

UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ANÁLISIS, EXPORTACIÓN Y DISEMINACIÓN DE IONOGRAMAS DIGITALES DESDE LA SONDA IPS-42*

**Jaime Blanco López¹, Walter Hugo Arboleda Mazo²,
Rodrigo Leiva Diaz³, Moisés Isrrael Resabala Moreira⁴**

Resumen

Este capítulo presenta el desarrollo de una aplicación web en Python y JavaScript, como propuesta para mejorar el acceso al componente de análisis de ionogramas de la sonda IPS-42 llamado DIGION, sistema realizado por la Universidad de Auckland como un sistema monousuario desarrollado en lenguaje C, para lo cual se realizó un análisis del DIGION, explicándose su arquitectura y cómo están contruidos actualmente los

*Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado "Mejoramiento en el análisis, exportación y diseminación de ionogramas digitales a un repositorio de datos científicos abiertos desde la sonda IPS-42", financiado por la Corporación Universitaria Adventista en Colombia y la Universidad Adventista de Chile

1 Doctor en Ciencias de la Computación, Magíster en Ciencias de la Computación, Licenciado en Computación, Grupo de Investigación en Ingeniería Aplicada GI2A, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Adventista. Correo electrónico: jaime.blanco@unac.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4714-8662>

2 Estudiante de Doctorado en Filosofía en Tecnología de la Información, Magíster en Ingeniería, Especialista en Teleinformática, Ingeniero de Sistemas. Investigador, Grupo de Investigación en Ingeniería Aplicada GI2A, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Adventista. Correo electrónico: warboleda@unac.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4937-5359>

3 Magíster en Ciencias de la Computación, Ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería y Negocios, Universidad Adventista de Chile. Correo electrónico: rodrigoleiva@unach.cl Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9231-8064>

4 Ingeniero de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria Adventista. Correo electrónico: miresabala@unac.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2382-8623>

componentes del módulo de análisis DIGION y el módulo de gestión de los datos GETION, analizándose su modelo de datos para el almacenamiento, procesamiento y análisis de ionogramas mediante un estudio de ingeniería inversa. Particularmente, para facilitar el consumo de datos ionosféricos desde cualquier parte del mundo se propone también la creación de un repositorio de datos científicos en DSpace, generándose un impacto positivo en la comunidad de científicos de datos, pues podrían de esta forma consumir, acceder y analizar datos de la sonda IPS-42.

Palabras clave: ionósfera, ionosonda IPS-42, aplicación web, catálogo de datos, análisis de datos ionosféricos.

Abstract

This chapter presents the development of a web application in Python and JavaScript, as a proposal to improve the access to the ionogram analysis component of the IPS-42 ionosonde called DIGION, a system developed by the University of Auckland as a single-user system and developed in C language, for reason was carried out an analysis to explaining its architecture and how the analysis module DIGION and the GETION data management module are currently built, analyzing their data model for storage, processing, and analysis of ionograms using a reverse engineering study. Particularly, to facilitate the consumption of ionospheric data from anywhere in the world, in addition, is also propose the creation of a repository of scientific data in DSpace generating a positive impact in the data scientists community, because they could consume, access, and analyze data from the IPS-42 ionosonde.

Key words: ionosphere, IPS-42 ionosonde, web application, data catalog, ionospheric data analysis.

INTRODUCCIÓN

La ionosfera es una de las capas de la atmósfera superior de nuestro planeta, se caracteriza por su actividad solar y geomagnética, extendiéndose desde los 80 km a 500 km de altitud e influyendo directamente en las telecomunicaciones modernas, afectando la propagación de señales electromagnéticas (Rejfek et al., 2019). Dicho comportamiento y mediciones cambian según la ubicación geográfica en la tierra, con respecto a la latitud, la longitud, la estación del año, el mes, el día y la hora (Phani Kumar et al., 2009).

Además, la ionosonda IPS-42 permite detectar la cantidad de electrones por centímetro cúbico, midiendo la densidad de electrones ionizados en las capas superiores de la ionosfera (Bór et al., 2020), facilitando a los científicos la visualización de los datos de las mediciones, mediante gráficos llamados ionogramas. Lo que hace trascendental para la comunidad de científicos a nivel internacional tener acceso a los datos ionosféricos de diferentes estaciones de observación.

Lo anterior, facilita el estudio y análisis de otros fenómenos relacionados con este dominio, como lo son las predicciones climatológicas (Wilkinson et al., 2018) para apoyar las comunicaciones de alta frecuencia con el Reino Unido. Se reconoció rápidamente que, para ser efectivo, dicho servicio también debía brindar asesoramiento cuando las tormentas ionosféricas impidieran que se llevaran a cabo las comunicaciones de alta frecuencia. Con la llegada del Año Geofísico Internacional (IGY, en inglés) y la llegada de los períodos de mayor radiación solar en el año (Adeniyi et al., 2009), se encuentra Nigeria (longitud 4.57°E, latitud 8.53°N, inclinación magnética 4.1°S), lo que justifica la necesidad de adaptar estos procesos de visualización a las últimas tecnologías de desarrollo web, permitiendo un acceso más sencillo para la comunidad científica desde cualquier

ubicación (Pietrella et al., 2017).

Precisamente, la propuesta favorece el acceso a los datos desde la sonda IPS-42, mediante el uso de una aplicación web que puedan ser accedida desde cualquier parte del mundo, así como el acceso a los datos desde un repositorio digital que facilite el uso, consulta y análisis constante de los datos ionosféricos, como ocurre en otras áreas de la ciencia como salud, donde el gobierno ayuda a que la comunidad tenga acceso a los datos (Arboleda Mazo & Anaya Hernandez, 2018).

