

Plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático bajo una perspectiva de arquitectura basada en servicios



Silvio Andrés Ordóñez Zúñiga

Maestría en Ingeniería Telemática

**Universidad del Cauca
Instituto de Postgrado en Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones
2011**

Plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático bajo una perspectiva de arquitectura basada en servicios

Silvio Andrés Ordóñez Zúñiga

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Magíster en
Ingeniería Telemática

Director:
Juan Carlos Corrales Muñoz Ph. D.

Universidad del Cauca
Instituto de Postgrados en Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones
2011

Agradecimiento

Quiero agradecer a mi tutor Juan Carlos Corrales por haber creído en mi, al GIT y al IPET por haber confiado en el recurso humano de la Universidad del Cauca por permitir el desarrollo de una tesis de maestría en el campo de la telemática a un ingeniero físico y al ingeniero Armando Ordóñez por haberme acogido con tenacidad en las primeras etapas del trabajo de investigación. Al equipo profesional del Grupo de Estudios Ambientales en especial al profesor Apolinar Figueroa por ser un gran motivador y soñador en el campo de investigación de esta tesis y por haberme permitido pertenecer a esa gran familia de investigadores en el campo de las Ciencias Ambientales.

Quiero extender mis agradecimientos a todos mis compañeros de trabajo Mónica Valencia, Samir Joaquín y Juan Pablo Martínez que se convirtieron en el ejemplo a seguir como investigadores excepcionales, a Angélica Mosquera, Cristina Ordóñez, Fernando Felipe Muñoz, Fernando Andrés Muñoz y Juan Diego Otero por respaldar mi investigación y regalarme buenos momentos en el transcurso del trabajo y a Felipe Campo por ser mi mano derecha en el proceso de desarrollo de la tesis. A mis compañeros del GIT Ximena Velasco, Esteban Guerrero, Víctor Hermida y Jesús Ordóñez por compartir los buenos momentos de investigación y a los profesores de la maestría.

Resumen

En atención a la necesidad de disponer de herramientas tecnológicas para el monitoreo y evaluación del cambio climático asociada a sistemas productivos andinos bajo un esquema orientado a servicios para la toma de decisiones. El desarrollo de dicha herramienta considera el seguimiento de variables meteorológicas y el ciclo del agua en ecosistemas andinos que presentan actividades agrarias y pecuarias como una alternativa de gestión que propicie procesos encaminados a la adaptabilidad frente al cambio climático de estos sistemas y sus comunidades.

En este orden de ideas es necesario generar conocimientos regionales, en el contexto del cambio global, sobre el comportamiento de variables específicas disponiendo de un sistema de monitoreo y seguimiento en tiempo real de consulta pública e interinstitucional que soporte procesos de alertas tempranas, elaboración de escenarios y acceso a datos de modelos climáticos/cultivos como insumo fundamental para definir las estrategias de adaptabilidad. Con ello se afrontará adecuadamente retos como el mantenimiento de la productividad rural, la competitividad de cultivos como café, papa, caña, frutales, etc., la disponibilidad del agua para las poblaciones de la región andina, entre otras. En la actualidad existen diversas maneras de capturar datos sobre las variables ambientales, pero estos presentan una serie de inconvenientes que afectan la eficiencia de los procesos de modelamiento. Entre estos inconvenientes se pueden citar las dificultades de acceso a los sitios en observación, la restricción de los intervalos de medición y los tiempos totales de observación y el riesgo de pérdida de información por fallos en el mismo.

Tabla de Contenido

Capítulo I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto	1
1.2 Escenarios de motivación	2
1.3 Definición del problema	2
1.4 Solución propuesta	3
1.5 Contribuciones	3
1.6 Contenido	4
Capítulo II	5
Introducción	5
2.1 CONTEXTO TEÓRICO GENERAL	5
2.1.1 Plataforma de entrega de servicios	5
2.1.2 Arquitectura Orientada a Servicios	8
2.1.3 Gestión de redes de sensores	9
2.2 TRABAJOS RELACIONADOS	10
2.2.1 Máquinas industriales como Servicios: Modelando procesos de maquinaria industrial [5]	11
2.2.2 Mecanismos distribuidos para la habilitación de sensores virtuales en ambientes inteligentes orientados a servicios [7]	11
2.2.3 SOAMS: Un sistema novedoso basado en SOA para el modelo de gestión de redes[4]	12
2.2.4 Una plataforma SOA para la gestión de instrumentos en sistemas de observación a gran escala [9]	14
2.2.5 Arquitectura abierta de redes de sensores	15
2.2.6 Intel IrisNet [2] [3]	16
Resumen	17
Capítulo III	18
Introducción	18
3.1 Naturaleza de la arquitectura de referencia para la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático	18
3.2 Modelo del Ambiente de la Arquitectura de Referencia para la plataforma de entrega de servicios	20
3.3 Descripción General del Sistema	21
3.3.1 Diagrama de Subsistemas	21
3.3.1.1 Capa de abstracción de la red de estaciones	22
3.3.1.2 Capa de servicios habilitadores	22
3.3.1.3 Bus de Servicio Empresarial (ESB)	23
3.3.1.4 Servicios de valor agregado	23
3.3.1.5 Repositorios de Información	24
3.3.2 Definición de las Interfaces de los Subsistemas	24
3.3.2.1 Interfaces internas de los subsistemas	24
3.3.2.2 Interfaces externas de los subsistemas	25

3.4	Descripción de subsistemas	27
3.4.1	Subsistema de Servicios de Valor Agregado	27
3.4.1.1	Descripción de Componentes del Subsistema Servicios de Valor Agregado	28
3.4.1.2	Descripción de Interfaces Internas del Subsistema Servicios de Valor Agregado	28
3.4.2	Subsistema Bus de Servicios	30
3.4.3	Descripción de Componentes del Subsistema Bus de Servicios	30
3.4.3.1	Orquestación	30
3.4.3.2	Transformación	30
3.4.3.3	Enrutamiento	31
3.4.3.4	Componentes de Enlace (CE);	31
3.4.3.5	Descripción de Interfaces Internas del Subsistema Bus de Servicios	32
3.4.4	Subsistema capa de servicios habilitadores	32
3.4.5	Descripción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores	33
3.4.5.1	Servicios de Autenticación	34
3.4.5.2	Servicios de Gestión	34
3.4.5.3	Servicios de Adquisición de datos	34
3.4.6	Descripción de interfaces internas del subsistema Capa de Servicios Habilitadores	35
3.4.6.1	Diagrama de interacción de los componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores	35
3.4.7	Subsistema capa de Abstracción de la Red	37
3.4.7.1	Descripción de componentes del subsistema Capa Abstracción de la Red	38
3.4.7.2	Descripción de interfaces internas del subsistema Capa Abstracción de la Red	41
3.4.7.3	Diagrama de interacción de los componentes del subsistema Capa Abstracción de la Red	41
3.4.7.4	Entorno de creación de servicios en la Plataforma de Entrega de Servicios Ambientales	42
3.4.7.5	Modelo inicial de Despliegue	42
RESUMEN		43
Capítulo IV		44
Mecanismos para la gestión de redes de sensores		44
Introducción		44
4.1	Estructura física para estaciones de monitoreo climático asociadas a la plataforma de entrega de servicios	44
4.1.1	Estaciones Pessl de iMetos [45]	44
4.1.2	Estaciones Campbell [46]	45
4.2	Alternativa para el sistema de gestión integrada en la red de estaciones	47
4.2.1	Gestión del recurso de la plataforma a través del uso de servicios web	48
4.2.2	Esquema de gestión de red	52
4.3	Implementación de la herramienta de gestión para la Plataforma de entrega de servicios	54
4.3.1	Caso 1. Gestión a través de interfaz pública.	54
4.3.2	Caso 2. Gestión a través de pasarela.	56
RESUMEN		57
Capítulo V		58
Modelo de alertas tempranas para adaptación al cambio climático.		58
Introducción		58
5.1	Eventos extremos y su incidencia ambiental	58
5.2	Modelo de alertas tempranas	60
5.2.1	Servicios de alertas cuantitativos	61
5.2.2	Servicios de alertas estadísticos	62

5.2.3	Servicios de alertas basados en el espacio	63
5.2.4	Servicios de alertas correlacionados	63
5.3	Estrategias de distribución de la información	66
5.3.1	Interacción de actores para la generación de informes basados en servicios de alertas tempranas	68
RESUMEN		71
Capítulo VI		72
Implementación de un caso de estudio para validación de la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático.		72
INTRODUCCIÓN		72
6.1	Prototipo de validación	72
6.1.1	Identificación del escenario de funcionamiento	72
6.2	Descripción del prototipo	73
6.2.1	Selección de herramientas utilizadas	73
6.2.2	Entorno de ejecución de servicios	73
6.2.3	Entorno de creación de servicios	73
6.2.4	Contenedor de aplicaciones	74
6.2.5	Repositorios de información	74
6.2.6	Bus de Servicio empresarial	75
6.3	Descripción del Prototipo de Validación	75
6.4	Descripción de las aplicaciones a evaluar	76
6.4.1	Herramienta para proporcionar informes de alertas tempranas	77
6.4.2	Aplicación web que permite la consulta de registros estadísticos de las estaciones en campo.	78
6.4.3	Aplicación web que permite obtener reportes consolidados de plataformas satelitales.	80
6.4.4	Especificaciones Técnicas de los Servidores que dan soporte a la Arquitectura	83
6.5	Pruebas y evaluación del prototipo	83
6.5.1	Metodología y criterios de evaluación	83
6.5.2	Pruebas de rendimiento y escalabilidad	84
6.5.2.1	Aplicación 1 (Herramienta para proporcionar informes de alertas tempranas en tiempo real)	85
6.5.2.2	Aplicación 2 (Aplicación web que permite la consulta de registros estadísticos de las estaciones en campo)	85
6.5.2.3	Aplicación 3 (Aplicación web que permite obtener reportes consolidados de plataformas satelitales)	86
RESUMEN		87
Capítulo VII		88
Conclusiones y trabajos futuros		88
6.6	Conclusiones	88
6.7	Trabajos futuros	89
Referencias Bibliográficas		91

Índice de Figuras

<i>Figura 2.1 Arquitectura genérica para una Plataforma de Entrega de Servicios (SDP)</i>	7
<i>Figura 2.2 Vista de alto nivel de la SOAMS</i>	13
<i>Figura 2.3 Vista de alto nivel de la OSWA</i>	15
<i>Figura 3.1 Arquitectura de Referencia para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo Climático</i>	19
<i>Figura 3.2 Modelo del Ambiente de la arquitectura para la plataforma propuesta</i>	20
<i>Figura 3.3 Diagrama de subsistemas</i>	22
<i>Figura 3.4 Interfaces externas de los subsistemas</i>	26
<i>Figura 3.5 Subsistemas y componentes de la arquitectura de referencia</i>	27
<i>Figura 3.6 Diagrama de interacción de componentes del subsistema Servicios de Valor Agregado</i>	29
<i>Figura 3.7 Diagrama de interacción de componentes del subsistema Bus de Servicios</i>	32
<i>Figura 3.8 Interacción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores, caso ejecución de procesos de gestión</i>	36
<i>Figura 3.9 Interacción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores, caso ejecución de procesos de gestión</i>	37
<i>Figura 3.10 Estructura básica de los dataloggers empleados para la adquisición de los datos en las estaciones</i>	39
<i>Figura 3.11 Proceso de normalización de los recursos de red asociados a la plataforma de entrega de servicios</i>	40
<i>Figura 3.12 Interacción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores, caso ejecución de procesos de gestión</i>	41
<i>Figura 3.13 Diagrama Inicial de Despliegue</i>	42
<i>Figura 4.1 Estación Pessl iMetos presente en la estación de la Universidad Militar Nueva Granada</i>	45
<i>Figura 4.2 Estación Campbell ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca</i>	45
<i>Figura 4.3 Módulos del recurso de red asociado a la plataforma de entrega de servicios</i>	46
<i>Figura 4.4 Operaciones de gestión en WS-Management</i>	50
<i>Figura 4.5 Esquema de gestión de la red de estaciones</i>	52
<i>Figura 4.6 Modelo para la capa mediadora (pasarela) basada en servicios web</i>	53
<i>Figura 4.7 Esquema de comunicaciones para realizar funcionalidades de gestión en caso de interfaz directa a través de servicios web</i>	55
<i>Figura 4.8 Principales clases en el caso de acceso directo a la información a través de servicios web</i>	55
<i>Figura 4.9 Esquema de comunicaciones para realizar funcionalidades de gestión a través de pasarela</i>	56
<i>Figura 4.10 Principales clases en el caso de acceso directo a la información a través de una pasarela de gestión</i>	57
<i>Figura 5.1 Secuencia de sucesos de sequía y de sus efectos para tipos de sequías comúnmente aceptados</i>	59
<i>Figura 5.2 Ejemplo de servicio de información cuantitativo</i>	62
<i>Figura 5.3 Ejemplo de servicio de información estadístico</i>	62
<i>Figura 5.4 Visualización de un informe de servicios de información de alertas basado en el espacio</i>	63
<i>Figura 5.5</i>	64
<i>Figura 5.6 Distribución de la información para proveer servicios de valor agregado</i>	66
<i>Figura 5.7 Distribución de área por herramienta en el modelo de alertas tempranas</i>	67
<i>Figura 5.8 Interacción del usuario con los servicios de alertas tempranas</i>	69
<i>Figura 5.9 Caso de uso generación de información espacial</i>	70

<i>Figura 5.10 Caso de uso. Publicación de DEM's en el web.</i>	71
<i>Figura 6.1 Interfaz de usuario de la aplicación para alertas en tiempo real.</i>	77
<i>Figura 6.2. Consulta a un servicio de valor agregado en tiempo real.</i>	78
<i>Figura 6.3 Interfaz de consulta diaria para la aplicación de servicios de valor agregado históricos.</i>	78
<i>Figura 6.4 Consulta a los servicios de valor agregado de registro histórico.</i>	79
<i>Figura 6.5 Consulta por intervalo a los servicios de valor agregado históricos.</i>	79
<i>Figura 6.6 Consulta por intervalos a los servicios de valor agregado de registro histórico.</i>	80
<i>Figura 6.7 Interfaz de consulta para la plataforma satelital de GOES.</i>	80
<i>Figura 6.8 Consulta a la imagen GOES seleccionada en la interfaz.</i>	81
<i>Figura 6.9 Perfil sobre el transecto trazado sobre la imagen GOES.</i>	81
<i>Figura 6.10 Interfaz de georeferenciación del transecto trazado sobre la imagen GOES.</i>	82
<i>Figura 6.11 Formulario Reporte Giovanni.</i>	82
<i>Figura 6.12. Reporte Giovanni - Zona centro 1/1/2010 - 20/1/2010.</i>	83
<i>Figura 6.13 Número de usuarios versus tiempo para la aplicación de alertas en tiempo real.</i>	85
<i>Figura 6.14 Número de usuarios versus tiempo para la aplicación de reportes del registro histórico.</i>	86
<i>Figura 6.15. Número de usuarios versus tiempo para la aplicación de reportes de las plataformas satelitales.</i>	87

Índice de Tablas

<i>Tabla 3.1 Tipos de servicios habilitadores</i>	33
<i>Tabla 4.1 Relación entre WS-Management y la herramienta de gestión propuesta.</i>	51
<i>Tabla 5.1 Entradas y salidas de los servicios de alertas tempranas para el modelo descrito.</i>	65
<i>Tabla 6.1 Especificaciones técnicas del equipo utilizado para los subsistemas Repositorios de Información, Lógica de Aplicación y Presentación</i>	83

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

En la actualidad Colombia cuenta con una gran parte de estaciones de monitoreo climático que están localizadas a lo largo y ancho del país, estas estaciones hacen parte de una iniciativa gubernamental para fortalecer la investigación en materia ambiental además de servir de apoyo para los programas de prevención de desastres y reportes meteorológicos alrededor del país. Estas iniciativas han sido apoyadas por gobiernos de otros países, es el caso del gobierno suizo quien a través de un crédito dotado a Colombia con 235 nuevas estaciones ambientales automáticas y 350 registradores automáticos del nivel de ríos, lagos, lagunas entre otros¹. En la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca se iniciaron esfuerzos para el desarrollo de redes de monitoreo climático de bajo costo, que son conocidas también como redes abiertas de monitoreo climático. Los esfuerzos de integración de la información de todas las estaciones distribuidas a lo largo del país son bastante grandes, debido al gran volumen de casas proveedoras de las estaciones y porque no todas las estaciones tienen un mismo objetivo: algunas son usadas para medir variables ambientales relacionadas con cambios climáticos a gran escala, algunas para medir variables agro climáticas y algunas otras para medir información muy puntual que puede afectar el crecimiento de especies biológicas particulares. Desafortunadamente en el país no se cuenta con un plataforma que permita distribuir la información recogida por estas estaciones y que sea libre para el usuario, con el fin de fortalecer el desarrollo de programas para la prevención de desastres, programas de agricultura de precisión y que permita lograr la interacción entre entidades para que se pueda disponer de los datos, información e indicadores de los recursos ambientales de manera eficiente y ordenada, además muchas de las plataformas existentes en el mundo no se adaptan a la situación colombiana, debido a que los diferentes elementos propios de la geografía de la región afectan los escenarios en donde estas plataformas fueron probadas.

En las apreciaciones anteriores, se resalta la necesidad de contar con una solución que permita garantizar la normalización del acceso a la información que proveen las estaciones climáticas de diferentes proveedores y la distribución homogénea de la información generada desde los distintos campos de aplicación de las mismas, con el fin de ampliar las capacidades de desarrollo de programas específicos. Todo lo anterior con una notable reducción de costos y tiempo de desarrollo en las aplicaciones para distribución de la información, obteniendo sistemas más complejos acorde a las necesidades cambiantes del dominio de la aplicación.

¹ IDEAM, Red Ambiental. 2008 <http://www.ideam.gov.co/RED/index4.htm>

Teniendo en cuenta lo anterior, la integración del concepto SOA “Arquitectura Orientada a Servicios” (SOA, por sus siglas en inglés), podrían contribuir a la problemática expuesta. SOA es una evolución de la computación distribuida diseñada para permitir la interacción de componentes software, llamados servicios, a través de la red. Las aplicaciones SOA son creadas como una composición de varios servicios, los cuales pueden ser compartidos entre múltiples aplicaciones [1].

