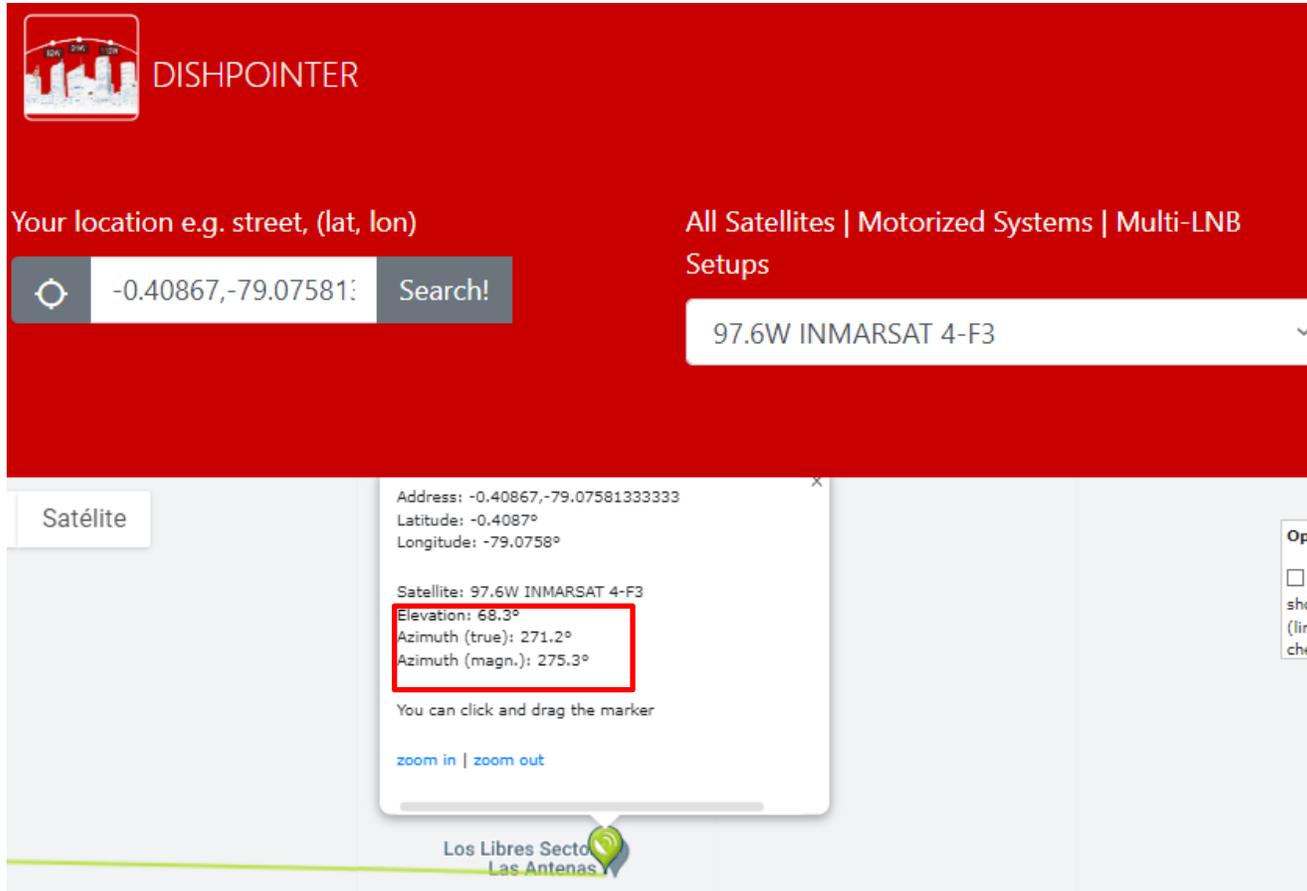


Ubicación

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN



DISHPOINTER

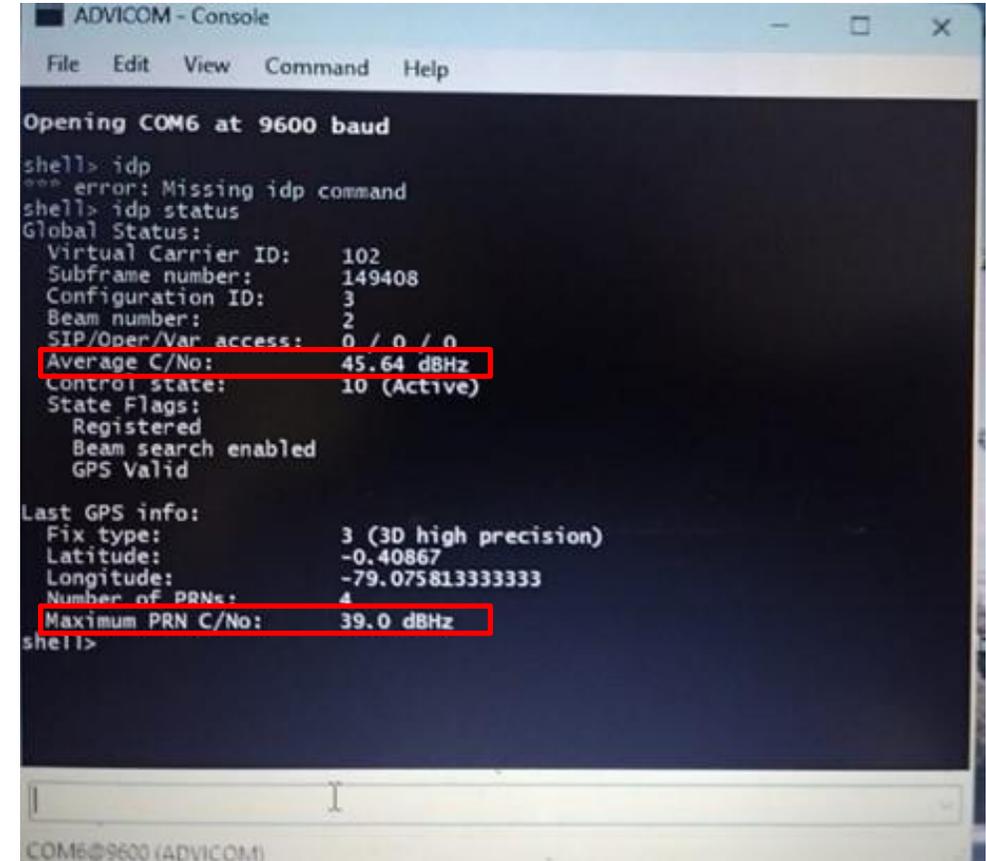


The screenshot shows the Dishpointer web application interface. At the top left, there is a logo with three satellite dishes and the text "DISHPOINTER". Below the logo, the text "Your location e.g. street, (lat, lon)" is displayed. A search input field contains the coordinates "-0.40867,-79.07581:" and a "Search!" button. To the right, there is a dropdown menu showing "97.6W INMARSAT 4-F3". Below the search area, a "Satélite" tab is active, displaying a popup window with the following information:

- Address: -0.40867,-79.07581333333
- Latitude: -0.4087°
- Longitude: -79.0758°
- Satellite: 97.6W INMARSAT 4-F3
- Elevation: 68.3°
- Azimuth (true): 271.2°
- Azimuth (magn.): 275.3°

Below the popup, there are "zoom in" and "zoom out" buttons. At the bottom right, there is a logo for "Los Libres Sectores Las Antenas".

CONSOLE



The screenshot shows the ADVICOM console window. The title bar reads "ADVICOM - Console". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Command", and "Help". The main content area displays the following text:

```
Opening COM6 at 9600 baud
shell> idp
*** error: Missing idp command
shell> idp status
Global Status:
Virtual Carrier ID: 102
Subframe number: 149408
Configuration ID: 3
Beam number: 2
SIP/Oper/Var access: 0 / 0 / 0
Average C/No: 45.64 dBHz
Control state: 10 (Active)
State Flags:
Registered
Beam search enabled
GPS Valid

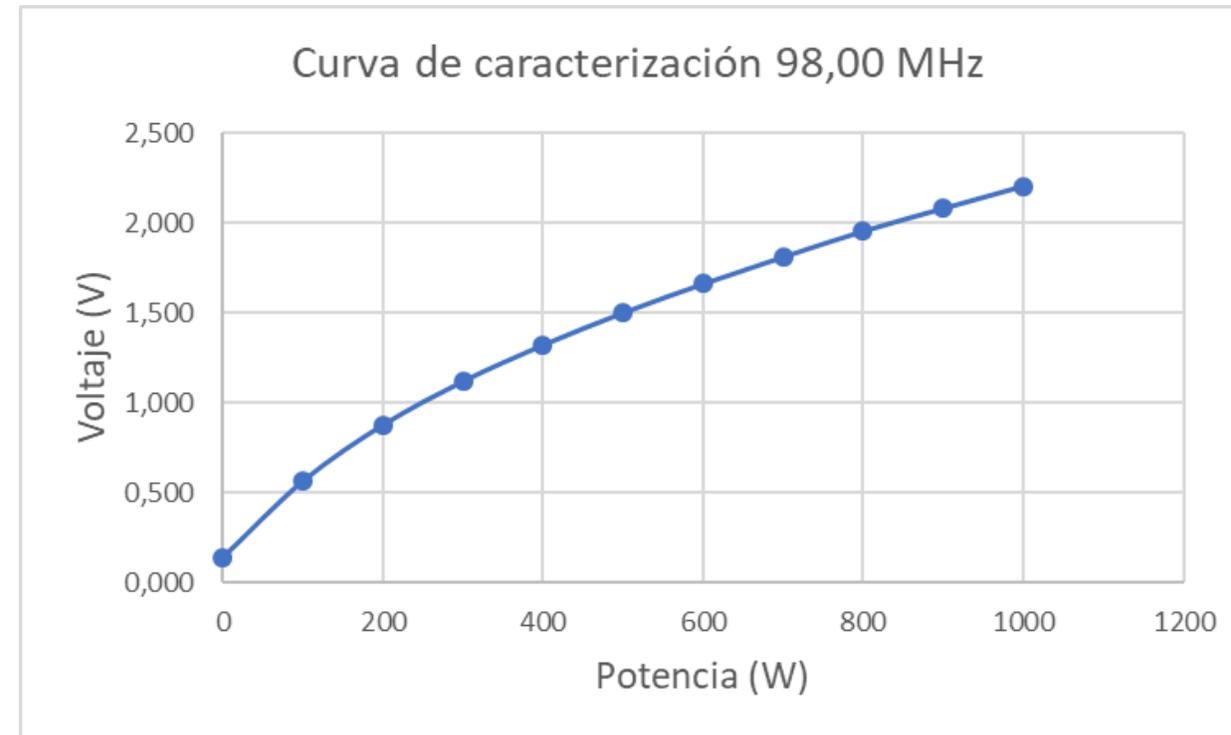
Last GPS info:
Fix type: 3 (3D high precision)
Latitude: -0.40867
Longitude: -79.07581333333
Number of PRNs: 4
Maximum PRN C/No: 39.0 dBHz
shell>
```

Red boxes highlight the "Average C/No: 45.64 dBHz" and "Maximum PRN C/No: 39.0 dBHz" values. The status bar at the bottom reads "COM6@9600 (ADVICOM)".