A continuación, se explica la actual arquitectura que tiene el software monousuario original usado por la sonda IPS-42, describiéndose sus componentes GETION y DIGION usados para el análisis y captura de datos como muestran la figura 3 y la figura 4.

DESAROLLO

Arquitectura del sistema de información para el manejo de señales procedentes de la ionosonda IPS-42

El software para el procesamiento de datos de la ionósfera de la ionosonda IPS-42, es utilizado para estudiar el comportamiento de la ionósfera, y está compuesto por los componentes GETION y DIGION (Titheridge, 2019a) los cuales funcionan sobre sistemas operativos de 32 bits: El componente de software GETION permite el procesamiento y almacenamiento de archivos de ionogramas, los cuales son generados en las observaciones. El componente DIGION permite la visualización y análisis de archivos de ionogramas como muestra la figura 1, los cuales fueron procesados y almacenados por el componente GETION (Titheridge, 1994).

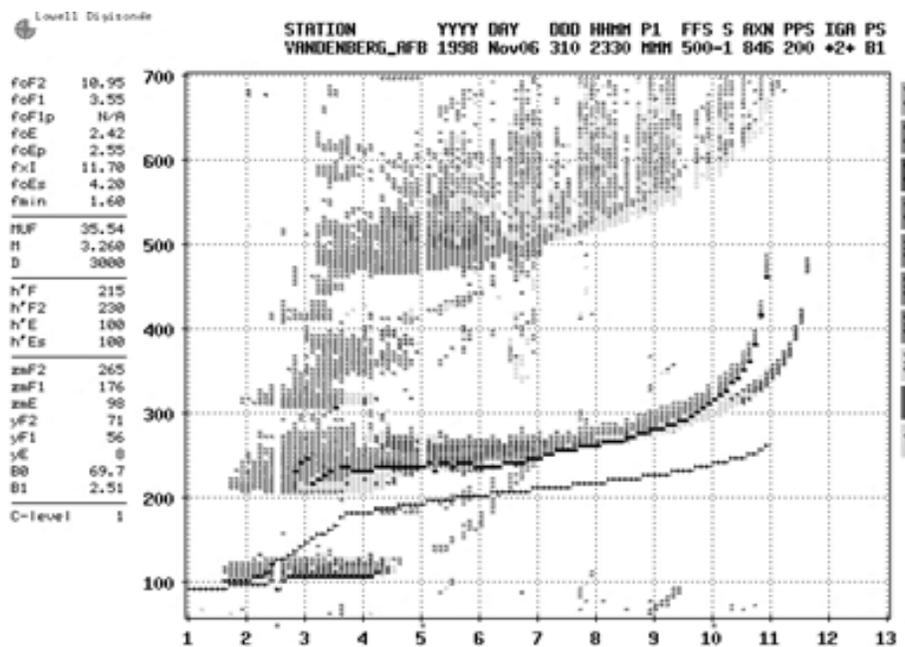


Figura 1. Visualización de resultados usando el DIGION. Fuente: (NOAA, 1998)

La Figura 2 ilustra la configuración de la sonda IPS-42, que se compone de una antena delta encargada de la generación y recepción de señales, como se detalló previamente (Baraona Mendoza et al., 2017). La detección de las variaciones en la densidad eléctrica de la ionosfera se lleva a cabo mediante la observación de los ionogramas, tal como se describe en Patra et al. (2012). La conexión entre el radar ionosonda IPS-42 se establece mediante un enlace serial RS-485 con la computadora, conectando así los componentes GETION y DIGION, como se detalla en Titheridge (2019b).

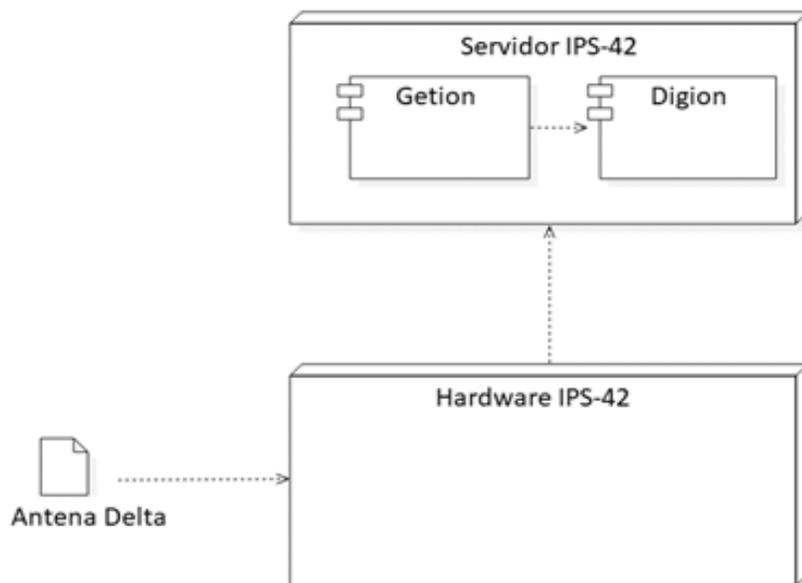


Figura 2. Arquitectura del sistema IPS-42. Fuente: Propia autoría

ANTECEDENTES

Artefactos del componente GETION

Como muestra la figura 3 el componente GETION está compuesta por siete artefactos: getion.c, time.c, signal.c, control.c, disk.c, savcom.c y scan.c.