De acuerdo a los proyectos investigados ([2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]), no se ha encontrado una solución SOA que involucre herramientas seguras, libres y con bajo costo computacional para una Plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático. Las soluciones investigadas apuntan a diversos sistemas operativos y tienen una gran cantidad de requerimientos computacionales. Una plataforma diseñada bajo SOA puede proveer interfaces uniformes para publicar y descubrir servicios climáticos del lado del cliente permitiéndole interactuar con más de un servicio al tiempo. De esta manera, la presente tesis de maestría constituye un elemento de innovación en materia de exploración de tecnologías, técnicas y mecanismos que permitan diseñar una arquitectura orientada a servicios que pueda ser utilizada en proyectos de orden ambiental y meteorológico en el país, ya que las soluciones descritas no son adaptables al contexto colombiano. El estudio y posterior replanteamiento de las arquitecturas propuesta en los proyectos estudiados con anterioridad, contribuirán a cimentar los procesos de monitoreo de variables climáticas en el país.

Por otro lado, la plataforma permitirá que entidades encargadas de la gestión ambiental a nivel nacional hagan uso de los servicios de monitoreo suministrados por ella, de manera estándar sin importar las tecnologías de desarrollo utilizadas en las instituciones usuarias del sistema.

1.2 Escenarios de motivación

Debido a la heterogeneidad propia de las redes climáticas en Colombia, el cómo procesar y usar la información recogida por las estaciones se convierte en un reto de investigación. A través de SOA se hace posible describir, descubrir e invocar servicios de plataformas heterogéneas usando una sintaxis estándar. Es muy importante presentar a una red de estaciones climáticas como un recurso accesible y controlable a través de la red.

1.3 Definición del problema

Los procesos de cambio climático demandan un esfuerzo orientado a escrutar y dilucidar los procesos ambientales, ecológicos y sociales que se desarrollan actualmente, con el ánimo de comprender proponer y diseñar alternativas de gestión que propicien procesos encaminados a la adaptabilidad frente al cambio climático de los ecosistemas de alta montaña y sus habitantes. Enfrentando la necesidad de disponer información para la toma de decisiones estratégicas en la zona de estudio, es prioritario organizar una estrategia integral de monitoreo y evaluación de cambio climático en sistemas agrícolas y ecosistemas alto andinos [10].

Considerando lo expuesto, se plantea la necesidad de priorizar el estudio y monitoreo de variables ambientales bajo un esquema orientado a servicios en ecosistemas alto

andinos, que presentan actividades agrarias y pecuarias, como la papa y ganadería multipropósito, como una iniciativa de gestión que propicie procesos encaminados a la adaptabilidad frente al cambio climático de los ecosistemas de Alta Montaña y sus habitantes.

El monitoreo de variables ambientales se torna eficiente si se realiza en tiempo real y de manera remota [2] [3] [11] [8] [10]. En la actualidad existen diversas maneras de capturar datos sobre las variables ambientales, pero éstos presentan una serie de inconvenientes, muchas veces no tomados en cuenta por considerarlos superfluos, cuando se levanta información sobre variables ambientales en el campo, y que afectan la eficiencia de los procesos de modelamiento. Entre estos inconvenientes se pueden citar las dificultades de acceso a los sitios en observación, la restricción en los intervalos de medición y los tiempos totales de observación, la alta probabilidad de errores en las lecturas de los sensores, y el riesgo de pérdida de información por fallos en los mismos [8] [10]. Por otro lado, cuando se tienen redes de estaciones de monitoreo de variables ambientales (para monitoreo de una zona amplia de influencia) la problemática se enfoca en la gestión eficiente de dichas estaciones con el objeto de obtener datos confiables que conduzca a una ejecución adecuada de los modelos de predicción climatológicos los cuales toman como base la información arrojada por dichas estaciones.

Por tanto, la presente propuesta pretende responder la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo una plataforma de entrega de servicios de monitoreo de variables ambientales (estudios y monitoreo en tiempo real de una red de estaciones climatológicas) contribuye a la adaptabilidad frente al cambio climático de los ecosistemas de Alta Montaña y sus habitantes?

1.4 Solución propuesta

Teniendo en cuenta el contexto y el escenario de motivación presentados, la presente tesis de maestría propone una Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo climático que permita crear aplicaciones más escalables, extensibles y adaptables a los cambios funcionales dentro de las organizaciones. Además, la arquitectura planteada hace uso de herramientas, tecnologías y estándares de distribución libre; con lo que se busca desarrollar una solución más accesible para las organizaciones.

1.5 Contribuciones

Esta tesis de maestría aportará una base conceptual para el Grupo de Ingeniería Telemática (GIT) y para el Grupo de Estudios Ambientales (GEA), proponiendo aproximaciones abiertas para sistemas de entrega de servicios de monitoreo climático como soporte para los Sistemas de Información Ambiental en Colombia, bajo una perspectiva de arquitectura basada en servicios, ya que una arquitectura tipo SOA permitirá a las aplicaciones llamar a los servicios climáticos, sin tener en cuenta el formato en que se encuentran descritos. Lo que la hace una arquitectura tecnológicamente neutra.

La información recolectada por la plataforma propuesta en el presente trabajo de maestría será la base con la cual se proyectarán las acciones de adaptación a los procesos de cambio y permitirá dar una respuesta a los fenómenos del cambio climático tanto para procesos de conservación ambiental como de seguridad alimentaria, pudiendo así generar los datos de acople y rectificación desde las regiones para el modelamiento climático, la identificación de los patrones de cambio y sus efectos en ecosistemas agrícolas altoandinos, permitiendo identificar y desarrollar medidas de adaptación para la planificación ambiental del territorio.

Por otro lado, la plataforma permitirá que las entidades encargadas de la gestión ambiental a nivel nacional hagan uso de los servicios de monitoreo suministrados por ella, de manera estándar sin importar las tecnologías de desarrollo utilizadas en las instituciones usuarias del sistema.

1.6 Contenido

La presente tesis de maestría incluye los siguientes capítulos:

Capítulo 2. En este capítulo se describen los conceptos más relevantes relacionados con una arquitectura orientada a servicios, gestión de redes de sensores y plataformas de entrega de servicios, así como una recopilación de los proyectos asociados a la presente tesis de maestría.

Capítulo 3. Este capítulo refleja el principal aporte de la presente tesis de maestría. Aquí se describe paso a paso el diseño y desarrollo de la Arquitectura de Referencia propuesta para la Plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático.

Capítulo 4. En este capítulo se presentan las alternativas de gestión de redes de sensores a través de Servicios Web.

Capítulo 5. Este capítulo presenta el desarrollo del Prototipo que permite validar la Plataforma de Entrega de Servicios propuesta. Además se exponen los resultados de las pruebas de rendimiento realizadas al prototipo.

Capítulo 6. Presenta las conclusiones de la presente tesis de maestría y plantea algunas ideas para trabajos futuros.

Capítulo II

Introducción

En el presente capítulo se presenta el marco teórico de esta tesis de maestría, definiendo los conceptos centrales del trabajo permitiendo una mejor comprensión acerca del enfoque y desarrollo de la presente disertación. De igual manera se estudian los artículos que prestan una base para el diseño de la plataforma de entrega de servicios, realizando un análisis profundo respecto a sus aportes y las diferencias conceptuales que condujeron a la propuesta del desarrollo de una plataforma basada en una arquitectura orientada a servicios.

2.1 CONTEXTO TEÓRICO GENERAL

En esta sección se presentan los conceptos teóricos que tienen relación directa con la temática a desarrollar como tesis de maestría.

2.1.1 Plataforma de entrega de servicios

El término Plataforma de entrega de servicios SDP, por sus siglas en inglés (Service Delivery Platform) define el conjunto de componentes que proveen una arquitectura de entrega de servicios de un dominio tecnológico específico (web, IMS, IPTV, telecomunicaciones móviles, etc.) [12]. No hay una definición estándar para una SDP en la industria, sin embargo el foro para la gestión de telecomunicaciones (TMF) está trabajando para definir especificaciones en esta área [13] [14]. Las SDP's son elementos que permiten a los proveedores aislar el desarrollo de los servicios de las complejidades subyacentes de una red. Este tipo de plataformas proveen [12]:

- Entornos de creación y ejecución de servicios.
- Un entorno que hace uso de los componentes SOA para la entrega de servicios permitiendo la orquestación y la composición.
- La abstracción de la red a través de servicios habilitadores que proveen la encapsulación de componentes y bloques clave para el desarrollo de los servicios.
- Una pasarela de servicios que permite a los socios acceso controlado a los recursos críticos de la red.
- Un recurso unificado para realizar la integración de los componentes de gestión de la red.

La abstracción de la red, a través de los servicios habilitadores, es una parte fundamental dentro del proceso de desarrollo de una arquitectura, debido a que dotan de interfaces estándar que pueden ser reusables por los elementos externos de la plataforma. Este tipo de servicios traen al dominio del proveedor características como la encapsulación y abstracción de los diferentes recursos tecnológicos tenidos en cuenta al momento del diseño de una arquitectura [12] [14].

Como se mencionó anteriormente no existe un consenso sobre la definición del término SDP, pero sí existen algunos lineamientos básicos para su concepción. Durante muchos años, algunas Solicitudes De Información (Request for Information, RFI) o Solicitudes Para Propuestas (Request For Proposals, RFP) han realizado intentos por definir los requerimientos comunes para este tipo de plataformas, las cuales deben ser independientes de la aplicación y los servicios a soportar.

Algunos autores [12] exponen que el concepto de SDP ha evolucionado y lo definen como un sistema para la creación eficiente, entrega, ejecución y orquestación de uno o un conjunto de servicios. Hacen énfasis en que este concepto se presenta como consecuencia de la evolución natural sufrida por los operadores, quienes pasaron de tener arquitecturas verticales a una horizontal para la generación de servicios. [14].

Realmente, las SDPs han logrado captar la atención de los proveedores en relación con el tema de nuevos servicios [12] [14] [15]. Toda plataforma de entrega de servicios debe poseer algunas características básicas [16] [17], entre ellas:

- Proporcionar un sistema completo de trabajo que permita la entrega de servicios de una forma rápida.
- Permitir la entrega de servicios como la voz, datos y contenido.
- Definir y proveer un conjunto de interfaces, para que diferentes proveedores de servicios puedan interactuar con elementos de la plataforma.

Considerando que una plataforma SDP no es un elemento de la red, sino un componente de su infraestructura de tecnologías de información (IT), es necesario que dicha plataforma pueda integrarse fácilmente con los sistemas tradicionales disponibles en la organización [16] [17], para que pueda interactuar con aplicaciones de terceros. Para ello, este tipo de plataformas utilizan el concepto de habilitadores de servicios, definido en el párrafo anterior, soportado tecnológicamente en Servicios Web.

La Figura 2.1 muestra una arquitectura genérica de una plataforma de entrega de servicios para una red NGN.

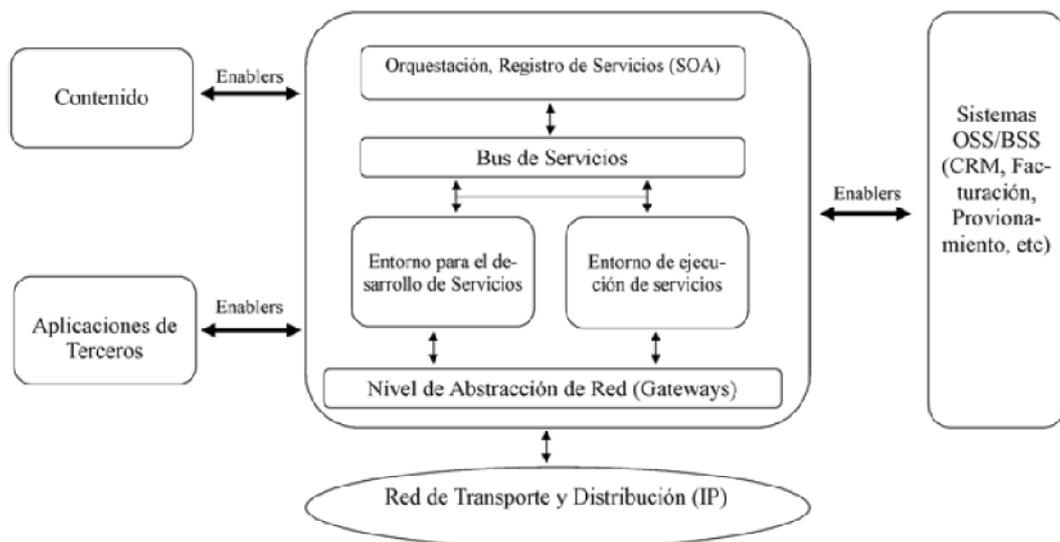


Figura 2.1 Arquitectura genérica para una Plataforma de Entrega de Servicios (SDP)

A continuación se describen los componentes expuestos en la figura 2.1:

1. **La capa de exposición de servicios**, que expone las capacidades de los servicios proveedores y empresas. Esta capa permite a la plataforma “abrir” su red a través de un conjunto estandarizado y seguro de interfaces. La tecnología de los Servicios Web puede ser vista como una gran candidata para realizar la apertura de las redes y exponer sus capacidades a proveedores de servicios externos y a empresas. Permite un acceso transparente a las funcionalidades de la red, ocultando sus detalles de manera que resultan en servicios independientes de la red.
2. **Capa de orquestación y registro de servicios**, en donde se encapsula por completo el proceso de negocios.
3. **Entorno de creación y ejecución de servicios**, proveen el entorno de despliegue y ejecución de un gran rango de aplicaciones de voz y/o de datos. Esta capa está construida sobre un estándares J2EE o .NET. Pueden estar basadas también en ambientes de ejecución de servicios estandarizados como Java APIs for Integrated Networks (JAIN) + Service Logic Execution Environment (SLEE) [18] o en una solución propietaria basada en J2SE o XML. Esta capa se compone de servidores de aplicaciones que albergan la lógica de los servicios de tiempo real del los Enterprise Java Beans (EJB) o los contenedores de .NET que alojan, a su vez, la capa de negocio de la lógica de servicios como *aprovisionamiento* y *facturación*. Es usada por los desarrolladores para crear software, scripts, y recursos que representen los servicios expuestos. Estos entornos pueden variar en complejidad desde componentes básicos de algunos entornos de desarrollo integrados (Eclipse, Netbeans, etc.) hasta aplicaciones bastante complejas de modelación.
4. **Servicios de abstracción de red**, que provee las interfaces estandarizadas para servicios como gestión, servicios de mensajería, localización, presencia y otros. La

capa de abstracción de red provee interfaces estandarizadas para los servicios de red básicos y asegura que el acceso a los mismos sea, tanto como sea posible, independiente de la tecnología y del proveedor. La capa de abstracción de red usa estándares emergentes como OSA/Parlay, JAIN, Parlay X, Servicios Web, OMA, IMS (SIP y SIP simple) como también otros protocolos de internet como LDAP, IMAP, SMTP, VoiceXML, etc. Las interfaces definidas por estos estándares son expuestas usualmente a los desarrolladores de aplicaciones como componentes estándar Java/J2EE u otros tipos de conectores estandarizados como SOAP o .NET. La capa de abstracción de red es usualmente implementada por un número de pasarelas (Gateways) y conectores como OSA/Parlay y pasarelas Parlay X. También incluyen pasarelas de Servicios Web.

Se describió una plataforma de entrega de servicios en el contexto de las telecomunicaciones, sin embargo los requerimientos de la presente tesis de maestría no están enfocados en este entorno, es por eso que la configuración de la plataforma no es la adecuada, de esta manera se hace necesario desarrollar una plataforma de entrega de servicios propia que permita distribuir los servicios de monitoreo climático de manera eficiente basada en los conceptos anteriormente descritos, debido a que la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático está basada básicamente en la misma arquitectura previamente descrita. La arquitectura de nuestra plataforma será descrita en el capítulo 3 de la presente disertación.

2.1.2 Arquitectura Orientada a Servicios

La arquitectura orientada a servicios (Service Oriented Architecture), SOA, por sus siglas en inglés es un paradigma para la realización y el mantenimiento de procesos de negocio que se usan en grandes sistemas distribuidos [1]. En años recientes, SOA ha sido reconocido y promocionado en la tecnología de la gestión de redes y sistemas [19] como una alternativa a los sistemas tradicionales de gestión. SOA es una arquitectura de software que involucra tres conceptos básicos: servicios, bus de servicio y bajo acoplamiento. Por servicio se entiende una funcionalidad de negocio auto-contenida [1]. La funcionalidad puede ser simple (almacenando o sacando información de un usuario) o compleja (un proceso de negocio para una orden de un cliente). Debido a que los servicios se concentran en el valor de la interfaz del servicio, pueden actuar como puente entre el negocio y las Tecnologías de Información (TI) [1]. El bus de servicio (Enterprise Service Bus) ESB por sus siglas en inglés, es la infraestructura que proporciona una alta interoperabilidad entre los sistemas distribuidos para los servicios [1]. El bajo acoplamiento es el concepto de reducir la dependencia de los sistemas para minimizar los efectos de modificaciones sobre él y las fallas del mismo [1]. Una característica esencial de SOA es que provee interfaces de servicios que son independientes de las plataformas y las tecnologías. Esto quiere decir que las interfaces de los servicios son independientes de su implementación. En la práctica, las interfaces se definen usando estándares ubicuos de las IT, como XML, HTTP, SOAP y WSDL [20]. En el ambiente de la gestión de sistemas, cualquier servicio puede asumir el rol de cliente o de administrador respecto a otro servicio, dependiendo de la situación [20].

SOA es una evolución de la computación distribuida diseñada para permitir la interacción de componentes software, llamados servicios, a través de la red. Las aplicaciones SOA son creadas como una composición de varios servicios. Estos servicios pueden ser compartidos entre múltiples aplicaciones [21]. SOA no es como tal una tecnología, es

más bien un concepto o marco de diseño para el desarrollo de sistemas que integren aplicaciones independientes del lenguaje en que fueron implementados y/o sistema operativo en el que estén implantados, de tal forma que pueda acceder a sus funcionalidades por medio de la red [22]. Una solución SOA consiste de tres principales componentes lógicos [1]: Consumidores (Consumers), Infraestructura SOA (SOA Infraestructure) y Productores (Producers). A su vez, la infraestructura SOA se compone de: Aplicaciones (Application), Servicio de Soporte (Service Support) y Servicios (Services).