Potencia (W)	Voltaje (V)
0	0,140
100	0,564
200	0,876
300	1,118
400	1,320
500	1,499
600	1,660
700	1,810
800	1,953
900	2,080
1000	2,205



The screenshot displays the Advicom Developer Studio interface. The main editor window shows a Lua script named `main.lua` with the following content:

```
1  --
2  -- Service: Advicom
3  -- Created: 2023-01-26
4  --
5
6  module(..., package.seeall)
7
8  --
9  -- Version information (required)
10 --
11 _VERSION = "1.5.0"
12
13 --
14 --VARIABLES GLOBALES
15 --
16 local messageHandle = nil
17 local valueCorrRatio = 1.0
18 --Tablas
19 local sensor1TablaMapeo = {}
20 local sensor2TablaMapeo = {}
21 local sensor3TablaMapeo = {}
22 local sensor4TablaMapeo = {}
23 local sensor5TablaMapeo = {}
24
25 --Valores Umbrales segun el Voltaje
26 local sensor1HighU_mV
27 local sensor1LowU_mV
28 local sensor2HighU_mV
29 local sensor2LowU_mV
30 local sensor3HighU_mV
31 local sensor3LowU_mV
32 local sensor4HighU_mV
33 local sensor4LowU_mV
34 local sensor5HighU_mV
35 local sensor5LowU_mV
36
37 -- Variable para verificar cuantos mensajes se envian
```

The Project Explorer on the right shows the project structure:

- Advicom (SIN 129)
 - Properties
 - To-Mobile Messages
 - From-Mobile Messages
 - Source Files
 - main.lua
 - TablaTemperatura1.lua
 - TablaHumedad1.lua
 - TablaV.lua
 - Transm108MHZ.lua
 - Transm98MHZ.lua
 - Transm88MHZ.lua

The Properties window shows the selected file `main.lua` under the `Source File` category.

Name	Description
Advicom.idpmsg	Program Message ...
Advicom.idppkg	Archivo IDPPKG
Advicom.idpprj	Program Develop...



2024-01-09 18:51:38 UT

SIN	MIN	From	Received
Advicom	ValoresActualesSensores	01305561SKY6D7A	2023-12-12 15:38:04
Advicom	ValoresActualesSensores	01305561SKY6D7A	2023-12-12 15:35:26

SIN:	129 (Advicom)
MIN:	1 (ValoresActualesSensores)
From:	01305561SKY6D7A
Received:	2023-12-12 15:38:04 UTC
Message ID:	15321396908
Transport:	Satellite
Region:	AMERRB14
Message Length:	28 bytes
Data Length:	26 bytes
Data (hex):	00 00 00 3D CA F0 FC A8 03 23 E6 38 22 C4 00 28 FC 40 02 44 64 D2 0B BC 80 00
Data (ASCII):	\00\00\00=\CA\F0\FC\A8\03#\E68\C4\00\FC@\02Dd\D2\0B\BC\80\00


```
Messenger Decode:  
NumMessa = 30  
TipoMensaje = MANUAL  
TiempoEvento = 1702395476  
ValorActualSensor1U = 25  
ValorActualSensor2U = 499  
ValorActualSensor3U = 449  
ValorActualSensor4U = 354  
ValorActualSensor5U = 1
```



```

EnvioPowerBi.py
D: > Tesis > Final > EnvioPowerBi.py > ...
1  import requests
2  import xml.etree.ElementTree as ET
3  import time
4  import datetime
5  from datetime import datetime as dt_datetime
6
7  # Hacer solicitud GET al endpoint
8  fecha_actual = datetime.datetime.now()
9  fecha_actual = fecha_actual - datetime.timedelta(hours=19.0) # Cambio a GMT-0 y mer
10 fecha_formateada = fecha_actual.strftime('%Y-%m-%d')
11 hora_formateada = fecha_actual.strftime('%H:%M:%S')
12
13 url1 = "https://api.powerbi.com/beta/aaf01420-8f32-49e5-bcef-795340c1f96a/datasets/
14
15 valoracmv=0
16 Temp1mv=0
17 Temp2mv=0
18 Temp3mv=0
19
20 w = True
21
22 while w == True:
23     # Hacer solicitud GET al endpoint con la URL base y el último tiempo
24     base_url = f'https://isatdatapro.orbcomm.com/GLGW/2/RestMessages.svc/XML/get_re
25     response = requests.get(base_url)
26     root = ET.fromstring(response.content)
27     j = 0
28     print("Intento de conexión...")
29     N = 0
30     # Encontrar todos los elementos "ReturnMessage"
31     return_messages = root.findall("/Messages/ReturnMessage")

```

```

# Datos A enviar a Power BI en formato JSON
dt1= dt = dt_datetime.strptime(MessageUTC, "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
fechaa = dt1.strftime("%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%fZ")

if Event == "SENSOR1":
    temporal = "ASensor1"
    temptiempo = "Temp1"
elif Event == "SENSOR2":
    temporal = "ASensor2"
    temptiempo = "Temp2"
elif Event == "SENSOR3":
    temporal = "ASensor3"
    temptiempo = "Temp3"
elif Event == "SENSOR4":

```

```

# Enviar los datos a la API de Power BI
response1 = requests.post(url1, json=data)

# Verificar el código de respuesta
if response1.status_code == 200:
    print("Datos enviados correctamente a Power BI.")
    w = False
else:
    print("Error al enviar los datos a Power BI:", response1.text)

# Esperar N segundos antes de la próxima actualización

time.sleep(1)

```



DATOS STREAMING

Power BI
Use los datos para encontrar información, realizar un seguimiento

Informe paginado
Mostrar datos tabulares en un informe que sea fácil de imprimir y compartir.

Modelo semántico de streaming
Cree elementos visuales a partir de datos en tiempo real.

Editar conjunto de datos de transmisión

Cree un conjunto de datos de streaming e integre nuestra API en su dispositivo o su aplicación para enviar datos. [Más información acerca de la API.](#)