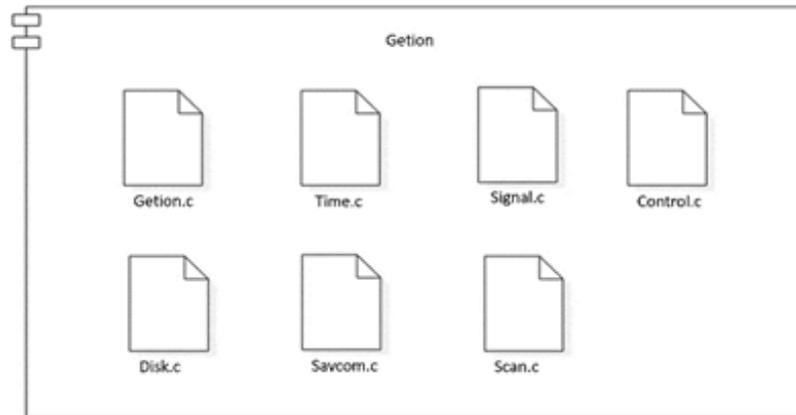


Figura 3. Artefactos del componente GETION. Fuente: Propia autoría

Los cuales son usados para procesar la información de las señales y colocarlas en un formato abierto para ser utilizadas posteriormente en el estudio de irregularidades (Patra et al., 2009)

Artefactos del componente DIGION

El componente DIGION es usado para manipular la información de las señales para graficar, exportar y desplegar los datos, como muestra la figura 4 este tiene los artefactos getion.c, time.c, signal.c, control.c, disk.c, savcom.c y scan.c.

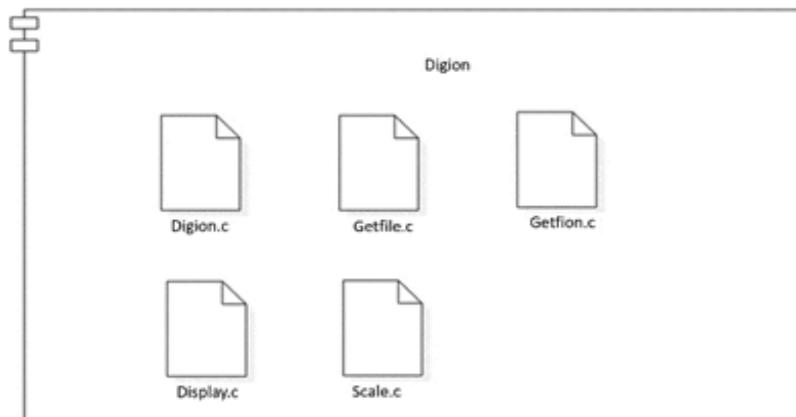


Figura 4. Artefactos del componente DIGION. Fuente: Propia autoría

Además, en el caso del componente DIGION, este tiene archivos adicionales con algunos propósitos específicos: DigNum es usado para cambiar el número de estación en los archivos, el fixion es usado para encontrar encabezados válidos en un archivo y escribir un nuevo archivo, el listion sirve para listar los ionogramas en un archivo.

Análisis del formato utilizado en los archivos generados por el sistema sonda IPS-42 que recibe las señales del radar

Estructura de datos y variables del archivo DigNum.c

Para iniciar, el archivo DigNum tiene una estructura compuesta por la estructura de datos fhead que permite definir el encabezado de cada archivo diario generado en la muestra:

Estructura de datos del archivo DigNum.c

```
struct fhead { // HEADER for each daily file:
    int  fnum;    // Total Number of ionograms in file.
    long fsize;  // Total file size in bytes.
    byte fsite;  // Station: 0,1=Ackld, 2=Chch,...
    byte fofset; // Pixel offset to use for this data file.
    int  fyear;  // Year of file (year is not recorded with
    byte fmonth; //          individual ionograms).
    byte fday;
    byte fhour;  // Date = last file modification date.
    byte fminute;
    byte fsecond;

    byte fflags; // Various flags - see FILE.H, IONO.H.
```

variables del archivo DigNum.c

el archivo está compuesto de las variables:

```
struct fhead fp;
FILE *ptr;
char c, *dname;
char aday[2], datfile[30], getfile[33];
int  nodat=0, dsite, dyear, insite, newsite=0; // "dignum name newsite"
int  maxsite=9, day=1, nf,ntotl, bofset,fofset=0,offset=0; //ntotl=total# ionogs
int  numsite[] = {0,1,2,3, 24,13,11,16, 0}; // = Ak,Ak,Ch,-, PM,Va,Mu,Ma,x
char *station[] = {"(UNKNOWN I.D. #)", "AUCKLAND, N.Z. ", //0, 1
    "CHRISTCHURCH NZ.", " (Site 3 blank) ", "PORT MORESBY PNG", //2,3,4
    "VANIMO, Indones.", "MUNDARING Aust.", "MACQUARIE Island", //5,6,7
    " (Site 8 blank) ", " (Site 9 blank) " }; //8, 9
```

```
char *dy[] = { "01","02","03","04","05","06","07","08","09","10",
              "11","12","13","14","15","16","17","18","19","20",
              "21","22","23","24","25","26","27","28","29","30","31" };
```

Estructura de datos y variables del archivo fixion.c

La función del fixion.c es generar archivos con lecturas de todo el mes integrando las lecturas diarias en un solo archivo, validando los encabezados de los archivos diarios y validando el formato de sus ionogramas, generándose un archivo de datos que cumple con la siguiente sintaxis de la siguiente función:

Strlen(datfile, drive, dir, name, ext)

Para la creación y procesamiento del archivo se utilizan la siguiente estructura de datos y las siguientes variables:

Estructura de datos del archivo fixion.c

```
struct filhead { //Header at start of each file, on disk
  int fnum; long fsize; // #Ionogs; File size(bytes)
  byte fsite, fofset; // Station: 0,1=Ackld,2=Chch
  int fyear; //Year(not stored w ionogs)
  byte fmon,fday, fhour,fmin,fsec, flg; };
variables del archivo fixion.c
struct filhead fp;
FILE *ptr, *pth, *pto, *ptx; // => filin,header,filout,scanfix
byte lhr=0, zmon,zdy,zhr=0,zmin=0, zflg=9; //z.. = header checks
byte Fl,dy, ip[15], ib[47]; long posn; //head,seek buffers; header posn
int i,j,k, p, day=0, badin=0, zht=64, zyr;
int out=0, nexhed, size=0, blocks=0; //block= #(16-B) read
int inum,lnum=-1, snum=20, ntotl, tnum=0, tnew=0;
char datfile[30], newfile[15]="n";
char drive[3], dir[66], name[9], ext[5];
char *month[] = { "Jan", "Feb", "Mar", "Apr", "May", "Jun",
                  "Jul", "Aug", "Sep", "Oct", "Nov", "Dec" };
```

Estructura de datos y variables del archivo listion.c

La función del archivo listion.c es mostrar un listado de los bytes de cada archivo de ionogramas, para ello usa las estructuras de datos filhead y ionhead permitiendo la unión:

```
struct filhead {          //Header at the beginning of each file, on disk..
    int  fnum;             // Total Number of ionograms in file.
    long fsize;           // Total file size, in bytes
    byte fsite, fofset;    //Station: 0,1=AckId, 2=Chch
    int  fyear;           //Year (not stored w ionogs)
    byte fmon, fday;      //Date file is last modified
    byte fhour, fmin, fsec; //Time of last modification.
    byte fflags; };

struct ionhead {         //Header for each stored ionogram.....
    byte n1,n2, l1,l2, r1,r2; //Two-byte inum, lcol, rcol.
    byte h1,h2, s1,s2;      //2-byte ht, size(blocks of 16 bytes)
    byte mon,day, hr,min,sec; //Date, time that ionogram was recorded
    byte flg; };
```

A continuación, se aborda la propuesta de repositorio de datos abiertos ionográficos, además se menciona la importancia de los catálogos de datos abiertos para la comunidad científica.

Plataformas open source para la creación de catálogo de datos científicos

En la actualidad existen varios tipos de repositorios de datos abiertos open source, más adelante, se describen las características de estos catálogos de datos usados a nivel internacional como son: CKAN (CKAN, 2019), Magda (CSIRO, 2019) (data.gov.au, 2019) y DSpace (Duraspace, 2019b), mostrándose además de sus características técnicas, los proyectos que hacen uso de estos.

Arquitectura y uso de CKAN

CKAN es usado por el catálogo de datos abiertos de los Estados Unidos de América, centralizándose en él información de diferentes entidades gubernamentales y estatales relacionadas con clima, educación, salud,

gobierno, energía, ciencias de la tierra (Arboleda Mazo & Montoya, 2017) como muestra la figura 5.



Figura 5. Catálogo de datos ionosféricos en CKAN. Fuente: (data.gov.au, 2019)

Arquitectura y uso de Magda

Magda es un catálogo de datos federado desarrollado para la gestión de datos en el montaje de infraestructuras de Big Data y Small Data desarrollado en Australia como muestra la figura 6, siendo utilizado por el catálogo de datos públicos de Australia para facilitar la creación de infraestructuras de datos, para los procesos de federación de catálogos, descubrimiento de información, previsualización y personalización de metadatos.



Figura 6. Catálogo de datos ionosféricos en Magda. Fuente: (CSIRO, 2019)

Está diseñado como un conjunto de microservicios como se muestra en la figura 7, lo que permite el mejoramiento de su desempeño en la gestión de los conjuntos de datos, para lo cual usa Kubernetes permitiendo además la integración de la autenticación de usuarios con Google, Facebook, CKAN y ESRI.

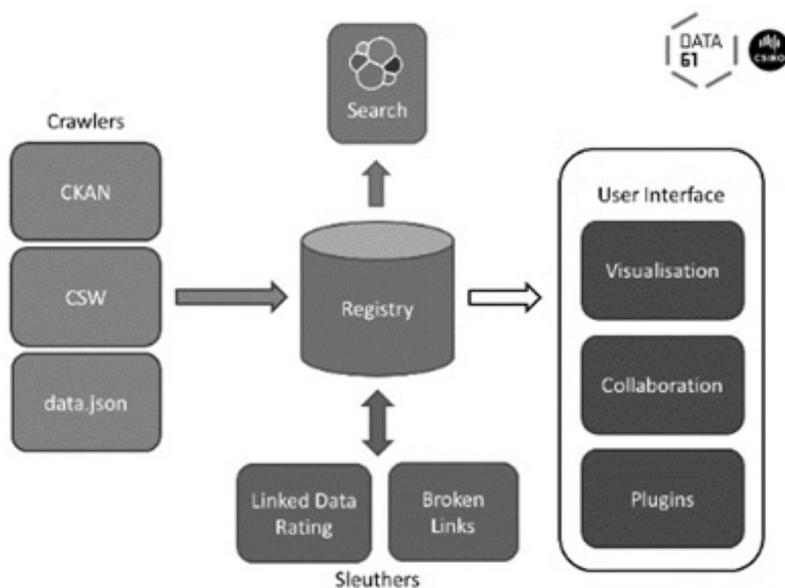


Figura 7. Arquitectura de Magda. Fuente: (CSIRO, 2019)

Arquitectura de DSpace

DSpace es una aplicación web que permite: cargado, gestión, publicación, preservación y consulta de conjuntos de datos abiertos a los usuarios finales. La figura 8 muestra sus componentes arquitectónicos, entre los componentes más usados se tiene:

Capa de aplicación: herramientas estadísticas de uso de los datos abiertos, interfaz web para el usuario final y la funcionalidad del protocolo OAI-PMH para la federación y recolección de metadatos.

