

**SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMETRÍA PARA LOS EQUIPOS DE
MONITOREO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

**JOHANNA PATRICIA ARDILA LERMA
JUAN ANTONIO RAMIREZ BUITRAGO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIRÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2013**

**SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMETRÍA PARA LOS EQUIPOS DE
MONITOREO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

**JOHANNA PATRICIA ARDILA LERMA
JUAN ANTONIO RAMIREZ BUITRAGO**

**Proyecto de Investigación presentado para obtener el título de:
Ingeniero(a) Electrónico(a)**

**Director
PhD Homero Ortega Boada**

**Codirector
MSc(c) Cesar Camilo Rodríguez Sánchez**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIRÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

Con todo mi cariño:

A Jhon Jaiver mi hermano, Alexi mi madre y a Raúl mi padre por nunca desfallecer en este intento.

A Frank mi novio y amigo de siempre por alegrar mis días.

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mí vida a aquellas personas que me ofrecen mucho más que su sincera amistad.

Infinitas Gracias.

Johanna

DEDICATORIA

A Dios porque gracias a él y su infinita misericordia fue posible cumplir este logro.

A mi madre porque es el motor de mi vida y el mejor ejemplo a seguir de tenacidad, fortaleza y superación. Gracias mona bella.

A mi padre por su constante apoyo, a mis hermanos Sneyder, Jeida y Andrés por su cariño y alegrías, y a toda mi familia por creer en mí.

A mis amigos Carlos, Tatiana, Yeimy, Paola, Nataly, Leonardo, Cesar y Evelyn por su acompañamiento y los buenos momentos vividos que amenizaron esta etapa de mi vida.

Juan Antonio

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Homero Ortega por sus siempre oportunas orientaciones y correcciones, y su incansable trabajo para favorecer la formación de futuros profesionales integrales.

Al personal del grupo de investigación RadioGIS por su constante guía y apoyo que facilitaron el desarrollo del proyecto.

Y a todas las personas que participaron en cierto modo e hicieron posible este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	21
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	24
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
1.2. OBJETIVOS.....	24
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	25
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	26
2.1. RECOMEDACIONES Y LINEAMIENTOS DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y DEL IEEE.....	26
2.1.1. RECOMENDACIÓN UIT-R SM 1537: Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro	26
2.1.2. RECOMENDACIONES DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES RESPECTO AL ALMACENAMIENTO E INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN RECOPIADA APARTIR DEL MONITOREO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	27
2.1.2.1. RECOMENDACIÓN UIT-R SM 1393. Formatos comunes para el intercambio de Información entre estaciones de comprobación técnica de las emisiones.....	27
2.1.2.2. RECOMENDACIÓN UIT-R SM 1809. Standard data exchange format for frequency band registrations and measurements at monitoring stations	27
2.1.3.1. ETHERNET IEEE 802.3	28
2.2. SERVICIOS WEB EN LabVIEW.....	29
2.3. ANTECEDENTES	30
2.3.1. GEORADSCANNER.....	31
2.3.2. GEOSPECSCANER	31
3.1. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA	33
3.2. ESTACIÓN DE MONITOREO REMOTO	34
3.2.1. ANÁLISIS DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	36
3.2.2. INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.....	36
3.3. MODOS DE MEDICIÓN	36
3.4. DESARROLLO DEL SISTEMA	37

3.4.1.	MÓDULO I. COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL ENTRE EL GESTOR DE CONTROL DE ESTACIÓN Y LA ESTACIÓN DE MONITOREO REMOTO.....	37
3.4.2.	MÓDULO II. ADMINISTRACIÓN DE LA BASE DE DATOS	39
3.4.3.	MÓDULO III. INTERFAZ DE USUARIO	43
3.5.	COMPROBACIÓN DEL SISTEMA	44
3.6.	CONCLUSIONES	47
4.	UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMETRÍA PARA LA MEDICIÓN DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO E INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO	48
4.1.	MODELO DE INTEGRACIÓN POR CAPAS.....	48
4.2.	EI PROCESO DE USO	49
4.2.1.	INGRESO A RADIOSERVICIO.....	50
4.2.2.	OPCIONES PARA EL USUARIO	52
4.2.2.1.	AL SELECCIONAR AYUDA	52
4.2.2.2.	AL SELECCIONAR INICIAR MEDICIÓN	52
4.2.2.2.1.	DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE RNI EN MODO INSTANTÁNEO.....	52
4.2.2.2.2.	DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE RNI EN MODO PROGRAMADO.....	53
4.2.2.2.3.	DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE ERE EN MODO INSTANTÁNEO	53
4.2.2.2.4.	DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE ERE EN MODO PROGRAMADO	54
4.2.3.	AL SELECCIONAR CONSULTAR MEDICIÓN.....	55
4.2.4.	AL SELECCIONAR NUEVO REGISTRO	56
4.2.4.1.	REGISTRO DE NUEVO USUARIO	57
4.2.4.2.	REGISTRO DE NUEVO TIPO DE USUARIO, ROL DE USUARIO, TIPO DE MEDICIÓN Y MODO DE MEDICIÓN	57
4.2.4.3.	REGISTRO DE NUEVA CONFIGURACIÓN DE ESTACIÓN	57
4.3.	SALIDA DE RADIOSERVICIO	58
4.4.	CONCLUSIONES	59
5.	CONCLUSIONES FINALES.....	60
6.	RECOMENDACIONES PARA TRABAJO FUTURO	61
	BIBLIOGRAFÍA	62
	ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Procesos del Gestor de DB.....	42
Tabla 2. Funciones del servicio según el tipo de usuario.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura Servicio Web de LabVIEW.....	30
Figura 2. Esquema general del Sistema.....	34
Figura 3. Componentes de la Estación de Monitoreo Remoto.....	35
Figura 4. Proceso de Comunicación entre el Gestor de Control y la Estación de Monitoreo Remoto basado en Servicios Web	39
Figura 5. Modelo Relacional de la Base de Datos de RadioServicio.....	40
Figura 6. Funcionamiento de Módulo Administración de Base de Datos.....	41
Figura 7. Transferencia de información entre el Gestor de control y el Gestor de DB basado en servicios web.....	43
Figura 8. Página Web para el usuario.....	44
Figura 9. Modelo de integración por capas del Servicio.....	49
Figura 10. Proceso para ingresar a RadioServicio.....	51
Figura 11. Interfaz de Medición de Intensidad de Campo Electromagnético.....	53
Figura 12. Interfaz de Análisis de Espectro.....	54
Figura 13. Interfaz de Consulta de ERE y RNI	56
Figura 14. Interfaz de opciones de nuevo registro.....	57
Figura 15. Interfaz de Configuración de Estación.....	58
Figura A1. DFD del Gestor de Medida.....	65
Figura A2. DFD Bloque Equipos visto desde el Servidor.....	67
Figura A3. DFD del proceso de medición visto desde la Estación de Monitoreo.....	69
Figura A4. DFD del Gestor de BD.....	70
Figura A5. DFD de Almacenamiento.....	72

Figura A6. DFD para el almacenamiento de Campañas en Estación Fija.....	73
Figura A7. DFD de Consulta.....	74
Figura A8. DFD de Consulta de Campañas Fijas.....	75
Figura A9. DFD de Consulta del Tipo y Rol del Usuario, Email de Usuario Administrador y Configuración de Estación.....	76
Figura B1. Parámetros inherentes a las medición de ERE.....	78
Figura B2. Parámetros tiempo en modo programado y de control de acceso al panel ERE.....	79
Figura B3. Controles para la interacción con el resultado del ERE.....	79
Figura B4. Panel de Visualización medición ERE.....	80
Figura B5. Parámetros de tiempo en modo programado y de campo a medir RNI.....	80
Figura B6. Parámetros de control de acceso al panel RNI.....	81
Figura B7. Panel de Visualización medición RNI.....	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. MANUAL DEL DESARROLLADOR.....	64
Anexo B. IMÁGENES MÓDULO AYUDA.....	78

RESUMEN

TÍTULO: SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMETRÍA PARA LOS EQUIPOS DE MONITOREO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO *

AUTORES: Johanna Patricia Ardila Lerma, Juan Antonio Ramírez Buitrago**

PALABRAS CLAVES: espectro radioeléctrico, radiación no ionizante, equipo de monitoreo, control remoto, telemetría, internet, servicios web.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto presenta un sistema que captura a distancia y almacena la información arrojada en la medición hecha por los equipos: analizador de redes vectoriales ZVL6 en modo analizador de espectro y medidor de intensidad de campo electromagnético NBM550, permitiendo interacción a través de la web. El sistema es una herramienta de apoyo a la gestión del espectro radioeléctrico.

El sistema utiliza el internet para la comunicación entre el usuario, el sitio referenciado geográficamente donde se mide y el servidor que centraliza las mediciones y el almacenamiento de datos, mediante servicios web, para realizar el telecontrol de los equipos y la telemetría de la potencia en un ancho de banda de interés y la intensidad de campo electromagnético, en base a los lineamientos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones en cuanto a gestión de espectro. La implementación de las aplicaciones que surgieron de los requisitos de funcionamiento del sistema y la publicación en la web de la interfaz de usuario fueron hechas en el software LabVIEW. Para alojar la información generada a partir del uso del sistema se definió una base de datos soportada en PostgreSQL.

El servicio obtenido permite, mediante un navegador web, al usuario previamente registrado bajo la condición de controlar remotamente, visualizar los resultados obtenidos luego de haber especificado el tipo y modo de medición (programado o instantáneo) y configurado los parámetros inherentes a cada equipo receptor; asimismo la consulta de ellos posteriormente.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: PhD Homero Ortega Boada. Codirector: MSc(c) Cesar Camilo Rodríguez Sánchez

ABSTRACT

TITLE: REMOTE CONTROL AND TELEMETRY SYSTEM FOR THE MONITORING EQUIPMENT OF RADIO SPECTRUM*

AUTHORS: Johanna Patricia Ardila Lerma, Juan Antonio Ramirez Buitrago**

KEY WORDS: radio spectrum, non-ionizing radiation, monitoring equipment, remote control, telemetry, internet, web services.

DESCRIPTION:

This project presents a system that captures and stores remotely the resulting information in the measurement made by the equipments: vector network Analyzer ZVL6 in spectrum analyzer mode and the electromagnetic field intensity measurer NBM 550, allowing interaction through the web. The system is a tool to support to spectrum management.

The system uses the Internet for communication between the user, the geographically referenced site where it is measured, the server that centralizes the measurements and storage of data, by means of web services, to perform remote control of equipment and the telemetry of the power in a bandwidth of interest and electromagnetic field intensity in based on the recommendations of the International Telecommunication Union in terms of spectrum management. The implementation of the applications according to requirements of system operation and publication on the website of the user interface were developed in LabVIEW software. To store the information generated from the use of the system is defined a database supported in PostgreSQL.

The service obtained allows the user previously registered under condition of remote, using a web browser, visualize the results obtained after specifying the measurement type and mode (scheduled or instant) and set the parameters associated with each receiving equipment, also consulting them later.

* Thesis work

** Faculty of Physical Mechanical Engineering, School of Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering. Director: PhD Homero Ortega Boada. Co-director: MSc(c) Cesar Camilo Rodríguez Sánchez

GLOSARIO

Estación de Monitoreo Remoto: Determinado punto fijo en el que se realizan mediciones a larga distancia referentes al Espectro Radioeléctrico y Radiación no Ionizante.

ERE: Espectro Radioeléctrico, es la porción de espectro electromagnético comprendido por las ondas cuyas frecuencias son entre 3kHz y 30GHz, por las cuales se propagan los servicios de radiocomunicación.

DSN: Nombre fuente de datos (Data Source Name), por medio de este se establece conexión con una base de datos para extraer o incorporar información desde algún programa sin utilizar su propio manejador.

Gestor de Control de Estación: Bloque diseñado en LabVIEW que cumple la función de administrar todos los procesos que se generan en la comunicación y envío de información desde la Estación de Monitoreo Remoto.

Gestor de DB: Bloque diseñado en LabVIEW que cumple la función de administrar el almacenamiento de toda la información referente a la base de datos sobre el ingreso de usuario, mediciones realizadas, configuración de estación, etc.

HTTP: Protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transfer Protocol), que se encarga de definir la semántica y sintaxis para la comunicación de una arquitectura cliente-servidor de tipo web.

LabVIEW: Es el acrónimo de *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*, Software ofrecido por National Instruments que consiste en una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico.

NGN: Red de Próxima Generación (Next Generation Network), es una idea generada por la UIT describir la evolución en cuanto a la infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el fin de alcanzar la convergencia tecnológica de los nuevos servicios multimedia.

ODBC: Open database connectivity, es un estándar de acceso a bases de datos de lenguaje de consulta estructurado – SQL que permite obtener cualquier dato de estas desde cualquier aplicación.

OSI: Modelo de interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconnection), normatividad estandarizada para las tecnologías de la comunicación, se divide en 7 capas.

POSTGRESQL: es un sistema de gestión de base de datos relacional de libre distribución.

RESTful: Transferencia de Estado Representacional (Representational State Transfer) Protocolo de intercambio de mensaje para servicios web con la utilización de una interfaz simple que contiene XML y HTTP.

RNI: Radiación no ionizante, es una onda que no arranca electrones de la materia que ha sido expuesta a esta.

SGBD: Sistemas de gestión de base de datos, es compuesto por programas que permiten almacena, modificar y extraer información de las base de datos proporcionando seguridad a los mismo.

Servicio: Procesos o actividades que buscan el cumplimiento de alguna o algunas necesidades específicas de determinado sector.

Sistema: Esquema o programa que efectúa la gestión de los procedimiento básicos de un proceso informático.

SMTP: Protocolo de red basado en texto para la transferencia de correo electrónico.

Telecontrol: Proceso en el que son enviadas a distancia órdenes o indicaciones a través de un medio de transmisión, de modo que se pueda controlar remotamente algún sistema.

Telemetría: Adquisición remota de información referente a mediciones que son enviadas hacia algún operado o sistema

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la información y la comunicación encargada de regular en este sentido a nivel internacional.

URL: Localizador de recursos uniforme (uniform resource locator), es un identificador en la web, consiste en una cadena de caracteres con la cual se asigna una dirección única a cada uno de los recursos de información disponibles en la Internet.

VI: Instrumento virtual (virtual instrument), es el fichero generado con el software de desarrollo LabVIEW, consiste en un panel gráfico que a su vez permite la visualización de la lógica de programación implementada.

XML: Lenguaje de marcas extensible (eXtensible Markup Language), etiquetas que permiten definir la gramática de lenguajes específicos de Internet. Es un estándar para el intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas.

INTRODUCCIÓN

Entre la diversidad de recursos naturales que existen en el mundo, uno de ellos es invisible e inmaterial. Por eso, no posee las propiedades de peso, color u olor, pero sí es uno de los más valiosos recursos de la nación. Es el espectro radioeléctrico y representa el insumo para construir las autopistas inalámbricas de información que requieren la radio, la televisión, los satélites, los celulares, las comunicaciones con las aeronaves y los barcos, el internet móvil, etc.

Actualmente, la alta demanda que tiene el espectro radioeléctrico hace que este resulte ser cada vez más limitado. Así, se ha observado que todas las tecnologías tienden a usar comunicación inalámbrica, además, se ve un sostenido crecimiento no solo en número de usuarios sino también en el volumen de información que ellos consumen usando el espectro radioeléctrico. Pero, la problemática continúa acrecentándose por la preocupación que surge en la población debido al efecto adverso que pueda producir en la salud la radiación proveniente de las antenas. Preocupación que se traduce en protestas y oposición al despliegue de la infraestructura necesaria para elevar la calidad de las comunicaciones. De aquí surge la necesidad de crear servicios que permitan usar este recurso de la manera más racional y eficiente posible. Esto es lo que se conoce como la gestión nacional e internacional del espectro.

El grupo de investigación RadioGIS viene desarrollando soluciones que le permiten prestar asesoría y servicios relacionados con la gestión del ERE. Las mediciones juegan un papel importante al brindar los datos de soporte para el análisis y la toma de decisiones. Por esta razón, el grupo RadioGIS determinó la necesidad de desarrollar un sistema de apoyo al monitoreo del espectro bajo los siguientes requerimientos. El sistema de manera técnica debe:

- Permitir el acceso remoto a las funciones de los equipos (referencias ZVL6 modo analizador de espectro y NBM550) que se alojan en un lugar referenciado geográficamente, usando las TIC para aprovechar el potencial que tienen los mismos en adquisición de datos,

- Asegurar que el acceso a los equipos se haga a través de un computador alojado en el sitio de medición, de modo que los mismos nunca estén conectados a Internet.
- Contener una interfaz amigable para los usuarios interesados en medir la intensidad de campo electromagnético y la potencia en un ancho de banda definido, aunque limitado a las capacidades de los equipos.
- Almacenar organizadamente en una base de datos la información obtenida en cada una de las mediciones.

Como resultado del cumplimiento de los requisitos se obtuvo RadioServicio, el servicio para el análisis de utilización de espectro radioeléctrico o la intensidad de campo electromagnético mediante de una interfaz gráfica de tipo usuario embebida en un navegador web que también permite consultar los resultados obtenidos en cada medida, acceder a la ayuda que define los parámetros que se configuran para el telecontrol de cada equipo o registrar en la base de datos nuevos usuarios y antenas.

El sistema desarrollado que soporta el servicio está compuesto por: la interfaz gráfica web desde donde el usuario da las órdenes para la ejecución del servicio; la estación de monitoreo remoto integrada por los equipos de medición, las antenas y un computador encargados de la adquisición y transmisión de datos; la base de datos donde se almacena lo referente a mediciones y usuarios y un servidor web centralizador de la operación del servicio.

Las solicitudes que atiende el servicio se tratan de: consultar la ayuda que describe los parámetros hallados en la ventana de visualización de la medición; controlar remotamente para capturar datos; consultar las mediciones guardadas en la base de datos y realizar registros de nuevos usuarios y antenas. Cuando el servicio atiende un solicitud hecha por el usuario, el sistema debe realiza, en término general, el proceso descrito a continuación. Inicialmente la petición del usuario hecha desde la interfaz gráfica web es escuchada por el servidor web centralizador seguidamente y dependiendo la solicitud se realiza alguno de los siguientes procesos:

- Al consultar la ayuda: el servidor web despliega en la interfaz la ventana referente a lo que el usuario desea leer.
- Al controlar remotamente: el servidor web transmite a la estación de monitoreo remoto la información que el usuario ha configurado, es decir si analizará espectro radioeléctrico o medirá intensidad de campo electromagnético y si lo hará en modo instantáneo (actualiza los datos en tiempo real) o en programado (actualiza datos cada intervalo de captura y por cierto tiempo de medición) además de los parámetros inherentes a los equipos. En el computador de la estación es receptada la información y a su vez transmitida al respectivo equipo receptor para medir la variable indicada y capturar datos como respuesta a la solicitud de telemetría.
- Al consultar o almacenar en la base de datos: el servidor web transmite al gestor de la base de datos el nombre exacto del proceso que este ejecutará para extraer o guardar información y obtener la respuesta de la solicitud.

Mientras se ejecuta alguno de los anteriores procesos el servidor web espera a la respuesta para mostrar al usuario enviándola a la interfaz web. La transmisión y recepción de datos del sistema se realiza a través de Internet.

El desarrollo de la solución consistió en su inicio de una búsqueda de las recomendaciones de la UIT relacionadas con el tema, así se encontró en la UIT-R SM 1537 un esquema estándar para la operación de un sistema con los requerimientos anteriormente formulados. Para el intercambio de los datos entre los elementos se decidió utilizar los servicios web por la interoperabilidad que ofrecen. También se escogió a PostgreSQL para gestionar la base de datos por el soporte al modelo relacional que hace eficaz los procesos de almacenamiento y consulta de datos y a LabVIEW como el entorno de desarrollo del sistema por facilitar la programación.