Las arquitecturas orientadas a servicios fueron diseñadas principalmente para ser el sistema middleware de siguiente generación que apunta hacia el dilema de la heterogeneidad que existía en arquitecturas previamente diseñadas [19]. Los servicios son el núcleo de una SOA que se definen como “una representación en el campo de las Tecnologías de la Información de una funcionalidad de negocio”. Los servicios son basados en la idea de que las infraestructuras de las TI deberían estar directamente alineadas con los procesos de negocio relevantes, en lugar del alineamiento vertical u horizontal que tradicionalmente se maneja en otras arquitecturas. Los servicios se componen de una combinación de varios componentes de software que, juntos, ejecutan una función de negocios [1] [19].

La orientación a servicios permite que las aplicaciones desarrolladas bajo SOA tengan un bajo acoplamiento, sean más fáciles de reutilizar, ampliamente escalables y faciliten la integración entre sistemas heterogéneos [1]. Técnicamente un servicio es una interfaz para aquellos mensajes que retornan información y/o cambien el estado de una entidad, es por esto que el concepto de SOA toma fuerza en el momento de diseñar una plataforma para servicios de monitoreo meteorológico debido a que proveen funcionalidades de red de manera individual y granulada que permiten realizar transacciones transparentes e independientes de la plataforma de desarrollo y del entorno de ejecución [17]. SOA como concepto arquitectónico es adecuado para el diseño de una plataforma robusta y eficaz que permita el intercambio de información ambiental entre, desde y hacia la red de monitoreo involucrada en la entrega de los servicios de monitoreo climático.

La visión de SOA permite a las aplicaciones integrar tareas propias del mantenimiento de los sistemas sin tener en cuenta el formato [1]. Lo que la hace una arquitectura tecnológicamente neutra en el momento de intercambiar información entre sistemas heterogéneos. Además provee una infraestructura de comunicación distribuida confiable. Finalmente vale la pena resaltar que en los últimos años SOA ha sido ampliamente reconocida como una alternativa para la gestión de las redes y sistemas tradicionales [19]. En la sección 2.2 del presente documento se describirán en detalle las aproximaciones que abordan la temática de SOA y gestión de sensores.

2.1.3 Gestión de redes de sensores

Una red de sensores se compone de tres elementos: el hardware que representa el sensor, la identidad única programada en el sensor y el software del servidor [23]. De la misma manera que los sistemas de redes de computadores, las redes de sensores responden a funcionalidades de gestión [20] tales como gestión de fallas, de rendimiento, de configuración, de cuentas y de seguridad. Este tipo de funcionalidades proporcionan una gestión integral del sistema, permitiendo así implementar una plataforma inteligente

de gestión, enfocándose en funciones de monitoreo y control, las cuales son incorporadas al hardware de la plataforma. La gestión se puede realizar a través del uso de Web Services for Management conocido también como WS-Management, que es una iniciativa de industrias de la computación que permite a los sistemas intercambiar información de gestión a través de la infraestructura de las Tecnologías de la Información (TI). Una de las principales ventajas en el uso de WS-Management es permitir a los administradores acceder a los equipos (desde computadores hasta equipos portátiles), de una manera segura a través de la red. WS-Management describe un protocolo de Servicios Web basado en SOAP (Simple Object Access Protocol) para gestionar computadores, servidores, dispositivos, servicios web y otras aplicaciones [24] [25] [26].

Con el rápido aumento del número de redes de sensores, la visión de una red mundial de sensores está a punto de convertirse en realidad [27]. Dentro de los documentos encontrados se cita la necesidad de documentar los pasos requeridos para progresar de un conjunto de necesidades de gestión de la red a la creación de una vista funcional que proporcione la información necesaria y que a su vez permita especificar lógicamente las necesidades de gestión de una red de sensores. De esta manera, los servicios pueden ser configurados para obtener los datos de los sensores y compartirla entre servicios. Posteriormente, desde esta vista funcional de la arquitectura, se puede deducir una visión de implementación que tome en cuenta requerimientos como costos, rendimiento, integración o adaptación de aplicaciones y tecnología y otras preferencias organizacionales.

Debido a que los sensores están geográficamente distribuidos y producen datos a grandes velocidades, la red mundial de sensores requiere de una infraestructura de gestión que sea distribuida [27]. Tradicionalmente los sistemas y redes de gestión de sw están altamente atados a los recursos de IT a través de sus interfaces de gestión específicas, como Simple Network Manage Protocol (SNMP), Common Informatio Model (CIM), Windows Management Instrumentation (WMI), Java Management eXtensions (JMX). Para gestionar la información en aplicaciones basadas en SOA, algunos proyectos independientes han desarrollado sus propias implementaciones de las especificaciones de la información del servicio (Information Service Specifications, ISS) [19]. Estas soluciones no son interoperables entre ellas, apuntan a diversos sistemas y tienen una gran cantidad de requerimientos.

Actualmente existen muchos estándares de gestión, y se podría considerar que una tecnología tiene ventajas sobre otra, pero esto puede depender del entorno que se desee gestionar, o se podría pensar que una tecnología es el reemplazo de otra, pero si realiza el mapeo adecuado entre ellas se podrían complementar e integrar para conseguir una arquitectura de gestión adecuada para un entorno determinado y lograr la satisfacción del usuario [19]. Este panorama, un tanto complejo, es al que se enfrentan los encargados de la gestión de redes de sensores, pero además, muchos otros grupos interesados en el tema de gestión no crean estándares sino herramientas, y por otro lado, los desarrolladores de software libre también proporcionan muchas herramientas para lograr la gestión adecuada de estos sistemas que cada día ganan más usuarios, lo que hace que el panorama para la elección de una tecnología de gestión de sensores se vuelva aún más compleja.

2.2 TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se presentan los trabajos que tienen relación directa con la temática a desarrollar como tesis de maestría.

La taxonomía de los trabajos presentados a continuación se realizó de la siguiente manera: el primer numeral (2.2.1) propone la abstracción de la red a través de servicios en una plataforma industrial haciendo uso del concepto de maquinaria como servicio. Los tres siguientes numerales (2.2.2, 2.2.3, 2.2.4 y 2.2.5) presentan aproximaciones de plataformas de monitoreo climático que hacen uso de Arquitecturas Orientadas a Servicios. Finalmente el numeral (2.2.6) describe la gestión de redes sensores desde una perspectiva que no es orientada a servicios pero soportada en una plataforma basada en Agentes Sensores y Organizadores.

2.2.1 Máquinas industriales como Servicios: Modelando procesos de maquinaria industrial [5]

Este trabajo propone un método para el modelado de maquinaria de producción teniendo en cuenta los servicios que ofrecen las mismas, todo esto basándose en las TIC a través de una perspectiva SOA. Los autores proponen modelar máquinas como servicios con el fin de facilitar la incorporación de éstas al modelo de negocio de la empresa, a través de procesos de producción, integrando a su vez de manera transparente mapas de procesos en la organización y evitando así la discontinuidad en los procedimientos durante la ejecución de la lógica de negocio. Esta integración se realiza a través de procesos de normalización adoptando el concepto de Industrial Machinery as a Service (IMaaS) [6] cuyo objetivo es reducir la heterogeneidad en los ambientes de producción. El proceso de normalización cubre tres etapas: normalización física de la maquinaria, la propuesta de un middleware de servicios y la definición de un modelo que provee un patrón para que los servicios sean reconocidos como instalaciones físicas. El propósito de la normalización física de la maquinaria se enfoca en dar a los dispositivos la capacidad para realizar procesos computacionales y dotar de comunicación entre los mismos. En la segunda etapa se definen los servicios embebidos y los contenedores de servicios que proveen la infraestructura adecuada para los componentes que encapsularán las funcionalidades de los dispositivos. De esta manera, las funcionalidades de las máquinas serán determinadas por software y no por el hardware, permitiendo así una mayor flexibilidad, autonomía e interoperabilidad de los componentes de producción. En la tercera etapa se hace uso del concepto de IMaaS para realizar la abstracción de la maquinaria que le permitirá ser presentada a la organización desde la perspectiva de su funcionalidad facilitando así la integración con el mapa general de procesos.

El trabajo aporta el modelo de servicio que se ha definido para encapsular todas las funcionalidades de la maquinaria industrial y los requerimientos introducidos por los nuevos modelos de producción. Los modelos de servicio ocultan las características tecnológicas de la maquinaria, es por esto que el modelo desarrollado en [5] y [6] es adecuado para la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático a desarrollar en la presente propuesta de maestría soportando la abstracción (a través del uso de IMaaS [6]) de los dispositivos que están en cada estación.

2.2.2 Mecanismos distribuidos para la habilitación de sensores virtuales en ambientes inteligentes orientados a servicios [7]

En [7] se proponen mecanismos para la ejecución de sensores virtuales a través de una red de sensores y se proveen estrategias para monitorear la calidad de sus datos y mejorar la gestión de fallas de los mismos, todo a través del uso de una red orientada a servicios de sensores, SOSN por sus siglas en inglés (Service Oriented Sensor Network). Esta plataforma usa el concepto de SOA y lo aplica al dominio de hardware, en este caso a los sensores, realizando la abstracción con el concepto de sensores virtuales. Los autores afirman que una SOSN mejora el proceso de implementación de las redes de sensores, planteando que el despliegue de los equipos sea independiente del desarrollo de aplicaciones que usen los datos de la red, además aseguran que mediante su uso, las aplicaciones pueden descubrir, acceder y componer servicios de monitoreo de manera dinámica.

La red presentada en [7] consiste básicamente de cuatro capas: Capa física, de nodos, de servicios y de aplicaciones. La capa física es la que contiene una variedad de sensores en el medio de monitoreo. La capa de nodos es la encargada de obtener los datos de estos sensores y exportar su representación de servicios a las capas superiores, realizando la abstracción. La capa de servicios, está construida sobre una plataforma basada en SOA, en este caso Open Services Gateway Initiative, OSGi [28] que contiene los registros de los servicios de todos los sensores y actuadores conectados a la capa de nodos y provee servicios de descubrimiento, composición y mecanismos de invocación, de manera que las aplicaciones puedan localizar y hacer uso de sensores específicos. Por último el acceso a la SOSN se realiza a través de aplicaciones que acceden a los sensores a través de sus respectivas interfaces.

Los autores de [7] proponen algoritmos que permiten incrementar el rendimiento de la SOSN, pero estos algoritmos dependen directamente del protocolo donde se ejecuten. En este sentido, se propone el uso del protocolo de comunicaciones ZigBee/IEEE 802.15.4 [29]. Este protocolo actualmente se viene incluyendo en aplicaciones de tipo doméstico y como herramienta de comunicación en servicios médicos, industriales y científicos. Como es bien sabido este protocolo tiene una efectividad limitada, ya que su rango de acción está en los 90 metros de distancia, es por esto que el modelo de validación propuesto en [7] no sería aplicable a redes de sensores distribuidas en un área geográfica amplia, como es el caso del presente proyecto, donde el área de estudio tiene una extensión de 3360Km². Aunque [7] esté cimentado en una plataforma SOA como OSGi, los algoritmos presentados proponen una mejora teórica sobre una red inalámbrica, validada en Atlas [30], que es una plataforma de sensores basada en SOA para uso en espacios inteligentes. Esta plataforma es licenciada y su desarrollo depende estrictamente de licencias comerciales, lo que la hace inadecuada para proponer un modelo de validación para espacios de desarrollo libre.

2.2.3 SOAMS: Un sistema novedoso basado en SOA para el modelo de gestión de redes[4]

En [4] los autores discuten como una arquitectura SOA puede ser usada para la gestión de redes y sistemas. Este trabajo se centra en el diseño de un middleware para gestión basado en WSDM (Web Services Distributed Management) [31], el cual define las interfaces que soporta SOA para la gestión de los recursos.

El prototipo de validación del proyecto está implementado con Apache Muse [32]-JMX (Java Management eXtension) [1], y se denomina SOAMS. En la versión 1.0 de esta

plataforma, se han implementado los recursos de monitoreo y de servicios usando un agente JMX y el proyecto MUSE2 de Apache.

SOAMS Está compuesto de tres capas, como se puede apreciar en la figura 2.2 la capa de equipos gestionables, que incluye toda clase de recursos, como computadores, routers, sistemas operativos, CPU, memoria, etc. En esta capa, todos los recursos de TI suministran interfaces específicas de gestión a través de servicios web. La capa middleware, donde cada recurso de TI tiene su correspondiente modelo de gestión estándar, provee interfaces patrón para que las aplicaciones de gestión de sistemas puedan manipular los recursos de las TI. Finalmente se encuentra la capa de administración, que incluye todas las pólizas y la lógica de gestión.

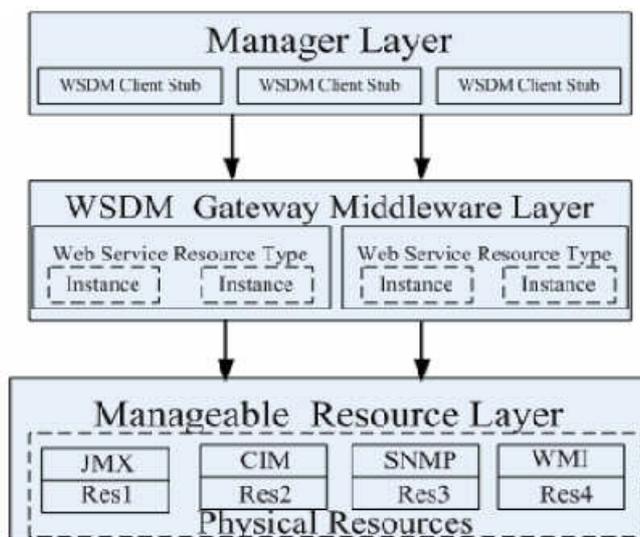


Figura 2.2 Vista de alto nivel de la SOAMS

Aunque SOAMS está completamente cimentado en una arquitectura SOA, el uso de WSDM hace que SOAMS sea demasiado complejo ya que no posee la simplicidad para concretar las bases de una administración remota, multiplataforma, fácil, eficaz y distribuida a través de HTTP y HTTPS mediante el estándar de comunicación de aplicaciones SOAP. Esto es evidente a la hora de analizar el recurso principal para el modelo de gestión de la arquitectura, ya que aumenta el nivel de complejidad haciendo uso de una gran cantidad de herramientas que no son necesarias a la hora de gestionar un recurso dentro de una red.

Fundamentalmente, el modelo de gestión de WSDM sugiere una solución que es adecuada para ambientes tipo centro de datos³ (IrisNet [2] [3], WebSphere [30]), los cuales pueden ofrecer mantenimiento a grandes sistemas y todo lo que ello conlleva: un protocolo tecnológicamente costoso, una banda de internet bastante amplia, personal calificado para manejar la TI involucrada, y por último sistemas de gestión de gama alta.

² **MUSE** es una implementación en java de la Web Service Resource Framework (WSRF) [33], WS-BaseNotification (WSN) [34] y WSDM [31r] donde se pueden construir interfaces de servicio de los recursos gestionables en una red.

³ **Centro de datos:** aquella ubicación donde se concentran todos los recursos necesarios para el procesamiento de información de una organización. También se conoce como *centro de cómputo*.

2.2.4 Una plataforma SOA para la gestión de instrumentos en sistemas de observación a gran escala [9]

En [9] se presenta una arquitectura orientada a servicios que se diseñó para el proyecto EarthScope USArray [11] de la National Science Foundation (NSF) [34]. La arquitectura se propuso para obtener un mayor rendimiento en los procesos de gestión de los equipos de monitoreo de variables ambientales [11]. El trabajo de [9] se enfocó en la implementación de una capa de servicios web que permite el control de la red de sensores y en el desarrollo de una capa de orquestación de servicios para automatizar tareas de gestión. Adicionalmente, se incluyeron herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) mediante uso de GoogleEarth [35] y Gridsphere [36].

La arquitectura propuesta consta de las siguientes capas: la capa de sensores, donde se encuentran los equipos de monitoreo. La capa de control de instrumentos, donde se ejecutan tareas en tiempo real para la adquisición y transmisión de los datos, además de proveer una plataforma para el acceso a los mismos. Se propone también una capa para la replicación, almacenamiento y virtualización de los datos. Posteriormente se implementó una capa de servicios web que permiten el control de la red de sensores. En el siguiente nivel de la arquitectura se propone una capa que realiza el flujo de trabajo desarrollada a partir de aplicaciones web estándar y finalmente una capa de visualización que, como se mencionó anteriormente, provee herramientas SIG.

Las tres primeras capas son procesos independientes, pero las capas 2 y 3 conforman el middleware de la arquitectura. La capa 2 es el sistema de tiempo real Antelope, ARTS [37] por sus siglas en inglés (Antelope Real-Time System) y la capa 3 es el mediador para almacenamiento de recursos SRB4 por sus siglas en inglés (Storage Resource Broker). Los autores integran al ARTS y al SRB a través de un Virtual Object Ring Buffer5 (VORB), que es una plataforma que permite la integración en tiempo real de datos a través del uso de una grilla de computación. En esta composición se generan objetos que son empaquetados mediante el uso de servicios web (proceso que se lleva a cabo en la capa 4).

La solución propuesta por [9] es una aproximación muy válida a través del concepto SOA para entornos heterogéneos y distribuidos de instrumentación, ya que provee mecanismos de acceso uniformes para el descubrimiento, el acceso transparente y la gestión de datos en la red de sensores. Pero el uso en [9] de grillas de procesamiento en tiempo real hace que la propuesta requiera de una infraestructura de telecomunicaciones muy robusta que permita la distribución de las tareas de gestión a través de la red de sensores. El uso de estas herramientas en el contexto del proyecto es limitado debido a las restricciones técnicas en el entorno propuesto para desarrollar la tesis de maestría, ya que no se cuenta con una grilla de computación que permita realizar los procesos de

4 **Storage Resource Broker**: Elemento que soporta colecciones compartidas que pueden ser distribuidas a través de múltiples organizaciones y sistemas de almacenamiento heterogéneos. El SRB se puede utilizar como un sistema de gestión de datos Grid (DGMS) que proporciona un espacio de nombres lógico y jerárquico para gestionar la organización de datos (por lo general los archivos).