* Requerido

Nombre del conjunto de datos *

Advicom

Valores de la transmisión *

Sensor1	Número
Sensor2	Número
Sensor3	Número

Listo Cancelar

Editar conjunto de datos de transmisión

Temp5	DateTime
IDST	Texto
Escribir un nuevo nombre de valor	Texto

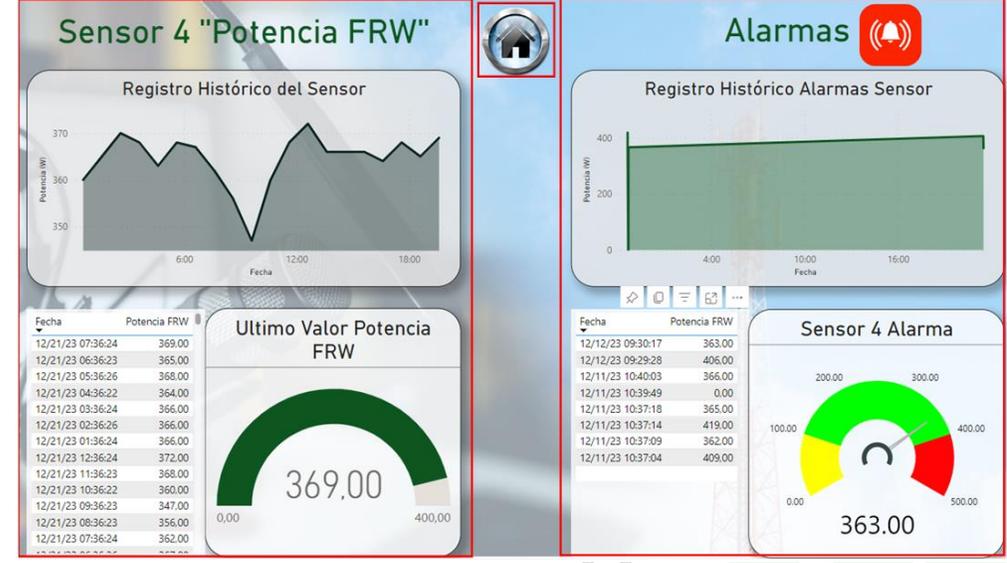
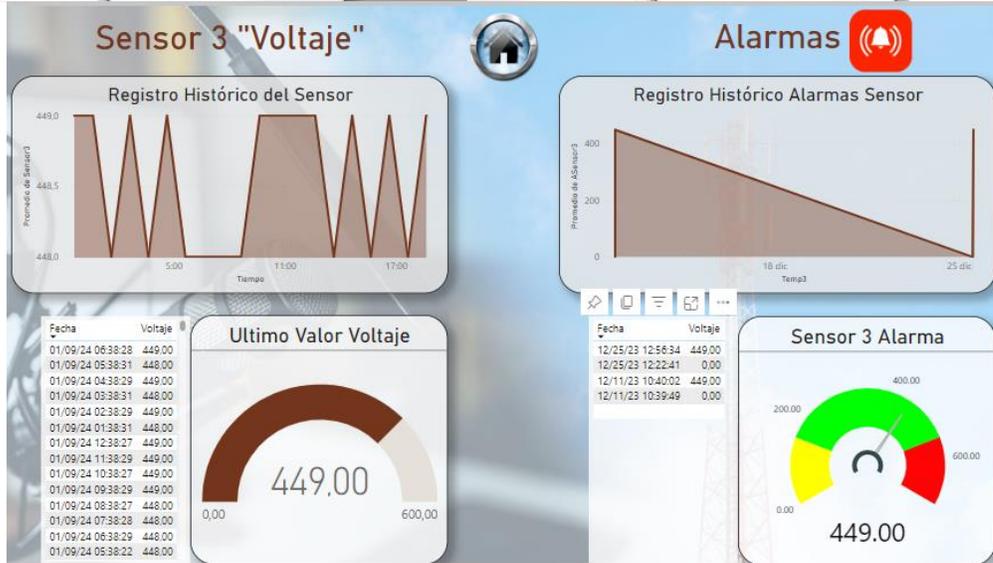
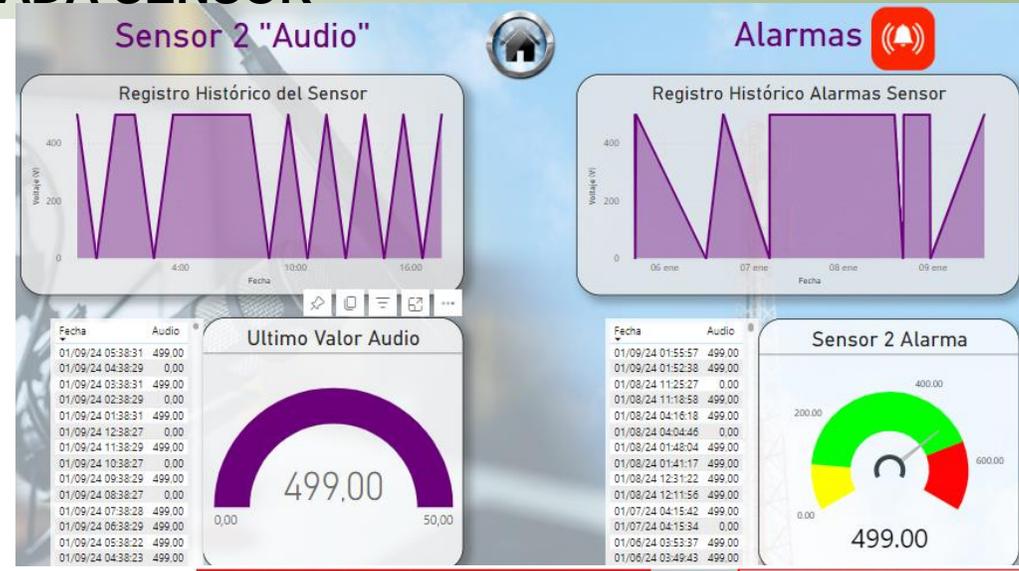
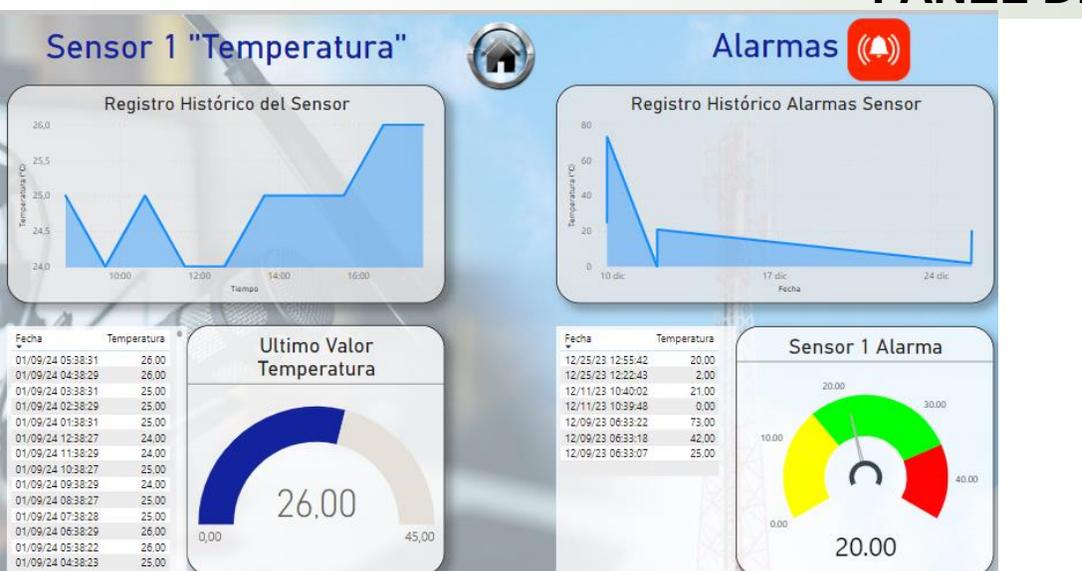
```
[  
  {  
    "Sensor1" : 98.6,  
    "Sensor2" : 98.6,  
    "Sensor3" : 98.6,  
    "Sensor4" : 98.6,  
    "Sensor5" : 98.6,  
    "Tiempo" : "2024-01-09T19:03:48.474Z",  
    "ASensor1" : 98.6,  
    "ASensor2" : 98.6,  
    "ASensor3" : 98.6,  
    "ASensor4" : 98.6,  
    "ASensor5" : 98.6,  
    "Temp1" : "2024-01-09T19:03:48.474Z",  
  }  
]
```

Listo Cancelar



PANEL PRINCIPAL





```
<GetReturnMessagesResult xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:xsi="h
  <ErrorID>0</ErrorID>
  <NextStartUTC>2023-12-27 07:36:57</NextStartUTC>
  <Messages>
    <ReturnMessage>
      <ID>15423577790</ID>
      <MessageUTC>2023-12-26 00:36:54</MessageUTC>
      <ReceiveUTC>2023-12-26 00:36:53</ReceiveUTC>
      <SIN>129</SIN>
      <MobileID>01305561SKY6D7A</MobileID>
      <Payload Name="ValoresActualesSensores" SIN="129" MIN="1">
        <Fields>
          <Field Name="NumMessa" Value="613"/>
          <Field Name="TipoMensaje" Value="PROGRAMADO"/>
          <Field Name="TiempoEvento" Value="1703551005"/>
          <Field Name="ValorActualSensor1U" Value="22"/>
          <Field Name="ValorActualSensor2U" Value="1"/>
          <Field Name="ValorActualSensor3U" Value="449"/>
          <Field Name="ValorActualSensor4U" Value="372"/>
          <Field Name="ValorActualSensor5U" Value="0"/>
          <Field Name="ValorActualSensor1mV" Value="228" Type="unsignedint"/>
          <Field Name="ValorActualSensor2mV" Value="9" Type="unsignedint"/>
          <Field Name="ValorActualSensor3mV" Value="4490" Type="unsignedint"/>
          <Field Name="ValorActualSensor4mV" Value="1595" Type="unsignedint"/>
          <Field Name="ValorActualSensor5mV" Value="0" Type="unsignedint"/>
        </Fields>
      </Payload>
    </ReturnMessage>
  </Messages>
</GetReturnMessagesResult>
```

XML, se tiene que la información es más estructurada y se puede organizar mejor la información en este protocolo, permitiendo clasificar y ordenar la información necesaria