Los resultados de este trabajo han llegado más allá de los objetivos propuestos ya que se dejó en pleno funcionamiento los servicios de control remoto, telemetría y teleconsulta de datos, lo cual representa un aporte a la gestión de ese recurso que brinda riqueza, seguridad, oportunidades y en general transforma al mundo.

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy es el espectro radioeléctrico (ERE) uno de los impulsores del progreso tecnológico, económico y educativo en Colombia, ya que todos los días hay nuevos usuarios de las TIC debido a los avanzados dispositivos electrónicos, los servicios móviles y los cada vez más bajos costos para su consumo. Precisamente gestionar la utilización de este recurso es el motivo que tiene RadioGIS para investigar, por medio de la línea “Servicios de Telecomunicaciones”, y como consecuencia generar soluciones de calidad, al estar basadas en las recomendaciones y las normas internacionales establecidas por la UIT.

RadioGIS tuvo la necesidad de integrar dos soluciones anteriormente desarrollados, denominados **GeoSpecScanner [3]** y **GeoRadScanner [5]**, para medir ERE y RNI respectivamente en forma local, para prestarlos en uno sólo que a través de internet realice las mismas tareas de adquisición pero en modo remoto, permitiendo el uso de estos a más ciudadanos y conservando seguro a los equipos.

Con base a lo anterior se formuló este proyecto sistema de telecontrol y telemetría de los equipos de monitoreo del espectro radioeléctrico cuyos requisitos son la comunicación remota, la centralización del control de la estación de monitoreo remoto y el almacenamiento de datos para la convergencia al modelo de integración de capas del grupo RadioGIS.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema que permita realizar el telecontrol, usando internet, de los instrumentos de medición, Analizador vectorial de redes (en modo analizador de espectro) R&S ZVL-6 y del medidor de intensidad de campo electromagnético NARDA NBM-550, basado en las recomendaciones y lineamientos del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y desarrollar la interfaz que permita controlar remotamente, a través de internet, los instrumentos de medición analizador vectorial de redes en modo analizador de espectro (R&S ZVL-6) y medidor de intensidad de campo electromagnético (NARDA NBM-550), utilizando el software de programación gráfica LabVIEW.
- Enlazar el sistema de telecontrol de los instrumentos de medición con la plataforma tecnológica de servicios de RadioGIS, para centralizar el almacenamiento de los datos y el control remoto de los equipos.
- Comprobar el funcionamiento del sistema por medio de mediciones realizadas en una estación de monitoreo piloto.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad no existe participación activa en la gestión del espectro por parte de otros actores diferentes a los organismos reguladores del dicho recurso, para el grupo de investigación RadioGIS, que cuenta con los equipos y el talento humano necesario, el monitorizar continuamente el ERE y la RNI es la principal tarea que garantiza una correcta administración del mismo.

Los procesos de apoyo para la gestión del espectro radioeléctrico y la radiación no ionizante deben estar orientados hacia el desarrollo de un servicio al que se pueda acceder en línea a través de los web services, mediante el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que permita el control remoto de los equipos el Analizador vectorial de redes en modo analizador de espectro (R&S ZVL-6) y medidor de intensidad de campo electromagnético (NARDA NBM-550), que componen la infraestructura de una estación de medición.

RadioServicio es una solución efectiva en cuanto al control, adquisición y consulta de los datos medidos remotamente, que hacen parte del gran servicio convergente al modelo integrado de las redes de próxima generación, que apoya el proceso de vigilancia del espectro radioeléctrico, garantiza el uso eficiente del mismo.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y DEL IEEE

2.1.1. RECOMENDACIÓN UIT-R SM 1537: Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro [7].

La UIT por medio de esta recomendación define los lineamientos para automatizar en diferentes modos todas las operaciones de comprobación técnica en las estaciones de trabajo. *"Un sistema nacional informatizado de gestión y comprobación técnica del Espectro integrado se basa en uno más servidores con una red, de manera que la estación o estaciones de trabajo y de clientes del sistema pueden acceder a la base de datos"* [7]. En cada estación los equipos de medición están interconectados a través de una red LAN¹ Ethernet de modo que se constituye una red WAN² con el sistema distribuido de información que implementa una arquitectura tipo cliente/servidor.

Por medio de la reducción del tiempo establecido en la detección de una frecuencia, y el personal requerido para el control de las estaciones se busca simplificar el control por parte de los administradores y consumidores del espectro, proporcionando mediciones rápidas y precisas que reduzcan tareas exigentes y se ofrezca un mejor servicio con la utilización de bases de datos y modelos que gestionen un análisis de las transmisiones no permitidas entre otras infracciones. De la recomendación se toma para la presente investigación dos de los tres modos operativos en los que se puede automatizar una estación:

Modo automático o programado: Se establecen las tareas a ejecutarse presentes o futuras en instantes específicos. Se incluyen mediciones y análisis técnicos de espectro en base a un calendario para los intervalos múltiples.

¹ Local Area Network

² Wide Area Network

Modo Básico o Instantáneo: Se determinan actividades de medición sobre la ocupación del espectro y la detección de infracciones en la recopilación de datos en determinado tiempo. El modo básico tiene menor prioridad que el automático por la continuidad de las mediciones.

Para el desarrollo de un sistema automático de gestión del espectro se debe considerar que cumpla con las siguientes especificaciones básicas:

- Acceso remoto a los recursos del sistema.
- Asignación de frecuencia y adquisición de licencias.
- Adecuada interfaz gráfica para el usuario.

2.1.2. RECOMENDACIONES DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES RESPECTO AL ALMACENAMIENTO E INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN RECOPIADA APARTIR DEL MONITOREO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La base de datos es un elemento esencial para una eficaz gestión del espectro pues asegura el almacenamiento de información a analizar y en la cual se identifica las posibles irregularidades en el uso de este inalienable y limitado recurso natural al cual todos poseen derecho. En marco del diseño de ésta se ha seguido las siguientes recomendaciones:

2.1.2.1. RECOMENDACIÓN UIT-R SM 1393. Formatos comunes para el intercambio de Información entre estaciones de comprobación técnica de las emisiones. [8]

2.1.2.2. RECOMENDACIÓN UIT-R SM 1809. Standard data exchange format for frequency band registrations and measurements at monitoring stations. [6]

De las cuales se ha extraído que las columnas de las tablas de la base de datos deberá hacer referencia a los siguientes datos:

- Información de la estación técnica de comprobación.
- Detalles de emisión como:

- Rango de frecuencia (Frecuencia Inicial y Frecuencia Final).
- Duración del Monitoreo.
- Fecha y Hora de la medición.
- Tipo de Antena.
- Detector o Tipo de Trazo.
- Número de puntos de frecuencia.
- Ancho de Banda del Filtro.
- Atenuación.
- Nivel de Referencia.
- Tiempo de Revisión.
- Tiempo de Resolución.
- Intensidad del campo, densidad de flujo de potencia o intensidad de la señal.

2.1.3. ESTÁNDAR IEEE 802

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos agrupa en el estándar IEEE 802 el estudio propio sobre Redes de Área Local y Área Metropolitana, indispensable como fundamento teórico para la investigación que ha sido propuesta en la cual se emplea la normatividad correspondiente al grupo de trabajo Ethernet (IEEE802.3).

Por encima de la capa física se encuentran las funciones asociadas a los servicios ofrecidos a los usuarios LAN, de forma general se enlistan las siguientes:

- En transmisión: ensamblado de datos en tramas con campos con dirección.
- En recepción: desensamblado de tramas, reconocimiento de dirección.
- Control de acceso al medio de transmisión.
- Interfaz con las capas superiores de control.

2.1.3.1. ETHERNET IEEE 802.3 [11]

Si una estación está transmitiendo el cable usado cumple la función de escuchar, de llegar a estar ocupado la estación espera a que se desocupe, en caso contrario la transmisión se realizaría de inmediato. Si dos o más estaciones comienzan a transmitir

simultáneamente por el mismo cableado se genera colisión en la transmisión. Todas las estaciones en colisión esperan un tiempo aleatorio y repiten de nuevo todo el proceso. Ethernet hace referencia generalmente al cable utilizado en la interconexión de los dispositivos de red.

Entre las características que se requieren para la investigación, este estándar define:

- Múltiples medios de conexión en la capa física del modelo OSI³.
- La velocidad de transmisión y formato de la trama de datos.
- Método de señalamiento de las longitudes del cableado.
- Topología Ethernet para la red de tipo LAN.

2.2. SERVICIOS WEB EN LabVIEW

Los Servicios Web son una herramienta embebida en la nube de internet, que permite la invocación de una aplicación en un destino remoto a través de estándares basados en protocolos web, son usados comúnmente para el control y automatización de dichos procesos.

A medida que se han ido agregando opciones de conectividad de red en LabVIEW para la monitorización y el control remoto, existe una tendencia en la industria y la tecnología hacia los Servicios Web. A diario se utiliza esta herramienta web sin que sea percibida, un ejemplo es el caso en que una maquina servidor se encarga de guardar los datos de ingresos, cuentas y transferencias de un cliente de determinada entidad bancaria que desea consultar toda su información a través de una página web que a la vez envía la identificación del usuario al *servidor web* para ser autenticado y pueda ser devuelta la respuesta que haya solicitado, por lo tanto es común usar este tipo de arquitectura donde se tiene:

- Un cliente web.
- Comunicación HTTP⁴ a través de la red.
- Y un servidor web que maneja peticiones y comunicación bidireccional hacia una aplicación.

³ Open System Interconnection

⁴ Hypertext Transfer Protocol

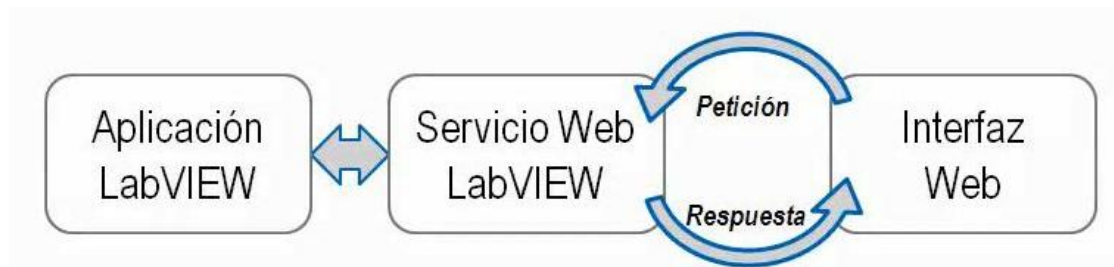


Figura 1. Arquitectura Servicio Web de LabVIEW.⁵

En la figura 1 se puede observar más detalladamente la arquitectura utilizada. Dentro de los métodos HTTP referentes a las posibles peticiones que se utilizan en la presente investigación se encuentran:

- POST: Prepara al servidor web para que reciba información enviada por parte del cliente por medio de la URL definida.
- GET: Devuelve el resultado o respuesta al cliente identificando la URL que hizo la petición.

Algunas de las ventajas en utilizar los *Servicios Web* es que proporcionan acceso remoto a la aplicación o software a controlar, a lo que ocurre en el *servidor web* y además son totalmente neutrales e independientes a nivel de lenguaje de programación y plataforma. Los Servicios Web son esencialmente una interfaz de programación de aplicaciones web que se alojan y ejecutan en un sistema remoto de modo que son accesibles por el protocolo HTTP y responden generalmente en formato XML.

National Instruments ha incorporado en su plataforma los servicios web a través del *LabVIEW Web Server* y el *LabVIEW RESTful* de la herramienta *Application Builder*.

2.3. ANTECEDENTES

Se toman dos investigaciones previas desarrolladas en RadioGIS para el despliegue que se ha implementado en el actual servicio, tanto el módulo GeoSpecScanner[3] como el GeoRadScanner[5] tienen la finalidad de comprobar técnicamente el espectro radioeléctrico y el nivel de radiación no-ionizante respectivamente, con énfasis en estaciones móviles.

⁵ Fuente <http://www.ni.com/white-paper/7350/en>

2.3.1. GEORADSCANNER

El grupo de investigación RadioGIS desarrolló en el año 2009 la *“Solución de escaneo georeferenciado de los niveles de radiación no ionizante basados en Narda NBM-520”* [5] del cual se extrae el Módulo Narda, este sincroniza, para el modo remoto, la adquisición de datos del equipo receptor, realizando los procesos de inicialización y medición del equipo Narda NBM 550 y posterior procesamiento de datos en la estación de monitoreo.

El módulo Narda atiende a la petición de comprobación de radiación no ionizante realizando las tres etapas anteriormente mencionadas que se ejecutan para:

Inicialización:

- Deshabilitar al anterior función del equipo,
- Activar el cero automático que es la calibración del equipo cada 6 minutos sin interrumpir la medición,
- Establecer la lectura en valor eficaz,
- Configurar el campo a medir y
- Activar el modo remoto del NBM.

Medición:

- Capturar y visualizar los datos obtenidos en las lecturas instantáneas.

Procesamiento de Datos:

- Obtener el valor promedio, máximo y mínimo de la colección de datos adquiridos.

2.3.2. GEOSPECSCANNER

El estudio realizado por el Grupo de Investigación Radiogis sobre *“El Desarrollo de un Servicio Basado en Localización para el Monitoreo del Espectro Radioeléctrico”* [2]. Hace referencia a un sistema enfocado a la comprobación del espectro radioeléctrico por medio de una interfaz que permite modificar parámetros de medición del analizador vectorial de redes en modo analizador de espectro (R&S ZVL-6) mediante un computador portátil.

El sistema denominado **GeoSpecScanner** que es generado en el software LabVIEW, permite la medición del espectro en una ruta específica de tal forma que se determine una cobertura de emisión, entre otras funciones. Para este caso en específico es necesario tener en cuenta parámetros propios de la variable que se medirá, a continuación se enlistan algunos: Frecuencia Inicial, Frecuencia Final, Atenuación, Tipo de Trazo, Referencia, Tipo de Filtro, entre otros (Secundarios).

Además permite el control de marcadores y trazos que facilitan el análisis de espectro. Dicho módulo hace parte del desarrollo de la interfaz de la estación de monitoreo remoto con el fin de controlar el determinado instrumento cuando este sea requerido sin importar el modo de medición

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMETRÍA PARA LA MEDICIÓN DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO E INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

En el control y monitoreo del espectro radioeléctrico se requiere de instrumentos de medición que permiten la adquisición de datos de modo eficiente, propios de la gestión de dicho recurso. Bajo lineamientos y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se desarrolla un servicio que permite el control remoto, usando la Internet, de un analizador de espectro y un medidor de intensidad de campo que componen la estación de monitoreo, por medio de una interfaz tipo usuario desarrollada en LabVIEW donde se recopilan todos los resultados obtenidos y a la vez permite la consulta de los mismos. En el presente capítulo se describe la metodología que se utilizó para definir el esquema general de funcionamiento del sistema, además de las especificaciones que cumple el mismo orientado al servicio según los requerimientos establecidos por el grupo de investigación RadioGIS.

3.1. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

En la recomendación SM-1537 de la UIT [7] se describe el modelo de integración típico de los componentes básicos para la gestión del espectro, en él se detallan los dos posibles métodos de comunicación cableada entre las estaciones de medición fija y el Gestor de control de estación. El primer método hace referencia a la conexión por medio del protocolo TCP/IP, para el segundo caso se utiliza la red de telefonía pública con conmutación (RTPC), se aclara que en la presente investigación no se incluye análisis alguno de la parte de comprobación móvil.

Estos métodos estandarizados son la base para el despliegue automatizado pero no pueden ser aplicados al Sistema planteado debido a que se busca aprovechar las características ofrecidas por los Servicios Web, por tal motivo y con el fin de cumplir dicho requerimiento de conexión inalámbrica, es necesario modificar el modelo de integración planteado en la recomendación mencionada.

Una vez identificados los recursos que componen el sistema en cuanto a equipos, hardware, software y métodos de conexión, se procede a generar un esquema general para el mismo en donde se incluye toda la estructura que se debe desplegar para su implementación. En la figura 2 se puede observar cómo están enlazados cada uno de los componentes mencionados.

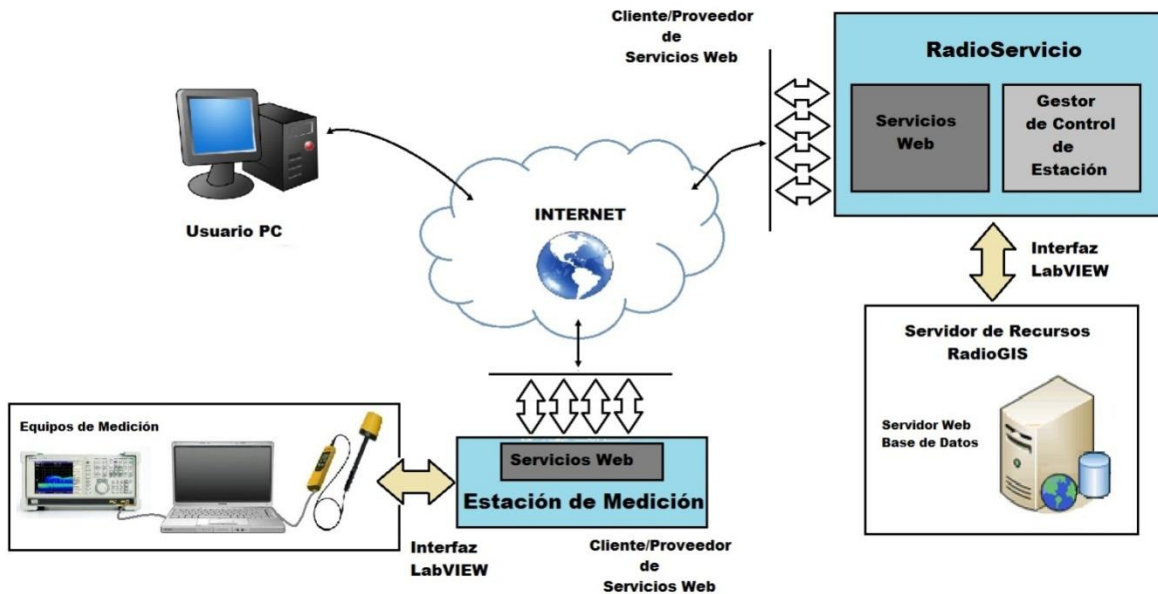


Figura 2. Esquema general del Sistema. Fuente [Autores]

El Gestor de control de estación coordina las solicitudes de medida y almacenamiento hechas por el usuario sobre el tipo y modo de medición que desee, en el caso de que se implementara más de una estación, direcciona la información referente de cada uno de los puntos a medir por medio de un identificador único con enfoque de un sistema centralizado.

3.2. ESTACIÓN DE MONITOREO REMOTO

La Estación se compone por los instrumentos receptores, las sondas asociadas a estos y el equipo de cómputo que permiten la conexión a Internet, la cual tiene cierta cobertura dependiendo de su emplazamiento, determinar su sitio implica realizar un estudio minucioso teniendo en cuenta muchos factores como la geografía, el nivel de ruido interferente, entre otros, que no es objetivo de este trabajo y tampoco se ha hecho en el

país pues la República de Colombia a través de la ACAC⁶ y la ANE⁷ realizó las convocatorias públicas 122 y 123 de 2011, para determinar el mejor sitio de estas estaciones pero quedaron desiertas. Por tanto se ha decidido que la Estación se ubique en el campus de la Universidad Industrial de Santander para sólo comprobar el funcionamiento del sistema.