5 **Virtual Object Ring Buffer**: Un búfer de anillo virtual es un elemento de la cola FIFO con la propiedad de que cualquier secuencia de caracteres, sean los datos en el búfer, o cualquier espacio vacío, puedan ser accedidos como un único bloque continuo de memoria, eliminando la necesidad de hacer frente a interrupciones en la continuidad de cadena, y que permite el uso directo de la construcción de cadenas o de herramientas de *parsing*.

integración de información que provienen de las diferentes estaciones meteorológicas a instalar en el proyecto.

2.2.5 Arquitectura abierta de redes de sensores

La arquitectura abierta para sensores, Open Sensor Web Architecture (OSWA) [38] [39] es un estándar del Open Geospatial Consortium (OGC) para proveer acceso basado en SOA a los sensores y su gestión propuestos en la Universidad de Melbourne. La OSWA es una plataforma estándar para la integración de redes de sensores y plataformas emergentes de computación distribuida. Las redes de sensores individuales pueden ser unidas a través de conjuntos de servicios, que pueden ser registrados, descubiertos y accedidos por diferentes clientes usando un protocolo uniforme.

Los diferentes componentes de la OSWA se muestran en la figura 2.3, donde se definen cuatro capas denominadas: fábrica, servicios, desarrollo y aplicaciones. Los servicios fundamentales se proveen por los componentes de bajo nivel mientras que aquellos de alto nivel proveen herramientas para la creación de aplicaciones y la gestión de los datos capturados por la red de sensores. Las plataformas basadas en OSWA proveen servicios como:

- Notificación de sensores
- Recolección de datos, agregación y archivo
- Procesamiento de datos
- Servicio de configuración de sensores

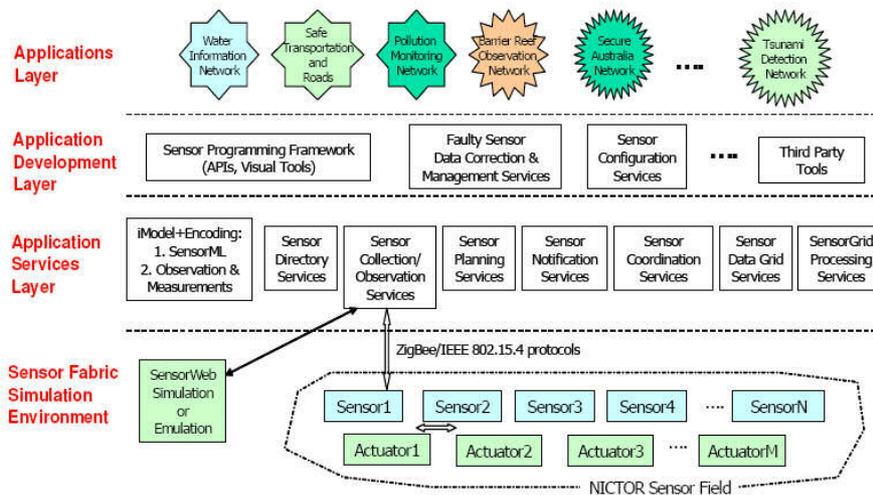


Figura 2.3 Vista de alto nivel de la OSWA.

La OSWA se enfoca principalmente en proveer un entorno interactivo de desarrollo, una capa mediadora para servicios web y un lenguaje de coordinación que soporte el desarrollo de diversas aplicaciones con sensores

El núcleo propuesto para la OSWA es el estándar Sensor Web Enablement [40](SWE), que es una especificación desarrollada por la OGC, que consiste de cinco sub especificaciones que incluyen:

- Lenguaje de modelamiento de sensores [41] (Sensor Model Language, SensorML): Modelo estándar y esquema XML para la descripción de los sistemas de sensores y procesos asociados con las observaciones de sensores; proporciona información necesaria para el descubrimiento de sensores, localización de las observaciones, así como soporte para on-demand processing de las observaciones de los sensores.
- **Observación y medidas** (Observations & Measurements, O&M): Modelo estándar y esquema XML para la codificación de las observaciones y mediciones realizadas por un sensor, ambas archivadas y en tiempo real.
- **Servicios de Observación** (Sensor Observations Service, SOS): Interfaz de servicio estándar para la consulta, filtrado y recuperación de observaciones y de información sobre los sistemas de sensores. Este servicio hace de intermediario entre el cliente y el repositorio de observaciones o del canal del sensor en tiempo real más cercano.
- **Servicios de Planificación de sensores** (Sensor Planning Service, SPS): Interfaz de servicio estándar para la consulta de adquisición de observaciones. Este servicio es el intermediario entre el cliente y el sensor colector de datos.
- **Servicios de Notificación vía Web** (Web Notification Services, WNS): Interfaz de servicio estándar para la entrega no sincronizada de mensajes de alertas de los servicios SPS y otros elementos de flujos de trabajo de los servicios.

El propósito del SWE es hacer que todos los componentes de una red de sensores (sensores web, dispositivos de imágenes, repositorios de información) sean accesibles y puedan ser descubiertos a través de la World Wide Web. En otras palabras, el propósito es permitir la creación de redes de sensores basada en la web.

2.2.6 Intel IrisNet [2] [3]

IrisNet (Internet-scale Resource-Intensive Sensor Network Services) permite la entrega de servicios a través de sensores en una red de amplia cobertura. El objetivo de ésta aproximación es el de estudiar y proveer los componentes de software necesarios para realizar una red global de sensores. IrisNet se centra en servicios de visión artificial para mejorar la calidad vida de la población en general. Esta constituido por un conjunto de sensores y cámaras distribuidas en un área determinada con el fin de proporcionar servicios remotos de alerta de transporte, clima, servicios de acceso a parqueaderos, servicios de recuperación de objetos perdidos, de guarderías para niños y adultos mayores. Dependiendo de los servicios, IrisNet provee diferentes tipos de sensores, pero la plataforma de adquisición de datos es genérica, la cual está basada en Agentes Sensores y Organizadores. Los primeros implementan la interfaz genérica de acceso a la plataforma de adquisición de datos, y los segundos proporcionan el servicio de almacenamiento de información en bases de datos distribuidas. El uso de estos agentes hace que la plataforma IrisNet sea semejante a una arquitectura SOA.

A pesar de la semejanza de la arquitectura IrisNet con SOA, una de las principales desventajas gira en torno al alto costo computacional requerido para realizar las tareas de análisis de los datos (ya que parte del procesamiento se realiza sobre los mismos nodos de adquisición), los cuales, además de estar distribuidos espacialmente, son multimodales, se encuentran en diferente escala y además presentan la característica de ser adquiridos de manera multi-temporal por las diferentes estaciones.

Resumen

El presente capítulo se centró en el análisis de la documentación referente los temas a tratar en la presente tesis de maestría. Se expuso el marco teórico de la presente tesis enfocándose en los nuevos desarrollos que giran alrededor de las temáticas de SDP's, SOA y gestión de redes de sensores. Se expuso además el referente bibliográfico concerniente a los artículos en los que se basó para desarrollar la tesis pretendiendo realizar una crítica alrededor del tema central de esta disertación, además se extrajeron importantes conceptos que fueron utilizados para el diseño de una Plataforma de Entrega de Servicios como resultado de la tesis.

Capítulo III

Introducción

En este capítulo se expone la arquitectura de referencia para la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático. La primera parte del capítulo establece la discusión del porque la plataforma desarrollada en la tesis de maestría contribuye al monitoreo y distribución de la información concerniente a las variables climáticas en la región de estudio. Posteriormente se presenta la arquitectura y se describe detalladamente cada uno de sus componentes.

El resultado propuesto en la presente tesis de maestría es una plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático, que opera sobre una infraestructura SOA, soportada completamente con tecnologías abiertas.

La plataforma propuesta es una base para el desarrollo de servicios que involucran el uso de datos meteorológicos distribuidos a lo largo y ancho de un área de estudio determinada. Dicha propuesta mejora la comunicación e interoperabilidad entre componentes gracias a la adaptación de una Arquitectura Orientada a Servicios, la cual permite que diferentes aplicaciones puedan intercambiar funcionalidades con la ayuda de servicios ofrecidos por terceros, y viceversa.

Esta plataforma de entrega de servicios busca ser una guía que permita al usuario y/o entidad desarrolladora, adoptar las tecnologías SOA en sus proyectos, proponiendo una arquitectura soportada por tecnologías y herramientas de código abierto, lo que permite la reducción de costos en el desarrollo de aplicaciones.

Dentro de los objetivos de la tesis existe uno en especial que hace referencia a la arquitectura de la Plataforma:

- Definir una arquitectura de referencia para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo de Variables Ambientales basada en una perspectiva SOA.

3.1 Naturaleza de la arquitectura de referencia para la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático

La Arquitectura de Referencia propuesta para la Plataforma descrita en este capítulo hace referencia a una arquitectura de entrega de servicios basada en SOA para Servicios de Monitoreo Climático, basada en la implementación del Bus de Servicios Empresariales. Dicho bus es la columna vertebral y pilar fundamental para el intercambio de datos e interoperabilidad de los diferentes servicios existentes dentro y fuera del sistema.

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas en [38] y [39] se propone que SOA sea un paradigma fundamental en el diseño de la Arquitectura de Referencia expuesta a continuación, de esta manera una plataforma de entrega servicios de monitoreo climático que haga uso de ella tendrá las siguientes características: bajo acoplamiento, fácil reutilización, amplia escalabilidad y fácil integración e interoperabilidad entre sistemas

heterogéneos. Así mismo por medio del uso del Bus de Servicios Empresarial, dichas aplicaciones podrán entre otras cosas manejar enrutamiento, seguridad, transparencia de ubicación, transformación de datos, entre otras.

La figura 3-1 muestra la Arquitectura de referencia para la plataforma propuesta en la presente tesis de maestría. En ella se pueden apreciar los diferentes componentes y la comunicación existente entre sus subsistemas.

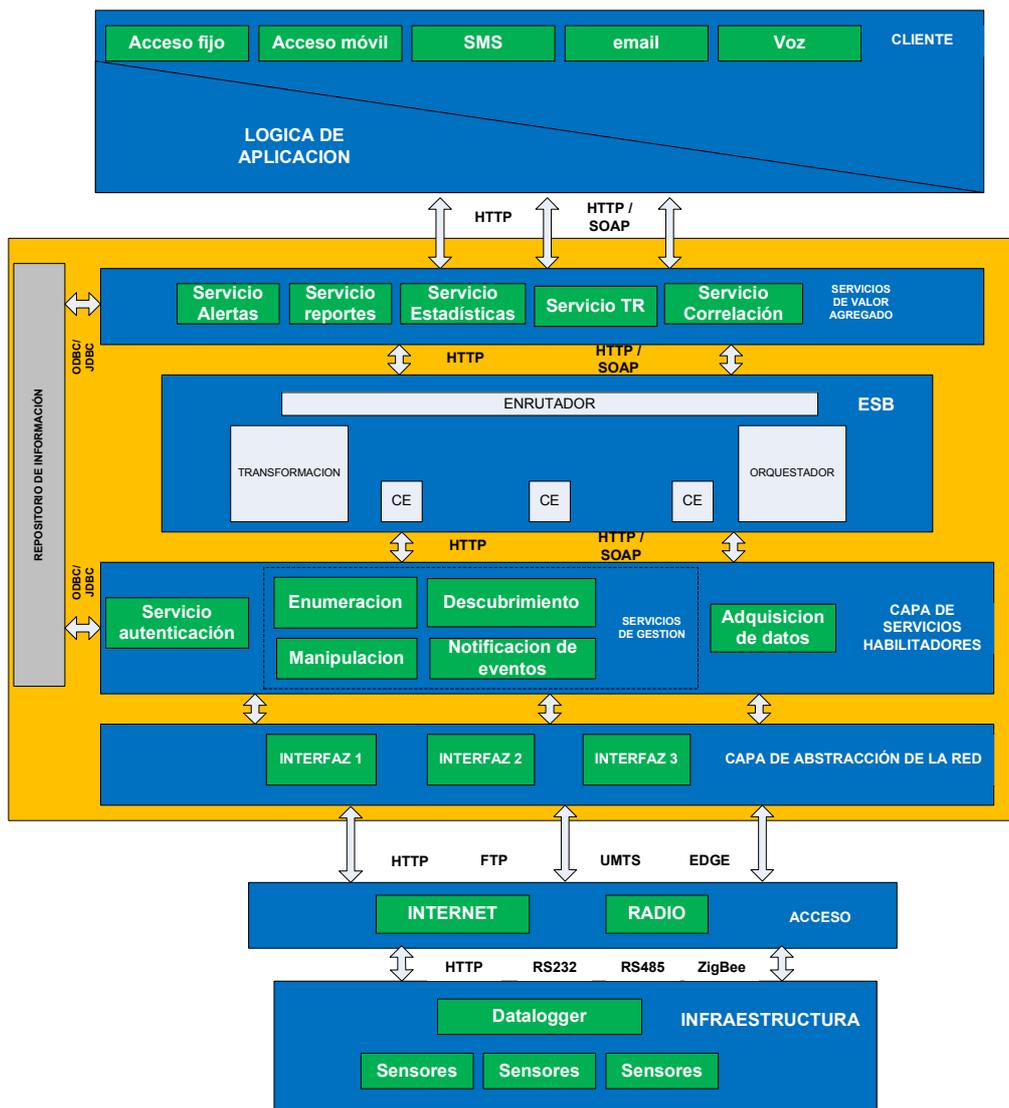


Figura 3.1 Arquitectura de Referencia para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo Climático

La figura 3.1 muestra la Arquitectura que se diseñó para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo climático (PESMC), donde su implementación se enfocó principalmente en la capa de servicios, la capa de sensores y en la capa de distribución de la información entre las centrales de acopio de información y la red de sensores. En adelante se presentarán los pasos que se siguieron y permitieron definir cada uno de los componentes de la arquitectura mostrada en la figura 3.1.

3.2 Modelo del Ambiente de la Arquitectura de Referencia para la plataforma de entrega de servicios

Los sistemas desarrollados en base a la Arquitectura de Referencia para la PESMC basada en SOA se desenvuelven en un ambiente espacial y no espacial, es decir, son aplicaciones que pueden interoperar mediante datos espaciales, pero igualmente, están capacitados para manejar datos alfanuméricos.

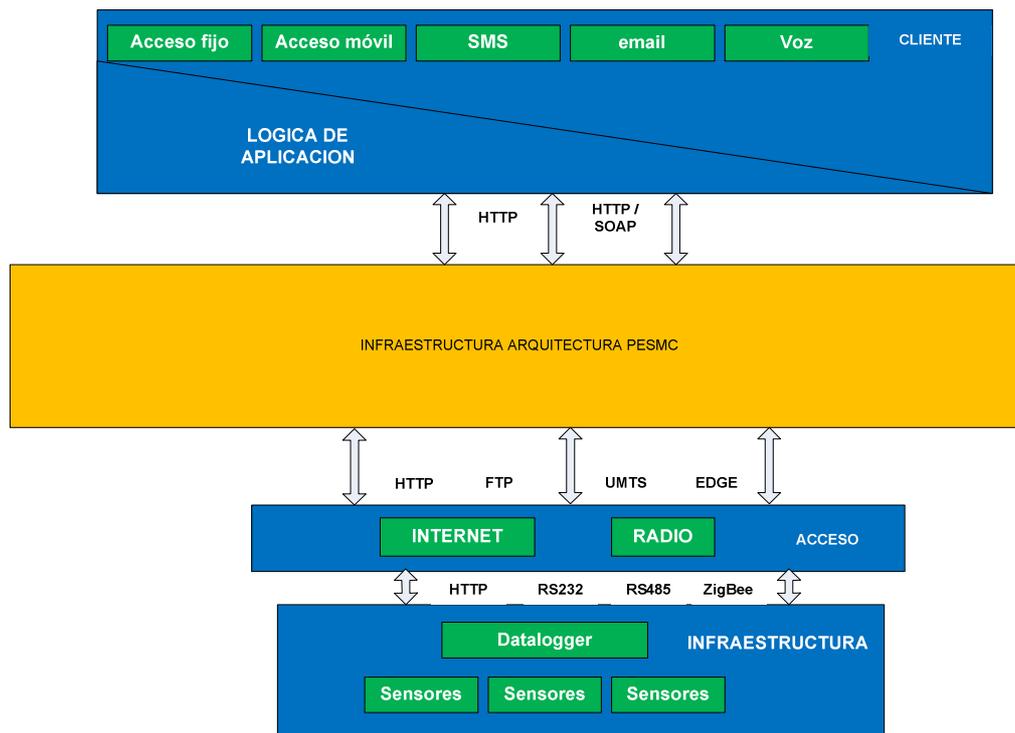


Figura 3.2 Modelo del Ambiente de la arquitectura para la plataforma propuesta.

La figura 3.2 muestra el modelo del ambiente de la Arquitectura de Referencia para la PESMC basada en SOA. Básicamente, este tipo de sistemas interactúa con tres módulos con los cuales comparte funcionalidades

Módulo Cliente: Aplicaciones software que permiten a los usuarios finales interactuar con la plataforma, permitiendo desplegar servicios a través de diferentes interfaces, las cuales son consumidas por distintos dispositivos, como por ejemplo teléfonos móviles, PC's de escritorio entre otros. Es el elemento de visualización de la información generada por la plataforma, está compuesto por elementos de acceso fijo que pueden ser desplegados en visores web de escritorio, elementos de acceso móvil que permiten la visualización de la información en dispositivos móviles, y elementos de mensajería corta, email y voz.

Módulo de acceso: Este módulo representa todos los medios de acceso a la información obtenida en campo y a los servicios brindados por los sistemas legados y otras aplicaciones existentes que pueden ser consumidos por la plataforma. Es el elemento que provee el puente de comunicaciones para transferir la información de la capa de

infraestructura hacia la plataforma de entrega de servicios. Está compuesta por elementos de comunicación de diferentes tecnologías donde se cuenta internet, comunicación de paquetes 3G y radio. Estas tecnologías no son inclusivas en cada sitio de muestreo, es decir, cada estación debe contar con al menos una de las tres mencionadas.