Capa de lógica de negocio: servidor de handles para identificación de datos abiertos representado en los archivos de ionogramas, módulo de configuración del acceso en las búsquedas, módulo de administrador del sistema y módulo encargado de subir datos abiertos al sistema.

Capa de almacenamiento: la persistencia es manejada mediante los manejadores de datos PostgreSQL y ORACLE, según sea la necesidad de la arquitectura a implementar.

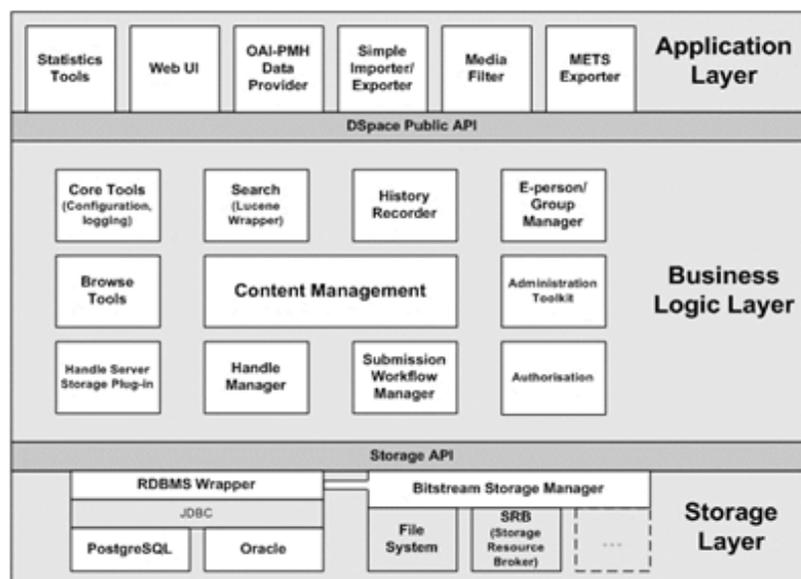


Figura 8. Arquitectura de DSpace, Fuente: (Duraspace, 2019b)

Dicho repositorio ha sido usado para la creación de la red distribuida Latin American Giant Observatory (LAGO), como herramienta para prestar los servicios de accesibilidad y reproductibilidad de datos sobre clima espacial y radiación atmosférica, mediante la creación de un red de repositorios, proyecto realizado por el Laboratorio de Detección de Partículas y Radiación, Centro Atómico Bariloche & Instituto Balseiro de Bariloche Argentina, Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Santander Colombia y El Departamento de Física de la Universidad de los Andes, Venezuela, usando detectores de agua Cherenkov para la detección de rayos gamma (Torres, Nuñez, & Torrén, 2011).

METODOLOGÍA

En esta investigación cualitativa se consultaron recursos científicos de bases de datos entre las cuales se encuentran: EBSCO Host, Google Scholar, ProQuest, SciELO, BASE, DOAJ Y Redalyc, así como recursos de organizaciones científicas dedicadas a la ciencia abierta.

La metodología usada para el desarrollo del proyecto utilizó las siguientes fases:

Análisis del módulo de visualización de la sonda IPS-42

Se realizó un proceso de ingeniería inversa, verificándose la forma como fue desarrollado cada uno de los componentes del módulo del DIGION.

Análisis y desarrollo del nuevo módulo de visualización web

Se realizó el análisis, desarrollo del frontend y backend del módulo propuesto para permitir el acceso a las visualizaciones de ionogramas a los científicos de forma remota.

Análisis y revisión de catálogos de datos abiertos

Se revisaron los diferentes catálogos de datos abiertos open source que están siendo utilizados por la comunidad científica a nivel internacional, realizándose la selección de DSpace como catálogo y SWS (Space Weather Services), como formato de metadatos a usar en la propuesta de catálogo de datos ionográficos.

RESULTADOS

Propuesta para la mejora del sistema de información de escritorio mejoramiento en el análisis desde la sonda IPS-42

La siguiente sección aborda los aspectos técnicos asociados al desarrollo y componentes de la aplicación web, proponiendo la creación de una aplicación web que permita el acceso de los datos de forma remota a diferencia de la actualidad, en la cual para tener el acceso a los datos desde la sonda IPS-42 se debe estar usando el software de forma local.

De esta forma, para mejorar el sistema se ha optado por llevar este proyecto a otro nivel que mejore su arquitectura y acceso. Para lo cual se planteó la siguiente pregunta:

¿Qué herramientas tecnológicas y lenguaje de programación utilizar para construir un componente de visualización de ionogramas web?

Para llegar a esta respuesta se realizó el análisis de los componentes y código fuente descrito anteriormente, tomándose la decisión de hacer una aplicación web, desarrollada con las siguientes herramientas, lenguajes y frameworks de desarrollo.

Dado que el sistema anterior se ejecuta usando el sistema operativo DOS y está basado en C se buscó un lenguaje sucesor de este mismo, como lo es Javascript como lenguaje de programación para hacer las operaciones y trabajar del lado del cliente, seguido por Python para trabajar con el servidor y unir la lógica del framework Flask que se utilizó para hacer el despliegue del nuevo sistema a un servidor web Apache Tomcat.

Las características de estos son las siguientes:

JavaScript: Es un lenguaje de programación usado en desarrollo web y móvil para el desarrollo de la interfaz de usuario, permitiendo crear páginas web dinámicas y atractivas, este fue utilizado para el desarrollo del frontend de la aplicación.

Framework Flask: Es un framework web usado para el desarrollo de aplicaciones en Python, este agrega programación versátil multiplataforma y multiparadigma, siendo utilizado para el desarrollo del backend de la aplicación.