JSON, la organización de la información es lineal de intercambio de datos en pares de datos, nombre y un valor.

```
{
  "ErrorID":0,"NextStartUTC":"2023-12-27 12:37:03","Messages":[{"ID":15423577790,"MessageUTC":"2023-12-26 00:36:54","ReceiveUTC":"2023-12-26 00:36:53","SIN":129,"MobileID":"01305561SKY6D7A","Payload":{"Name":"ValoresActualesSensores","SIN":129,"MIN":1,"Fields":[{"Name":"NumMessa","Value":"613"}, {"Name":"TipoMensaje","Value":"PROGRAMADO"}, {"Name":"TiempoEvento","Value":"1703551005"}, {"Name":"ValorActualSensor1U","Value":"22"}, {"Name":"ValorActualSensor2U","Value":"1"}, {"Name":"ValorActualSensor3U","Value":"449"}, {"Name":"ValorActualSensor4U","Value":"372"}, {"Name":"ValorActualSensor5U","Value":"0"}, {"Name":"ValorActualSensor1mV","Value":"228","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor2mV","Value":"9","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor3mV","Value":"4490","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor4mV","Value":"1595","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor5mV","Value":"0","Type":"unsignedint"}]}],"RegionName":"AMERRB14","OTAMessageSize":28,"CustomerID":0,"Transport":1,"MobileOwnerID":0,"MessageUTC":"2023-12-26 01:36:54","ReceiveUTC":"2023-12-26 01:36:54","SIN":129,"MobileID":"01305561SKY6D7A","Payload":{"Name":"ValoresActualesSensores","SIN":129,"MIN":1,"Fields":[{"Name":"TipoMensaje","Value":"PROGRAMADO"}, {"Name":"TiempoEvento","Value":"1703554606"}, {"Name":"ValorActualSensor1U","Value":"22"}, {"Name":"ValorActualSensor3U","Value":"449"}, {"Name":"ValorActualSensor4U","Value":"373"}, {"Name":"ValorActualSensor5U","Value":"0"}, {"Name":"ValorActualSensor2mV","Value":"4996","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor3mV","Value":"4491","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor5mV","Value":"0","Type":"unsignedint"}]}],"RegionName":"AMERRB14","OTAMessageSize":29,"CustomerID":0,"Transport":1,"MobileOwnerID":0,"MessageUTC":"2023-12-26 01:53:24","ReceiveUTC":"2023-12-26 01:53:24","SIN":129,"MobileID":"01305561SKY6D7A","Payload":{"Name":"Alerta_I_0","SIN":129,"MIN":1,"Fields":[{"Name":"TipoEvento","Value":"BAJO_RANGO"}, {"Name":"TiempoEvento","Value":"1703555595"}, {"Name":"ValorActual","Value":"499"}, {"Name":"ValorActualmV","Value":"901"}]}],"RegionName":"AMERRB14","OTAMessageSize":14,"CustomerID":0,"Transport":1,"MobileOwnerID":0,"MessageUTC":"2023-12-26 03:36:54","ReceiveUTC":"2023-12-26 03:36:54","SIN":129,"MobileID":"01305561SKY6D7A","Payload":{"Name":"Alerta_I_0","SIN":129,"MIN":1,"Fields":[{"Name":"TipoEvento","Value":"SOBRE_RANGO"}, {"Name":"TiempoEvento","Value":"1703555622"}, {"Name":"ValorActual","Value":"499"}, {"Name":"ValorActualmV","Value":"3352"}]}],"RegionName":"AMERRB14","OTAMessageSize":14,"CustomerID":0,"Transport":1,"MobileOwnerID":0,"MessageUTC":"2023-12-26 03:36:54","ReceiveUTC":"2023-12-26 03:36:54","SIN":129,"MobileID":"01305561SKY6D7A","Payload":{"Name":"ValoresActualesSensores","SIN":129,"MIN":1,"Fields":[{"Name":"TipoMensaje","Value":"PROGRAMADO"}, {"Name":"TiempoEvento","Value":"1703558206"}, {"Name":"ValorActualSensor1U","Value":"22"}, {"Name":"ValorActualSensor2U","Value":"49"}, {"Name":"ValorActualSensor4U","Value":"366"}, {"Name":"ValorActualSensor5U","Value":"0"}, {"Name":"ValorActualSensor1mV","Value":"22"}, {"Name":"ValorActualSensor2mV","Value":"4997","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor3mV","Value":"4493","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor5mV","Value":"0","Type":"unsignedint"}]}],"RegionName":"AMERRB14","OTAMessageSize":29,"CustomerID":0,"Transport":1,"MobileOwnerID":0,"MessageUTC":"2023-12-26 03:36:54","ReceiveUTC":"2023-12-26 03:36:54","SIN":129,"MobileID":"01305561SKY6D7A","Payload":{"Name":"ValoresActualesSensores","SIN":129,"MIN":1,"Fields":[{"Name":"TipoMensaje","Value":"PROGRAMADO"}, {"Name":"TiempoEvento","Value":"1703558206"}, {"Name":"ValorActualSensor1U","Value":"22"}, {"Name":"ValorActualSensor2U","Value":"49"}, {"Name":"ValorActualSensor4U","Value":"366"}, {"Name":"ValorActualSensor5U","Value":"0"}, {"Name":"ValorActualSensor1mV","Value":"22"}, {"Name":"ValorActualSensor2mV","Value":"4997","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor3mV","Value":"4493","Type":"unsignedint"}, {"Name":"ValorActualSensor5mV","Value":"0","Type":"unsignedint"}]}]}]}
```



Retardos de transmisión

- Manual ST 9100.
- Se opta por un tamaño de trama menor a 100 bytes.
- Envió data enteros y no en decimal.



Rápida entrega de datos

- ✓ Típico <15s para 100 bytes
- ✓ Típico <60s para 1,000 bytes

Sent 2023-12-12 21:22:38

SIN: 129 (Advicom)
 MIN: 1 (Valores Sensores)
 To: 01305561SKY6D7A
 Acknowledged: 2023-12-12 21:22:47 UTC
 Transport: Satellite
 Region: AMERRB14
 Message ID: 543297339
 Modem Reference: FM19.07
 Message Length: 2 bytes
 Data Length: 0 bytes

Received 2023-12-12 21:22:54

SIN: 129 (Advicom)
 MIN: 1 (Valores Actuales Sensores)
 From: 01305561SKY6D7A
 Received: 2023-12-12 21:22:54 UTC
 Message ID: 15323531060
 Transport: Satellite
 Region: AMERRB14
 Message Length: 30 bytes
 Data Length: 28 bytes
 Data (hex): 00 00 00 4F CA F1 9E 4A 03 60 00 38 22 F6 00 09 01 0B 48 9C 2A 44 63 92 0C A2 80 00
 Data (ASCII): \00\00\000\CA\F1\9EJ\03\008\F6\00\09\01\0BH\9C\De\92\0C\A2\80\00

Messenger Decode:
 NumMessa = 39
 TipoMensaje = MANUAL
 TiempoEvento = 1702416165
 ValorActualSensor1U = 27

Fecha	Tiempo (s)
01/11/2023	16
05/11/2023	14
10/11/2023	17
15/11/2023	16
20/11/2023	14
25/11/2023	15
30/11/2023	19
02/12/2023	15
07/12/2023	13
12/12/2023	17
17/12/2023	15
22/12/2023	12
PROMEDIO	15.25s

- Promedio 15.25s por envío.
- Afectado cambios climatológicos.