El propósito de que la estación esté conectada a una red de Internet es debido al enfoque de automatización y control remoto propuesto, por ello es claro que incrementa considerablemente la eficiencia del Sistema en cuanto a operación y almacenamiento. En la figura 3 se puede observar detalladamente los equipos que componen lo que se define como Estación de Monitoreo Remoto, además incluye los módulos funcionales de control creados previamente en el grupo de investigación RadioGIS que fueron mencionados en el capítulo 2.

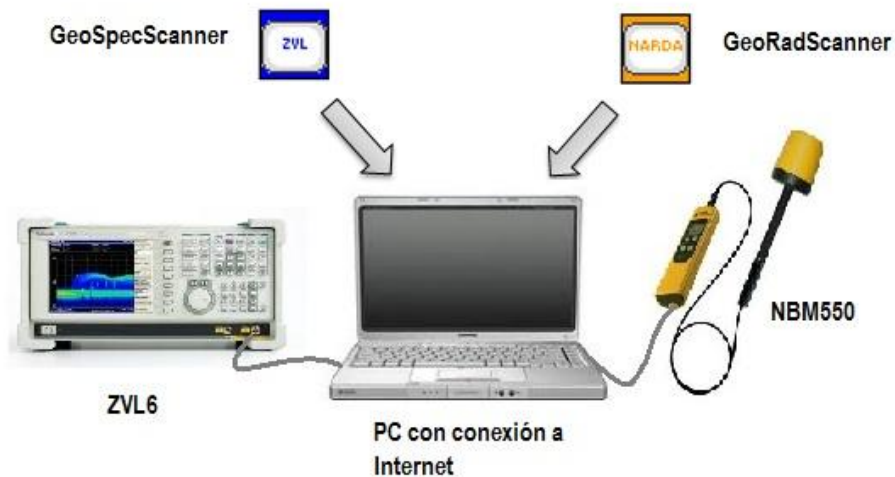


Figura 3. Componentes de la Estación de Monitoreo Remoto. Fuente [Autores]

En el computador con conexión a internet se ejecuta continuamente los dos módulos implementados en LabVIEW que controlan los equipos en modo local, el rendimiento adecuado del mismo depende de características de hardware ya que el procesamiento de datos es volumétrico.

⁶ Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia

⁷ Agencia Nacional del Espectro

El sistema que se desarrolló está orientado dentro de su potencial, a prestar solo dos funciones o tipos de medición de acuerdo al equipo controlado, que hace parte de la comprobación técnica: Análisis de espectro radioeléctrico e Intensidad de campo electromagnético. Los procesos de medición surgen al controlar, el **ZVL6** y el **NBM-550** respectivamente, asociados a los métodos o modos en los que se lleva a cabo la medida y a un proceso de registro que almacene los resultados obtenidos.

3.2.1. ANÁLISIS DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La finalidad del Analizador de espectro para el sistema propuesto consiste en recibir, procesar y conocer características propias de la banda de frecuencias que se seleccione para dicho fin, de modo que se pueda observar las emisiones de potencia dentro de dicha banda. Se hace uso de una serie de antenas que se diferencian por el rango de frecuencia en que mide. Para conseguir una mejor análisis de espectro se recomienda utilizar la antena que más converja a la aplicación a monitorear.

3.2.2. INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

El determinar la intensidad de una señal radioeléctrica o la interferencia de una emisión en cierto ancho de banda, hacen parte del proceso que define la densidad o flujo de potencia transmitida en todo tipo de comunicación. Por medio del medidor de intensidad se obtiene un nivel referente a campo eléctrico y magnético que va desde las radiofrecuencias hasta las de tipo microondas con la ayuda de sondas isotrópicas desde 5 Hz hasta 60 GHz.

3.3. MODOS DE MEDICIÓN

Debido a que el control es lo más cercano a tiempo real se definen dos modos de medición:

3.3.1. **Instantáneo:** Cumple con las funciones necesarias para proporcionar una realimentación rápida de la información correspondiente a la medición de modo que es procesada y luego visualizada en la pantalla panorámica lo más cerca al tiempo real.

3.3.2. **Programado:** Mediante la configuración de los parámetros de medida y el tiempo de medición e intervalos de captura se establecen las tareas futuras a ejecutarse en instantes específicos.

3.4. DESARROLLO DEL SISTEMA

El núcleo del sistema está compuesto por dos estudios previos desarrollados en el grupo de investigación RadioGIS, los cuales permiten el control de los instrumentos: Analizador de espectro **GeoSpecScanner** [3] y Medidor de intensidad de campo electromagnético **GeoRadScanner** [5], desde un computador utilizando comunicación por puerto de red y serial.

Con base a lo anterior e incluyendo la utilización de un servidor web, se logra dar un enfoque de sistema centralizado a la investigación la cual busca controlar remotamente los instrumentos mencionados y además que exista un registro de las mediciones realizadas siendo almacenadas en una base de datos dinámica diseñada en lenguaje SQL.

De manera que se facilite el despliegue del sistema, se generan tres módulos en los que se agrupan actividades propias de la metodología de desarrollo que fue utilizada en la investigación, se explican de manera detallada a continuación:

3.4.1. MÓDULO I. COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL ENTRE EL GESTOR DE CONTROL DE ESTACIÓN Y LA ESTACIÓN DE MONITOREO REMOTO.

Uno de los principales propósitos del sistema planteado es lograr un intercambio continuo de datos sin importar la distancia entre la Estación de monitoreo remoto y el Gestor de control de estación, por esta razón es necesario pensar en un protocolo de comunicación que ofrezca las características requeridas para este caso.

Según el Modelo OSI [16], que define el proceso global de transmisión de información, el usuario interactúa directamente con la primera y última de sus capas, la Física y la de Aplicación respectivamente, dado que esta investigación está orientada a desarrollar un sistema que ofrezca un servicio específico donde se proporcione una interfaz de interacción, es necesario que exista correlación entre los métodos que se utilizan para intercambiar datos entre aplicaciones. El conjunto de tecnologías denominado servicios web permite invocar una aplicación embebida entre una red de computadores o en la misma nube de internet, y un destino remoto soportado bajo el protocolo HTTP y el

estándar XML⁸. Con el Software LabVIEW y por medio del *Toolkit Application Builder*, se puede construir Aplicaciones basadas en la generación de Servicios Web con el protocolo de intercambio RESTful.

El proceso de comunicación entre el Gestor de Control de Estación y la Estación de Monitoreo Remoto se divide en 3 etapas encargadas de transmitir y recibir determinada información. La etapa 1 consiste en enviar los primeros parámetros configurados por el usuario, necesarios para que el VI de la Estación inicialice sus funciones según el modo y tipo de medición a realizar, de esta forma se selecciona remotamente el equipo que será utilizado en el monitoreo.

Se da paso a la segunda etapa en donde dependiendo si la medición corresponde a análisis de espectro o intensidad de campo, se despliega un respectivo panel para la configuración de parámetros propios de cada uno de los instrumentos de medida. Al igual que los primeros parámetros configurados, en esta parte del proceso se hace uso del método POST del protocolo HTTP para que se actualice el servicio web asociado a la Estación y se genere en el computador de la Estación un archivo con extensión XML que contiene la información requerida para medir. Luego de que se ha configurado el respectivo instrumento, inicia la medición y se procede a esperar el resultado de la misma que corresponde a la etapa 3.

El Gestor de control hace una solicitud de tipo GET a la Estación que continuamente reescribe un archivo con formato XML referente a los datos obtenidos, de este modo se actualiza la información para que la visualización hacia el usuario sea lo más cercana a tiempo real. En la Figura 4 se detalla el proceso de comunicación entre el Gestor de control de estación y la Estación de monitoreo remoto.

⁸ Extensible Markup Language

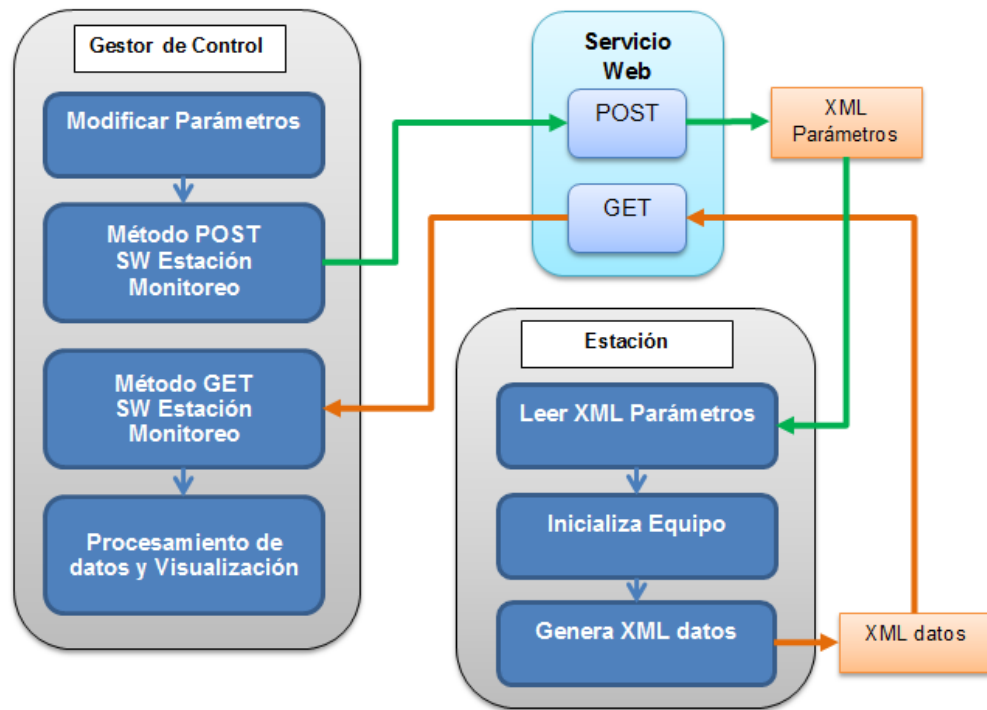


Figura 4. Proceso de Comunicación entre el Gestor de Control de Estación y la Estación de Monitoreo Remoto basado en Servicios Web. Fuente [Autores]

El proceso de comunicación puede verse truncado al no conectarse con el equipo debido a posibles fallas en la calidad de la conexión a internet o suministro de energía eléctrica para los quipos de la estación por tal motivo se incluye en el servicio un sistema de control que finaliza la medición errónea e informa al usuario administrador, por medio del envío de un correo electrónico, sobre la posible causa del error. El mecanismo se ha desarrollado con el uso de Servicios Web para la comunicación y con el *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP) de la librería de comunicación de datos de LabVIEW.

3.4.2. MÓDULO II. ADMINISTRACIÓN DE LA BASE DE DATOS

El registro de la información recopilada en las mediciones de RNI y ERE mediante el uso del sistema establecido, se realiza a través de una base de datos dinámica que no solo almacena dichos resultados sino que también permite la modificación y extracción de sus datos mediante el VI realizado en LabVIEW que se denomina *Gestor de DB* y el sistema de gestión de base de datos libre PostgreSQL. La base de datos se ha diseñado no sólo para alojar la información inherente a las mediciones, sino también de usuarios a los

cuales se les ofrece el servicio derivado de este Sistema, como se muestra en la figura 5. Su uso hace que sea una base de datos incremental de información con el tiempo, y en consecuencia que se hayan establecido relaciones entre las tablas para acceder de forma rápida y eficiente a los datos, el vínculo de éstas se realizó por medio de un campo en común ya sea en nombre y tipo de dato cuando su relación es de uno a muchos o sólo en tipo de dato cuando es de uno a uno.

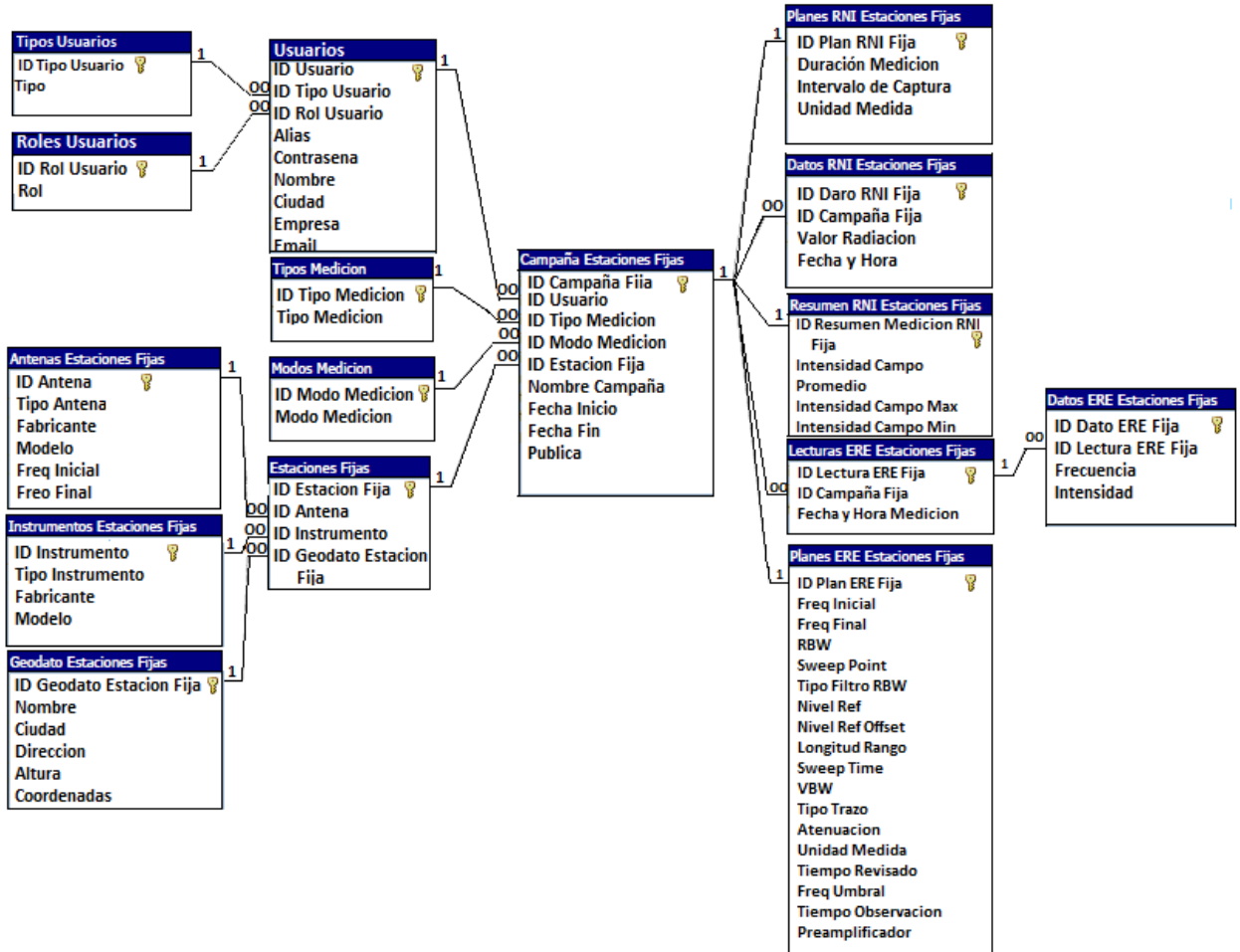


Figura 5. Modelo Relacional de la Base de Datos de RadioServicio. Fuente [Autores]

Para administrar la base de datos se estableció comunicación con PostgreSQL creando, sólo una vez, el nombre fuente de datos DSN⁹ por medio del estándar ODBC¹⁰ en el computador donde se encuentra *Gestor de DB* ya que la base de datos puede estar

⁹ Data Source Name

¹⁰ Open DataBase Connectivity. Previamente se debe instalar el controlador de ODBC para PostgreSQL

instalada en este mismo u otro computador lo cual es una característica propia del SGBD¹¹.

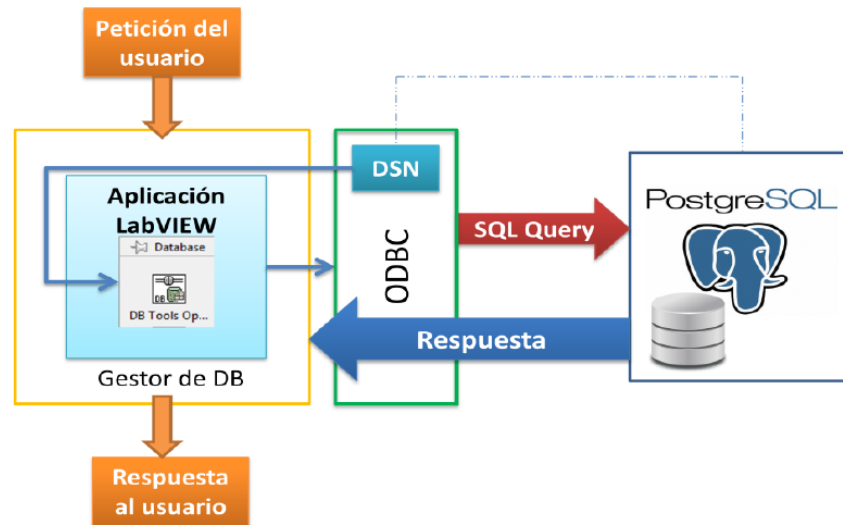


Figura 6. Funcionamiento del Módulo Administración de Base de Datos. Fuente [Autores]

El *Gestor de DB* está compuesto por los 16 procesos enunciados en la Tabla 1, uno de ellos se ejecuta después de que la variable local de control lo indique, su selección depende de la instrucción impartida por la necesidad del Usuario, parte de estos procesos se realizaron aprovechando el *ToolKit Database Connectivity* de LabVIEW para conectarse con la base de datos utilizando el DSN hecho y con este mismo, extraer o ingresar información. Muchos de estos procesos necesitan información proveniente del Usuario como entrada para producir resultados y estos a la vez entreguen determinadas respuestas tal como se muestra en la figura 6, con el objetivo de realizar este flujo de datos se recurrió a usar un servicio web. El Gestor de Control de Estación es quien consume el servicio web dispuesto para la comunicación con el gestor de la base de datos y al igual que en módulo I, se envían datos utilizando el método POST y se recibe con el método GET del protocolo HTTP, tal se enseña en la figura 7.

¹¹ Sistema de Gestión de Base de Datos

Tabla 1. Procesos del Gestor de DB.

Nombre del Proceso de Consulta	Descripción
Verificar Usuario	Comprueba que estén correctos el alias y la contraseña del usuario que desea entrar e indica el ID de usuario e ID de tipo de Usuario
Verificar Alias	Revisa que el alias a asignar al nuevo usuario esté disponible
Consultar Usuario Admin	Extrae las direcciones de correo electrónico de los usuarios registrados como administradores para enviar correo cuando se presenta un error en el Sistema
Consultar Rol y Tipo Usuario	Obtiene los registros de las tablas de Roles y Tipos de Usuarios
Consultar Campaña	Extrae las campañas públicas o propias del usuario quien consulta
Consultar Resultado Campaña	Obtiene los datos de ERE o RNI de la campaña que consulta el usuario
Consultar Configuración de Estación	Obtiene los registros de las tablas de Antenas, Instrumentos, Geodato de la Estación y la Configuración de la Estación
Nombre del Proceso de Almacenamiento	Descripción
Usuarios	Registra el nuevo usuario
Roles Usuarios	Registra un nuevo rol de usuario
Tipos Usuarios	Registra un nuevo tipo de usuario
Modos Medición	Registra un nuevo modo de medición
Tipos Medición	Registra un nuevo tipo de medición
Antena	Registra la nueva antena
Instrumento	Registra el nuevo instrumento
Geodato Estación Fija	Registra un nuevo emplazamiento de medición
Guardar Campaña Fija	Registra primero la campaña y dependiendo del Tipo, si es RNI registra PlanRNI>>DatosRNI>>ResumenRNI y si es ERE registra PlanERE>>LecturaERE y DatosERE

De este manera se ha asegurado que los datos generados a partir del uso del Servicio se guarden en la base de datos por medio de la transferencia de información entre las aplicaciones Gestor de DB y Gestor de Control de Estación gracias al empleo de los mecanismos ofrecidos en el software LabVIEW como los Servicios Web, la conectividad a base de datos y el protocolo de comunicación de datos HTTP.