Apache Tomcat: la aplicación web fue desplegada en un servidor Apache Tomcat, el cual sirvió como contenedor de la aplicación para ofrecer acceso al módulo de visualización de ionogramas.

Estructura del sistema de información web para el análisis de datos ionográficos desde la sonda IPS-42

Al módulo creado se le ha dado el nombre IonoappJs, este cuenta con 4 componentes importantes:

Componente Ionograma: Este guarda toda la información de los ionogramas en binario para ser utilizadas procesadas y graficadas, como muestra la figura 9.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
<input type="checkbox"/> AUG118.01	19/11/2019 8:20	Archivo 01	198 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.02	19/11/2019 8:20	Archivo 02	197 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.03	19/11/2019 8:20	Archivo 03	197 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.04	19/11/2019 8:20	Archivo 04	201 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.05	19/11/2019 8:20	Archivo 05	207 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.06	19/11/2019 8:20	Archivo 06	201 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.07	19/11/2019 8:20	Archivo 07	187 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.08	19/11/2019 8:20	Archivo 08	195 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.09	19/11/2019 8:20	Archivo 09	201 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.10	19/11/2019 8:20	Archivo 10	188 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.11	19/11/2019 8:20	Archivo 11	197 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.12	19/11/2019 8:20	Archivo 12	193 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.13	19/11/2019 8:20	Archivo 13	194 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.14	19/11/2019 8:20	Archivo 14	189 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.15	19/11/2019 8:20	Archivo 15	201 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.16	19/11/2019 8:20	Archivo 16	223 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.17	19/11/2019 8:20	Archivo 17	209 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.18	19/11/2019 8:20	Archivo 18	205 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.20	19/11/2019 8:20	Archivo 20	217 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.21	19/11/2019 8:20	Archivo 21	206 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.22	19/11/2019 8:19	Archivo 22	206 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.23	19/11/2019 8:19	Archivo 23	203 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.24	19/11/2019 8:19	Archivo 24	205 KB
<input type="checkbox"/> AUG118.25	19/11/2019 8:19	Archivo 25	203 KB

Figura 9. Componente Ionograma

Componente Main: En este se encuentra alojado el código de las operaciones realizadas en el lado del cliente utilizando JavaScript como lenguaje de programación, como muestra la figura 10.

```

Go Run Terminal Help main.js - Visual Studio Code
JS main.js x Extension Python app.py
C:\Users\MosesR\Documents\Nueva carpeta\semestre 8\Proyecto de grado 1> flask --no-apps --static --j -- # main.js > ...
1 var oReq = new XMLHttpRequest();
2 var archivo = document.getElementsByName("archivo")[0].value;
3 var tono = document.getElementsByName("tono")[0].value;
4 oReq.open("GET", "/api/h/archivo/" + archivo, true);
5 oReq.responseType = "arraybuffer";
6
7 var labf = ["1.4","2.0","2.8","4.0","5.0","8.0","11.3","16 Hz."];
8 var labh = ["100","200","300","400","500","600","700","kw."];
9 var mask = 0x00;
10 var xmin = 40;
11 var xmax = 616;
12 var ymax = 478;
13 var anchoVentana = 650;
14 var altoVentana = 500;
15
16 var fnum, fsize, fsite, fofset, fyear, fmonth, fday, fhour, fminute, fsecond, fflags;
17 var inum, lrcol, ircol, iheight, isize, imonth, iday, ihour, iminute, isecound, iflags;
18 var data;
19
20 var xp, yp, sh, ht, ytop, ymin;
21
22 var arraybuffer;
23
24 var c = document.getElementById("myCanvas");
25 var ctx = c.getContext("2d");
26
27 oReq.onload = function (oEvent) {
28     arraybuffer = oReq.response; // Note: not oReq.responseText
29     if (arraybuffer) {
30         leeYdibuja();
31     }
32 }
33

```

Figura 10. Fragmento del código del Main

Componente Templates: En este se aloja la parte del frontend en html que muestra los ionogramas al usuario, como se aprecia en la figura 11.

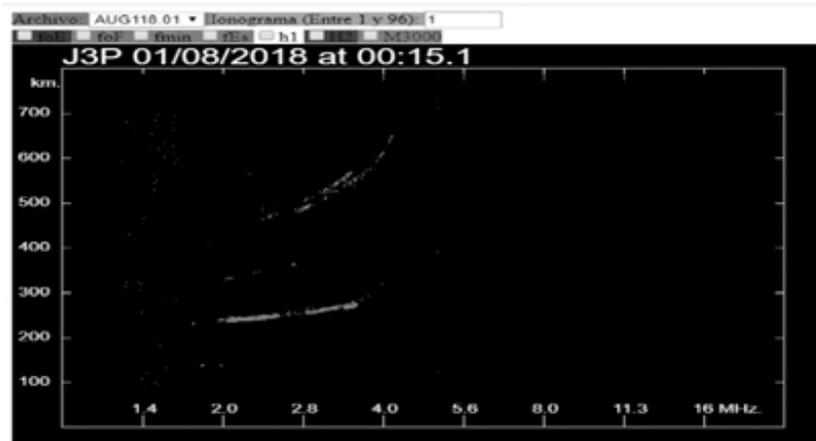


Figura 11. Vista de ionogramas

Componente App.py: En él se aloja la parte del desarrollo en Python usando el framework Flask para trabajar del lado del servidor y permitir el despliegue en Apache Tomcat, como muestra la figura 12; en este se lanzan los métodos get y post para poder graficar el ionograma en el servidor.

```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
JS main.js Extension: Python
C:\Users\Moises.R\Documents> Nueva carpeta >
1 from flask import Flask, render_templ
2 import os
3
4 app = Flask(__name__)
5 app.secret_key = "Ionogramas Unach"
6 path = os.path.join(os.path.dirname(__
7
8
9 @app.route('/', methods=['GET', 'POST
10 def index():
11     files = []
12
13     iono = 1
14     max_iono = 96
15     archivo = "AUG18.01"
16
17     # Recorrer los directorios, f = files
18     for p, d, f in os.walk(path):
19         f.sort()
20         for file in f:
21             files.append(file)
22         break
23
24     return render_template(
25         "index.html", iono=iono, files=
26
27
28 @app.route('/api/b', methods=['GET',
29 def array():
30
31     archivo = request.args.get('archi
32
33     with open(os.path.join(path, arc
34         data = f.read()
35     return data
36
```