Módulo de infraestructura: Este módulo es el encargado del monitoreo remoto de las variables ambientales, compuesta por los elementos físicos encargados de la obtención y almacenamiento en el sitio de muestreo de la información climática asociada a la estación. Es una capa cuya característica principal es la heterogeneidad de las máquinas que monitorean la información, ya que diferentes condiciones medioambientales requieren nodos de sensores específicos para tareas individuales (ej, temperatura, humedad, radiación, pluviosidad, medición de caudal, oxígeno disuelto) lo que resulta en una variedad muy amplia de estaciones en un mismo sitio de muestreo. Otra característica importante es la cantidad de casas proveedoras de estaciones medio ambientales, lo que genera un abanico de elementos que difieren tanto en su arquitectura interna como en la disponibilidad de la información que adquieren. Aquí se encuentra desplegada la red de estaciones climatológicas asociadas a la PESMC. La estación de monitoreo climatológico, va a ser la encargada de obtener el valor de cada una de las variables ambientales que se estén midiendo (radiación, pluviosidad, temperatura, humedad, etc.) y la encargada del envío de la información hacia el servidor central.

La heterogeneidad se refiere a objetos o colecciones de objetos que no tienen relación o similitud entre sí. Diferentes condiciones medioambientales requieren nodos de sensores específicos para tareas individuales lo que resulta en una red heterogénea de estaciones. Como las diferentes estaciones pueden ser incompatibles, la arquitectura propuesta debe tomar en cuenta esta necesidad. Las estaciones individuales deben ser reconfiguradas y actualizadas durante su tiempo de despliegue.

Una estación de monitoreo es considerada la parte más pequeña dentro de la red climática que permite recolectar la información [2]. Los equipos vinculados a la red serán descritos en detalle en el numeral 4.1 del capítulo 4: **Estructura física del sistema de monitoreo climático.**

3.3 Descripción General del Sistema

A continuación se describen cada uno de los diagramas e interfaces que hacen parte de la PESMC. Estos son: Diagramas de los subsistemas, las interfaces externas e internas de los subsistemas y sus componentes, y los diagramas de secuencia de los componentes.

3.3.1 Diagrama de Subsistemas

En las siguientes secciones se describen los subsistemas que hacen parte de la PESMC que están representados en la figura 3.3. Estos son: Capa de abstracción de la red de estaciones, Capa de servicios habilitadores, Repositorios de Información y Bus de Servicios.

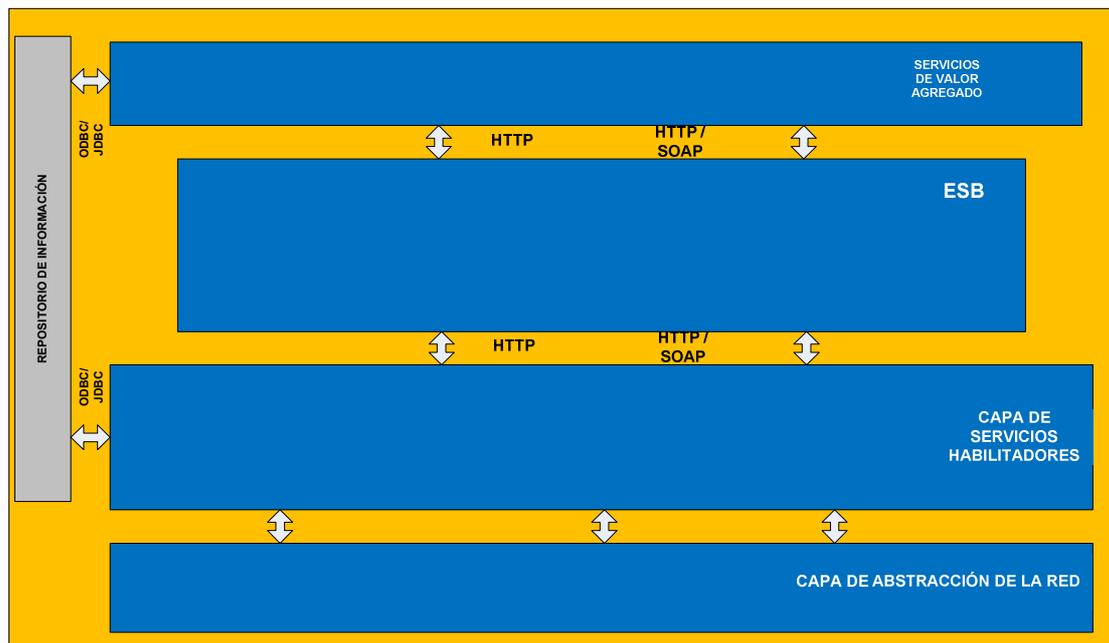


Figura 3.3 Diagrama de subsistemas

3.3.1.1 Capa de abstracción de la red de estaciones

El elemento de la plataforma que se encarga de virtualizar las máquinas que realizan el monitoreo climático en el punto de muestreo. Esta virtualización de elementos hardware se diseñó bajo la perspectiva de Máquinas Industriales Como Servicios IMaaS (Industrial Machinery as a Service), cuyo objetivo principal es reducir la heterogeneidad en el ambiente de monitoreo. Cada elemento de la red fue modelado como interfaces de servicio con el fin de facilitar la incorporación de éste a la plataforma de entrega de servicios.

El objetivo del proceso de virtualización es caracterizar los elementos de adquisición de datos, desde el punto de vista de su contribución al modelo de negocios de la PESMC. De esta manera el nuevo concepto permite realizar la evolución del concepto de elemento técnico (maquinaria industrial, datalogger, PLC) a servicios que contribuyan a las TIC's y posteriormente a procesos de negocio más complejos. La contribución de encapsular a los elementos a través de una WSDL es la de ocultar las características heterogéneas del equipo de monitoreo.

3.3.1.2 Capa de servicios habilitadores

Se consideran Servicios Habilitadores a todos los elementos que tienen una funcionalidad esencial en la PESMC. Cada servicio habilitador tiene una tarea básica que permite realizar las tareas específicas de la plataforma como autenticación de usuarios, monitoreo de fallas en la red, servicios de adquisición de datos, servicios de lectura y escritura sobre la red de estaciones y servicios de disparo de eventos.

3.3.1.3 Bus de Servicio Empresarial (ESB)

Un Bus de Servicios Empresarial es una solución de integración distribuida para SOA basada en mensajes y en estándares abiertos. La función de un ESB es proporcionar una comunicación fiable entre los distintos recursos tecnológicos tales como aplicaciones, plataformas y servicios, los cuales están distribuidos en múltiples sistemas. EL ESB actúa como mediador, el cual provee una capa de abstracción de bajo nivel que facilita el intercambio de información entre aplicaciones heterogéneas. Esto es posible gracias a la inclusión de tecnologías estándares como los Servicios Web.

Esta infraestructura es el nodo central del paradigma SOA. La responsabilidad del ESB, es la de permitir a los consumidores llamar a los proveedores de servicio. Las tareas principales del ESB en el entorno de distribución de servicios ambientales son

- Proveer conectividad
- Enrutamiento inteligente
- Gestión de servicios
- Información de monitoreo

Es el responsable de administrar de una manera centralizada los servicios propios de este subsistema tales como transformación o seguridad, así como los ofrecidos por aplicaciones externas en el módulo de Servicios. Entre las tareas que puede realizar el Bus se encuentran: enrutamiento, transformación y orquestación de Servicios Web [42], entre otras.

Este subsistema funciona como un intermediario entre el módulo de habilitación de servicios, y el módulo de Servicios de valor agregado. De esta manera se brinda a la "Lógica de Aplicación" y al módulo Clientes un conjunto de servicios, los cuales pueden ser simples o compuestos.

3.3.1.4 Servicios de valor agregado

Son servicios que permiten conocer información compuesta gracias a la interacción entre servicios habilitadores. Estos están disponibles a los clientes a través de interfaces y pueden ser consumidos de manera independiente cada uno. Son los que componen el portafolio de servicios de la plataforma que está disponible al público. Básicamente son servicios de alerta, de reportes, estadísticos, de tiempo real y de correlación de la información.

Los servicios de Valor Agregado se diferencian de los servicios habilitadores, debido a que el usuario recibe a través del portal las herramientas agregadas a dicho servicio, y proporcionan beneficios adicionales, independientemente de la tecnología o el terminal utilizado; además la plataforma efectúa procesos lógicos sobre la información que posibilitan una mejora, adición o cambio al contenido de la información de manera tal que se genera un cambio neto de la misma independientemente del terminal utilizado. Este cambio, a su vez, genera un beneficio inmediato y directo, que es recibido por el usuario del servicio.

En la Arquitectura de referencia propuesta para la plataforma de entrega de servicios, la información se acopia en una central de almacenamiento de datos y se procesa para generar servicios de valor agregado, tal es el caso de las herramientas para la visualización de puntos de rocío, registros históricos de monitoreo, envío de informes y/o alarmas a través de correo electrónico y servicios de mensajería corta (SMS), descarga de información estratégica de un área de estudio, visualización de información sobre un área geográfica correspondiente a la distribución espacial de las estaciones de monitoreo y la generación de información para el despliegue y la elaboración de un transecto de temperatura en la atmósfera sobre una ventana del continente suramericano, el pacífico, Centroamérica y el Caribe.

Esta información se publica a través del portal para futuras correlaciones como se verá en el capítulo 5 de la presente disertación.

3.3.1.5 Repositorios de Información

Los Repositorios de Información interactúan con la capa de servicios habilitadores y la capa de servicios de valor agregado. Funcionan como fuente de almacenamiento persistente de información alfanumérica específica del dominio del problema de la aplicación. Esta información es recuperada a través del subsistema Servicios de Valor Agregado cada vez que sea requerido. Además, como se detallará mas adelante, la lógica de la aplicación tiene estrecha relación con los servicios orquestados, por lo tanto los datos resultantes de la ejecución de un servicio orquestado son almacenados en este repositorio.

3.3.2 Definición de las Interfaces de los Subsistemas

Es esta sección se describen todas las interfaces internas y externas que hacen posible la comunicación entre los subsistemas de la Arquitectura de Referencia.

3.3.2.1 Interfaces internas de los subsistemas

En esta sección se describirán los medios de comunicación que existen entre los subsistemas internos de la arquitectura de referencia que se encuentran ilustrados en la figura 3.3.

- ***Subsistema Capa abstracción de red – Subsistema de servicios habilitadores***

Estos subsistemas se comunican por medio de métodos implementados en cada uno de ellos. Cuando un servicio alojado en la capa de habilitación realiza un llamado a los métodos definidos en el subsistema de la capa de abstracción de red se realiza una invocación de métodos abstractos que realizan tareas específicas solicitadas por los servicios habilitadores; la capa de abstracción es quien se encarga de procesar dicha petición. Para ejecutar esta tarea, de ser necesario, el subsistema de la capa de Servicios Habilitadores puede, a través de los Repositorios de Información, almacenar la información resultante del proceso invocado y/o recuperar datos necesarios para completar la tarea.

- ***Subsistema Servicios Habilitadores – Subsistema de Repositorios de Información***

Esta comunicación se da a través de adaptadores tales como ODBC (Open DataBase Connectivity) o JDBC (Java DataBase Connectivity), los cuales permiten abrir una conexión entre los Repositorios de Datos y los subsistemas de abstracción de la red y la de servicios habilitadores.

La lógica necesaria que permite acceder o almacenar información en los repositorios de información se encuentra en los subsistemas que interactúan con los repositorios.

- ***Subsistema Capa de servicios habilitadores – Subsistema Bus de Servicios***

Estos dos subsistemas se comunican por medio de interfaces HTTP/SOAP. El subsistema Bus de Servicios actúa como mediador entre la capa de servicios habilitadores y la capa de servicios de valor agregado. Las funcionalidades de estos servicios en la capa de habilitación son consumidas directamente por el subsistema de valor agregado.

- ***Subsistema Capa de servicios de valor agregado – Subsistema Bus de Servicios***

Estos dos subsistemas se comunican por medio de interfaces HTTP/SOAP. El subsistema Bus de Servicios puede desplegar varias funcionalidades a través de los diferentes servicios ya sean simples o compuestos. Las funcionalidades de estos servicios son consumidas, bien sea por el subsistema Lógica de Aplicación y desplegadas a través del modulo presentación hacia el módulo Clientes, o consumidas directamente por el modulo Clientes.

- ***Subsistema Servicios de Valor Agregado – Subsistema de Repositorios de Información***

Esta comunicación se da a través de adaptadores tales como ODBC o JDBC, los cuales permiten abrir una conexión entre los Repositorios de Datos y el subsistema de Servicios de Valor Agregado.

3.3.2.2 Interfaces externas de los subsistemas

A continuación se describen los métodos de comunicación existentes entre los subsistemas internos de la arquitectura de referencia y aquellas interfaces que están en el exterior. Estas interfaces y las comunicaciones existentes se ilustran en la figura 3.4.

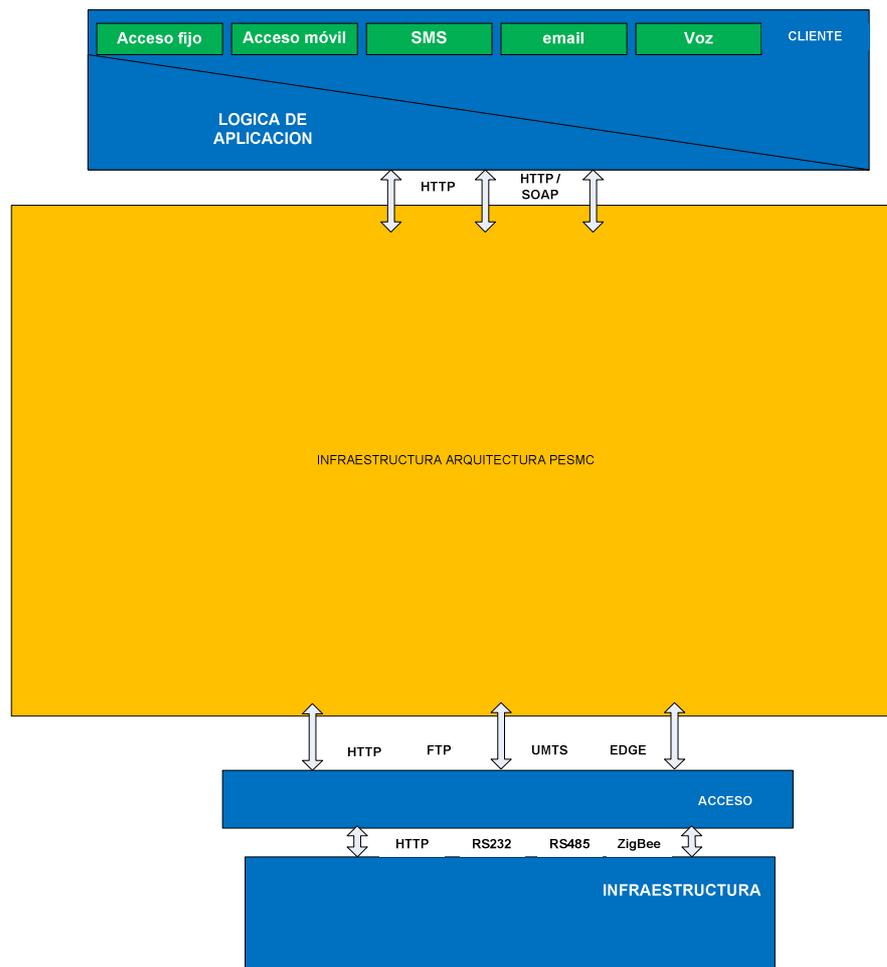


Figura 3.4 Interfaces externas de los subsistemas

- **Lógica de aplicación – Módulo Cliente**

Esta comunicación se realiza con el fin de mostrar de una manera amigable los servicios de valor agregado expuestos en el ESB al módulo Cliente, los datos alfanuméricos son gestionados por el subsistema Lógica de Aplicación a través de interfaces internas. Además, sirve como puente de entrada para las peticiones de los usuarios, las cuales se pueden hacer a través de portales y/o clientes web ubicados en el subsistema de Presentación.

- **Subsistema Servicios de Valor Agregado – Lógica de Aplicación**

Se comunican mediante interfaces HTTP-SOAP. De esta manera, aplicaciones del módulo lógica de aplicación puedan invocar funcionalidades prestadas por el Bus de Servicios a través del uso de servicios web.

- **Subsistema Capa abstracción de la red – Capa de acceso**

Estas capas se comunican a través de diferentes protocolos de comunicación que permiten la transmisión de la información desde el sitio de muestreo. Los métodos de de

comunicación abarcan desde tecnologías tan comunes como HTTP y FTP, como algunas más complejas como EDGE y UMTS que corresponden a protocolos de comunicación de telefonía celular.

3.4 Descripción de subsistemas

A continuación se describe cada uno de los subsistemas con sus componentes e interfaces correspondientes que hacen parte de esta Arquitectura de Referencia que se representa en la figura 3.5.

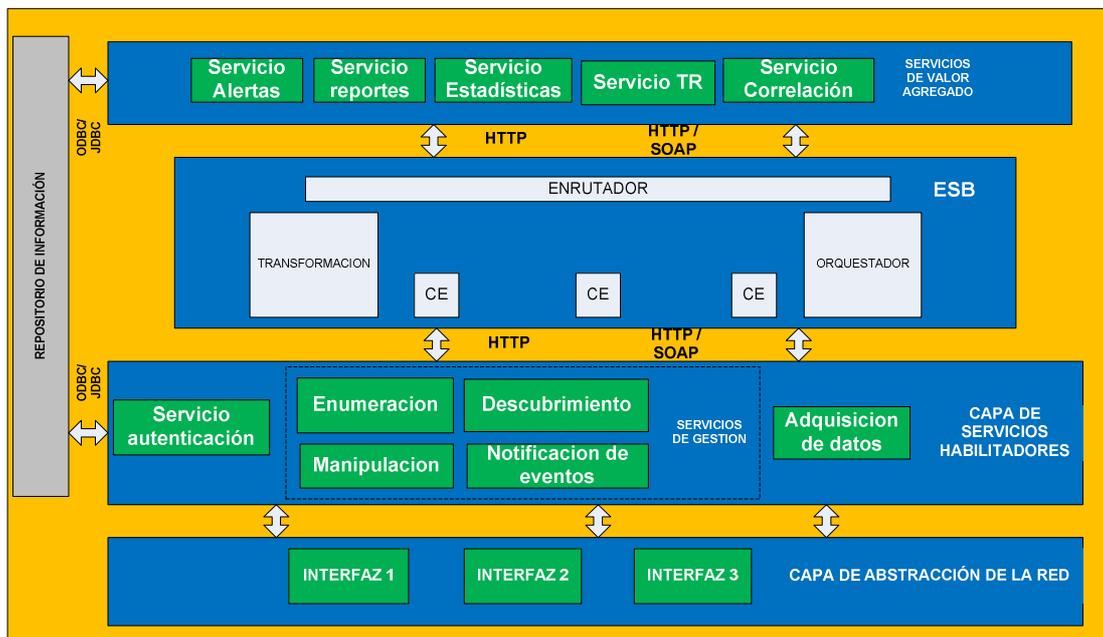


Figura 3.5 Subsistemas y componentes de la arquitectura de referencia

3.4.1 Subsistema de Servicios de Valor Agregado

El subsistema de capa de Servicios de Valor Agregado está definido en base a un dominio o problema específico, siendo este el encargado de manejar todos aquellos servicios que exponen tareas que son el resultado de interacciones entre los servicios del subsistema de la capa de servicios habilitada.