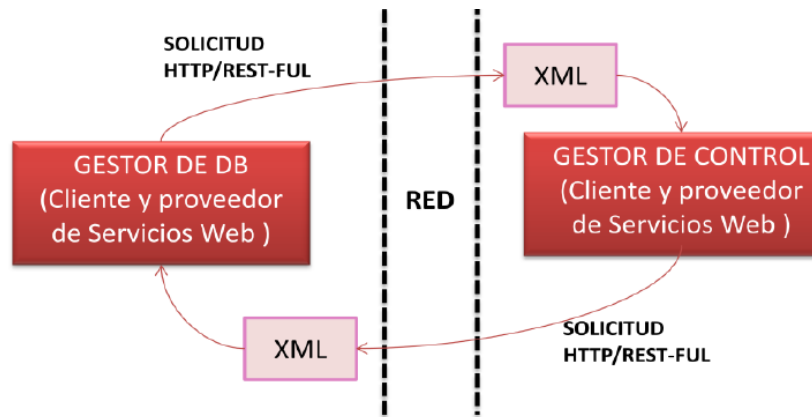


Figura 7. Transferencia de información entre el Gestor de control y el Gestor de DB basado en servicios web. Fuente [Autores]

3.4.3. MÓDULO III. INTERFAZ DE USUARIO

El proceso de desarrollo del Sistema en su etapa final requiere de una interfaz gráfica embebida en la web que esté comprendida por elementos de control, sencillos y de fácil acceso para que el usuario logre la mejor interacción con los instrumentos de medición y sus resultados.

De modo que exista convergencia entre el Sistema y el software utilizado para su desarrollo, se hace uso de la herramienta *Web Publishing Tool* ofrecida por LabVIEW que permite publicar en la web el Panel Frontal de determinado VI al que está asociado el diseño gráfico de la interfaz de usuario.

Utilizar la publicación de panel como el método visual dirigido hacia el usuario aligera enormemente la programación de la Interfaz Gráfica puesto que basta solo con ejecutar pocos pasos para desarrollar la página web con dirección URL <http://radiogis.uis.edu.co:8000/RadioServicio.html>

Para desplegar en el navegador web del computador del usuario el panel publicado es obligatorio instalar en este el Web Browser Plug-in *LabVIEW Run-Time Engine*, quien básicamente permite ejecutar el VI publicado sin necesidad de tener instalado LabVIEW, el cual es de libre distribución. Aunque entrar a RadioServicio se puede hacer desde cualquier navegador web se recomienda hacerlo desde Internet Explorer puesto que este complemento se apoya en *Microsoft .NET*



Figura 8. Página web para el usuario. Fuente [Autores]

El panel general del servicio está compuesto por una serie de sub-paneles que poseen la misma propiedad de publicación en la web que este, lo anterior es una propiedad implícita que ofrece LabVIEW y la cual se ejecuta dependiendo de la selección del programador.

El despliegue de la interfaz de usuario a través de internet se puede realizar desde cualquier parte del mundo, concediéndole al usuario de RadioServicio interactuar con este sistema y de forma segura para los equipos de monitoreo del espectro radioeléctrico hacer o consultar mediciones de intensidad de campo electromagnético y densidad de potencia para cierta banda de frecuencia.

3.5. COMPROBACIÓN DEL SISTEMA

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado se procede a revisar el cumplimiento de los requisitos propuestos y evaluar el desempeño del mismo con el objetivo de concluir satisfactoriamente el trabajo.

El sistema cumplió requerimientos con los cuales se tiene que:

- Con la interfaz gráfica que se diseñó la cual está embebida en el portal web del grupo de investigación [RadioGIS](#), detalla en el capítulo 4, el Usuario accede a la

aplicación ingresando sus datos de identificación en donde se le permite interactuar con una serie de funciones de acuerdo a la autorización según su tipo de usuario.

- Es requisito que el usuario haya definido previamente los parámetros necesarios para medir según su tipo, ya sea potencia en un ancho de banda o intensidad de campo electromagnético, teniendo en cuenta las características de la antena conectada el receptor.
- Una vez definida la configuración de la medición el Gestor de control de estación se comunica con la Estación de monitoreo remoto para verificar si existe conexión alguna entre ellos, de no ser así el mismo Sistema se encarga de informar a los usuarios de tipo administrador sobre la falla para que se lleve el debido proceso de revisión. Se hace la aclaración de que los posibles errores que ocurren son por factores tales como calibración de los equipos, calidad de la conexión a Internet o de suministro de energía eléctrica.
- Direcciona los datos resultantes de cada medida al Gestor de control de estación.
- La duración de la medición está definida según el modo de la misma, si el método de adquisición de datos es de tipo Instantáneo el usuario podrá finalizar la medida cuando lo crea conveniente, por el contrario, si es de tipo programado esta durará según las opciones establecidas por el sistema bajo la recomendación SM-1537 de la UIT [7]
- La base de datos recopila las mediciones de todos los usuarios registrando quién hizo cuál y si estas son de carácter públicas, es decir pueden ser consultadas por todos los que realicen esta petición. Pues un aporte de valor realizado al desarrollo del sistema es la consulta en formato dinámico y claro de mediciones almacenadas.

A continuación se listan las herramientas requeridas para realizar las mediciones contempladas por el sistema, especificando el punto de ubicación de los mismos:

Estación de Monitoreo Remoto (Edificio Laboratorios Pesados, Campus Universidad Industrial de Santander):

- Analizador vectorial de redes (R&S ZVL-6).
- Medidor de intensidad de campo electromagnético (NBM-550).

- Ordenador portátil que cuente con el software LabVIEW.
- Antena omnidireccional según el rango de medida.
- Antena isotrópica según el rango de medida.
- Conexión a Internet con IP estática pública.
- Suministro de energía eléctrica.
- Otros (Cable de red, cable de alimentación, conversor puerto serial a red, cableado correspondiente a los instrumentos de medición)

Gestor de Control de Estación (Edificio Laboratorios de Alta Tensión, Campus Universidad Industrial de Santander)

- Ordenador de tipo servidor que cuente con los software LabVIEW y PostgreSQL
- Conexión a Internet con IP estática pública.
- Suministro de energía eléctrica.
- Otros (Cable de red, cable de alimentación).

Punto de Control y Consulta:

- Ordenador que cuente con el complemento *Web Browser Plug-in LabVIEW Run-Time Engine* versión 2011.
- Conexión a Internet de cualquier tipo.

Al evaluar si las funcionalidades con las que cuenta el servicio se ejecutan adecuada y satisfactoriamente se ha obtenido que este:

- Permite al usuario el ingreso a la aplicación por medio del portal web del grupo de investigación RadioGIS, y una vez haya iniciado sesión, el tipo de usuario permitirá seleccionar algunas opciones cómo realizar la medición, consultar las mediciones, consultar la ayuda y hacer un nuevo registro.
- Permite la configuración de parámetros propios de cada tipo de medición, la remisión de estos a la Estación y la admisión de los mismos en los equipos mientras no haya fallas de conexión.
- Entrega los resultados correspondientes de las mediciones.
- El tiempo de adquisición de resultados es bastante cercano al real.

- Posee una interfaz gráfica de tipo escritorio, basado en la utilización de servicios web y publicación de paneles frontales.

3.6. CONCLUSIONES

Se obtiene un sistema centralizado de arquitectura tipo cliente-servidor en base a la utilización de Servicios Web que permiten el flujo de datos bidireccional entre el punto de medición y la estación de almacenamiento de información. Este desarrollo está orientado según las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) pertinentes al caso.

La comprobación del sistema permite concluir que al ejecutarse se satisface la necesidad de telecontrol y la protección de los equipos y la telemetría de la intensidad de campo electromagnético y análisis de espectro radioeléctrico y el óptimo registro en la base de datos de la información generada.

Se logra aprovechar al máximo la funcionalidad de LabVIEW en cuanto al uso de servicios web y Publicación de panel remoto. La actualización de las medidas realizadas en la interfaz de usuario se limita por el ancho de banda con el que accede a Internet y la estabilidad de las redes que se utilicen.

La conectividad entre el Gestor de control de estación y la Estación de monitoreo remoto está asociada al uso de redes de Internet que por medio de los servicios web y una respectiva IP Pública, permiten el flujo continuo de datos.

El rendimiento del sistema está asociado a variables no controlables del proyecto como la conexión y ancho de banda de internet, además de la velocidad de procesamiento del computador del usuario.

4. UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE TELECONTROL Y TELEMETRÍA PARA LA MEDICIÓN DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO E INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Se incluye en el portafolio de RadioGIS un nuevo servicio enfocado al control, adquisición y consulta de datos propios para el proceso de gestión del espectro y la radiación no ionizante en modo remoto. Por tal motivo el capítulo 4 describe el modelo de integración por capas del grupo RadioGIS[4] que ayuda a comprender la convergencia del servicio al desarrollo de las comunicaciones en Colombia, además de una descripción detallada de las funciones de lo que se denomina **RadioServicio**.

4.1. MODELO DE INTEGRACIÓN POR CAPAS

El despliegue del diseño hecho para alcanzar el objetivo fijado en este proyecto de investigación se articula al modelo de visión del grupo RadioGIS para comprender la convergencia de las comunicaciones en Colombia en cuanto a redes de próxima generación [4] tal como se ilustra en la Figura 9.

Las capas contemplan los siguientes elementos y actividades:

Sociedad: Integra los operadores de telecomunicación, la entidad de regulación nacional del espectro radioeléctrico, la universidad y los colombianos interesados.

Tecnologías de Usuarios: Contiene la instrumentación necesaria, en este caso el ZVL6, el NBM550 y un servidor, para la captura de datos.

Acceso al Medio: Se encuentra el dispositivo por medio del cual los usuarios acceden a los datos, aquí es necesaria la utilización de computadores personales conectados a internet.

Conectividad: Se realiza el enlace a la información siguiendo protocolos de comunicación como HTTP y RESTful. Para el objetivo de conectividad se han empleado servicios web.

Cloud Computing: Procesa y almacena en modo remoto la información del servicio a través de un servidor y una base de datos.

Aplicación: Es la interfaz para el usuario que se encarga del manejo de la información.



Figura 9. Modelo de integración por capas del Servicio. Fuente [Autores]

4.2. EL PROCESO DE USO

La UIT¹² ha indicado en el Manual de Monitoreo de Espectro publicado en el año 2011 que “la comprobación técnica del espectro es una de las herramientas esenciales de gestión del espectro. Las técnicas de monitoreo del espectro se desarrollan para asegurar que los parámetros técnicos y las normas para los sistemas de radiocomunicaciones se cumplan. Además la monitorización del espectro ayuda a promover la utilización eficaz del espectro radioeléctrico” [1]

Una forma de aumentar la eficacia de los sistemas de gestión del espectro es la automatización y el control remoto para la comprobación técnica de dicho recurso con las

¹² Unión Internacional de Telecomunicaciones

cuales el sistema desarrollado realiza la importante tarea de adquisición y el almacenamiento de los datos recopilados en las estaciones de monitoreo. Los equipos receptores ZVL6 y NBM550 cobijan la comprobación técnica de los servicios de radiodifusión, radiocomunicación, televisión, telefonía celular y radio satélites.

Para acceder a **RadioServicio**, inicialmente se solicita a la administración del servicio la inclusión como nuevo usuario por medio del formulario que se encuentra en el sitio web <https://sites.google.com/a/radiogis.uis.edu.co/radio-servicio/>, al ser aceptada la solicitud y dependiendo de la capacidad técnica de la persona se le asigna perfiles de usuario tipo consulta o tipo control. La autorización dada dependiendo del perfil es:

- Usuario de Consulta: consultar las mediciones públicas registradas en la base de datos bajo esta propiedad.
- Usuario de Control: realizar el telecontrol y la telemetría de los equipos de medición en modo programado e instantáneo además de la posterior consulta de estas.
- Usuario Administrador: realizar el control remoto de los equipos, la consulta de las mediciones, el registro de nuevos usuarios y vigila el funcionamiento del sistema.

Una vez hecho el registro por parte del administrador, el nuevo usuario recibe la información que le permite ingresar a **RadioServicio** en su correo electrónico.

A continuación se describe los procesos por los cuales un usuario de **RadioServicio** recorre al usarlo.

4.2.1. INGRESO A RADIOSERVICIO

Se ingresa al servicio una vez el Gestor de control de estación le haya asignado al usuario el manejo del panel principal embebido en <http://radiogis.uis.edu.co:8000/RadioServicio.html>, para lo cual es necesario activar la ejecución por medio del botón *Run*, identificado por una flecha en sentido derecho. Cuando el Gestor de control de estación no proporciona el control indica en la pantalla que este usuario ha sido agregado a la fila de peticiones de controlar del servicio y le informa un tiempo que ha de esperar para que se le otorgue debido a que ya se le ha dado a otro. Seguidamente confirma que desea ingresar, se digitan los datos

correspondientes (hace distinción entre mayúsculas y minúsculas) y se comprueba la veracidad de estos mientras se muestra el estado del proceso. El inicio sesión despliega la interfaz de opciones a las cuales puede acceder dependiendo de su tipo de usuario, tal como se indica en la Tabla 2; al haber entrado a una de ellas y elegir la opción salir se retorna al menú principal de funciones.

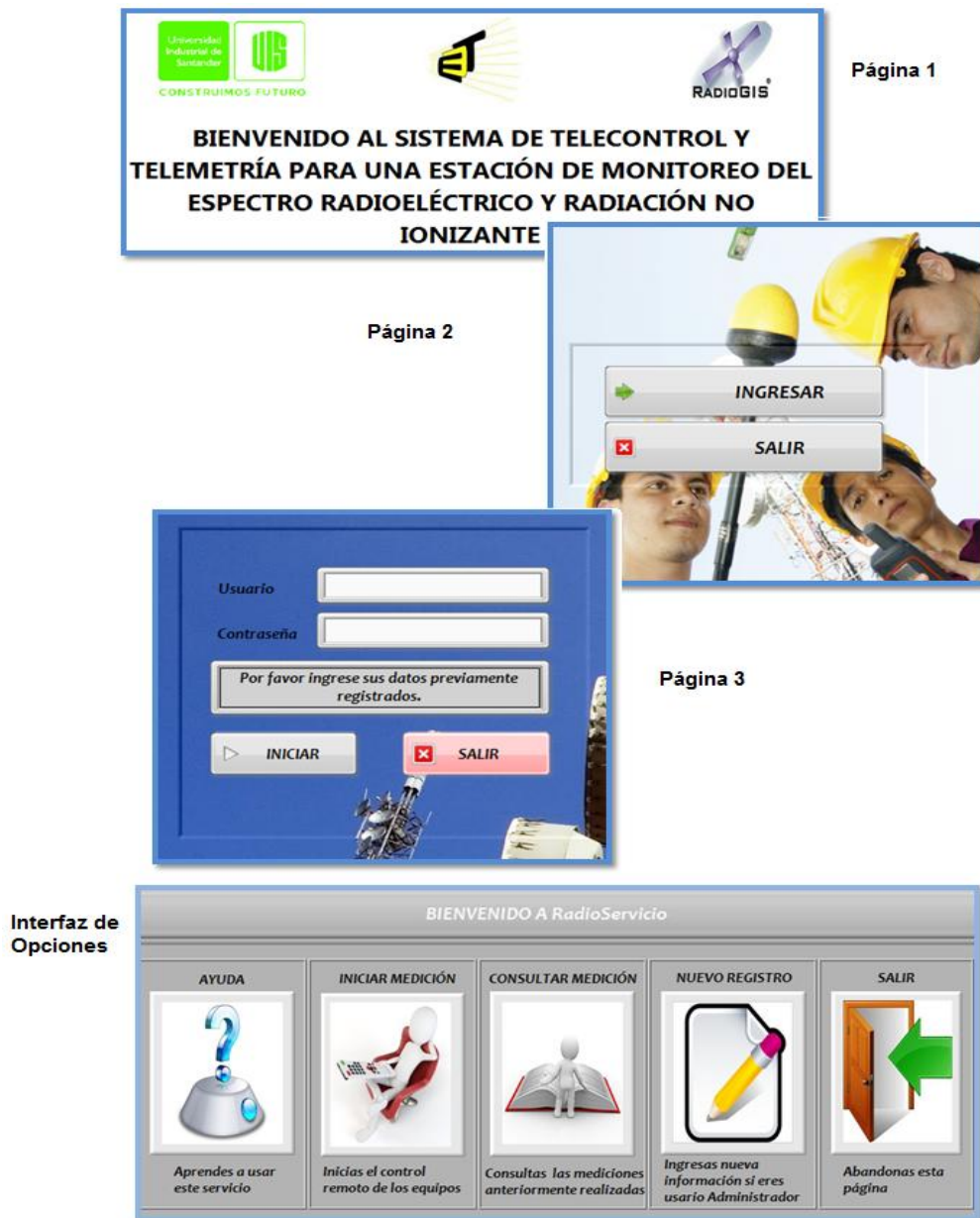


Figura 10. Proceso para ingresar a RadioServicio. Fuente [Autores]

4.2.2. OPCIONES PARA EL USUARIO

En la Tabla 2 se listan las funciones del servicio a las cuales pueden acceder los usuarios dependiendo de su tipo.

Tabla 2. Funciones del servicio según el tipo de usuario.

Tipo	Funciones del Servicio
Usuario Control	Ingresar a la ayuda
	Hacer el telecontrol de los equipos
	Consultar las mediciones
Usuario Consulta	Ingresar a la ayuda
	Consultar las mediciones públicas
Usuario Administrador	Ingresar a la ayuda
	Hacer el telecontrol de los equipos
	Consultar las mediciones
	Realizar nuevo registro

4.2.2.1. AL SELECCIONAR AYUDA

Este módulo ofrece al usuario una precisa explicación a cerca de las mediciones que hará detallándole en definiciones cada uno de los parámetros que configura en el panel de medición ya sea de ERE o RNI.

4.2.2.2. AL SELECCIONAR INICIAR MEDICIÓN

Lo primero a configurar por el usuario para iniciar la adquisición de datos es la campaña, allí indica en qué tipo y modo se hace la medición, le asigna un nombre a esta e indica si tendrá la propiedad de pública y selecciona la Estación. Recordando que el tipo de medición es RNI o ERE y el modo es Instantáneo o Programado. Dependiendo de la elección realizada se despliega la respectiva interfaz del tipo de medición y se bloquean ciertos parámetros de acuerdo al modo de monitorización.

4.2.2.2.1. DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE RNI EN MODO INSTANTÁNEO

El usuario debe seleccionar el campo a medir y luego dar clic el botón de *Inicializar Equipo* y enseguida *Continuar* para esperar respuesta, si no ha fallado el proceso de comunicación deberá recibir la información del nivel de intensidad en el lugar de la interfaz dispuesto para ello, en el caso de falla se visualiza en la pantalla el respectivo mensaje de

advertencia indicándole que salga e intente de nuevo, inmediatamente se envía advertencia de error en la Estación a quien está administrando el servicio.