Figura 12. Parte del código del backend.

Finalmente, para el desarrollo se usó una programación más orientada a objetos, usando nuevas tecnologías, lo que además de facilitar el mantenimiento del módulo web de visualización de ionogramas, permite tener acceso a estos desde cualquier lugar usando la Internet.

A continuación, se avanza en la selección del catálogo de datos abiertos y en el tipo de metadatos a usar en este, así como se mencionan algunos repositorios de datos usados en ciencias de la tierra.

Propuesta de catálogo de datos abiertos ionográficos

La figura 13 muestra algunos repositorios de datos abiertos de la tierra y el ambiente existentes en la actualidad como, DRYAD (DRYAD, 2019) y DataONE (DataONE, 2019) los cuales federan varios nodos o repositorios de diversas instituciones de investigación, permitiendo que los datos puedan ser usados por los científicos para publicar, consultar y usar datos científicos, movimiento apoyado por the Committee on Data of the International Council for Science (ICSU) conocido también como CODATA, donde se trabaja por la promoción de principios, políticas, prácticas en datos abiertos y ciencia abierta(CODATA, 2019).

Es así como en Australia existe el World Data Centre (WDC, 2019) el cual permite la descarga y consulta de datos ionosféricos y rayos cósmicos, HEPDATA (HEPData, 2019) el cual es un repositorio para la búsqueda de datos y publicación asociados al LHC. Pero también existen catálogos como re3data (re3data, 2019) con una finalidad más genérica en cuanto a repositorios de datos, recolectando datos científicos de diversas disciplinas.

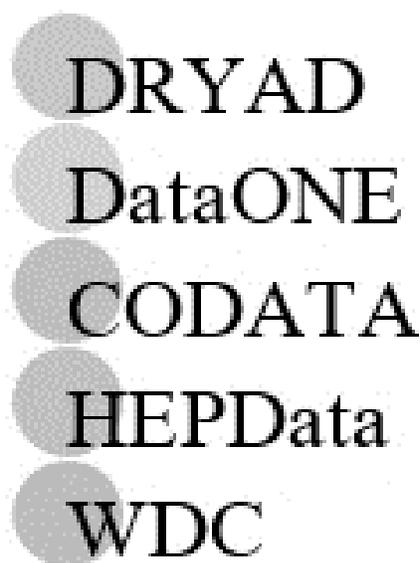


Figura 13. Repositorios de datos abiertos de la tierra y el ambiente.
Fuente: Propia autoría.

Lo anterior permite entender la viabilidad de la creación de un repositorio de datos científicos en DSpace, siendo esta la plataforma más usada para compartir datos científicos a nivel internacional, y que permita de esta forma el acceso abierto a ionogramas facilitando a los científicos el acceso a los datos, sin necesidad de crear una costosa infraestructura para captura directa de ionogramas desde la ionosfera.

Propuesta para los metadatos del catálogo de datos científicos ionográficos

Se propone el uso del formato de metadatos Space Weather Services(SWS), el cual fue desarrollado basado en el modelo de datos SPACE(The Space Physics Archive Search and Extract)(WDC, 2017). La figura 14 muestra el contenido de un archivo de ionograma en formato .xml asociado a los datos de una ionosonda (NOAA, 2014)

Tabla 2.
información de los ionogramas. Fuente:(WDC, 2017)

Field	Size	Example/Format
ID	1 byte	
SITE	3 bytes	
DATE	8 bytes	YYYYMMDD
TIME	6 bytes	HHMMSS
SONDE	4 bytes	Sdf_
MODE	1 byte	O, X, M, S
PROCESS	1 bytes	f, 8, 1
NUM_CHAN5	4 bytes	
SPARE	4 bytes	

El mini encabezado tiene los siguientes campos:

Tabla 3: *información del mini encabezado de la lectura realizada por la sonda. Fuente: (WDC, 2017)*

Field	Size
FREQ	2b
REG_NUM	2b
MEDIAN	1b
MAX	1b
HT_MAX	2b

CONCLUSIONES

La actualización de los módulos del sistema de la sonda IPS-42 a las necesidades actuales que tienen los científicos de datos ionosféricos, permite generar un impacto positivo en la comunidad internacional, pues no solo se permite el acceso directo al análisis de los datos capturados por la sonda desde cualquier lugar; mediante la actualización de su software usando Python y JavaScript para la creación de una aplicación web. También es importante entender la necesidad de compartir los datos ionosféricos a otros científicos, disminuyendo costos de adquisición de la

sonda y la infraestructura asociada a esta, facilitando el análisis de datos a bajo costo y mejorando la toma de decisiones.

Se agradece a la Corporación Universitaria Adventista de Colombia y a la Universidad Adventista de Chile, su interés en aportar a la comunidad científica a nivel internacional mediante el apoyo al presente proyecto el cual busca mejorar el software existente de la sonda IPS-42, facilitando el análisis de datos y el acceso a conjuntos de datos, necesidad sentida de los científicos de datos ionosféricos.