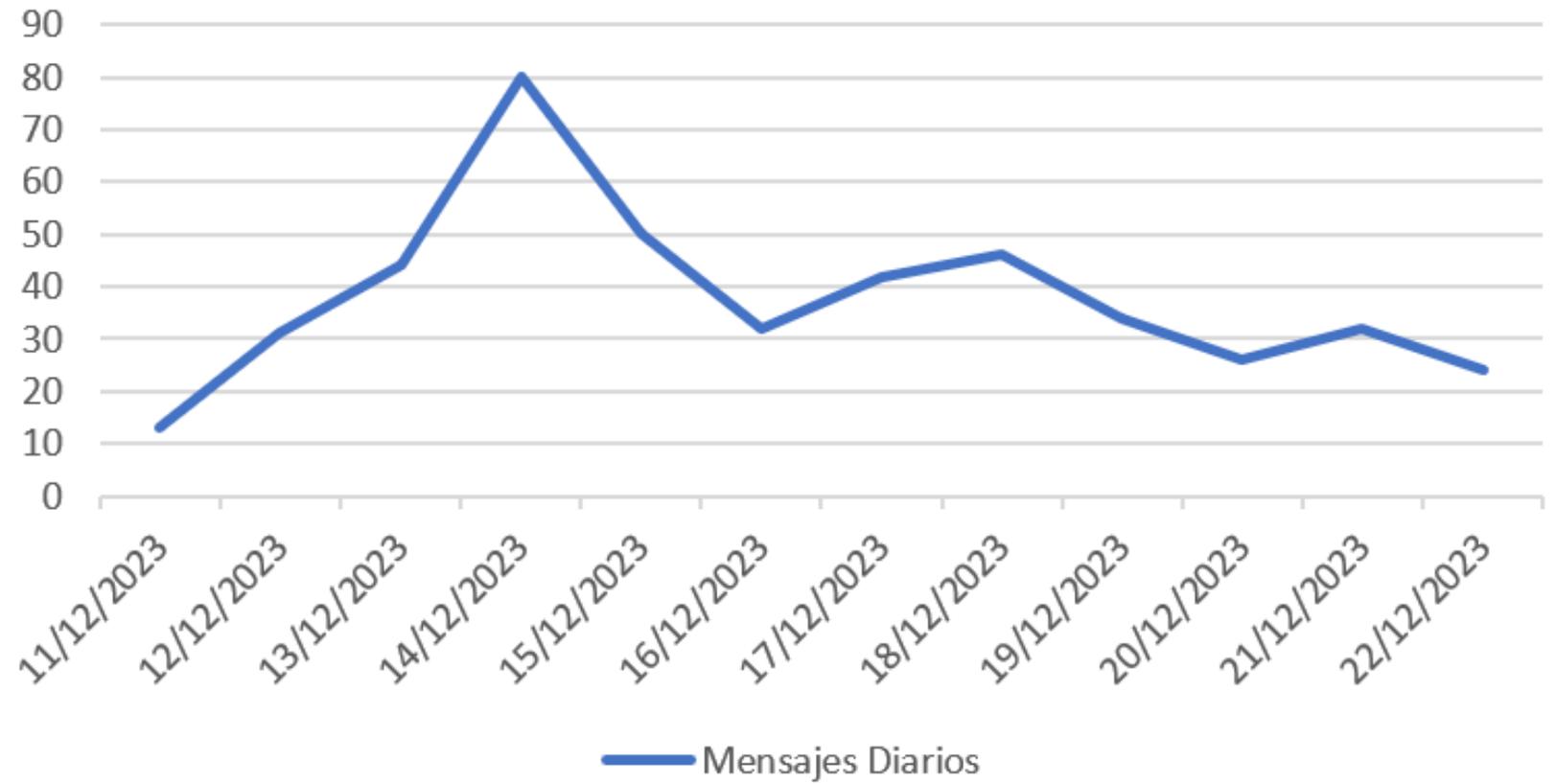


Perdidas de paquetes

- Se tiene 453 mensajes.
- Se elimina los 13 mensajes del 11/12/2023.

```

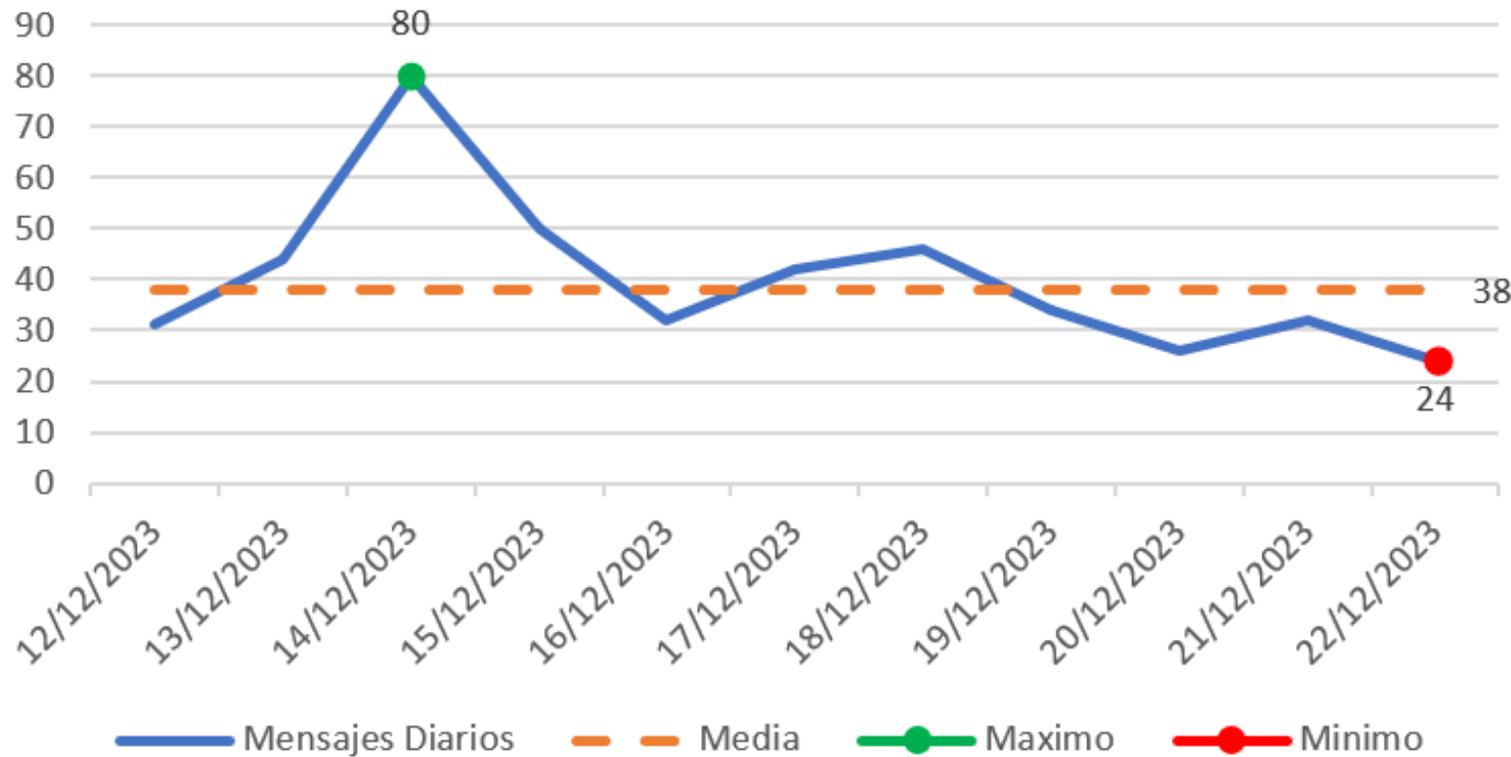
<ReturnMessage>
  <ID>15402544336</ID>
  <MessageUTC>2024-12-22 23:36:30</MessageUTC>
  <ReceiveUTC>2024-12-22 23:36:30</ReceiveUTC>
  <SIN>129</SIN>
  <MobileID>01305561SKY6D7A</MobileID>
  <Payload Name="ValoresActualesSensores" SIN="129"
    <Fields>
      <Field Name="NumMessa" Value="453"/>
      <Field Name="TipoMensaje" Value="PROGRAMADO">
      <Field Name="TiempoEvento" Value="1704209855">
      <Field Name="ValorActualSensor1U" Value="27">
      <Field Name="ValorActualSensor2U" Value="499">
      <Field Name="ValorActualSensor3U" Value="448">
      <Field Name="ValorActualSensor4U" Value="362">
      <Field Name="ValorActualSensor5U" Value="0"/>
      <Field Name="ValorActualSensor1mV" Value="27">
      <Field Name="ValorActualSensor2mV" Value="499">
      <Field Name="ValorActualSensor3mV" Value="449">
      <Field Name="ValorActualSensor4mV" Value="15">
      <Field Name="ValorActualSensor5mV" Value="2">
    </Fields>
  </Payload>
  <RegionName>AMERRB14</RegionName>
  <OTAMessageSize>28</OTAMessageSize>
  <Transport>1</Transport>
  <MobileOwnerID>60003105</MobileOwnerID>
</ReturnMessage>
  
```



Perdidas de paquetes

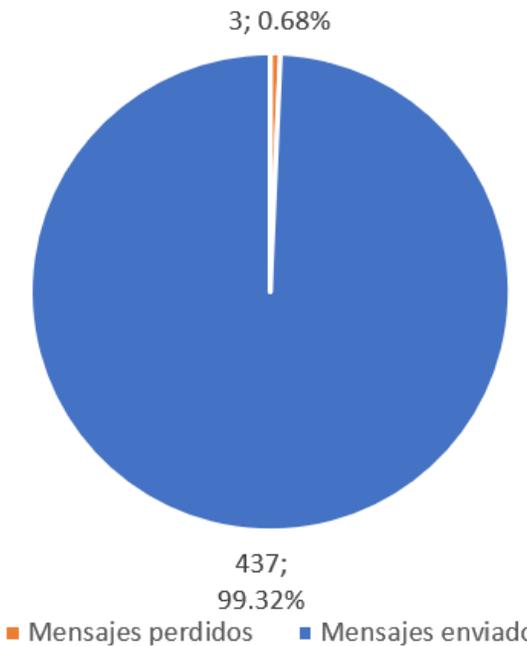
- 440 mensajes.

Promedio mensajes diarios



```
SQL File 5*  SQL File 6*  valsensores  mensajesxml x
Limit to 50000 rows
1 • USE advicomdb;
2 • SELECT COUNT(Name) AS Cuentatotal FROM mensajesxml WHERE MessageUTC >= '2023-12-12';
3
4
5
```

Cuentatotal
437



Análisis General de los Sensores

SQL File 5* SQL File 6* valsensores mensajesxml x

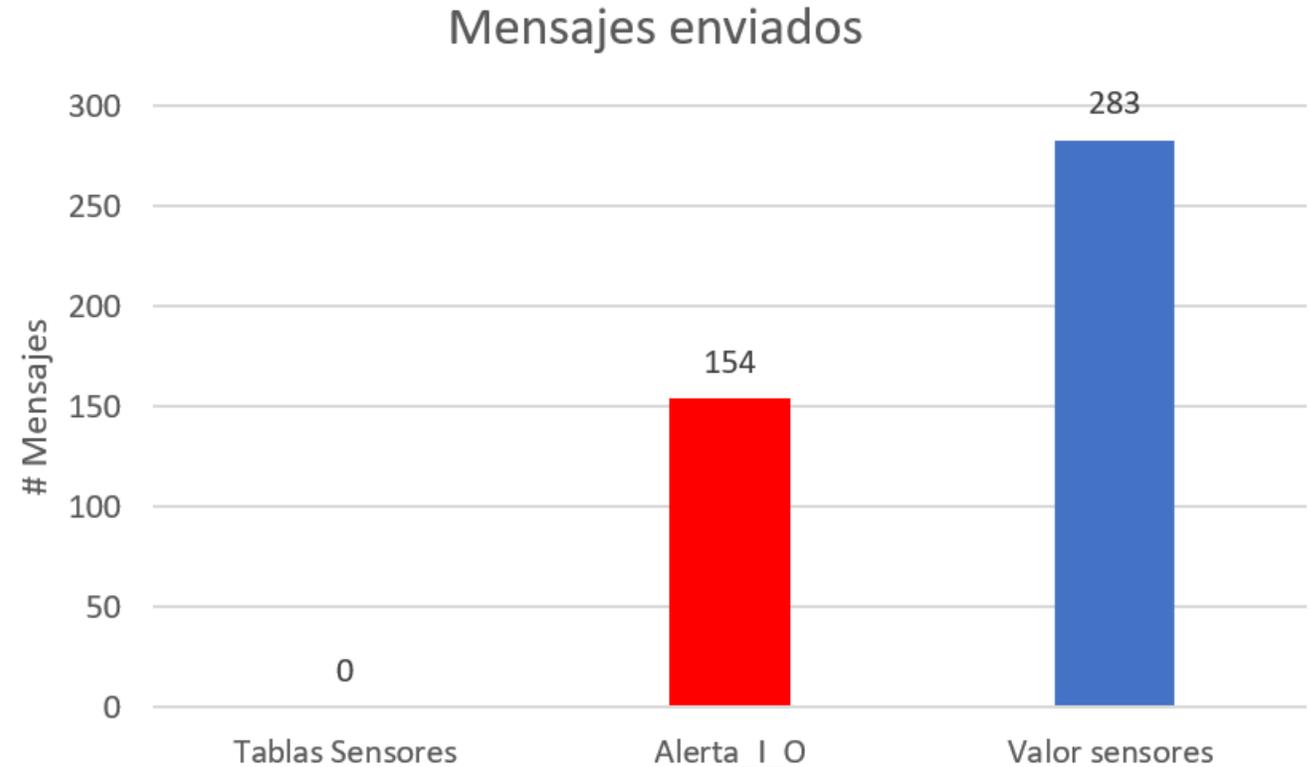
```

13 • SELECT
14     SUM(CASE WHEN Name = 'TablasSensores' THEN 1 ELSE 0 END) AS Cuenta_
15     SUM(CASE WHEN Name = 'log' THEN 1 ELSE 0 END) AS Cuenta_log,
16     SUM(CASE WHEN Name = 'Alerta_I_O' THEN 1 ELSE 0 END) AS Cuenta_Aler
17     SUM(CASE WHEN Name = 'ValoresActualesSensores' THEN 1 ELSE 0 END) A
18 FROM mensajesxml
19 WHERE MessageUTC >= '2023-12-12';
    
```