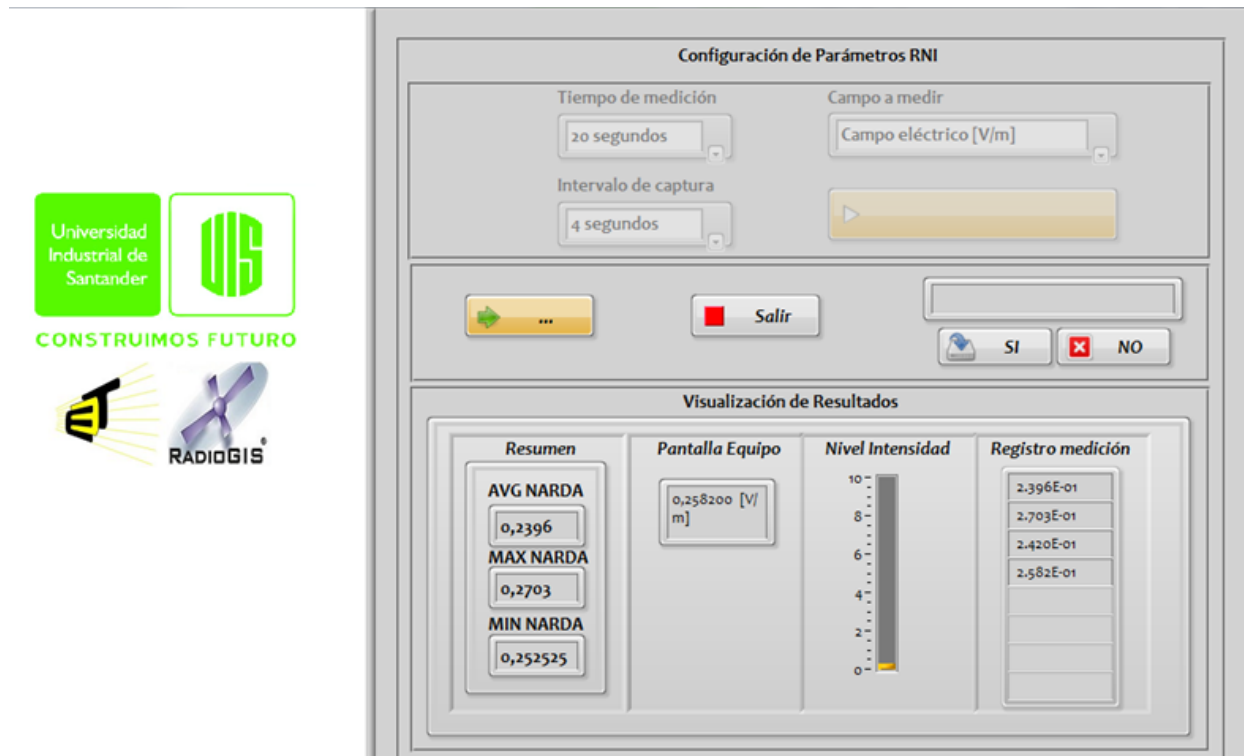


Figura 11. Interfaz de Medición de Intensidad de Campo Electromagnético. Fuente [Autores]

4.2.2.2. DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE RNI EN MODO PROGRAMADO

El usuario primero configura el tiempo de medición y el intervalo de captura de los datos del nivel de intensidad de la radiación no ionizante y sigue con el mismo procedimiento indicado en el modo instantáneo.

4.2.2.3. DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE ERE EN MODO INSTANTÁNEO

El usuario configura todos los parámetros presentes en la interfaz para hacer el análisis del espectro radioeléctrico en la banda de frecuencia indicada que depende de la sonda conectada al receptor en el momento. Hecha la configuración de parámetros oprime el botón de *continuar* y espera hasta que llegue la información resultante en el equipo de la Estación de monitoreo remoto e inmediatamente se activan los marcadores y los tipos de

trazo (Los cuales se definen en el anexo B). Cuando el usuario decida dejar de monitorizar se le pregunta si se almacena esta última medición recibida, seleccionado si se procede a hacer el envío de la información al Gestor de DB para su almacenamiento. De llegar a presentarse en el servicio alguna falla se indica al Usuario prestamente y también se le pide que salga del panel para enviar al administrador el mensaje de error.

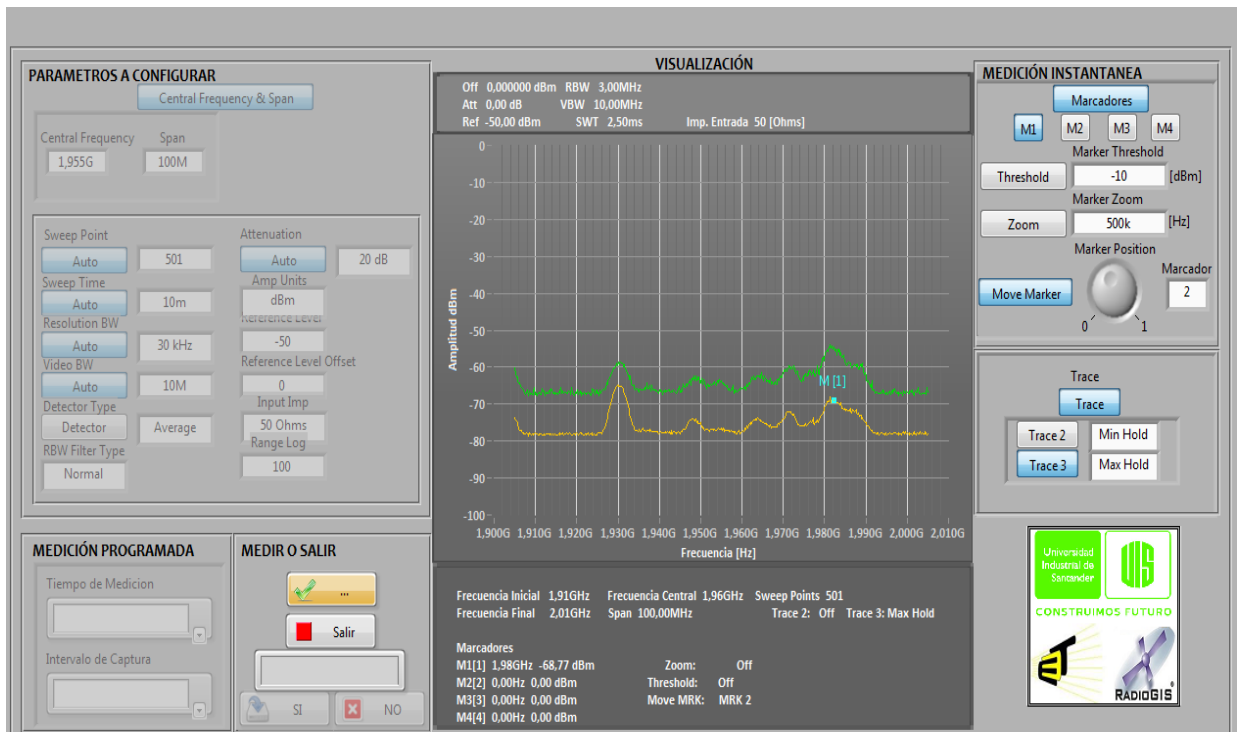


Figura 12. Interfaz de Análisis de Espectro. Fuente [Autores]

4.2.2.2.4. DESPLIEGUE DE LA INTERFAZ DE MEDICIÓN DE ERE EN MODO PROGRAMADO

Una diferencia con el modo instantáneo en la configuración de parámetros y en adición es la selección del tiempo de medición y el intervalo de captura del análisis del espectro. Una vez se reciba el primer resultado el usuario puede salir del servicio y consultar cuando este haya finalizado la medición programada puesto que la adquisición de información bajo este modo se almacena en la base de datos, aquí los marcadores y los trazos no están disponibles. Al igual que lo descrito antes en el caso de presentar una falla se le notifica al usuario administrador.

4.2.3. AL SELECCIONAR CONSULTAR MEDICIÓN

Seleccionada esta opción automáticamente se consulta en la base de datos las mediciones bajo dos condiciones las cuales son:

Si es un Usuario onsulata, se actualizan las campañas que tengan la propiedad de pública sin importar quien la haya realizado.

Si es un Usuario de Control o Administrador puede escoger que campañas actualizar si sólo las realizadas por él con el botón Propias, de lo contrario con el de Públicas.

La información entregada de las campañas está conformada por el número único de identificación ID, el nombre, el tipo y el modo de medición, la ciudad donde se realizó con fecha y hora.

Ya decidida la campaña de la cual se consultarán los datos, el usuario debe escribir el ID respectivo de la misma, dar clic en consultar y esperar el resultado.

El resultado de las campañas de RNI se entrega en un arreglo correspondiente al valor de intensidad del campo y la fecha y hora en que fue capturado el dato. Asimismo los datos de valor máximo, mínimo y promedio de toda la medición.

Mientras que el resultado de las campañas de ERE se entrega en un formato dinámico que permite la reproducción de esta adquisición como una película, el Usuario puede escoger que esta se reproduzca de modo automático o manual, además de los parámetros bajo los cuales se desarrolló la medición. Ya realizada la visualización del análisis de espectro, el usuario debe oprimir el botón de parar ya sea para realizar una nueva consulta o salir.

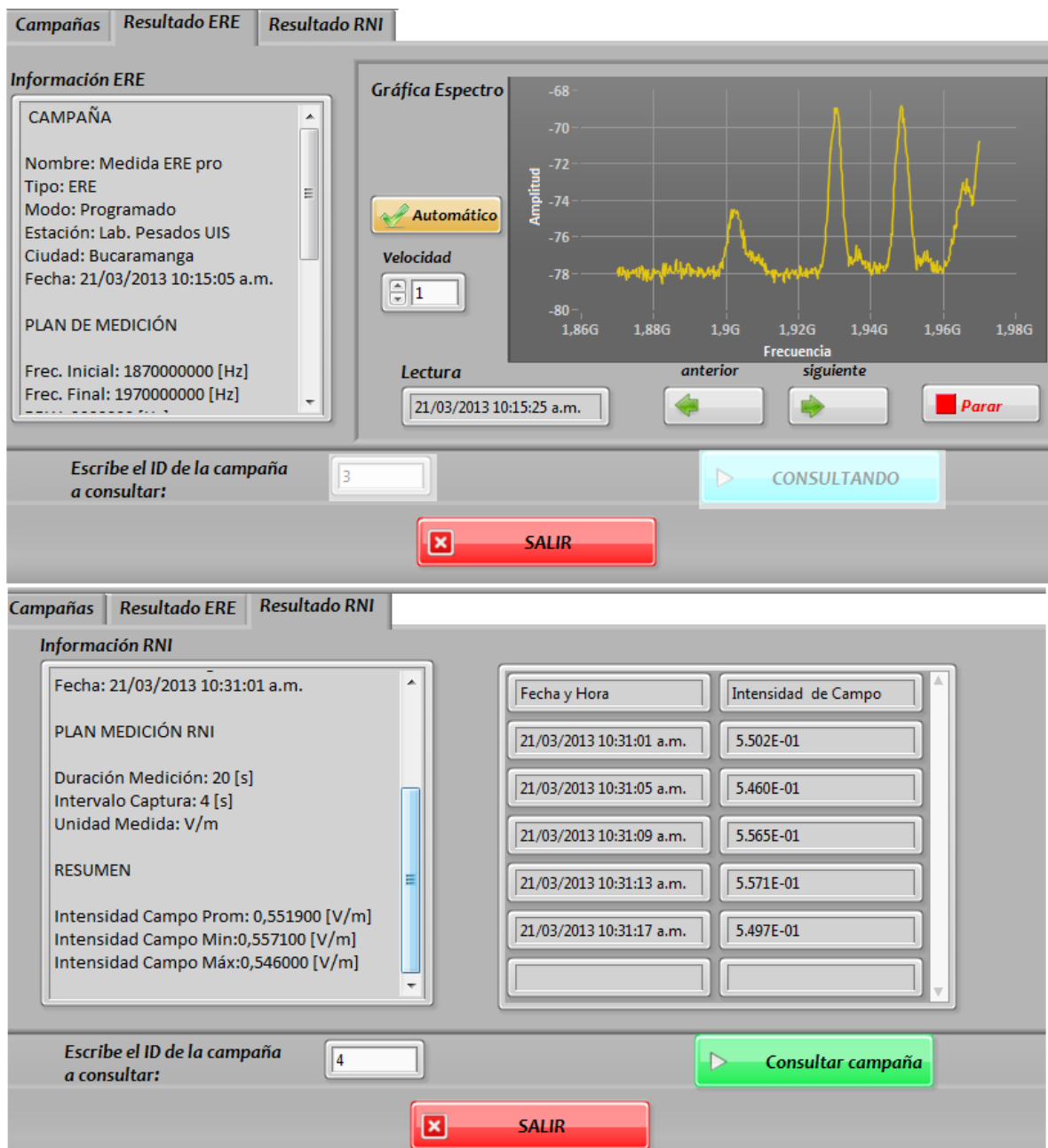


Figura 13. Interfaz de Consulta de ERE y RNI. Fuente [Autores]

4.2.4. AL SELECCIONAR NUEVO REGISTRO

Esta opción sólo está disponible para el usuario administrador, los registros que puede llevar a cabo son:



Figura 14. Interfaz de opciones de nuevo registro. Fuente [Autores]

4.2.4.1. REGISTRO DE NUEVO USUARIO

Al iniciar este tipo de registro se confirma la disponibilidad del alias a asignar, se digitan todos los datos del usuario, se almacenan al dar la orden de guardar y confirma la aceptación de la solicitud del usuario al enviarle un correo electrónico con información del alias y la contraseña.

4.2.4.2. REGISTRO DE NUEVO TIPO DE USUARIO, ROL DE USUARIO, TIPO DE MEDICIÓN Y MODO DE MEDICIÓN

Estos registros se hace en interfaz distintas pero el procedimiento se hace de igual manera. Al iniciar se digita el nombre a almacenar, luego se le indica que almacene al darle la opción de guardar y se espera que el sistema confirme el registro indicándolo en el panel.

4.2.4.3. REGISTRO DE NUEVA CONFIGURACIÓN DE ESTACIÓN

Esta opción le permite al administrador consultar los instrumentos receptores, las antenas y los emplazamientos asociados a la estaciones de monitoreo remoto así como la configuración de ellas, es decir saber cuál antena se conecta a cual receptor que se encuentra en que estación. Cada uno de las tablas anteriores se le puede hacer, también, un nuevo registro en base de datos, estos registros se hacen de manera similar a los enunciados anteriormente.

Es importante la acción que realiza el administrador al actualizar la configuración activa de la Estación de monitoreo remoto inmediatamente después de haber cambiado la antena en el receptor ya que ésta es relacionada al almacenar una campaña hecha por los usuarios. Esta información se puede consultar, modificar y guardar en la interfaz de nueva configuración de estación.

The interface is divided into four main sections:

- Antenas:** A table with columns ID, Tipo, Fabricante, Modelo, Freq Inicial, and Freq Final. It contains three rows of antenna data.
- Instrumentos:** A table with columns ID, Tipo, Fabricante, and Modelo. It contains two rows of instrument data.
- Estaciones:** A table with columns ID, Nombre, and Ciudad. It contains one row of station data.
- Configuración de las Estaciones:** A table with columns ID, IDAntena, IDInstrumento, and IDestación. It contains three rows of configuration data.

At the bottom of the interface, there are three main buttons: **ACTUALIZAR** (refresh), **Configuración Activa de las Estaciones** (active configuration), and **SALIR** (exit).

Figura 15. Interfaz de Configuración de Estación. Fuente [Autores]

4.3. SALIDA DE RADIOSERVICIO

Para cerrar las ventanas abiertas mientras ha avanzado un procedimiento se hace siempre con el botón que indica salir dentro del área de desarrollo, si este está bloqueado debe esperar a que vuelva a estar activo puesto que se está realizando el proceso de la orden anterior impartida. El orden de cerrarlas es inverso a cómo se abrieron, es decir la primera que se desplegó será la última en cerrar y la última en haber sido abierta será la primera.

Si no se está utilizando el servicio siempre se debe cerrar la ventana del navegador web con el que accedió a él.

4.4. CONCLUSIONES

Con el servicio que se ha implementado se logra el control remoto de los equipos ZVL6 (modo Analizador de espectro) y NBM550, y la telemetría de: Potencia en un determinado ancho de banda e Intensidad de campo electromagnético, con el fin de adquirir y almacenar datos propios de la gestión del espectro radioeléctrico en dos diferentes modos y tipos de medición.

RadioServicio tiene la característica de responder peticiones hechas por el Usuario en tiempo cercano al real a través de una interfaz sencilla para el control de las funciones establecidas y la respectiva visualización de los resultados.

La implementación de la interfaz gráfica limita a que el sistema sea utilizado por un solo usuario a la vez debido a las características del software en el que se ha desarrollado.

El servicio obtenido es concordante con el avance de las comunicaciones de acuerdo al modelo de integración por capas implementado por el grupo RadioGIS.

5. CONCLUSIONES FINALES

A nivel de Latinoamérica, Colombia es un pionero en la implementación de las telecomunicaciones, por tal motivo está obligado a apoyar las investigaciones que generen soluciones a la gestión, vigilancia y control del espectro radioeléctrico. El desarrollo de este proyecto aportó de manera significativa un nivel de automatización al proceso de diseño del servicio de gestión y comprobación técnica del espectro haciendo la adquisición efectiva y el almacenamiento seguro de datos de las estaciones de monitoreo remoto de modo estandarizado al seguir los lineamientos y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

El servicio presentado no es completamente convergente a modelo de red de próxima generación debido a que el despliegue de la actual interfaz de usuario está restringido a un único sistema operativo. La forma de mejorar esta situación es a través de la implementación de la interfaz de usuario en un ambiente totalmente web.

El sistema actual puede ser adaptado a una configuración distribuida de estaciones de medición que conserven el mismo propósito, para brindar cobertura en el territorio nacional siendo una fuente de información veraz en cuanto a análisis de espectro radioeléctrico y de intensidad de campo electromagnético.

6. RECOMENDACIONES PARA TRABAJO FUTURO

Siguiendo el propósito de obtener un sistema nacional de gestión para el espectro radioeléctrico se recomienda:

- Complementar el sistema actual con una investigación que realice el procesamiento y análisis de los datos para comprobar técnicamente el uso del espectro Radioeléctrico según los lineamientos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones con el fin de cumplir el propósito del servicio de gestión de dicho recurso.
- Aunque la interfaz gráfica de usuario cumple las funciones para la que se ha implementado, se aconseja realizar mejoras a esta en otra plataforma de diseño de páginas web que permita el consumo del servicio web generado a partir **RadioServicio** sin que exista limitación alguna según el sistema operativo del computador de control.
- En la parte de infraestructura en cuanto a la elección, adquisición e instalación de los equipos requeridos para el mejoramiento de los componentes de una estación de monitoreo remoto, se recomienda realizar un estudio propio de los fabricantes y características de dichos instrumentos de medición ofrecidos en la actualidad para tal propósito.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Handbook Spectrum Monitoring. Edición 2011. Ginebra-Suiza. Radiocommunication Bureau, 2011.
- [2] PÁEZ C., Deisy, SOTO A., Martín, ORTEGA B., Homero; Desarrollo de un servicio basado en localización para el monitoreo del espectro radioeléctrico, Trabajo de grado Ingeniería Electrónica. Bucaramanga-Colombia: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, 2011
- [3] QUINTUÑA R., Verónica, FIGUEROA O., Edgar; Mapa de Control del Espectro Radioeléctrico, Trabajo de grado Ingeniería Electrónica. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Ingeniería Electrónica, 2010.
- [4] LEAL G., José, ORTEGA B., Homero; Modelo para el desarrollo de servicios basados en localización en las condiciones de Colombia con la visión de las redes de telecomunicaciones de próxima generación, Trabajo de grado Maestría en Ingeniería, Bucaramanga-Colombia: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, 2009.
- [5] RODRIGUEZ S., Cesar, MUÑOZ S., Sergio, ORTEGA B., Homero; Solución de escaneo georeferenciado de niveles de radiación no ionizante basado en NARDA NBM-520 (GeoRadScanner), Trabajo de grado Ingeniería Electrónica. Bucaramanga-Colombia: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, 2009.
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Recomendación UIT-R SM.1809. "Standard data exchange format for frequency band registrations and measurements at monitoring stations", 2007.
- [7] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Recomendación UIT-R SM.1537. "Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro", 2001.
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Recomendación UIT-R SM.1393. "Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro", 1999.