Este subsistema es el encargado de:

- Recibir todas las peticiones del cliente a través del módulo de lógica de aplicación
- Procesar dichas peticiones
- Permitir la interacción de los servicios de la capa habilitadora a través de métodos de composición integrados en la capa.
- Devolver la información requerida por el usuario

Para atender una petición de los usuarios este subsistema requiere el acceso a interfaces definidas en la capa de Servicios Habilitadores de la arquitectura de referencia. Estos

servicios son el resultado de la interacción de los servicios habilitadores a través de la composición de dos o más servicios ofrecidos por diferentes proveedores.

Las peticiones de los usuarios muchas veces requieren el almacenamiento o acceso a datos en el subsistema de Repositorios de Información, por lo que el subsistema de Capa de Servicios de Valor Agregado provee los mecanismos necesarios para comunicarse con éste, y almacenar o recuperar la información que sea requerida.

3.4.1.1 Descripción de Componentes del Subsistema Servicios de Valor Agregado

Dentro de la plataforma se consideran Servicios de Valor Agregado a todas aquellas aplicaciones que son el resultado de la interacción de los Servicios Habilitadores. Estas interacciones se realizan a través de la composición de servicios Habilitadores que dan como resultado nuevos elementos con diferentes funcionalidades.

La composición de los servicios no se realiza de manera automática, es ejecutada a través de métodos de invocación de Servicios Web a través de interfaces WSDL dentro de la capa de Servicios de Valor Agregado. Estas interacciones son integradas a la capa a través de aplicaciones web que pueden estar localizadas en el mismo servidor que aloja a los Servicios Habilitadores o en diferentes contenedores, lo que permite que la interacción con los componentes de la capa habilitadora sea distribuida y pueda ser efectuada por terceros.

Los servicios de valor agregado pueden ser

- **Servicios de alerta**, son tareas específicas para informar condiciones anómalas en la información proporcionada por la capa habilitadora.
- **Reportes**, son servicios encargados de proporcionar la información de la red de estaciones asociadas a la plataforma a través de medios audiovisuales.
- **Estadísticos**, son aquellos servicios que generan la estadística de toda la información recogida por las estaciones
- **Correlación**, son tareas que permiten resaltar información concurrente entre diferentes reportes, ya sean de información satelital o de las estaciones.

Una descripción más profunda de los Servicios de Valor Agregado se encontrará en el capítulo 5 de la presente disertación cuando se exponga el modelo de alertas tempranas para la PESMC.

3.4.1.2 Descripción de Interfaces Internas del Subsistema Servicios de Valor Agregado

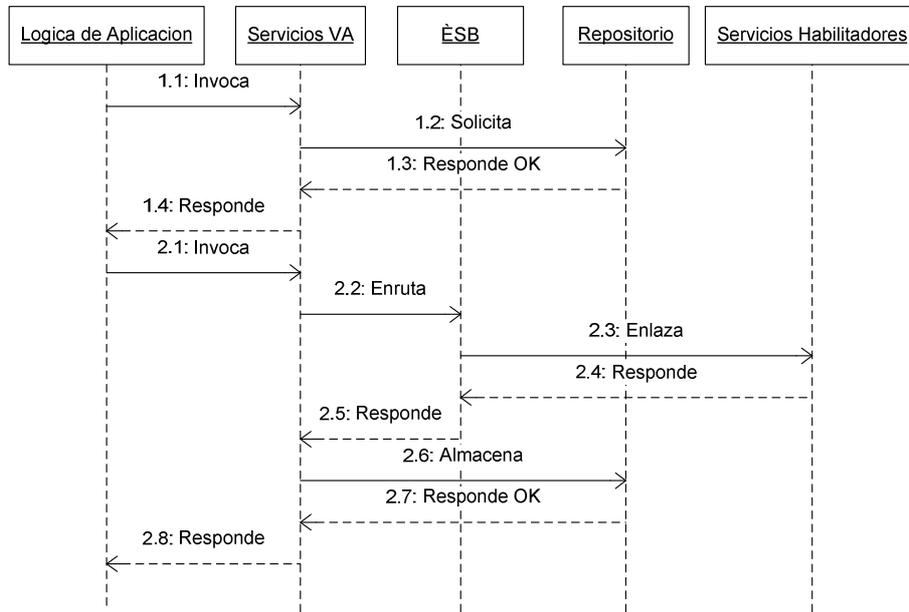


Figura 3.6 Diagrama de interacción de componentes del subsistema Servicios de Valor Agregado.

A continuación se describe la interacción de los componentes de este subsistema como se ilustra en la figura 3.6:

Para el caso de solicitar datos al repositorio de información (1):

1. La lógica de aplicación invoca a los Servicios de Valor Agregado (VA) para realizar consultas sobre información en la base de datos.
2. El servicio de VA solicita esta información al repositorio a través de interfaces JDBC/ODBC.
3. El repositorio responde exitosamente si existe la información solicitada.
4. La capa de servicios de VA responde a las necesidades de la lógica enviando la información.

Para el caso de invocación de servicios habilitadores (2):

1. La lógica de aplicación invoca a los Servicios de Valor Agregado (VA) para conocer información compuesta.
2. La capa de Servicios VA enruta los servicios habilitadores a través del Bus de Servicio.
3. El Bus de Servicios enlaza la solicitud hacia las interfaces de los servicios habilitadores.
4. La capa de servicios habilitadores responde a la solicitud del bus.

5. El Bus de Servicios enruta la respuesta de la capa de habilitación a la capa de servicios de VA, donde posteriormente es procesada para su composición.
6. La capa de servicios de VA almacena la información de la composición en el repositorio.
7. El subsistema de repositorio informa el éxito/fallo del proceso de almacenamiento de información.
8. La capa de Servicios de Valor Agregado responde a la invocación del módulo de Lógica de aplicación.

3.4.2 Subsistema Bus de Servicios

El Bus de Servicios es el encargado de proporcionar a la arquitectura propuesta una comunicación fiable entre los distintos recursos tecnológicos tales como aplicaciones, plataformas y servicios, de forma transparente, evitando cantidades de conexiones punto a punto entre las distintas aplicaciones y/o servicios.

A su vez, este subsistema se encarga del enrutamiento de los mensajes generados a partir de la invocación de servicios de una forma segura, garantizando la correcta comunicación entre el cliente y el proveedor del servicio solicitado. Para el caso de la arquitectura planteada, quienes solicitan los servicios son el módulo Clientes o el subsistema Lógica de Aplicación. El Bus posee la capacidad de proporcionar funcionalidades propias (por ejemplo transformación) y funcionalidades expuestas por proveedores de servicios, que en la arquitectura se encuentran representados por el módulo de Servicios.

Por otro lado, este subsistema provee a la arquitectura presentada en esta tesis de maestría importantes ventajas tales como seguridad, transformación de datos, orquestación de servicios, entre otras, convirtiéndola en una arquitectura más robusta.

3.4.3 Descripción de Componentes del Subsistema Bus de Servicios

3.4.3.1 Orquestación

Es el encargado de establecer el flujo de control y ejecución de los procesos del negocio usando para ello Servicios Web⁶. Dicho componente utiliza BPEL [43] como lenguaje de orquestación de servicios. BPEL es un formato XML tal y como otros formatos propios de las especificaciones relacionadas a los servicios web. Este lenguaje emplea a su vez especificaciones que ya son un estándar en lo que a Servicios Web se refiere, como lo son SOAP para comunicación y WSDL para la descripción de interfaces.

3.4.3.2 Transformación

Permite el mapeo de datos (transformación) entre distintos modelos utilizando para ello documentos derivados del estándar XML. Para realizar esta labor, este componente

⁶Estándar de Servicios Web de la W3C

implementa el estándar XSLT [28], el cual, por medio de un conjunto de reglas definidas con el estándar XSL [48], permite convertir el documento fuente a un tipo de documento XML diferente, o incluso a otro tipo no basado en XML, como PDF, por ejemplo.

Este componente requiere un motor de transformación, el cual se encarga de recibir el documento XML que se desea transformar, y el documento que contiene las reglas de transformación (“reglas.xslt”). El motor de transformación aplica y procesa estas reglas al documento XML para generar una respuesta.

El resultado generado por este componente es la presentación de los mismos datos del documento XML en diferentes formatos, adaptados a diversos dispositivos de acuerdo a las reglas de transformación aplicadas.

Por otro lado, mediante la transformación de datos es posible que dos o más aplicaciones puedan interactuar mediante un modelo de datos común, evitando la modificación de la implementación de los sistemas que se van a comunicar.

3.4.3.3 Enrutamiento

Tiene como principal objetivo reducir el acoplamiento entre los componentes del Bus de servicios. Para cumplir esta meta, el componente de enrutamiento se encarga de gestionar el paso de mensajes entre los proveedores y consumidores de servicios llevando la información de un lugar a otro. Todos estos mensajes entrantes, internos y salientes del Bus de Servicios son normalizados y desnormalizados en un formato común. Por tanto, este componente actúa como un mediador que contiene la lógica necesaria para dirigir las peticiones hacia el servicio que implementa la funcionalidad encargada de procesar dicha solicitud y retornar la respuesta de la petición al consumidor que lo solicitó cuando esta haya sido procesada.

Cuando un servicio es invocado por el subsistema Lógica de Aplicación o por una aplicación del módulo Clientes, este componente se encarga de guiar la petición hasta el servicio encargado de procesar la solicitud. De igual manera, una vez procesada la solicitud, el componente se encarga de dirigir la respuesta al cliente que hizo la petición.

3.4.3.4 Componentes de Enlace (CE):

El objetivo principal de este componente es brindar independencia de protocolo a las comunicaciones que ocurren entre el Bus y los diferentes servicios del módulo de Servicios, haciendo posible la separación de la lógica del negocio y el protocolo de transporte. Para cumplir esto, cada componente de enlace define el servicio que referencia y además, establece el protocolo específico por donde se realizará la comunicación, como por ejemplo HTTP, FTP, entre otros.

Una vez establecido el componente de enlace, otros componentes del Bus de Servicios pueden acceder al servicio representado por el CE a través del Enrutador, ya que este último es el encargado de administrar toda la comunicación interna del Bus.

3.4.3.5 Descripción de Interfaces Internas del Subsistema Bus de Servicios

Como se explicó anteriormente, toda la comunicación que ocurre dentro de los componentes del Bus de Servicios se da a través del Enrutador. Para cumplir este objetivo, el enrutador actuando como un intermediario, comunica los distintos componentes involucrados en una solicitud utilizando para ello métodos que se encargan de la normalización e intercambio de los mensajes que viajan a través del bus.

Diagrama de Iteración de los Componentes del Subsistema Bus de Servicios

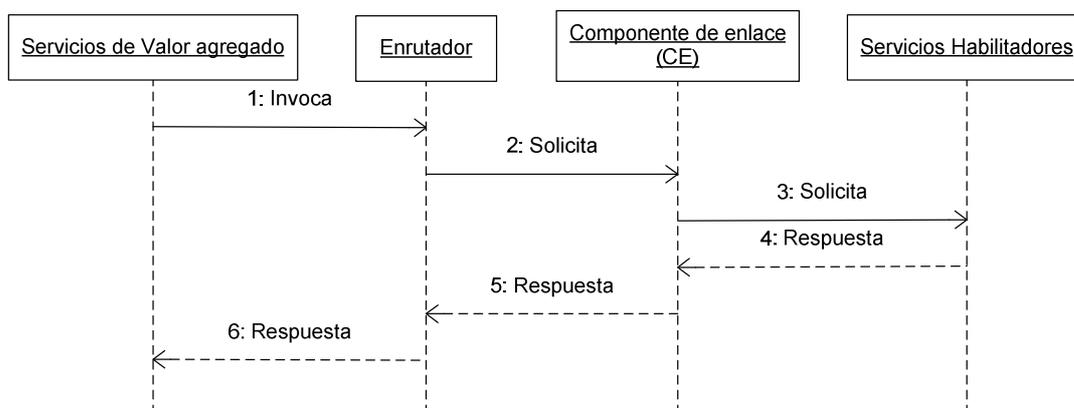


Figura 3.7 Diagrama de interacción de componentes del subsistema Bus de Servicios.

A continuación se describe la interacción de los componentes de este subsistema como se ilustra en la figura 3.7:

1. La capa de Servicios de Valor Agregado invoca servicios de la capa de habilitación con el fin de integrar información contenida en ellos.
2. Si es solicitado un Servicio Web, el Enrutador envía la petición hacia el Componente de Enlace, encargado de procesar dicha solicitud.
3. El Componente de Enlace invoca el Servicio Web de la capa de habilitación solicitada y procesa la información resultado de dicha invocación.
4. El subsistema de habilitación procesa la solicitud requerida por el componente de enlace y responde enviando a dicha invocación.
5. El Componente de Enlace retorna el resultado hacia el Enrutador.
6. El enrutador responde a la capa de Servicios de Valor Agregado.

3.4.4 Subsistema capa de servicios habilitadores

El subsistema de capa de servicios habilitadores está definido en base a un dominio o problema específico, siendo este el encargado de manejar todos aquellos servicios que ejecutan una tarea específica dentro de la arquitectura de referencia, son aquellos descritos en el numeral 3.4.5.

Este subsistema es el encargado de:

- Recibir todas las peticiones del cliente a través del subsistema del Bus de servicio empresarial
- Procesar dichas peticiones
- Devolver la información requerida por el usuario, nuevamente, a través del Bus de servicio.

Para atender una petición de los usuarios este subsistema requiere el acceso a interfaces definidas en la capa de Abstracción de la arquitectura de referencia. Estos servicios pueden ser simples como por ejemplo funcionalidades de transformación de datos o funcionalidades de otras aplicaciones expuestas a través del Bus de Servicios, así como servicios compuestos los cuales son creados en base a la composición de dos o más servicios ofrecidos por diferentes proveedores.

Las peticiones de los usuarios muchas veces requieren el almacenamiento o acceso a datos en el subsistema de Repositorios de Información, por lo que el subsistema de Capa de Servicios Habilitadores provee los mecanismos necesarios para comunicarse con éste, y almacenar o recuperar la información que sea requerida.

3.4.5 Descripción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores

En la Arquitectura de Referencia, los componentes de servicio se diseñaron para tener una configuración por capas que consiste en componentes de *servicios básicos* y componentes de *servicios abstractos*. El propósito de los servicios básicos es el de ocultar la complejidad de los protocolos y las terminales de servidores mientras que los componentes abstractos son aquellos encargados de la adquisición de la información en tiempo real. Esta estructura de dos capas permitió el desarrollo más eficiente de las funciones básicas y abstractas y aumentó el rendimiento de las mismas. Además, las funcionalidades y capacidades pueden ser expandidas en respuesta a un posible aumento de clientes o de estaciones a monitorear, como se ilustró en el capítulo 2 donde se trató el carácter SOA de la plataforma. Como se muestra en la tabla 3.1 se identifican tres tipos de servicios como se describe a continuación.

Tabla 3.1 Tipos de servicios habilitadores

Componente A	Componente B	Componente C
Adquisición de datos	Autenticación Gestión	Disparo de eventos

1. **Componente A:** Este es un servicio abstracto que abstrae la información que se recolecta a través de las estaciones para facilitar la ejecución de la aplicación. Entre sus funciones principales se encuentra la recolección de la información dispersada geográficamente, esta se ordena de una manera fácil de usar y entrega la información a las terminales de distribución.
2. **Componente B:** Este es un servicio básico que oculta la tecnología intrínseca de la tecnología de la red y las terminales de distribución de la información y es un intermediario entre los servicios de componente A, las terminales y las estaciones. Sus funciones principales son:

- Encapsular los protocolos de bajo nivel de los cuales depende la plataforma y sus estaciones.
 - Realizar una gestión de la red y de las estaciones durante la ejecución de las aplicaciones
 - Generar información de fallas sobre la red de estaciones.
3. **Componente C:** Este es un servicio compuesto que combina las funcionalidades de los dos tipos anteriormente descritos. Los servicios de alerta temprana son composiciones de servicios de gestión de las estaciones y de aquellos que sirven como interfaz a las aplicaciones que permiten la adquisición de la información en tiempo real. Este servicio se integra y se expone en la capa de Servicios de Valor Agregado.

Es importante resaltar que en la capa de servicios habilitadores se encuentran los servicios de gestión de la PESMC que serán descritos con más detalle en el capítulo 4, Mecanismos de Gestión de la red de estaciones.

3.4.5.1 Servicios de Autenticación

El componente de Autenticación provee la lógica necesaria para controlar el acceso no autorizado al sistema. Generalmente esto se logra a través de una cuenta de usuario que incluye un nombre y contraseña almacenados en el componente Repositorio de Usuarios, con los que es posible identificar si el usuario puede o no acceder al sistema.

Para controlar el acceso a los servicios del Bus por parte de clientes externos a la aplicación, las funcionalidades de Autenticación se despliegan como servicios para que ellos puedan autenticarse, y así, utilizar dichos servicios.

3.4.5.2 Servicios de Gestión

El componente de gestión de recursos de la plataforma está asociado a conseguir un entorno integrado que permita la gestión de todo tipo de recursos de red lo que implica definir mecanismos estándares y genéricos para normalizar las comunicaciones y normalizar la información gestionada a través del uso de servicios web.