Result Grid | Filter Rows: | Export: | Wrap Cell Content: |

	Cuenta_TablasSensores	Cuenta_log	Cuenta_Alerta_I_O	Cuenta_ValoresActualesSensores
0	0	0	154	283

Mensajes Diarios	
Tablas Sensores	0
Alerta_I_O	154
Valor sensores	283
Total	437

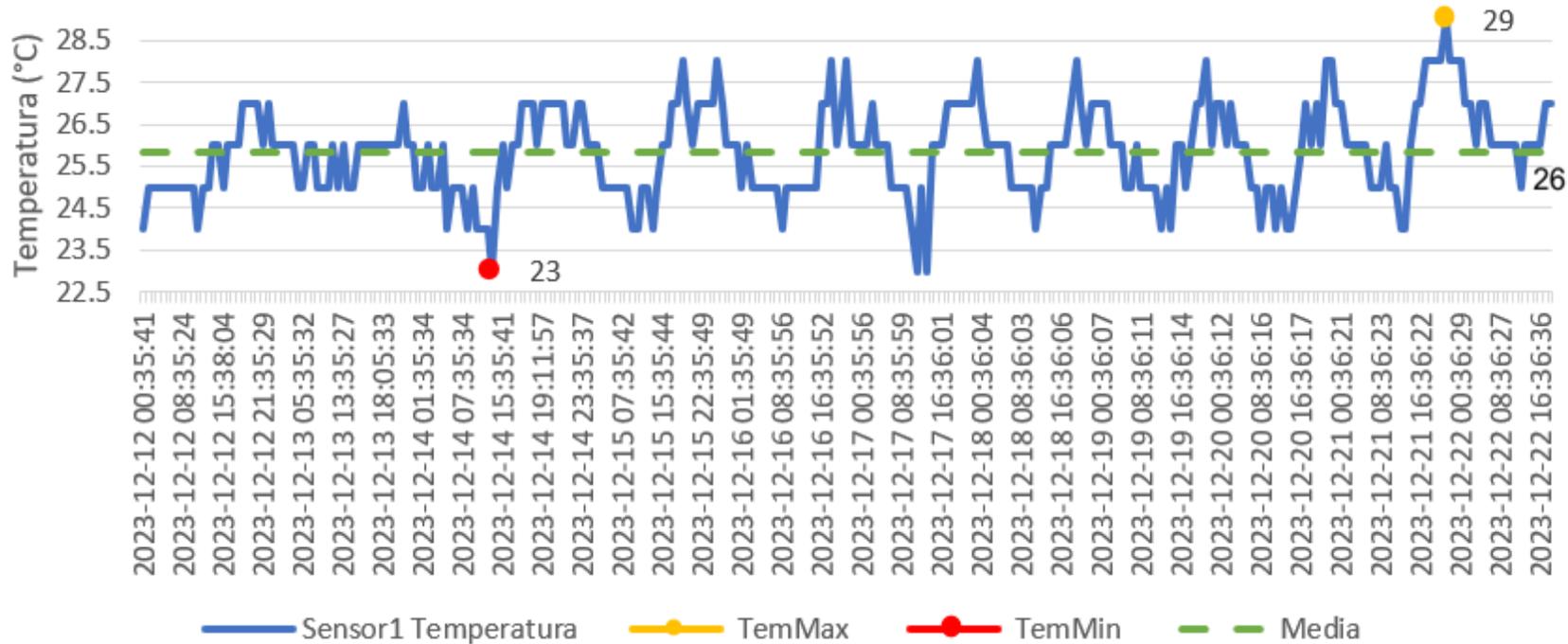


Valor sensores	
Programados	264
Manuales	19
Total	283

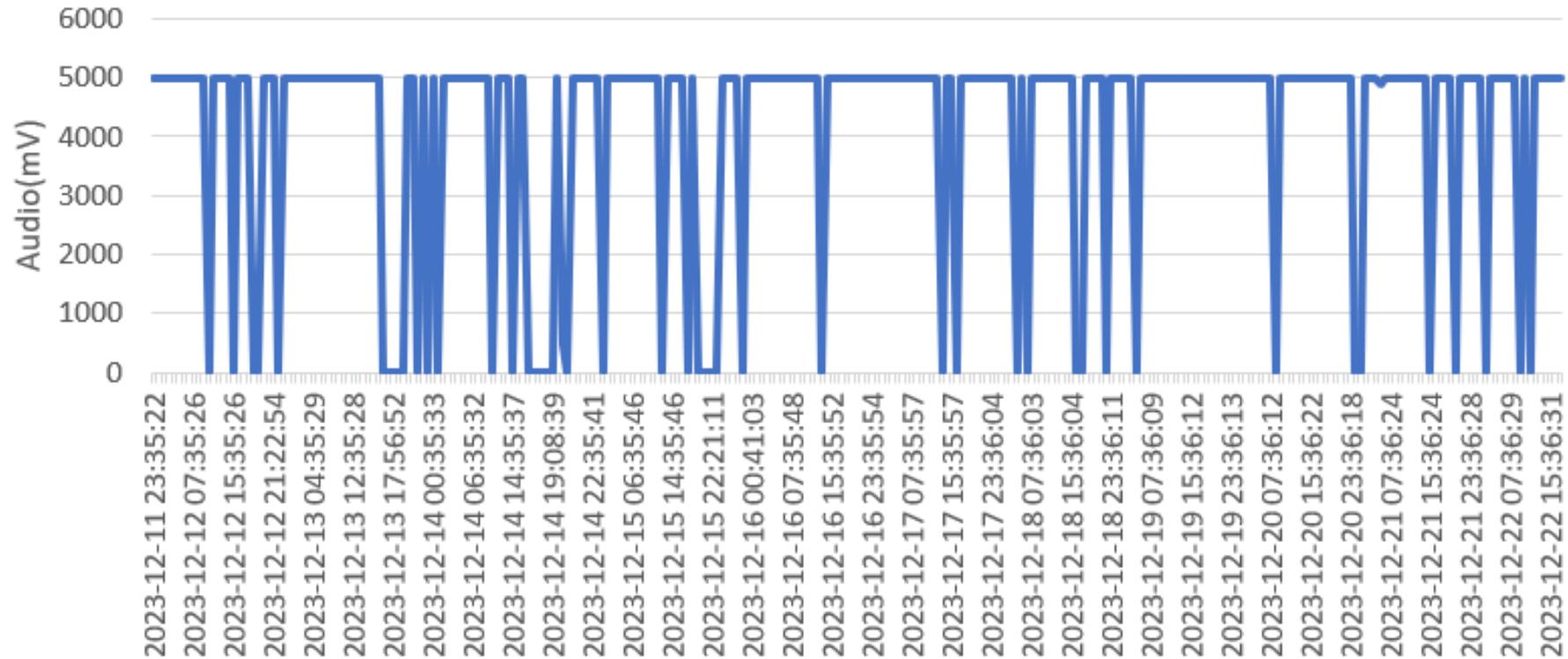


Análisis Sensor 1 Temperatura