- [9] QUIROZ, Javier. El modelo relacional de base de datos. Boletín de Política Informática Núm. 6, 2003. Disponible en: http://umad.zapatolibre.com/moodle_files/Articulo%20-%20El%20modelo%20relacional%20de%20bases%20de%20datos%20-%20Codd.pdf [Consultado en noviembre de 2012].
- [10] Web Services in LabVIEW. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/7350/en>, [consultado abril 24 de 2013].
- [11] IEEE Standard for Information technology, Section Five, “Ethernet Network – IEEE 802.3”, 2008.
- [12] Discusiones sobre Productos NI. Enviar email vía protocolo SMTP. Disponible en: <http://forums.ni.com/t5/Discusiones-sobre-Productos-NI/Enviar-email-via-protocolo-smtp/m-p/1454680/highlight/true#M15126> [consultado en febrero de 2013]
- [13] ROHDE & SCHWARZ, Guía rápida Analizador de Espectro R&S FSL. Disponible en: http://www.rohde-schwarz.es/file_3521/Quick%20Start%20Guide%20FSL%20Spanish%20v3.pdf, [Consultado julio de 2012]
- [14] Narda Broadban Field Meter NBM-550, Operating Manual, Disponible en: http://www.narda-sts.de/fileadmin/user_upload/literature/high_frequency/OM_NBM550_EN.pdf, [Consultado julio de 2012]
- [15] Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia – ACAC, Convocatoria pública no. 123-2011: Para contratar una persona jurídica que realice los estudios para establecer los mejores emplazamientos para la instalación de estaciones de monitoreo remoto, que tengan la mayor cobertura en las diez ciudades o áreas metropolitanas indicadas por la agencia nacional del espectro. Disponible en: http://acac.org.co/CONVOCATORIAS/2011/123/TERMINOS_REFERENCIA.pdf [consultado en noviembre de 2012]
- [16] Modelo OSI, Disponible en: http://blyx.com/public/docs/pila_OSI.pdf [Consultado en abril de 2013]

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DEL DESARROLLADOR

La finalidad con este manual del programador es la de recoger de manera detallada información acerca de las herramientas y procedimientos utilizados para el desarrollo del Sistema planteado, así como de su estructura. El propósito es orientar a futuros desarrolladores para mejorar y agregar funcionalidades referentes a la automatización de la gestión y comprobación de espectro radioeléctrico.

CONSIDERACIONES GENERALES

La estructura del sistema de telecontrol y telemetría propuesto para los Instrumentos: Analizador vectorial de redes (R&S ZVL-6 en modo analizador de espectro) y Medidor de intensidad de campo electromagnético (NBM-520), está compuesta principalmente por la utilización de servicios web que permiten la interoperabilidad entre aplicaciones de software sin importar la plataforma utilizada. En el contexto de los servicios web el protocolo HTTP es utilizado para la transferencia de la mensajería de tipo XML a través de la red para cualquiera de los nodos del sistema.

En base a su lenguaje de programación visual gráfica y a la facilidad de uso, se elige el software de desarrollo LabVIEW ofrecido por National Instruments, para la implementación del sistema. Permite la construcción de Virtual Instruments con funcionalidades propias de los Servicios Web que bajo los principios del protocolo REST que es utilizado comúnmente para definir una interfaz de transmisión sobre HTTP.

Debido a que es un software *Open Source* y que cuenta con las herramientas adecuadas para el proceso de desarrollo, se utiliza el sistema de gestión de base de datos PostgreSQL como medio para diseñar un modelo único de almacenamiento de la información.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA

En el planteamiento del desarrollo se definieron tres módulos en donde se agrupan diferentes actividades propias del Sistema y que además permiten detallar la estructura de acuerdo a dichos conjuntos. A continuación se definen los procesos principales que componen dichos módulos.

Proceso de Configuración de Parámetros, Medición de las Variables, Visualización de los Resultados.

Este proceso hace parte del módulo I correspondiente a la comunicación entre el gestor de control y la estación de monitoreo remoto. El propósito inicial es permitir que el Usuario pueda configurar parámetros referentes al Nombre de Campaña, Estación, Modo y Tipo de Medida con el fin de preparar los instrumentos para la medición.

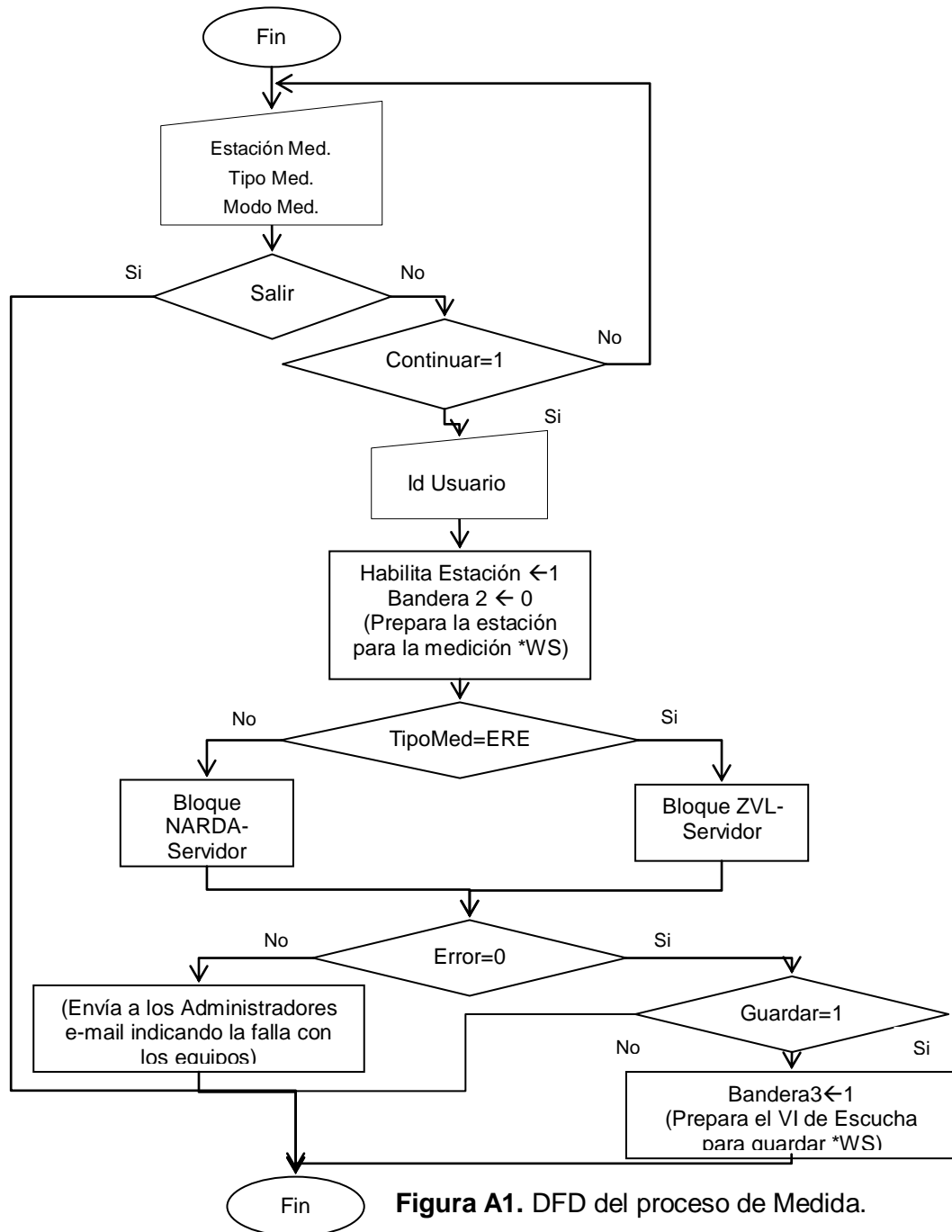


Figura A1. DFD del proceso de Medida.

En esta parte del sistema los servicios web son utilizados como habilitadores o banderas que indican el cambio de los parámetros previamente mencionados de modo que se inicie

el proceso y pase por cada una de las etapas definidas. La figura 16 corresponde al diagrama de flujo general del proceso de medición.

Al ejecutarse la primera etapa el proceso de medida espera a que la estación envíe un código asociado a los posibles errores que se presenten, de llegar a ser diferente de cero indicará que se generó alguna falla con los equipos e informará a los administradores por medio de un e-mail que incluye la información referente al caso. De no presentarse ningún problema, se procede a configurar los parámetros de acuerdo al tipo de medición que se halla elegido, tanto para espectro radioeléctrico como para Intensidad de campo existe un panel que contiene las variables de configuración.

En la figura 16, se puede observar que el proceso se divide de acuerdo al tipo de medida, estos bloques representan la agrupación de actividades correspondientes a la configuración de los parámetros y visualización de los resultados obtenidos según la medición correspondiente.

La comunicación no solo se hace entre en Gestor de control y la Estación sino que también se hace con la Base de datos con el fin de agregar cierto grado de autonomía por medio de Servicios Web al proceso de almacenamiento de los resultados. Para que el envío de los parámetros en formato XML sea lo más sencillo posible por medio de los métodos HTTP, los datos se agrupan en *Clusters* de tipo *String* o *Cadena* propios de LabVIEW, generando un solo mensaje que incluye toda la información requerida para la configuración de los instrumentos. En cada uno de los paneles mencionados hay tres botones claves (Continuar, Guardar, Salir) con diferente funcionalidad, que definen las etapas del proceso de medición.

En el caso de *Continuar* con la medida, se utilizará otra Bandera que indica que ya se han configurado todos los parámetros requeridos, simultáneamente la Estación espera el cambio para habilitar las funciones de los equipos, de esta forma existe sincronización para que al momento de recibir los datos sean coherente con el tiempo y la última configuración hecha.

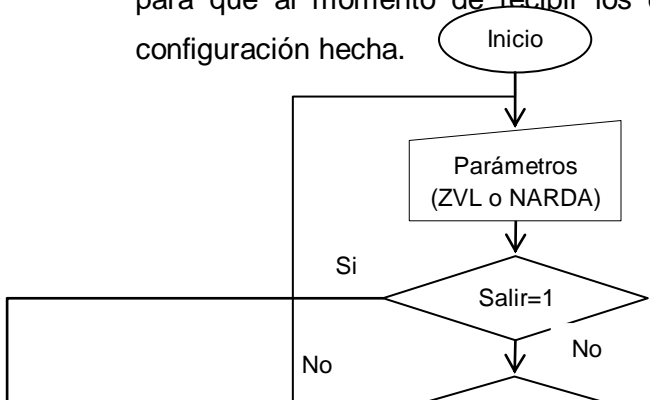


Figura A2. DFD Bloque Equipos visto desde el Servidor.
Con ayuda de la figura 17. Se detalla por medio de un diagrama de flujo el proceso que se lleva a cabo a nivel de Servidor para cada uno de los equipos a controlar.

Con el modo de medición *Programado*, la estación informará al gestor de guardar cuando ya se haya finalizado la medida de modo que permita que el Usuario salga del panel de visualización antes de que termine el tiempo asignado para recopilar los resultados. En el caso de que la medición sea de modo *Instantánea* y de tipo *ERE*, se podrá acceder a las funciones de *Marcadores* y *Trazos* por medio del manejo nuevamente de Servicios Web que están asociados al proveedor Estación.

Para lograr la conexión entre el Gestor de control y la Estación de monitoreo se cuenta con dos IP públicas de diferente red de internet que permiten el uso eficiente de los Servicios Web a nivel de mensajería de tipo XML.

El proceso de medición visto desde la Estación de monitoreo remoto, se ejecuta de manera correcta y sincronizada gracias al uso de las banderas o habilitadores ya mencionados. En la secuencia de la estructura del sistema en sitio se identifican tres pasos a seguir para su adecuado funcionamiento, el primero corresponde a que la Estación lee continuamente los archivos con formato XML que son generados por la recepción de los mensajes denominados *Habilitador* y *Bandera*, de esta forma se lleva el control de qué parámetros ya han sido configurados.

El siguiente paso hace referencia a la conexión del controlador remoto con el equipo por medio de los correspondientes puertos seriales, de no conectar se indicará un código de error que contempla las posibilidades de la falla y es enviado al Gestor de control para truncar la medición. Esta comunicación con el equipo permite que se ingresen los parámetros que previamente fueron configurados por medio de la lectura del respectivo XML que contiene dicha información.

Una vez el instrumento se ha iniciado y sin importar el modo de medición, reescribe determinado número de veces otro archivo también con formato XML en el que se incluyen los datos obtenidos de la medida y el cual es enviado al Gestor de Control por medio del método GET de HTTP. Por último para que el Sistema de la Estación quede nuevamente en modo *Stand-by*, se espera a que el instrumento que esté en uso finalice la medida para luego deshabilitar las banderas iniciales y dar fin a la medición. El proceso de la Estación de Monitoreo está explicado en el diagrama de flujo de la figura 18.

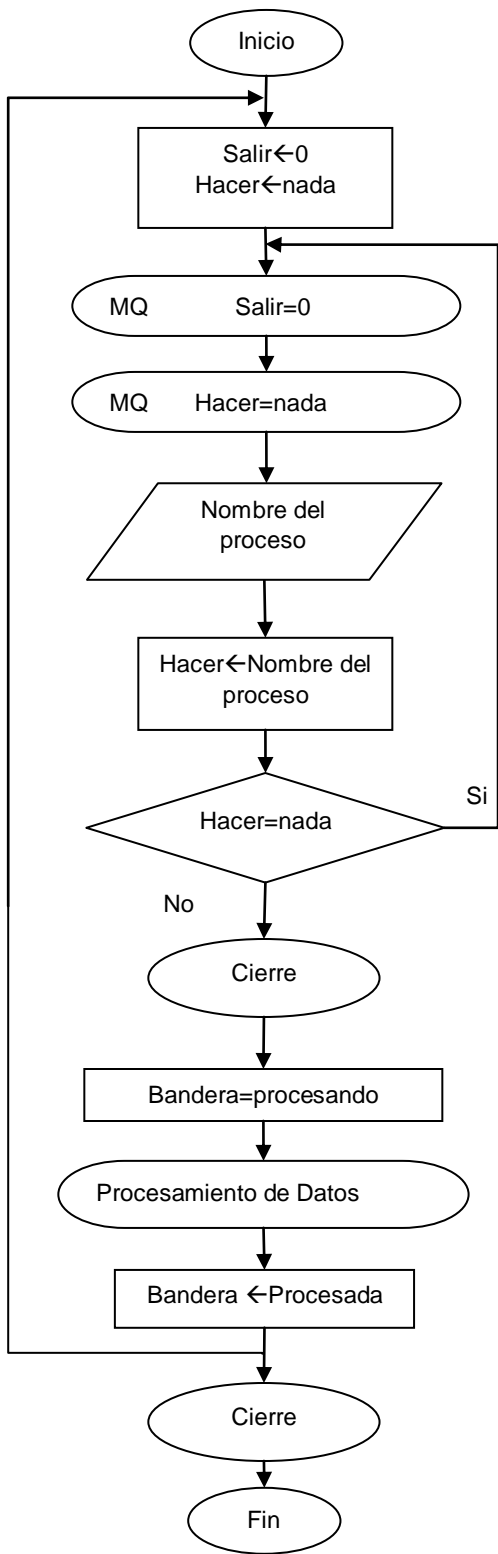


Figura A4. DFD del Gestor de BD

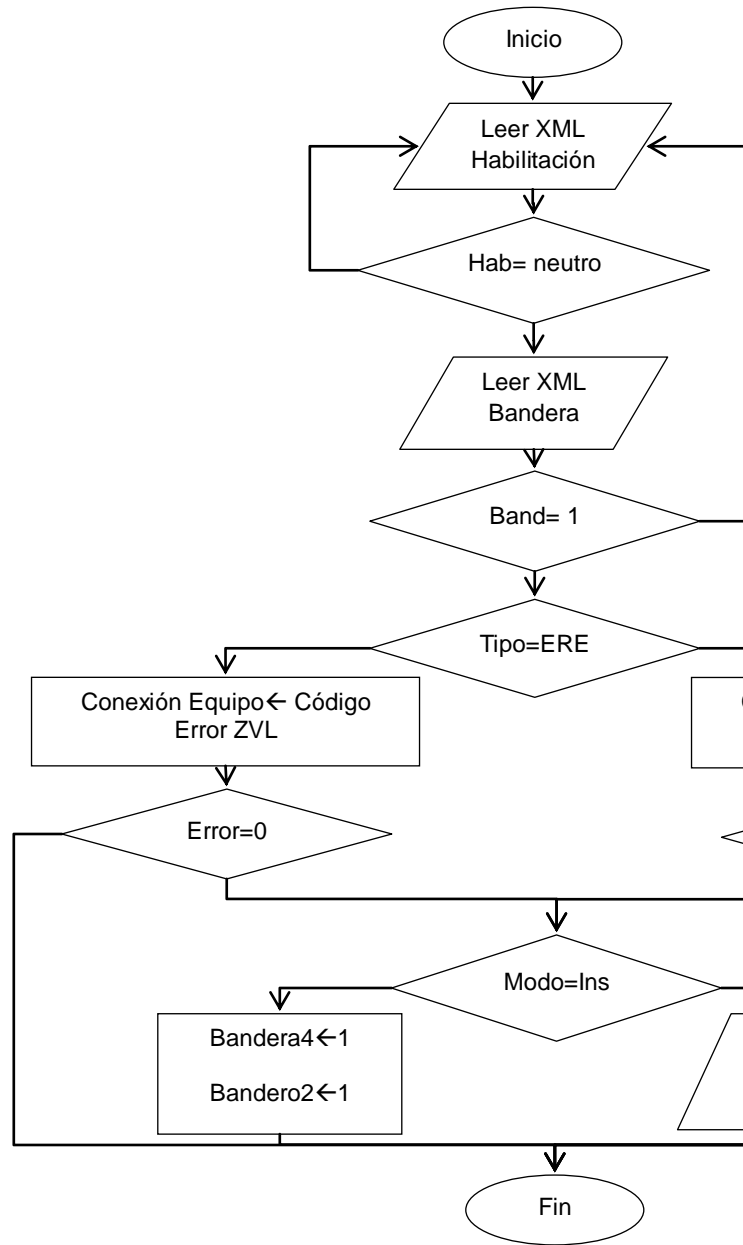


Figura A3. DFD del proceso de medición visto desde la Estación de Monitoreo.

Proceso de flujo de datos del gestor de

base de datos

El Gestor de DB cumple la función de escuchar continuamente mientras no se le solicite ejecutar algunos de los procesos asociados a la consulta y el almacenamiento de información en la base de datos, o bien no se le dé la orden de detener su ejecución (para un óptimo funcionamiento del sistema éste VI debe estar corriendo todo el tiempo).