REFERENCIAS

- Adeniyi, J. O., Oladipo, O. A., Radicella, S. M., Adimula, I. A., & Olawepo, A. O. (2009). Analysis on 29 March 2006 eclipse effect on the ionosphere over Ilorin, Nigeria. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 114(11), 1–7. <https://doi.org/10.1029/2009JA014416>.
- Arboleda Mazo, W. H., & Anaya Hernandez, R. (2018). Un Acercamiento a datos abiertos en salud y su estado actual en Colombia. *Pensamiento Americano*, 11(21), 110–126.
- Arboleda Mazo, W.H, & Montoya, E. (2017) Planteamiento de arquitectura tecnológica para datos abiertos gubernamentales usando CKAN. <http://www.codata.org/https://universoabierto.org/2018/12/04/planteamiento-de-arquitectura-tecnologica-para-datos-abiertos-gubernamentales-usando-ckan/>
- Barona Mendoza, J. J., Quiroga Ruiz, C. F., & Pinedo Jaramillo, C. R. (2017). Implementation of an Electronic Ionosonde to Monitor the Earth's Ionosphere via a Projected Column through USRP. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/s17050946>.
- Bór, J., Sători, G., Barta, V., Szabóné-André, K., Szendrői, J., Wesztergom, V., Bozóki, T., Buzás, A., & Koronczay, D. (2020). Measurements of atmospheric electricity in the Széchenyi István Geophysical Observatory, Hungary. *History of Geo- and Space Sciences*, 11(1), 53–70. <https://doi.org/10.5194/hgss-11-53-2020>.
- CKAN. (2019). Demo CKAN. <https://demo.ckan.org/>.
- CODATA. (2019). CODATA Committee on Data International Science Council. <http://www.codata.org/>.
- CSIRO. (2019). Magda an open-source software platform designed to assist in all areas of the data ecosystem. <https://magda.io/>.
- Data.gov.au. (2019). Open Data Australia. <https://search.data.gov.au/>.
- DataONE. (2019). DataONE Data Observation Network for Earth. <https://www.dataone.org/>.

- DRYAD. (2019). DRYAD. <https://datadryad.org/>.
- Duraspace. (2019a). DSpace a Turnkey Institutional Repository Application. <https://duraspace.org/dspace/download/>.
- Duraspace. (2019b). DSpace Architecture. <https://wiki.duraspace.org/display/DSDOC3x/Architecture>.
- HEPData. (2019). The Durham High-Energy Physics Database (HEPData). <https://www.hepdata.net/>.
- NOAA. (1998). National Centers for Environmental Information. <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/iono/grams.html>.
- NOAA. (2014). Stations Information and data Catalog. <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/IONO/ionodata/>
- Patra, A. K., Chaitanya, P. P., & Bhattacharyya, A. (2012). On the nature of radar backscatter and 250 MHz scintillation linked with an intense daytime Es patch. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 117(3), 1–14. <https://doi.org/10.1029/2011JA016981>.
- Patra, A. K., Phanikumar, D. V., & Pant, T. K. (2009). Gadanki radar observations of F region field-aligned irregularities during June solstice of solar minimum: First results and preliminary analysis. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 114(12), 1–11. <https://doi.org/10.1029/2009JA014437>.
- Phani Kumar, D. V., Patra, A. K., Kwak, Y. S., Kim, K. H., & Yellaiah, G. (2009). Low latitude E-region irregularities studied using Gadanki radar, ionosonde and in situ measured electron density. *Astrophys Space Sci*, 225–233.
- Pietrella, M., Nava, B., Pezzopane, M., Migoya Orue, Y., Ippolito, A., & Scotto, C. (2017). NeQuick2 and IRI2012 models applied to mid and high latitudes, and the Antarctic ionosphere. *Antarctic Science*, 29(3), 265–276. <https://doi.org/10.1017/S0954102016000602>.
- re3data. (2019). re3data Registry of Research Data Repositories. <https://www.re3data.org/>.
- Rejfeek, L., Kouba, D., Mořna, Z., Knizová, P. K., Tran, P. T., & Dong, C. S. T. (2019). Passive ionospheric radar builds with USRP N210. *Journal*

- of Electrical Engineering, 70(2), 159–164. <https://doi.org/10.2478/jee-2019-0023>.
- Titheridge, J. E. (1994). Manual for the A.U. Digion System. Auckland. https://www.sws.bom.gov.au/IPSHosted/INAG/files/4b24d_digion_manual.pdf.
- Titheridge, J. E. (2019a). Computer Control of an IPS-42 Ionosonde. <http://www.sws.bom.gov.au/IPSHosted/INAG/web-60/digion.htm>.
- Titheridge, J. E. (2019b). Computer Controlled Operation of the IPS-42 Ionosonde. <https://www.sws.bom.gov.au/IPSHosted/INAG/uag-104/text/tither.html>.
- Torres, L. A., Nuñez, L. A., & Torréns, R. (2011). Implementación de un Repositorio de Datos Científicos usando Dspace, 101–117.
- WDC. (2017). World Data Centre Space Weather Services. http://www.sws.bom.gov.au/World_Data_Centre/3/1.
- WDC. (2019). World Data Centre Bureau of Meteorology Space Weather Services. http://www.sws.bom.gov.au/World_Data_Centre.
- Wilkinson, P., Kennewell, J. A., & Cole, D. (2018). The development of the Australian Space Forecast Centre (ASFC). *History of Geo- and Space Sciences*, 9(1), 53–63. <https://doi.org/10.5194/hgss-9-53-2018>.