Al igual que el componente de Autenticación, las funcionalidades del componente de Gestión se ofrecen como servicios, esto con el fin de controlar las operaciones a las que tienen acceso los usuarios a los que se le permite consumir los servicios del Bus. Este componente de gestión a través del uso de Servicios Web se describirá con más detalle en el capítulo 4.

3.4.5.3 Servicios de Adquisición de datos

Estos servicios son usados para adquirir la información en campo a través de interfaces definidas en el subcomponente de abstracción de la red. Son componentes que operan automáticamente y permiten la obtención de datos climáticos en tiempo cercano al real. Además operan como servicios de sincronización entre repositorios de información de

terceros, lo que permite una actualización permanente del repositorio local. Operan bajo estándares XML o pueden ser métodos que son invocados por aplicaciones a través del bus de servicio empresarial.

3.4.6 Descripción de interfaces internas del subsistema Capa de Servicios Habilitadores

La comunicación entre los componentes de este subsistema se hace a través de HTTP ó HTTP-SOAP en el caso de invocación a servicios de autenticación y/o de gestión del recurso, a través de interfaces internas que invocan métodos abstractos para solicitar información a la capa de acceso y a través de ODBC/JDBC en el caso de almacenamiento de información en los Repositorios.

3.4.6.1 Diagrama de interacción de los componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores

Existen dos procesos importantes en este subsistema, el primero es el de adquirir la información de gestión del recurso de la red, que es posteriormente almacenada en el repositorio de información y la tarea para realizar la adquisición de los datos de las variables ambientales en las estaciones asociadas a la plataforma.

El primer proceso involucra el uso de servicios web como interfaces de gestión, que será descrito con más profundidad en el capítulo 4, y el segundo proceso involucra métodos abstractos entre las capas de habilitación y la de abstracción de la red. Estos dos procesos son solicitados por el cliente pero invocados por el subsistema Bus de Servicio Empresarial, que se encarga de interactuar con los subsistemas de habilitación y abstracción de la red.

A continuación se ilustra la figura 3.8 que describe la interacción entre los subsistemas cuando se invocan los procesos de gestión de la plataforma.

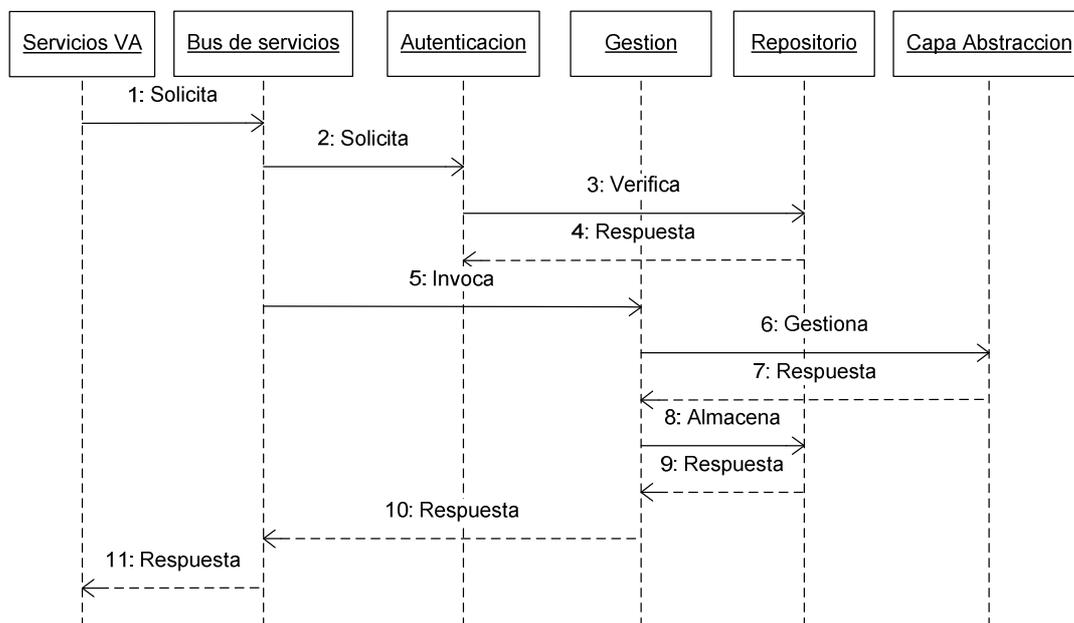


Figura 3.8 Interacción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores, caso ejecución de procesos de gestión.

A continuación se describe la interacción de los componentes de este subsistema presentada en la figura 3.8:

1. El cliente a través de los servicios de valor agregado solicita la autenticación para realizar tareas de gestión sobre el recurso, enviando los parámetros necesarios para realizar dicha solicitud.
2. El bus solicita la autenticación para realizar tareas de gestión sobre el recurso, enviando los parámetros necesarios para realizar dicha solicitud.
3. El subsistema de Autenticación pasa la solicitud al subsistema Repositorio de información para que este verifique la información que provee el cliente.
4. El subsistema Repositorio de Información envía una respuesta clasificando la información o descalificándola al subsistema de Autenticación.
5. Si la información fue aprobada por el subsistema de Repositorio de Información, se procede a invocar al subsistema de Gestión.
6. El subsistema de Gestión procesa la solicitud y la envía al subsistema de abstracción de la red solicitando información referente al recurso de la red.
7. El subsistema de abstracción de la red procesa la solicitud y empaqueta la información para ser enviada como respuesta al subsistema de Gestión.
8. El subsistema de gestión procede a almacenar la información de ingresada por la consulta de gestión.
9. El subsistema de repositorio de información responde al subsistema de gestión informándole del éxito/falla del almacenamiento
10. El subsistema de Gestión envía la información del recurso como respuesta al subsistema Bus de Servicio.
11. El bus de servicios actúa como mediador entre el sistema de gestión y el de valor agregado enviando la información solicitada como respuesta.

Se ilustra en la figura 3.9 la descripción de la interacción entre los subsistemas cuando se invocan los procesos de adquisición de la información de sensores en campo.

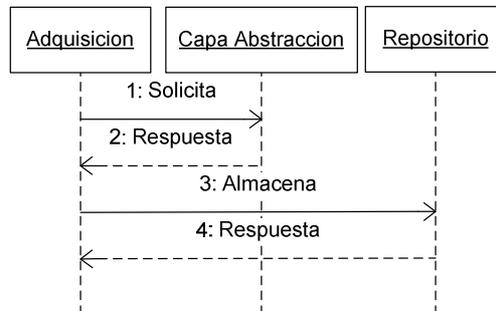


Figura 3.9 Interacción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores, caso ejecución de procesos de gestión.

1. El subsistema de habilitación solicita al subsistema de abstracción de la red la información de las variables ambientales en campo.
2. El subsistema de abstracción de la red envía una respuesta que contiene la información de las variables medidas a través de métodos abstractos dedicados a la adquisición de información.
3. El subsistema de Adquisición envía una solicitud de almacenamiento al subsistema de repositorio de información que contiene las medidas de las variables en campo.
4. Si la información fue correctamente integrada al subsistema de Repositorio de Información, se procede a enviar una respuesta afirmativa desde el subsistema de repositorios hasta el de Adquisición, si no fue afirmativa, se procede a empezar la solicitud desde el paso 1.

3.4.7 Subsistema capa de Abstracción de la Red

El subsistema de capa de servicios Abstracción de la Red está definido en base a un dominio o problema específico, siendo este el encargado de abstraer la información necesaria de la red de estaciones a través de la visión de IMaaS descrita en el numeral 3.3.1.1.

Este subsistema es el encargado de:

- Realizar el proceso de normalización en la red de estaciones a través del encapsulamiento de funciones usando Servicios Web como elementos de interfaz.
- Procesar las peticiones solicitadas por la capa de Servicios Habilitadores
- Devolver la información requerida por la capa de Servicios Habilitadores, nuevamente, a través de métodos propios integrados en el subsistema.

Para atender una petición de la capa de Servicios Habilitadores el subsistema requiere el acceso a los equipos en campo a través de protocolos definidos en la capa de Acceso de la arquitectura de referencia. Estos protocolos dependen del proveedor de comunicaciones existente en la estación que pueden ser tan comunes como HTTP ó FTP

cuando existe una conexión directa a Internet o a través del uso de protocolos de comunicaciones como UMTS o EDGE en caso de comunicación vía telefonía celular.

3.4.7.1 Descripción de componentes del subsistema Capa Abstracción de la Red

La aproximación de visualizar a los equipos en campo como servicios provee a la Arquitectura de referencia de elementos que pueden ser caracterizados como “sensores virtuales”, es decir, dotar de características software a elementos que son netamente hardware, para que de esta manera su gestión pueda ser más eficiente en términos de homogeneidad, pues reduce el número de elementos a tener en cuenta por el administrador del sistema. Además la integración de los elementos de monitoreo a la arquitectura de referencia de la plataforma se reduce a modelarlos como Servicios de Monitoreo climático (SMA) dentro de una arquitectura tipo SOA.

El concepto de Servicio de Monitoreo climático fue creado a partir de la necesidad de realizar un monitoreo eficiente del cambio climático en la región de estudio. Este concepto posee todas las características de un servicio típico en SOA, realizando una abstracción de la realidad de manera que sólo los aspectos relevantes del problema fueran analizados con detenimiento, es decir una representación en el campo de las TI de aquellos aspectos fundamentales que permitieran conocer con certeza las diferentes variables a estudiar, con el fin de obtener un diagnóstico aproximado del cambio climático en una región de estudio.

Todas las definiciones de SOA concuerdan que es un objetivo de diseño el que los servicios sean independientes, por esta razón se hizo necesario que los SMA's fueran autónomos y autocontenidos para minimizar la dependencia tecnológica de manera que la arquitectura propuesta sea escalable a otros sistemas distribuidos con diferentes propietarios. De acuerdo con las recomendaciones, cada SMA deberá ser granulado, pero como se mostrará posteriormente esta granularidad generó problemas de eficiencia debido a que los tiempos de ejecución aumentaban.

En la práctica se describieron los SMA's a través de una interfaz bien definida, de manera que cuando un consumidor específico quiera usar el servicio se refiera al contrato⁷ basado en la interfaz definida con anterioridad. Los SMA que provee la plataforma diseñada cumplen con las características típicas de un elemento de una arquitectura orientada a servicios, así pues son visibles, no tienen estado definido, son reusables y se pueden componer.

El proceso de llevar a cabo la transformación de los equipos presentes en campo a SMA se trabajó en dos etapas:

1. Establecer la arquitectura física de cada elemento de monitoreo para que posteriormente pueda ser considerado como un contenedor de software.
2. Encapsular las funcionalidades del equipo en un servicio.

⁷ Un contrato es una especificación completa de un servicio entre el proveedor y el consumidor. Desde el punto de vista del consumidor, define “todo lo que se necesita saber cuándo se usa este servicio”.

Como se observó en el numeral 3.2 cuando se describió el *Módulo de Infraestructura*, se describieron las características esenciales de los componentes de hardware de la plataforma que permiten realizar la telemetría de las variables asociadas a cambio climático.

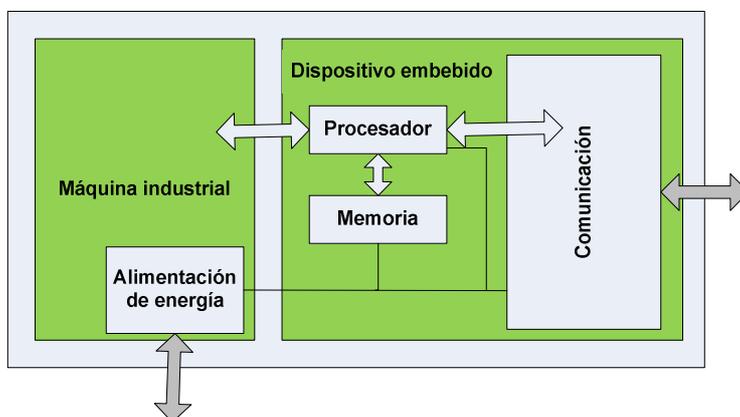


Figura 3.10 Estructura básica de los dataloggers empleados para la adquisición de los datos en las estaciones.

La figura 3.10 muestra la estructura general de los dispositivos presentes en campo (dataloggers, PLC's) que permiten realizar el monitoreo y la adquisición de los datos de los sensores presentes en cada estación, cuya arquitectura de hardware integra dispositivos industriales para la adquisición de datos y dispositivos embebidos que soportan el software del sistema.

En esta investigación no se cubrió el diseño de dispositivos embebidos para realizar el monitoreo de las variables.

Los elementos de monitoreo de variables asociadas a cambio climático se encapsularon y se convirtieron en componentes de software de la misma manera que los elementos web se modelan como servicios definidos por una interfaz definida a través del uso de una dirección que describe al elemento como servicio web o WSDL⁸ por sus siglas en inglés (Web Service Description Language [44]), la cual garantiza la independencia de las plataformas que se usen y de los lenguajes de programación que existan.

El proceso de normalización de los elementos de la capa de infraestructura proporciona interfaces que permiten el acceso a estos elementos de una manera transparente [5]. Estas interfaces se localizan en este subsistema y se encuentran descritas como archivos XML que pueden ser usados para referenciar a los elementos de red asociados a la plataforma. Esta descripción es el estándar WSDL mencionado anteriormente y al estar expuestas de esta manera pueden ser invocadas por terceros.

Las interfaces usadas por la arquitectura de referencia son el resultado de un proceso que tiene como objetivo reducir la heterogeneidad presente en la red de monitoreo. Este proceso cubre dos etapas de acuerdo con [5] [6], presentadas en la figura 3.11:

⁸ La WSDL se usa para definir las interfaces de servicio. Describe dos aspectos del servicio: su firma (nombre y parámetros) y sus detalles de enlace y despliegue (protocolo y localización).

Normalización física del equipo de monitoreo y mediador de normalización para finalmente tener la exposición del elemento como un servicio.

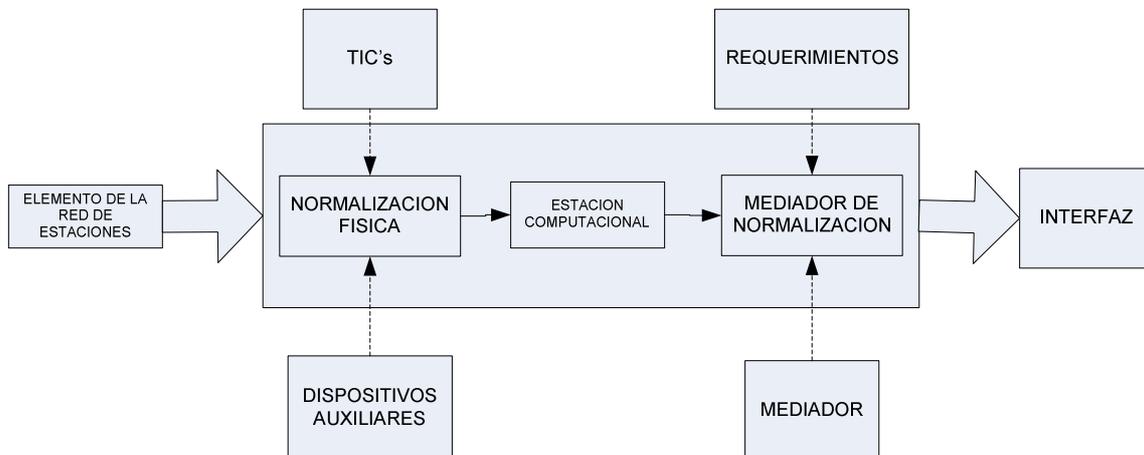


Figura 3.11 Proceso de normalización de los recursos de red asociados a la plataforma de entrega de servicios.

Normalización física

El principal propósito de esta etapa es la de proporcionar a los dispositivos la capacidad de comunicación y computación a través de elementos auxiliares (ej computadores) o a través de dispositivos embebidos que estén presentes en las estaciones de monitoreo [5].

El proceso de normalización física comprende los siguientes elementos

- Elementos de la red de estaciones. Dataloggers, PLC, sensores.
- Tecnologías de la Información y Comunicación, que son usadas como controladoras del proceso de transformación.
- Dispositivos auxiliares, que proporcionan la capacidad de comunicación a los elementos.
- Dispositivos de red computacionales (estación computacional), que son el resultado obtenido del proceso de integración de las capacidades computacionales y de comunicación.

Mediador de normalización

En esta etapa se definen los servicios embebidos y aquellos contenedores de componentes que proporcionan la infraestructura adecuada a los elementos que encapsularán las funcionalidades del dispositivo [5]. De esta manera, la funcionalidad del dispositivo queda determinada por software y no por hardware permitiendo una mayor flexibilidad, autonomía e interoperabilidad de los componentes en la red.

Los siguientes elementos son incluidos en este proceso

- Dispositivos de red computacionales, que son los elementos de entrada al proceso y que son el resultado del proceso de normalización física.
- Requerimientos de la red de estaciones, Durante el proceso de normalización se deben tener en cuenta las restricciones que poseen los elementos de hardware (tiempo real, limitaciones físicas, etc.)
- Mediador, que es un elemento que permite abstraer las funcionalidades y modelar al elemento como una interfaz software

- Recurso de Red como un Servicio (Interfaz). Este es el resultado obtenido del proceso, un elemento de red con una infraestructura similar a un servicio y componentes de software

3.4.7.2 Descripción de interfaces internas del subsistema Capa Abstracción de la Red

La comunicación entre los componentes de este subsistema se hace a través de HTTP ó HTTP-SOAP en el caso de invocación a servicios de autenticación y/o de gestión del recurso, a través de interfaces internas que invocan métodos abstractos para solicitar información a la capa de acceso y a través de ODBC/JDBC en el caso de almacenamiento de información en los Repositorios.

3.4.7.3 Diagrama de interacción de los componentes del subsistema Capa Abstracción de la Red

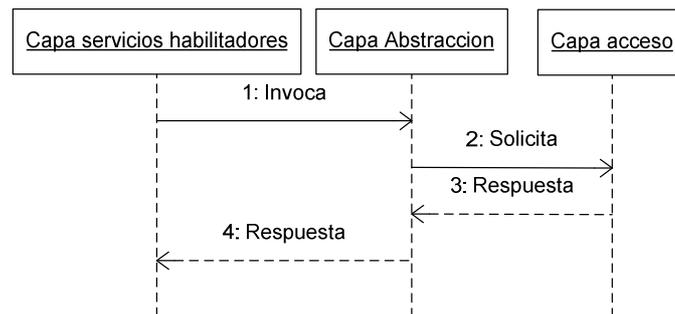


Figura 3.12 Interacción de componentes del subsistema Capa de Servicios Habilitadores, caso ejecución de procesos de gestión.