La escucha se hace por medio de la lectura del archivo **EscuchaDB.xml**, la asignación a *Hacer* del nombre del proceso extraído de este, el cual ha sido escrito consumiendo el servicio web de la base de datos por el Gestor de estación según la indicación del usuario, y la comparación de *Hacer* con su valor inicial *Nada*, es decir, si son iguales aún no se le ha pedido que realice alguna de sus funciones y la escucha sigue activa, de lo contrario la cierra y empieza el procesamiento de los datos.

Antes de iniciar la ejecución del proceso se levanta la bandera de ocupado al darle el valor de *procesando* y una vez finalizado se baja con *procesado* con lo cual se le indica al Gestor de estación que ya está lista la respuesta para el usuario y puede hacer la petición para recibirla. Aquí el gestor vuelve a inicializar variables y esperar de nuevo la orden de ejecución.

El Procesamiento de Datos

Básicamente se realiza dos tipos de procesamiento de datos los cuales son:

1. Almacenamiento de un nuevo registro
2. Consulta de uno o más registros

El diagrama de flujo que caracteriza los siguientes procesos de nuevos registro es el DFD de Almacenamiento de la Figura 19.

- Usuario
- Tipo de usuario
- Rol de usuario
- Tipo de medición
- Modo de medición
- Antena
- Instrumento
- Geodato de Estación Fija de Monitoreo
- Configuración de Estación Fija de Monitoreo

Datos para los procesos de Almacenamiento

El almacenamiento de un nuevo registro empieza leyendo los datos dispuestos en el archivo **DatosMonitoreo.xml** por el Gestor de estación una vez ha sido indicado por el usuario los cuales son asignados a la correspondiente variable local del proceso.

Antes de hacer el almacenamiento consulta el último número identificador (ID) asignado en la tabla a la cual irá este nuevo registro para incrementarlo uno, luego adecua los datos según el tipo y el orden estipulado en la base de datos e inmediatamente los ensambla en un *cluster* para conectarlo a la entrada del bloque de inserción de nueva fila e inicializar el almacenamiento.

Una vez ejecutado el ciclo de almacenamiento se obtiene una respuesta de este acerca de su estado la cual es escrita en el archivo **ResultadoMonitoreo.xml** a través del cual se le informa al usuario que hizo la solicitud si se realizó óptimamente.

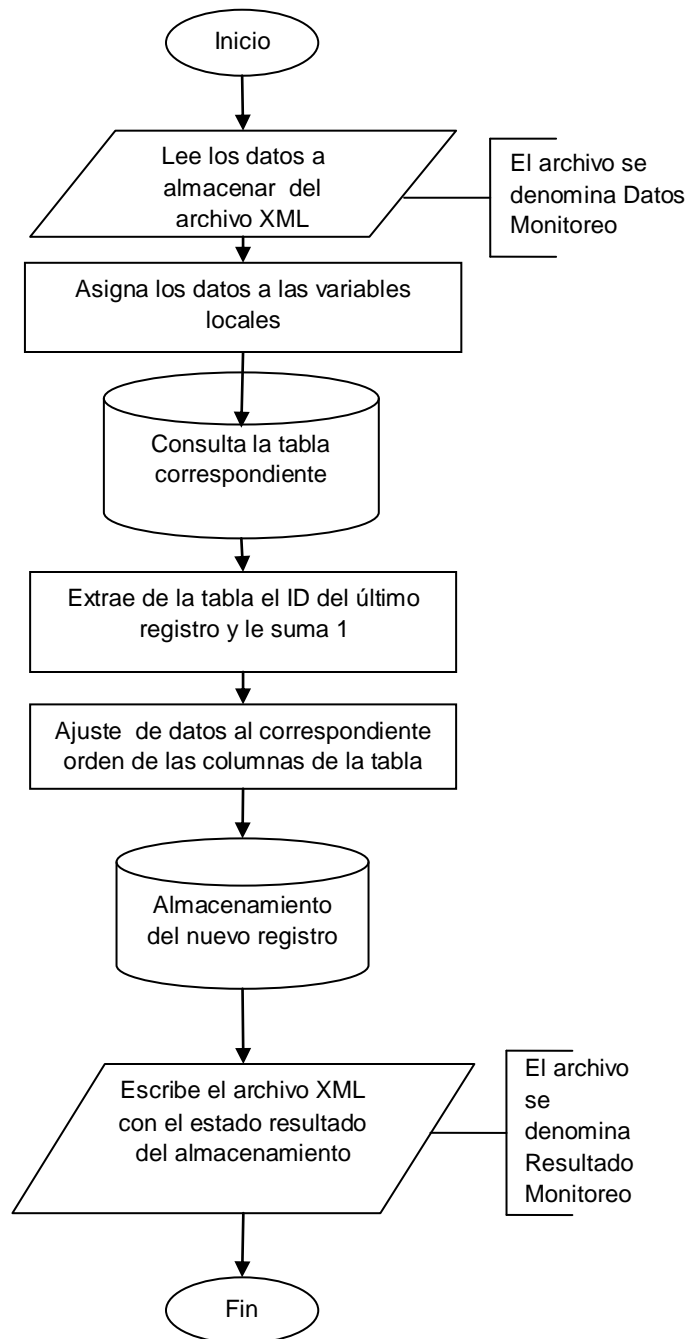


Figura A5. DFD de Almacenamiento

Datos para el proceso de Almacenamiento de Resultado de Campaña

El almacenamiento de una nueva campaña inicial con la lectura de todos los datos a almacenar correspondientes a la campaña, al plan y a los datos de RNI o ERE, los cuales los organiza asignándolos a la respectiva variable local.

Cómo una campaña es RNI o ERE primero almacena esta nueva fila y si lo ha hecho bien dependiendo del tipo de medición los procesos consecuentes se inician y una vez hechos se escribe el archivo XML con los estados de estos registros.

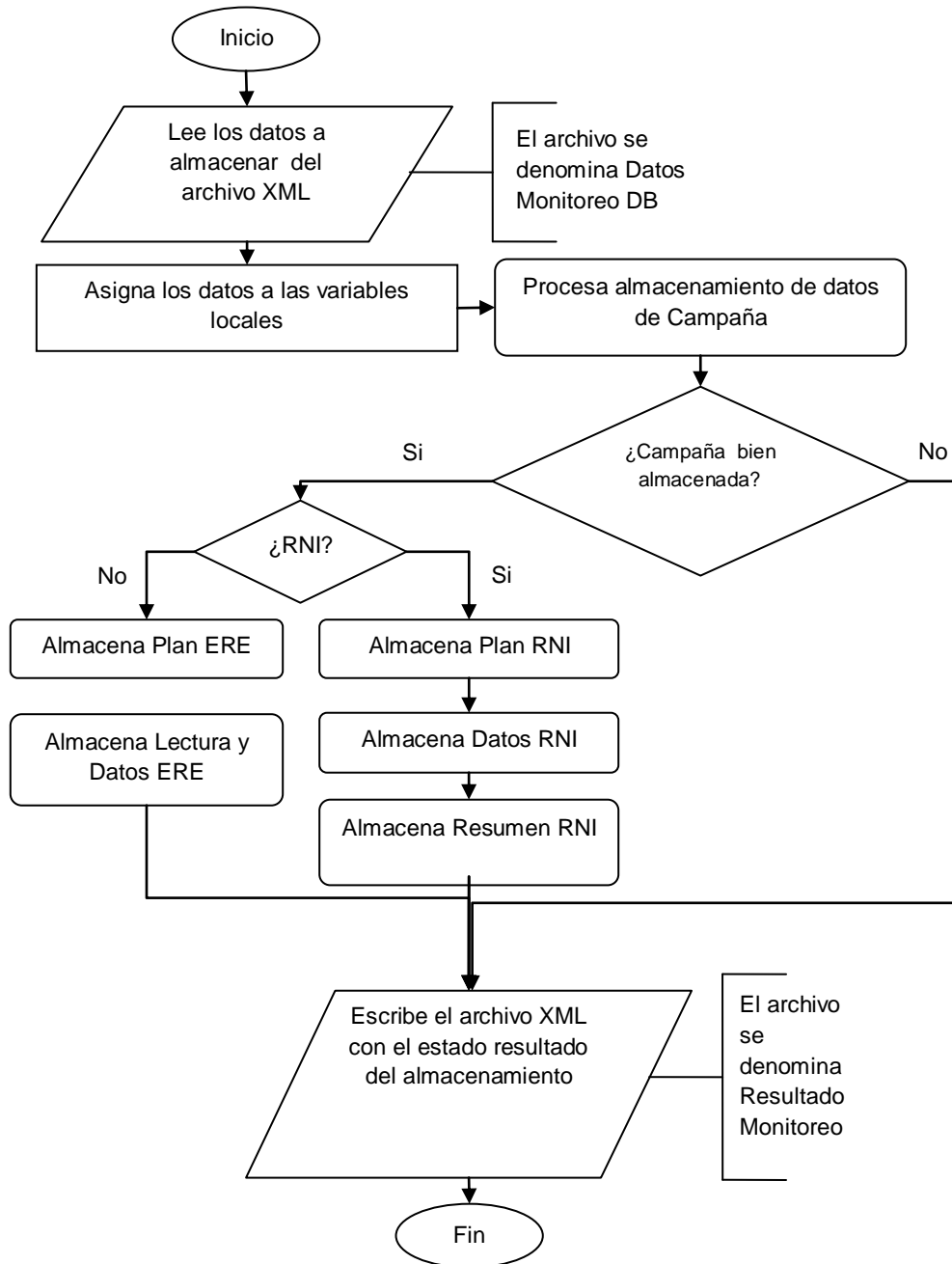


Figura A6. DFD para el almacenamiento de Campañas en Estación Fija

Datos para los procesos de Consulta que necesitan información proveniente del Gestor de Estación

Los procesos programados bajo éste DFD son:

- Consulta de Usuario
- Consulta de Alias
- Consulta del Resultado de Campaña

La consulta de algunos datos empieza leyendo los datos dispuestos en el archivo XML correspondiente al proceso por el Gestor de Estación una vez ha sido indicado por el usuario y con los cuales se construyen condiciones para hacer el adecuado procesamiento de los datos a enviar como respuesta al usuario al escribir el mismo archivo leído al inicio.

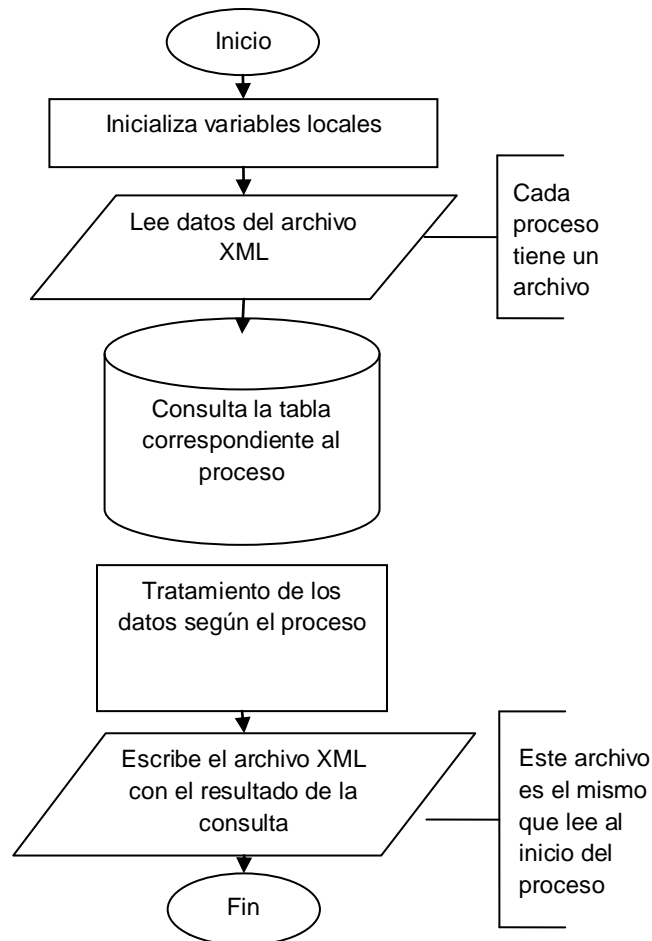


Figura A7. DFD de Consulta.

Datos para la consulta de Campañas Fijas

Al leer el archivo XML este proceso obtiene información acerca del ID de Usuario y el código que asegura si el usuario está haciendo una petición de consulta de todas sus campañas o de todas aquellas campañas que ha sido registradas como públicas sin importar que usuario la ha realizado.

Ya realizada la extracción de la información solicitada se organiza y dejarla disponible para mostrar al usuario por medio de la escritura del archivo XML.

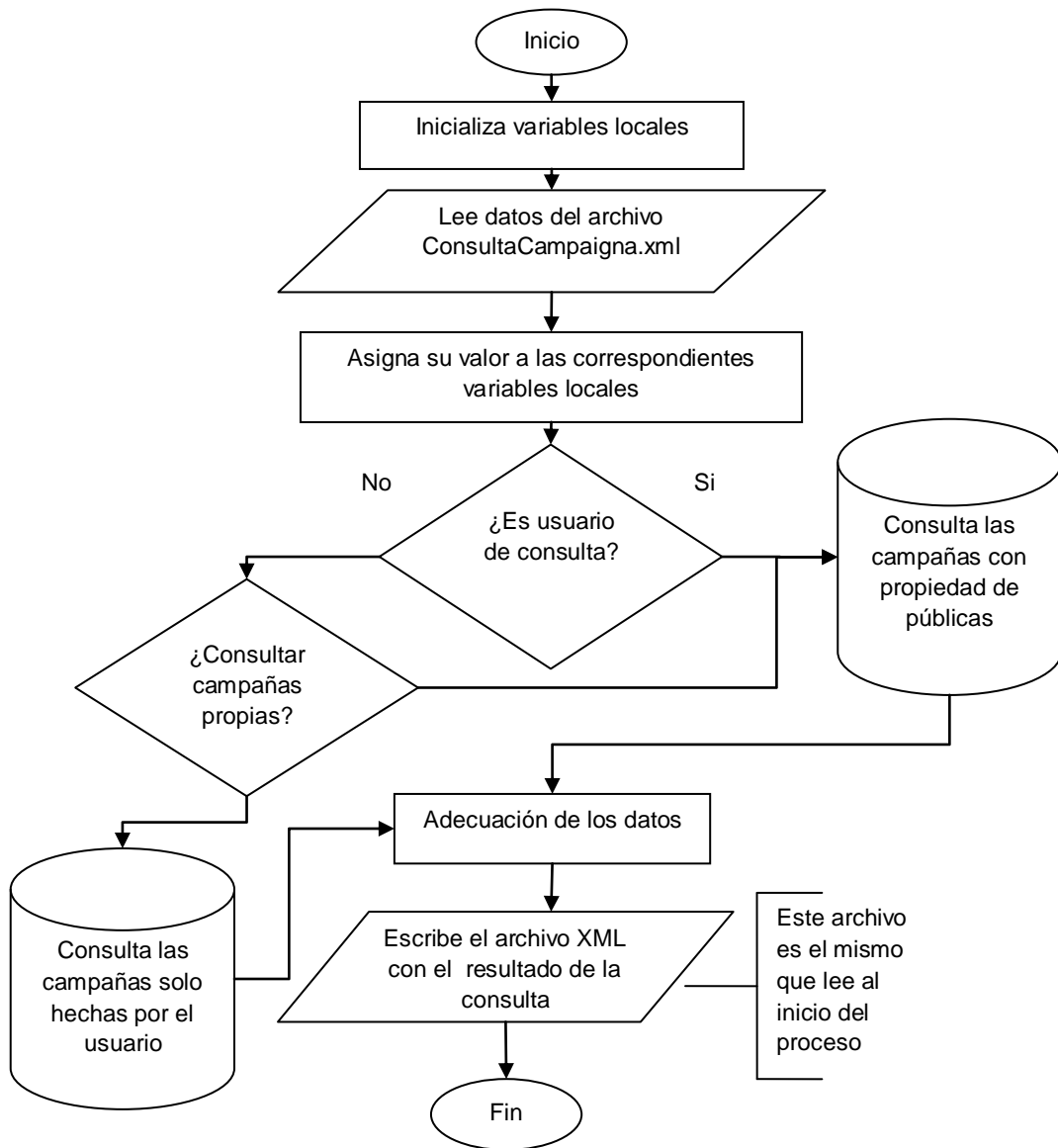


Figura A8. DFD de Consulta de Campañas Fijas

Datos para los procesos de Consulta que no necesitan información proveniente del Gestor de Estación

Los procesos que siguen este flujo de datos son:

- Consulta del Tipo y Rol de Usuario
- Consulta de Email del Usuario Administrador
- Consulta de la Configuración de estación

Una vez el Gestor de DB da paso a la ejecución de alguno de estos procesos se hace la consulta en la base de datos que tiene relación con éste, por ejemplo la consulta de configuración implica consultar las tablas de Antenas Instrumentos, Geodato de estación fija y Configuración de estación. Ya extraída la información se hace la adecuación pertinente y posterior escritura de ella en el archivo para mostrar al usuario que realizó la petición.

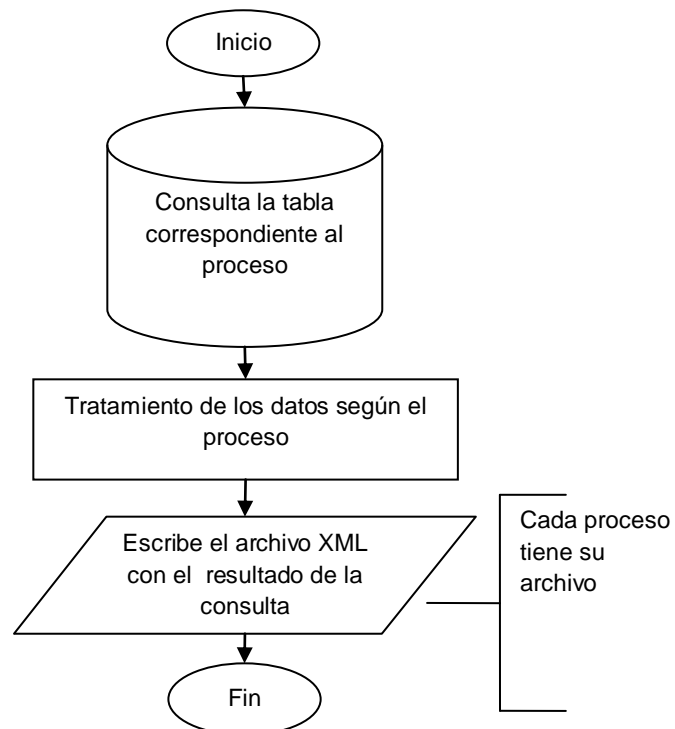


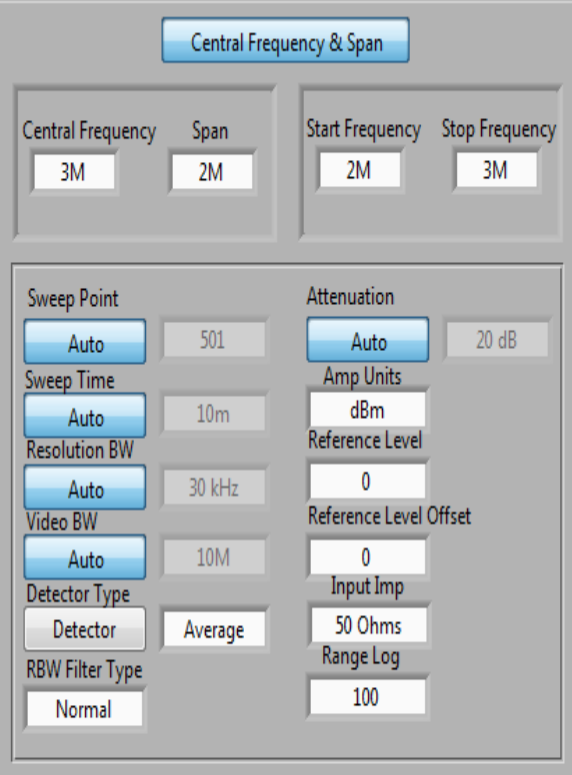
Figura A9. DFD de Consulta del Tipo y Rol del Usuario, Email de Usuario Administrador y Configuración de Estación

Proceso de Publicación de Panel Frontal en la Web

LabVIEW dentro de sus herramientas ofrece la posibilidad de ejecutar un sistema desde una computadora remota con conexión a internet de forma embebida por medio de la publicación del panel frontal general, teniendo el Usuario total control de la aplicación mientras otro no lo esté haciendo, no obstante sí puede visualizarla, el control se puede transferir entre estén presentes en la ejecución. La adquisición de los datos y ejecución de toda la aplicación se procesa en el equipo de cómputo anfitrión o también llamada host el cual en cualquier momento puede retomar acciones sobre la misma. El Sistema que ha sido programado se ejecuta por medio del Servidor Web de LabVIEW que permite el desarrollo de características de tipo Cliente en un navegador web, y este a su vez responde debidamente como una aplicación basada en el protocolo HTTP.