- Rango Operación 15°C a 33°C



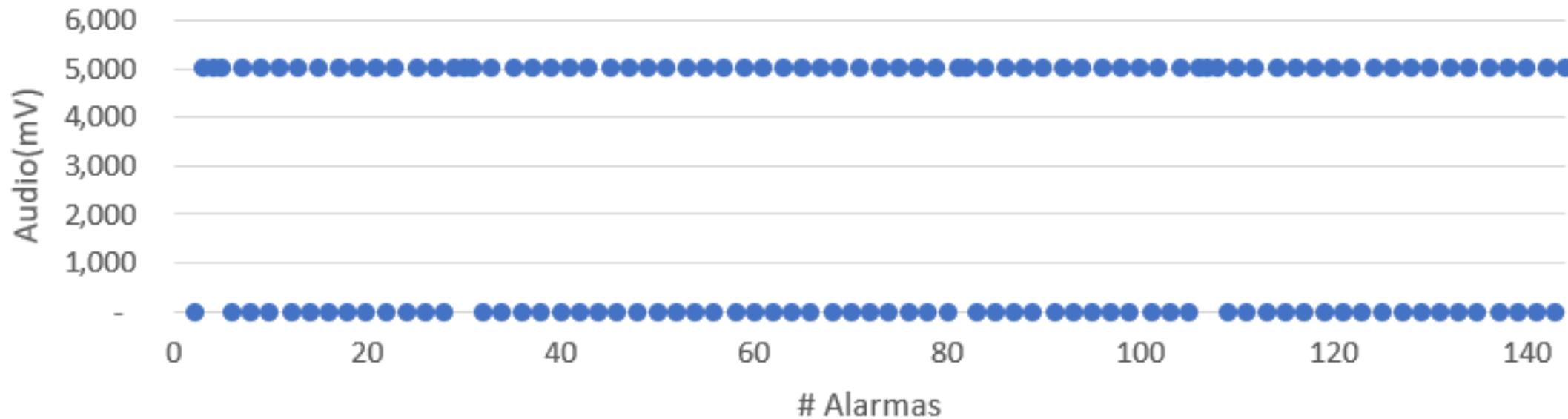
Análisis Sensor 2 Audio



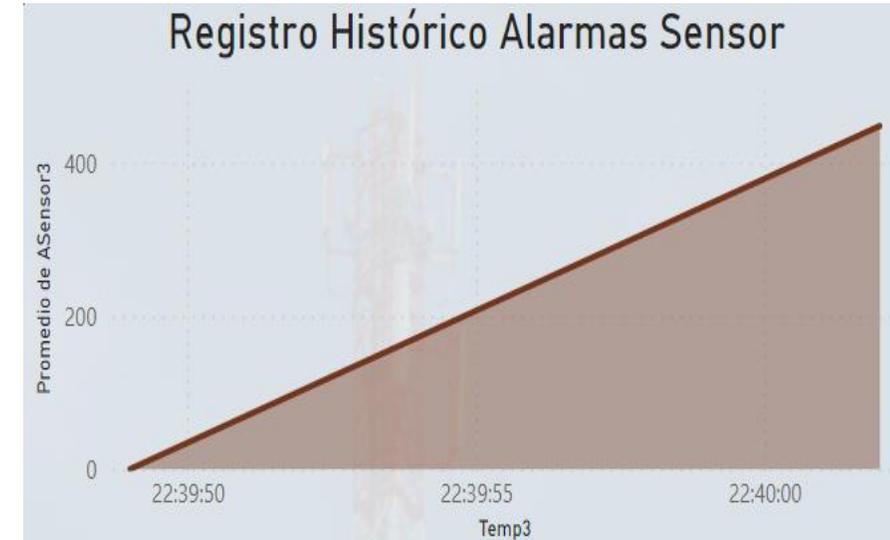
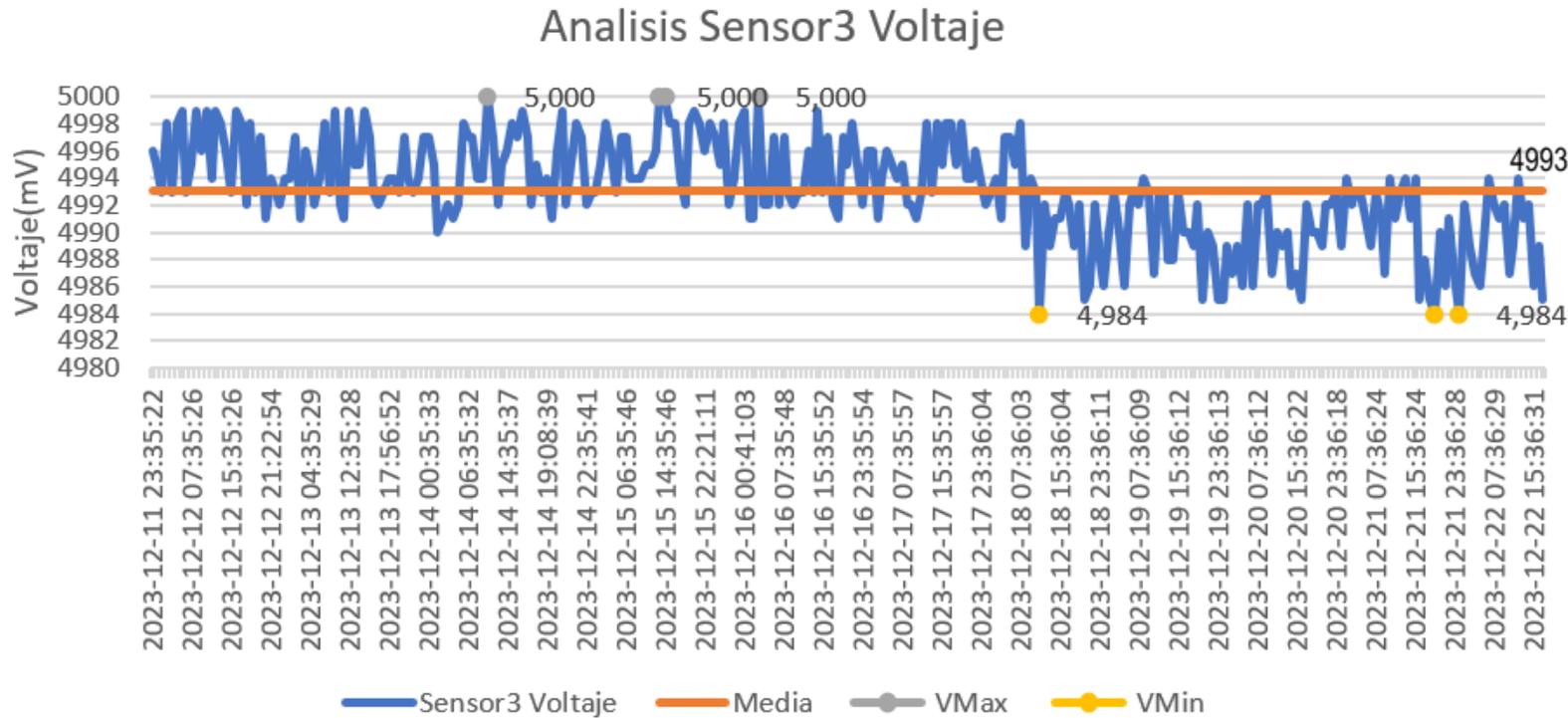
Análisis Sensor 2 Audio

Mensajes Alarmas	
Déficit Energético	4
Variación Audio	68
En rango	72
Total	144

Registro Histórico Alarmas Sensor 2

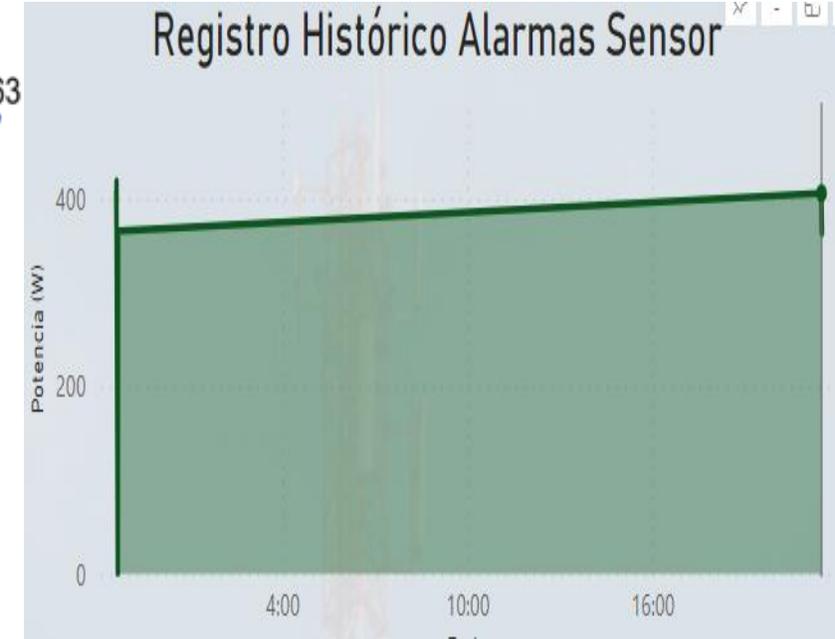
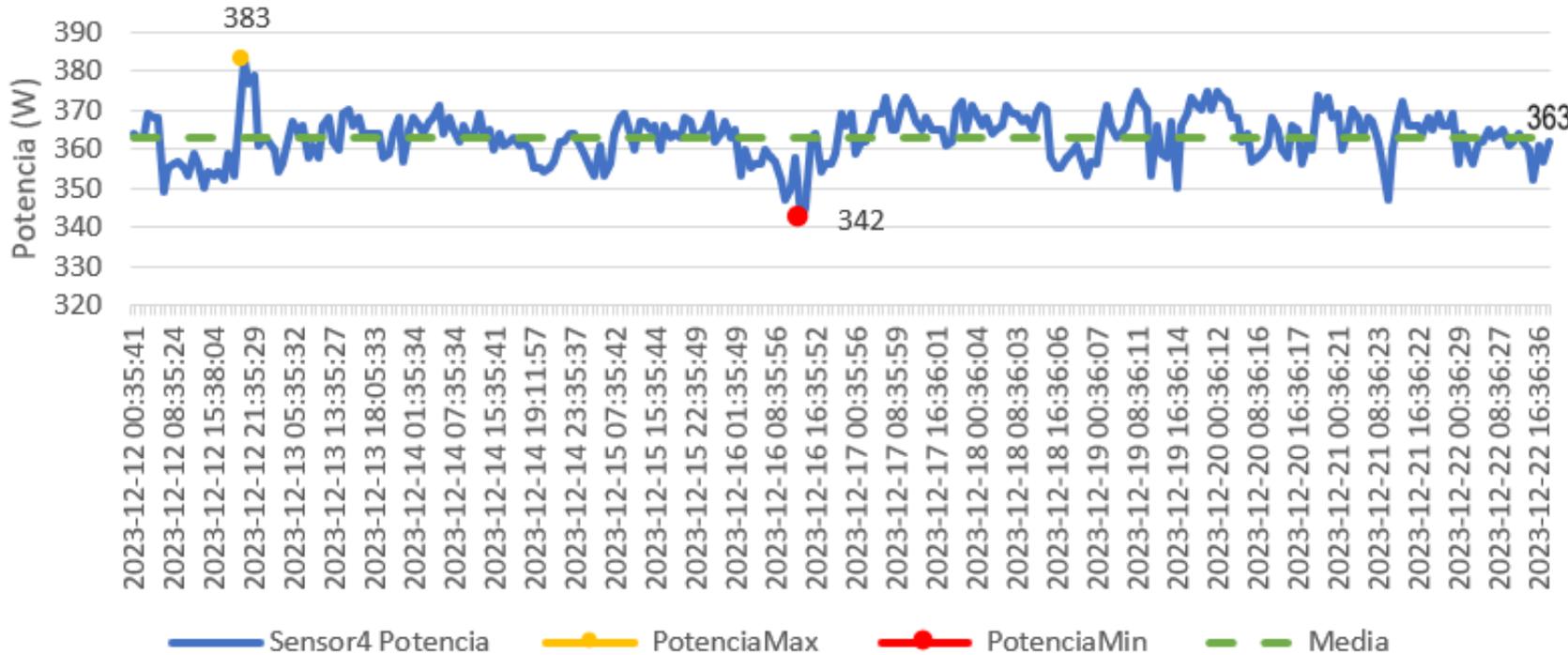