Las IP Públicas asociadas a los equipos de cómputo del Sistema son de tipo Servidor HTTP, Las peticiones de tipo cliente y proveedor se harán por medio del puerto 80 que por defecto está asignado a este tipo de aplicaciones web. Para utilizar la herramienta *Web publishing tool* se requiere de la activación previa del *VI Server* de LabVIEW, según el estilo que se desee para la publicación de acuerdo a los parámetros de configuración, la URL única asignada para el Sistema es: <http://192.168.45.156:8000/RadioServicio.html>, que está compuesta por la IP Pública, el puerto 80 para HTTP y el nombre del Panel con extensión *html* propia de páginas web.

ANEXO B: IMÁGENES MÓDULO AYUDA



Start & Stop Frequency/ Central Frequency & Span:

Especifica la configuración del eje de frecuencia, puede ser configurando la Frecuencia Inicial y Frecuencia Final (Parada) ó La Frecuencia Central y el Span.

AMPLITUD

- Attenuation:** Indica la reducción del nivel o potencia de la señal.
- Reference Level:** Nivel Máximo que el convertidor AD puede manejar sin que se presente distorsión del valor de la medición.
- Reference Level Offset:** Corresponde a un valor que se le suma a el nivel de la medición sin importar las unidades, para escalar el valor de eje Y de acuerdo al valor que se le configure al Reference Level Offset.
- Range Log:** Selecciona un valor para el valor del rango de nivel logarítmico que será visualizado.
- Amp. Units:** Se seleccionan las unidades para el eje de amplitud, las unidades directas configurables en el analizador son: dBm, dBmV, dBuV, V, W, Ampere, dBuA, dBpW.
- Input Impedance:** Se realiza la selección de la impedancia de entrada con la que se va a trabajar, ya sea 50 Ohms o 75 Ohms. La impedancia de 50 Ohms es la impedancia definida por defecto.

RESOLUCIÓN

- **Sweep Points:** Determina el número de puntos que serán representados en la gráfica de espectro. se pueden configurar entre 125 y 32001 puntos.
- **Sweep Time:** Tiempo que emplea el analizador en realizar el barrido del intervalo o margen de frecuencias seleccionado.
- **Resolution BW:** Define la resolución en frecuencia de acuerdo al ancho de banda del filtro IF a 3dB.
- **Video BW:** Filtro de Paso Bajo, empleado para suavizar el efecto del ruido en la señal que se está mostrando en el Display.
- **Detector Type:** Especifica el tipo de valor que se debe mostrar en cada punto de visualización, como lo es el promedio (Average), el valor máximo o mínimo, el valor r.m.s, entre otros.
- **RBW Filter Type:** Define la forma del Filtro de Resolución de ancho de banda (RBW)

Figura B1. Parámetros inherentes a las mediciones de ERE.

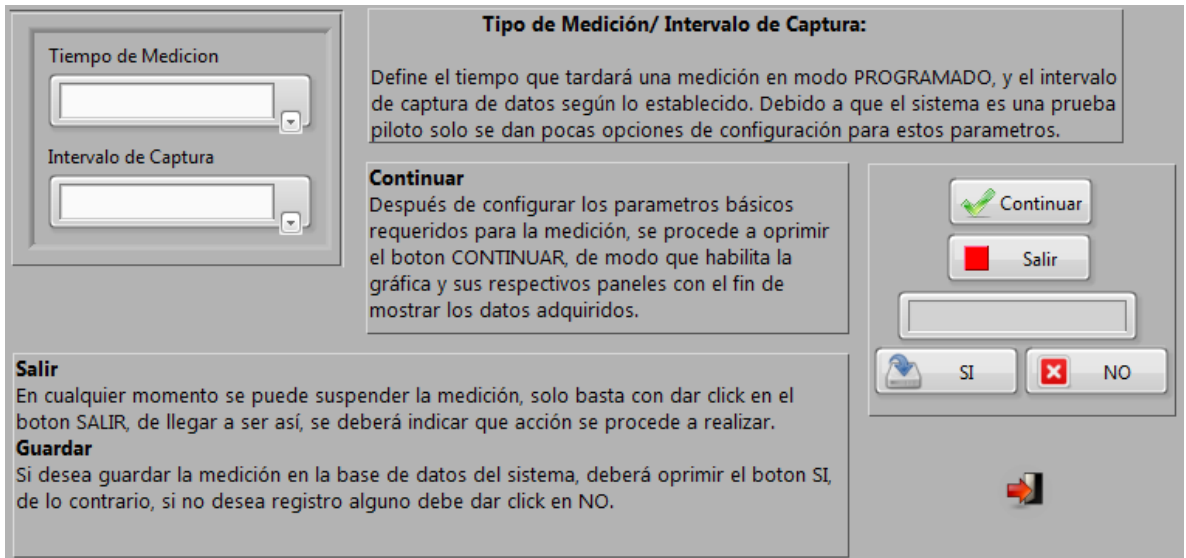


Figura B2. Parámetros de tiempo en modo programado y de control de acceso al panel ERE.

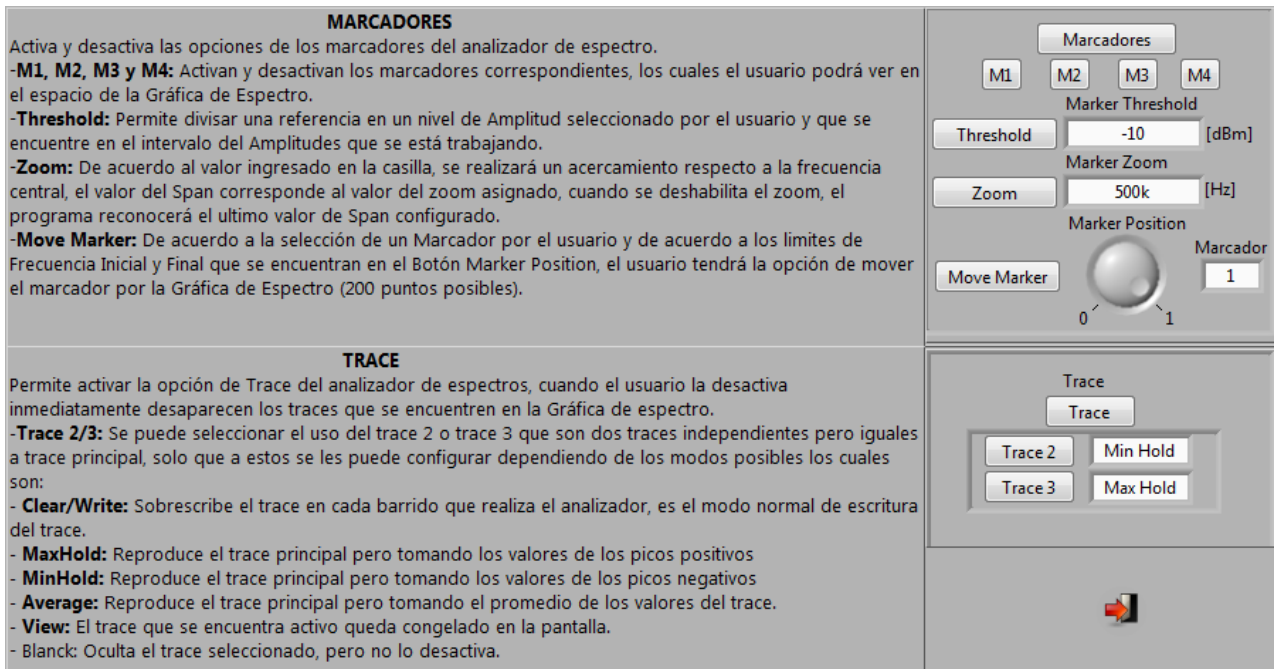


Figura B3. Controles para la interacción con el resultado del ERE.

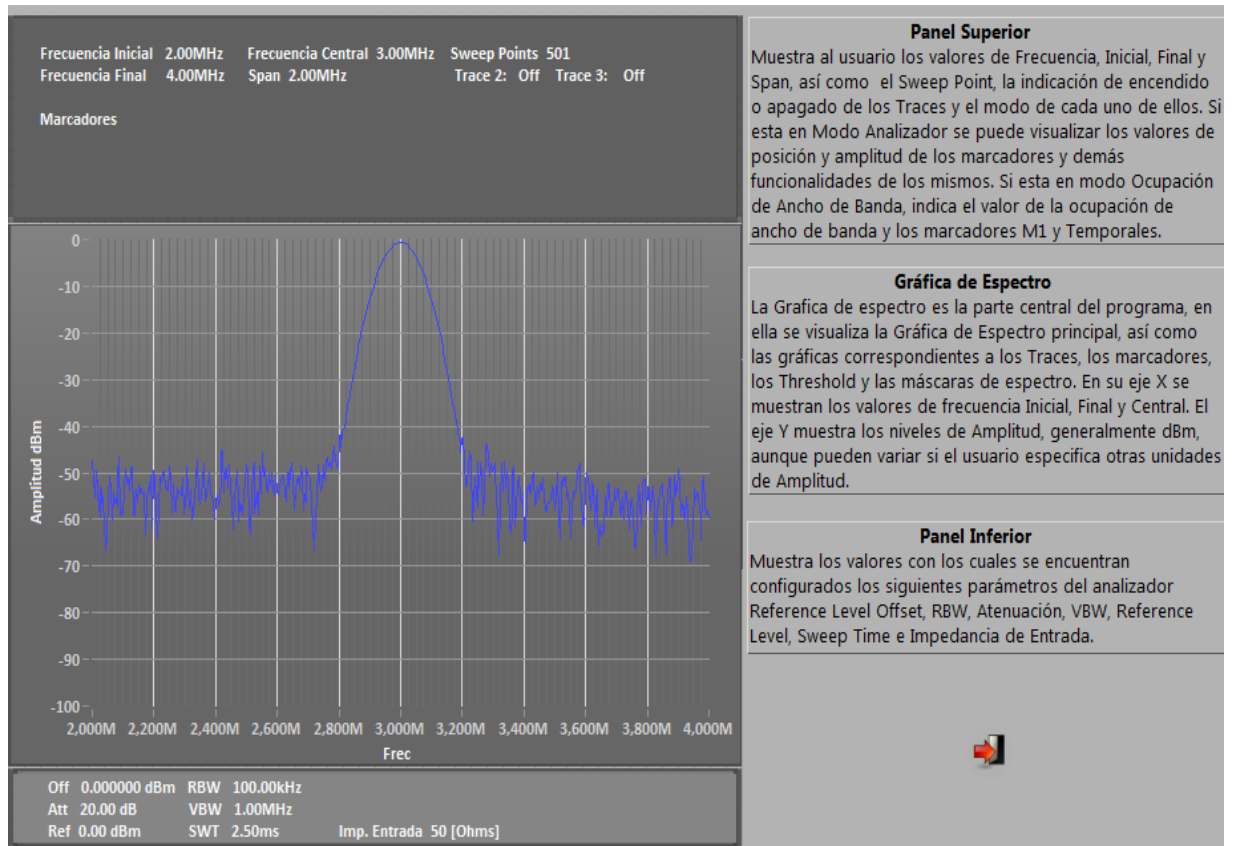


Figura B4. Panel de Visualización medición ERE.

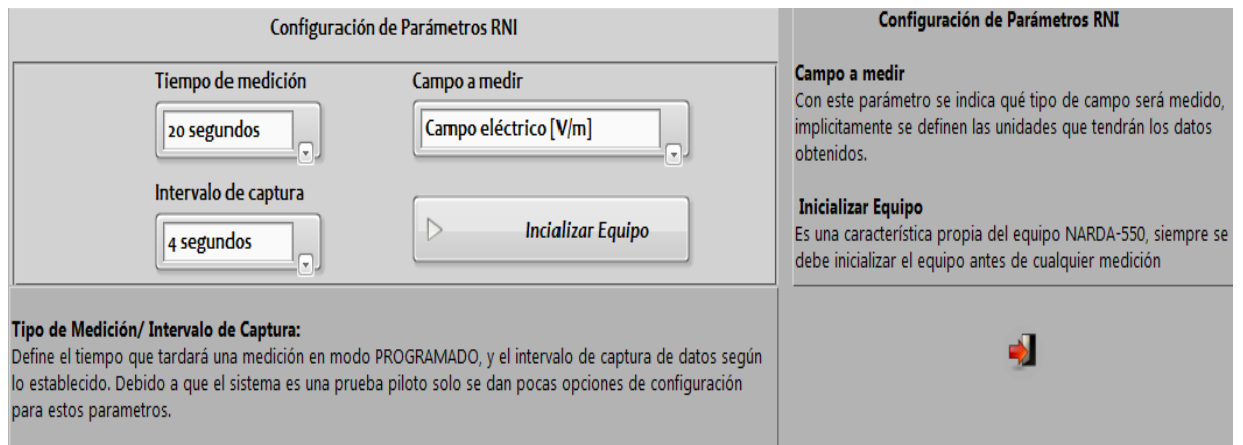


Figura B5. Parámetros de tiempo en modo programado y de campo a medir RNI.

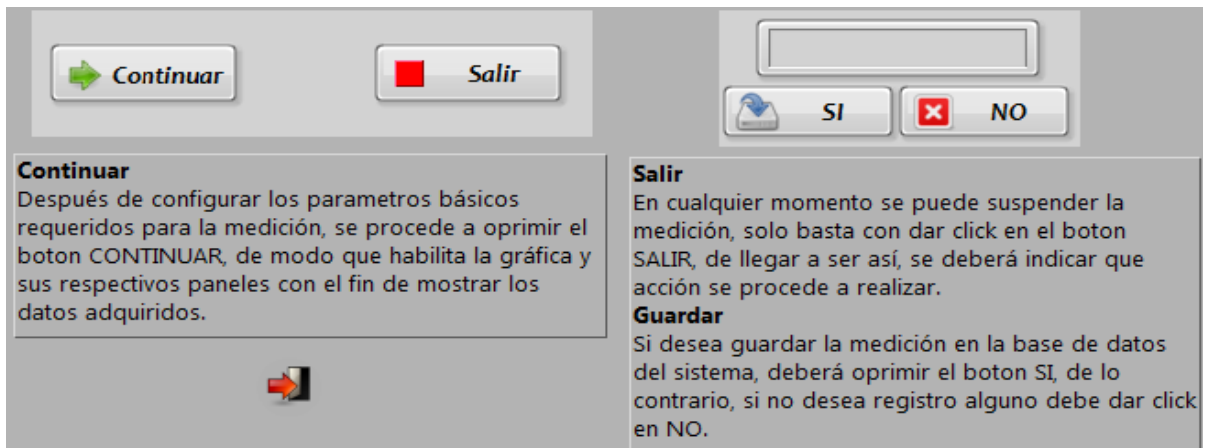


Figura B6. Parámetros de control de acceso al panel RNI

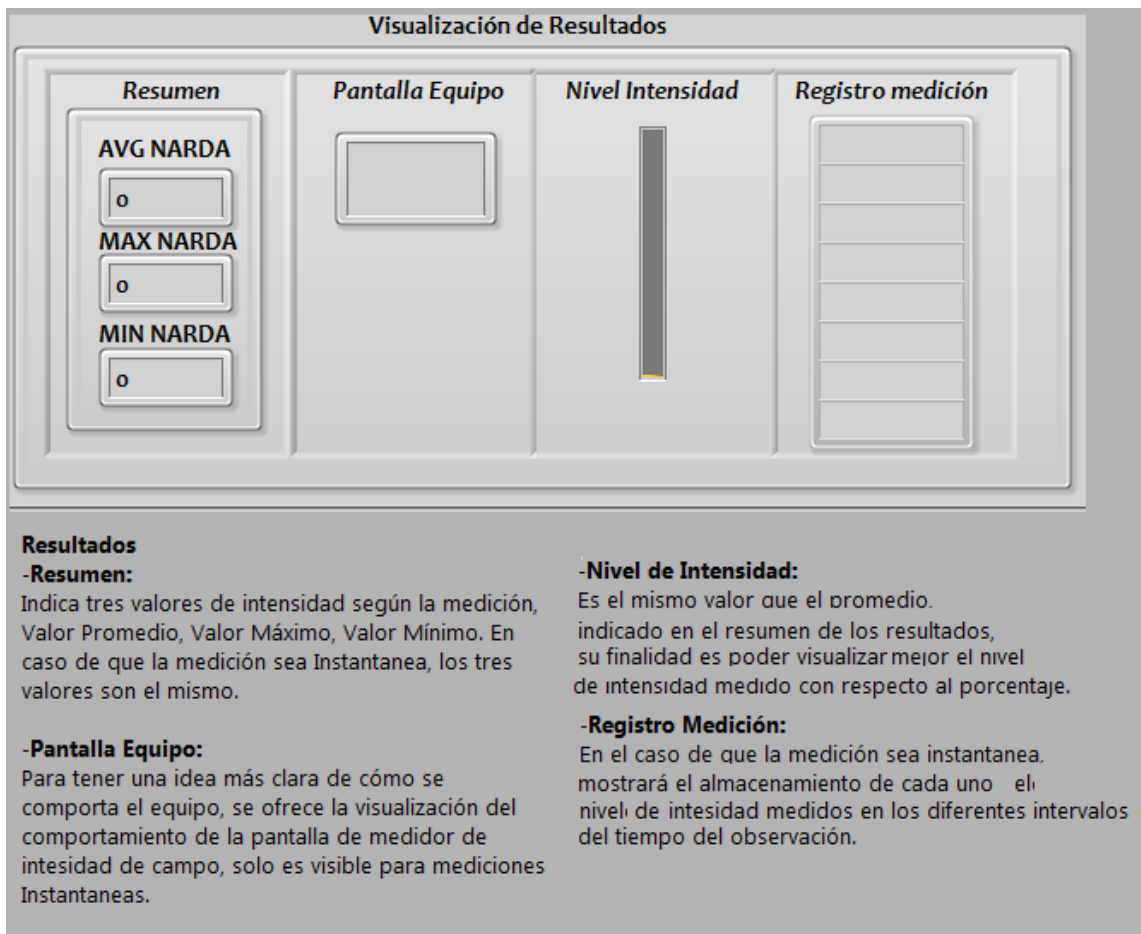


Figura B7. Panel de Visualización medición RNI.