Análisis Sensor 3 Voltaje



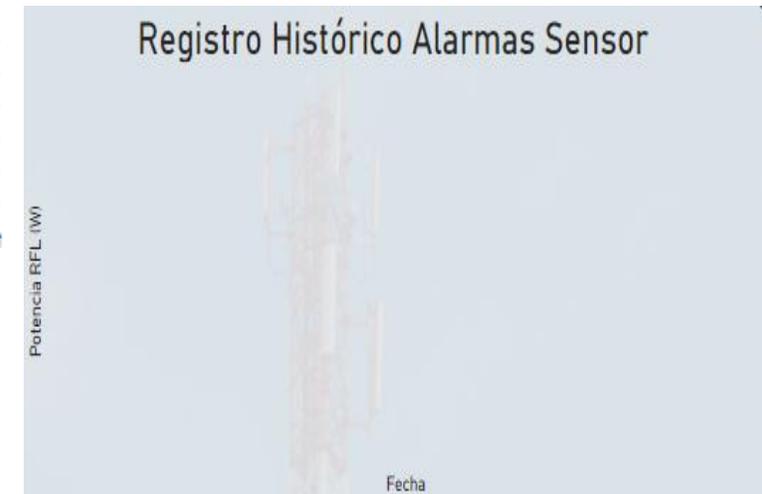
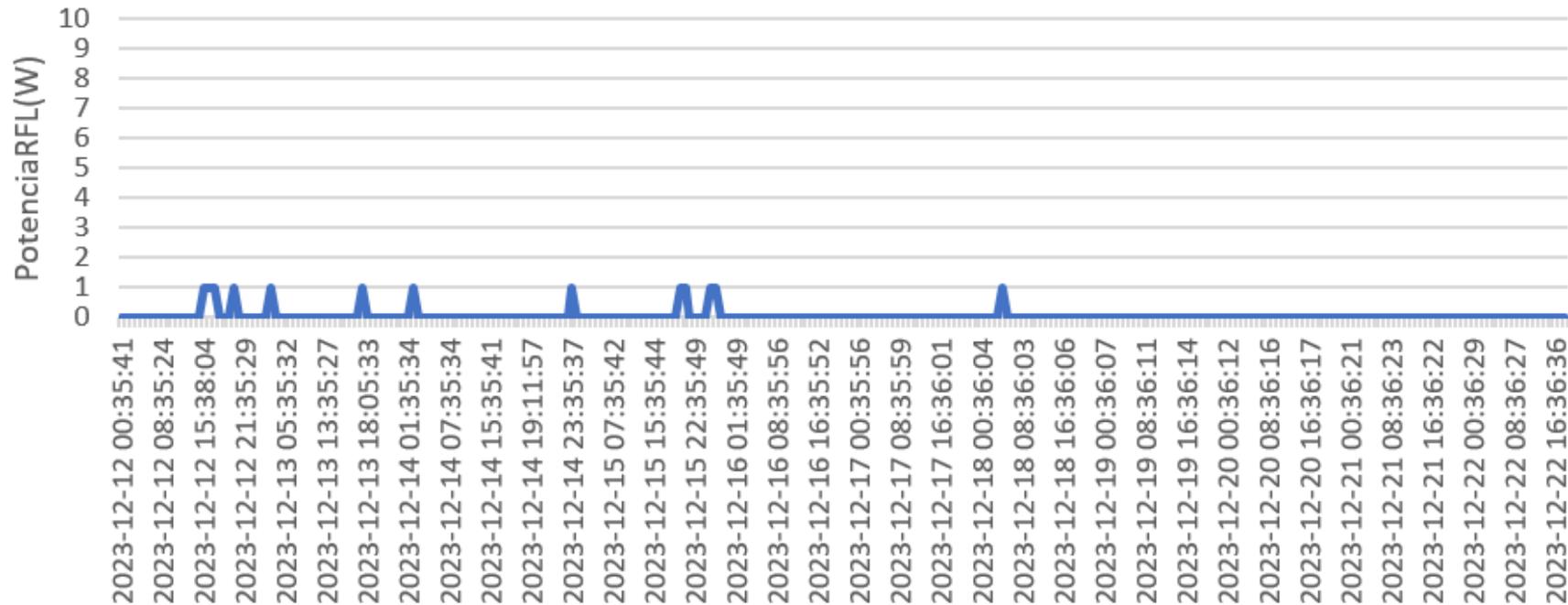
Análisis Sensor 4 Potencia Transmisión

- Rango Operación 340W a 400W



Análisis Sensor 5 Potencia Reflejada

- Rango Operación 0W a 25W



CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de monitorización para estaciones remotas de FM capaz de conectarse vía satélite para el envío de la información, facilitando la recolección de datos en lugares donde no exista cobertura de red o cobertura Wi-Fi, para ello se evaluó el terminal ST 9100 en primer lugar en la ciudad de Quito, donde se obtuvo un alto rendimiento en el envío de información desde el terminal al satélite y del Gateway ubicado en Canadá a Ecuador, para posteriormente ser implementado en Santo Domingo, en la estación remota ubicada en Los Libres Sector de Antenas, obteniendo el mismo rendimiento que en el primer lugar mencionado, mostrando su capacidad de recolección y envío de datos de forma efectiva en condiciones reales, es decir, en entornos adversos y de difícil acceso.
- La aplicación del protocolo IsatData Pro de Orbcomm ha resultado ser altamente efectiva debido a su amplia gama de escenarios relacionados en el desarrollo de aplicaciones IoT y M2M, además de su eficiente comunicación entre la terminal y el sistema central brindando una buena seguridad y evidenciando la robustez del protocolo ante diversos ambientes.
- Los protocolos XML y JSON fueron efectivos para la entrega de información de los sensores, por lo que ambos protocolos son viables para su implementación, la elección de cada protocolo dependerá de su aplicación, ya sea para streaming o para aplicaciones y análisis más complejos.



- Se puede observar en los datos analizados que la comunicación entre el ST 9100 y el satélite es satisfactoria, es decir, que la pérdida de paquetes es menor al 1% dando a entender que ese 1% de pérdidas se debe a condiciones extremas a las que el transmisor fue expuesto como: intensas lluvias, neblinas densas, tormentas eléctricas, entre otros. Mismos que también afecta al retardo en la comunicación haciendo que el tiempo sea mayor al tiempo típico propuesto por el proveedor para 100 bytes en dichos escenarios.
- Para que el usuario sea capaz de visualizar la información de la estación monitoreada se desarrolló un dashboard a través de la plataforma Power Bi. Misma que permite visualizar todos los datos de los sensores de forma gráfica e intuitiva para el usuario. El dashboard puede ser visualizado tanto desde una computadora como desde el celular, brindando al usuario una manera cómoda y sencilla de verificar la información.
- Debido a que se trabaja bajo condiciones de temperatura regulada por aire acondicionado, el sensor 1 de temperatura detecta una temperatura ambiente de 26 °C, siendo el valor para el cual está regulado el aire acondicionado.
- Debido a que mayoritariamente la estación realiza Broadcasting sobre deporte, el sensor 2 de audio encontró que existen 72 veces donde no se detectó audio y otras 72 donde el sistema detecto audio, de las cuales 4 coinciden con las fechas de corte de luz, indicando que en esos intervalos los locutores de la frecuencia 104.1 MHz FM tuvo corte de luz, mas no la estación de radio FM, mientras que las otras 68 veces que detectaron que no había audio es porque existe ocasiones donde el/la locutor/a no habla, por eso los intervalos entre cada uno no supera los 20 segundos.



- Durante todo el tiempo que se realizó la monitorización, la información del sensor 3 de voltaje nos indica que no existió cortes de energía en la estación de radio FM, dando a entender que el suministro de energía consta de una buena infraestructura.
- La información que proporciona el sensor 4 de Potencia reflejada indica que el sistema está perfectamente acoplado, ya que no se detectan valores mayores a 1 W, por lo que no hay mayor pérdida de energía en la transmisión.
- La información que proporciona el sensor 5 de Potencia indica que el sistema está funcionando dentro de la potencia establecida por el proveedor de servicio de la emisora 104.1 Mhz FM en Santo Domingo.
- Los sensores implementados para el monitoreo de estaciones remotas de FM fueron útiles para poder verificar algún fallo con el transmisor, siendo este uno de los equipos más importantes de la estación, otro fallo común es la falta de energía en este tipo de estaciones debido a que se encuentran en lugares remotos donde por lo general la infraestructura eléctrica no es la adecuada. Subrayando la versatilidad del proyecto, demostrando ser efectivo y confiable en lugares que requieran monitorización ininterrumpida en el ámbito de las soluciones IoT.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar paneles para la información en tiempo real, el uso de dashboards puede ser complejo para visualizar datos en tiempo real. Los paneles presentan limitaciones en visualización sin embargo su desempeño es mejor, mientras que para análisis de datos en un periodo de tiempo se recomienda los dashboards.
- Además de Power Bi, se puede realizar integración con herramientas como Tableau o utilizar Python para realizar gráficas y obtener información más detallada dependiendo del cliente o de la necesidad que se requiera monitorizar, esto permite ampliar las aplicaciones del ST 9100 y realizar análisis más avanzados.
- Se recomienda tener una base de datos para guardar la información generada desde el primer momento de implementación, esto ya que la duración de los datos en la API no es mayor que 5 días, esto puede hacer que información más antigua se pierda.



RECOMENDACIONES

- Los sensores utilizados en el presente trabajo deben ser colocados en una jaula de Faraday, debido a que van a ser usado para el monitoreo de estaciones FM, es decir, estarán expuestos a radiofrecuencias altas y como bien se sabe las pistas de los circuitos pueden funcionar como antenas en determinadas circunstancias, induciendo corrientes no deseadas en el circuito, afectando directamente al funcionamiento del mismo.
- Al utilizar la API de Power Bi se tiene que revisar que la base de datos de Stream este limpia, es decir, sin ningún dato almacenado. Esto podría afectar la visualización de los datos y provocar lecturas erróneas de los gráficos.
- Verificar que los datos de las API de Orbcomm no se dupliquen, sobre todo en ocasiones donde existen dos datos que tienen la misma fecha y hora; esto puede generar errores en la presentación de Power Bi, realizando operaciones no deseadas y mostrando graficas sin sentido en los paneles de presentación.