Se ilustra en la figura 3.12 la descripción de la interacción entre los subsistemas cuando se invocan los procesos de adquisición de la información de sensores en campo.

1. El subsistema de habilitación solicita al subsistema de abstracción de la red la información de las variables ambientales en campo.
2. El subsistema de abstracción de la red envía una solicitud a través de la capa de acceso invocando la información de las variables medidas usando el protocolo dedicado que esté en uso.
3. El subsistema Capa de Acceso permite el envío de información hacia la capa de infraestructura y enviando la respuesta que solicita la capa de abstracción que contiene la información solicitada.
4. Si la información que se entrega como respuesta fue la solicitada por el subsistema de Capa de Servicios habilitadores, se termina el proceso, si fue errónea, se procede a empezar la solicitud desde el paso 1.

3.4.7.4 Entorno de creación de servicios en la Plataforma de Entrega de Servicios Ambientales

El principal punto de acceso para la creación de los servicios de monitoreo climático es el entorno de creación de servicios o SCE (Service Creation Environment) que se usa para crear el software, las rutinas y los recursos que representan a los servicios que son posteriormente expuestos. Mientras que en telecomunicaciones se utilizan entornos dedicados a este tipo de servicios (EricssonSDP, Hewlett PackardSDP, Avaya's) para la plataforma de entrega de servicios se utilizó un entorno de desarrollo integrado, IDE (Integrated Development Environment), debido a que facilita la rápida creación de servicios de monitoreo, ignorando por el momento factores tan importantes como el marketing. Si se tiene en cuenta que entre más fácil sea para los desarrolladores crear servicios, mayor cantidad de servicios estarán disponibles es por eso que se decidió adoptar y aceptar este IDE como SCE para la plataforma propuesta.

Este IDE provee herramientas para trabajar con anotaciones de Servicios Web que define un modelo simplificado de programación que facilita y acelera el desarrollo de servicios web empresariales. Define la sintaxis y semántica de los metadatos de los servicios web y sus valores por defecto. Además define un estándar para la construcción y despliegue de servicios web sin que se requiera un conocimiento y la implementación de Interfaces de Programación de Aplicaciones, API (Application Program Interface) generalizadas.

3.4.7.5 Modelo inicial de Despliegue

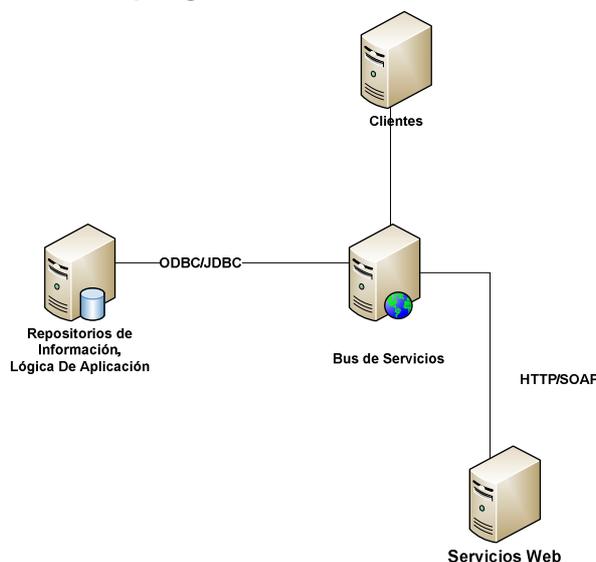


Figura 3.13 Diagrama Inicial de Despliegue.

El diagrama inicial de despliegue mostrado en la figura 3.13, representa la organización física de los diferentes componentes que interactúan con la Arquitectura de Referencia planteada en el presente capítulo:

Cientes: Representan las estaciones de trabajo donde están ubicadas las aplicaciones que hacen uso del sistema de la Infraestructura de la plataforma propuesta.

Servicios Web: Representa a los diferentes Servicios Web alfanuméricos ofrecidos por otras aplicaciones.

Repositorios de Información, Lógica de Aplicación: Dentro de la Arquitectura propuesta, estos subsistemas a pesar de no estar interactuando directamente se enlazan con los servicios habilitadores y de valor agregado a través del bus de servicios, de esta manera el subsistema de Lógica de Aplicación requiere almacenar o consultar datos en el Repositorio de Información a través de los servicios expuestos por el bus. Con el fin de mejorar los tiempos de respuesta en las tareas de consulta, se cree conveniente que estos dos subsistemas compartan un mismo servidor.

Bus de Servicios: Se propone ubicar el Bus de servicios en un servidor, con el objetivo de controlar el acceso a los servicios del Bus a través de una comunicación directa entre estos dos subsistemas. De esta manera se pretende mejorar el rendimiento de las consultas hechas a los servicios ofrecidos por el Bus, ya sea por la Lógica de la Aplicación o por las aplicaciones del módulo Clientes.

RESUMEN

En este capítulo se presentó de manera detallada el desarrollo de la Arquitectura de Referencia propuesta por la presente tesis de maestría, mostrando los diferentes módulos, subsistemas y componentes que la conforman, así como también las relaciones entre cada uno de ellos y la forma en que estos interactúan. Finalmente, se presenta un diagrama inicial de despliegue que muestra la ubicación física de los módulos, subsistemas y componentes de la Arquitectura de Referencia.

En el próximo capítulo se hará una descripción de los Mecanismos para la gestión de redes de sensores que pueden ser utilizados en la implementación de la Arquitectura de Referencia propuesta.

Capítulo IV

Mecanismos para la gestión de redes de sensores

Introducción

Se expone la propuesta de diseño para realizar la gestión de los equipos a través de internet ejecutando las funcionalidades de gestión básicas para su configuración, verificación de fallas y rendimiento de la red.

En la primera sección del capítulo se ilustrará acerca de los elementos de red asociados a la plataforma propuesta con el fin de ilustrar el universo de proveedores y sensores que están presentes en cada uno de los puntos de monitoreo que contienen estaciones. En el segundo ítem del capítulo se muestran alternativas para la gestión de la red a través del uso de servicios web y posteriormente se describe en detalle el diseño utilizado para llevar a cabo la gestión a través de Servicios Web sustentada con anterioridad.

4.1 Estructura física para estaciones de monitoreo climático asociadas a la plataforma de entrega de servicios

A continuación se hará una descripción de cada uno de los equipos y dispositivos que están presentes en cada una de las estaciones de monitoreo climático, y que hacen parte del sistema.

4.1.1 Estaciones Pessl de iMetos [45]

iMETOS es un equipo polivalente que integra hasta 80 sensores para monitorizar parámetros meteorológicos y diferentes soluciones de software para la alerta temprana de enfermedades, riesgo de plagas y para la evaluación del riego.

Los sensores son compactos, pequeños para facilitar la instalación y reducir al mínimo el impacto visual. iMETOS mide y registra. la lluvia, la humedad del suelo, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, humedad relativa, temperatura del aire, temperatura del suelo, duración del día, humectación de la hoja, radiación solar,

Lo más interesante es que la información es procesada y transmitida por software específicamente desarrollado para la iMETOS. Todos los aparatos están equipados con una capacidad de memoria alta y miden cada 5 minutos. Cada hora o si en un umbral de aviso sobrepasa, se envía la información por internet dentro de pocos minutos a la plataforma de web. Allí paquetes de software sofisticados y varios modelos de pronóstico están accesibles. Se presentan en una forma gráfica y tabular. En cualquier momento puede recoger y procesar en su PC. Por supuesto se puede leer los datos opcionales del aparato o como correo electrónico de terminales móviles.



Figura 4.1 Estación Pessl iMetos presente en la estación de la Universidad Militar Nueva Granada

4.1.2 Estaciones Campbell [46]

Las estaciones meteorológicas Campbell se han convertido en referencia mundial como estándar de monitorización de datos meteorológicos. Utilizadas en todos los continentes y en casi todos los países, las estaciones son conocidas por su precisión, robustez, fiabilidad, su amplio rango de temperaturas de funcionamiento, y su bajo consumo. Las estaciones meteorológicas Campbell ofrecen la flexibilidad para cambiar fácilmente la configuración de los sensores, procesamiento de datos, almacenamiento y recogida de datos. Una estación meteorológica Campbell puede utilizarse para investigación climática, hidrometeorológica o sistemas combinados, por ejemplo meteorología y calidad del aire, o estudios ambientales y de estructuras.



Figura 4.2 Estación Campbell ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca.

Para la consolidación del sistema de medición de variables ambientales en campo, se desarrolla para cada estación (5 en total) una estructura basada en módulos como la representada en la figura 4.3.

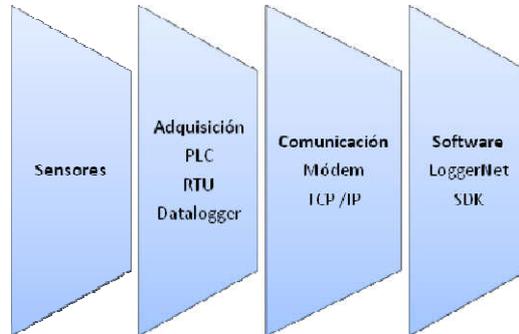


Figura 4.4 Módulos del recurso de red asociado a la plataforma de entrega de servicios.

Los módulos son;

- i) Sensores: Compuesto por los sensores de temperatura, humedad relativa, radiación solar y Pluviómetro, posteriormente pueden incorporarse otros sensores.
- ii) Almacenamiento (Adquisición PLC RTU Datalogger) Posee los elementos básicos para realizar la captura de información en campo es decir los dataloggers y los controladores lógicos programables (PLC).
- iii) Comunicación: Se compone de los elementos que proporcionan los enlaces a los dispositivos en los anteriores módulos, como se ha discutido en el capítulo anterior esta etapa es la de acceso a la red donde hay una gran variedad de protocolos de comunicación que dependen de la tecnología que se esté usando.
- iv) Software: módulo de configuración de las estaciones.

Los insumos para realizar la normalización de los elementos de la red, descrito en el numeral 3.4.7.1 se encuentran ubicados en los dos primeros módulos de la figura 4.3.

A continuación se describen los componentes de este módulo

DataLogger

El DataLogger proporciona la adquisición de medidas de precisión en un módulo robusto, que puede ser alimentado por batería. El modelo tiene la electrónica de medida dentro de un encapsulado metálico, integrado en un panel de conexión de plástico.

Interfaz de red para comunicación de datos

La interfaz de red es el dispositivo usado para la comunicación entre el DataLogger y el computador local ubicado en la estación de monitoreo, a través de un enlace Ethernet 10BaseT. Incluye un puerto RS-232, que se usa para configuración local. Esta interfaz se puede ver como un puente de comunicación.

Sensores

9 En telecomunicaciones el RS 232 (Recommended Standard 232) es un estándar para comunicaciones entre dispositivos computacionales asociado a la transferencia de información binaria entre agentes.

Un sensor es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, etc. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica ó una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad).

Los sensores son los diferentes dispositivos que permiten conocer en un valor numérico y en una unidad de medida específica, los cambios o las variaciones sobre el estado del tiempo; de estos dispositivos son: el sensor de temperatura, humedad, radiación solar y pluviosidad.

- Temperatura y humedad relativa: El sensor de temperatura y humedad relativa es el dispositivo que se usa para la obtención de estas dos variables (temperatura y humedad).
- Radiación solar: Es el dispositivo que se va a emplear para conocer el valor de esta variable climatológica va a ser un sensor de radiación solar.
- Pluviosidad: La pluviosidad se define como la cantidad de lluvia que cae en un sitio determinado y en un periodo de tiempo determinado, para conocer el valor de esta variable se va a utilizar un pluviómetro.

Como se pudo observar, el ambiente de instrumentación es bastante heterogéneo en una estación para medir variables ambientales. A continuación se mostrarán las alternativas de gestión empleadas para un ambiente tan variado como el de las estaciones climáticas descritas anteriormente.

4.2 Alternativa para el sistema de gestión integrada en la red de estaciones

Inicialmente, las redes de estaciones climáticas constaban de pocos elementos e incluían equipos pertenecientes a un solo fabricante. Por tanto, la gestión era muy sencilla, y se podía basar en el gestor proporcionado por el fabricante. Poco a poco, las redes empezaron a crecer de tamaño y a incorporar equipos de distintos fabricantes. Ello obligaba a incorporar gestores de distintos fabricantes concebidos de forma independiente, provocando la aparición de los siguientes problemas [47]:

- Obliga a que los administradores de red dominen los distintos gestores, sus diferentes funcionalidades, interfaces, y mecanismos de gestión
- La integración mutua de estos gestores normalmente no era satisfactoria, ya que no estaban preparados para ello, con la consiguiente aparición de incompatibilidad de información, de procedimientos y de protocolos de comunicación de funciones similares, además de inconsistencias y duplicidad de datos.

Ante esta situación, la gestión de red integrada de estaciones surge para terminar con la dependencia del fabricante de equipos gestores en relación a los equipos gestionados. Proponía una serie de mecanismos estandarizados y abiertos, con el objetivo de que fuesen adoptados por los distintos fabricantes, permitiendo así la interconexión de un equipo de cualquier fabricante con el gestor de otro. El objetivo que persigue es poder

interconectar de manera abierta las aplicaciones gestoras y los agentes de gestión [47], lo que permite gestionar una red compuesta por equipos de distintos fabricantes mediante un mismo conjunto de herramientas, y de forma centralizada.

La gestión de una plataforma generalmente permite el monitoreo de temperaturas del sistema, voltajes, ventiladores, fuentes de potencia, buses, seguridad física del sistema, etc., además el restablecimiento automático y manual del sistema, es decir, permite reiniciarlo de manera local o ejecutar tareas de manera remota para reiniciarlo sin necesidad de estar presente en el lugar donde se encuentra instalado el equipo, encender y apagar el sistema, registrar condiciones anormales o fuera de rango para las que es necesario el envío de alertas, y además, permite almacenar información de inventario que puede ayudar a identificar una unidad de hardware con fallas [20]

Examinando las posibilidades tecnológicas mencionadas en el ítem anterior es razonable afirmar que la tecnología usada dentro de esta capa debe permitir la comunicación en tiempo real y una evaluación local de los parámetros medidos en cada estación. La gestión de los equipos de la red de estaciones climáticas está construida sobre las bases de investigaciones previamente realizadas y establecidas como tipo dominio público tales como las implementadas en 2005 por Blue Water Desing dentro del desarrollo de ALERT10 (Automated Local Evaluation in Real Time) para NOAA11, en donde los sistemas de alerta para inundaciones usualmente se soportan en sensores que proveen información en tiempo real de pluviómetros y niveles de los ríos con el fin de proporcionar datos para los modelos de predicción de inundaciones. Además de investigaciones realizadas en la Universidad de Melbourne [48] [38] en donde se identifica las operaciones y las transformaciones que se realizan sobre los datos a nivel de sensores creando así el paradigma de Redes de Sensores (Sensor Web) y aquellas realizadas en la Universidad de Shangai [39] en donde se propone una arquitectura para sistemas heterogéneos basada en servicios web.

4.2.1 Gestión del recurso de la plataforma a través del uso de servicios web

Tradicionalmente la gestión de red y de sistemas está ligada con los recursos de Tecnologías de Información a través de sus interfaces gestionables [20]. Las aplicaciones para la gestión de sistemas y redes tienen muchas capacidades para gestionar recursos de Tecnologías de Información, como por ejemplo la gestión de hardware, rendimiento y entornos de escritorio, etc. Para realizar esta gestión del recurso, la manera tradicional de lograrlo es a través de interfaces gestionables que están integradas a los recursos gestionados como el Protocolo Simple para Gestión de Redes SNMP (Simple Network Management Protocol), el Modelo de Información Común CIM (Common Information Model), la Gestión de Instrumentación de Windows WMI (Windows Management Instrumentation), y las Extensiones de Gestión de Java JMX (Java Management eXtension) y todo esto de manera directa o a través de agentes de gestión. Debido a la heterogeneidad del ambiente en las Tecnologías de Información, es necesario crear una

10 Los protocolos de ALERT son protocolos para comunicaciones inalámbricas usados en sistemas de alertas automáticas para inundaciones. Estos protocolos fueron diseñados por el Servicio Nacional de Clima, NWS por sus siglas en inglés (National Weather Service) en el año de 1970. El objetivo del protocolo ALERT es el de proveer información en tiempo real para los sistemas de alertas automáticas para inundaciones.

11 NOAA Small Business Innovation Research (SBIR) Program solicitation. "Development of Open source Initiative (OSI) model application Layer for Hydrologic radio telemetry data". 8.3.10 W-W Subtopic. 2007.

aplicación robusta y efectiva que garantice que la gestión del recurso sea eficiente [20]. Esta tarea es bastante complicada, debido a la heterogeneidad mencionada anteriormente, que concluye en una multitud de interfaces de gestión totalmente disímiles.

Recientemente las herramientas de gestión diseñadas a partir de una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) han sido reconocidas y promovidas en la industria de las Tecnologías de Gestión de Red, SNMT [4] por sus siglas en inglés (System Network Management Technology). Y como representación de uno de los principales elementos dentro de SOA, los Servicios Web juegan un papel importante en la gestión del recurso.

Como se ha venido mencionando, en los sistemas y la gestión de red, se pueden usar una gran cantidad de tecnologías para gestionar recursos que soporten aplicaciones para la gestión de redes y sistemas que estén diseñadas sobre un paradigma de Arquitectura Orientada a Servicios, por esta razón a través de la presente tesis de maestría se sugieren que los Servicios Web sean considerados como elementos fundamentales para la gestión de redes climáticas en Colombia porque:

- Son componentes de aplicación “amigables” con los firewalls de seguridad
- Son herramientas que se comunican a través de protocolos abiertos
- Son auto contenidos y auto descritos
- Pueden ser descubiertos a través de directorios como por ejemplo UDDI
- Pueden ser usados por otras aplicaciones
- Utilizan un lenguaje común que puede ser usado entre diferentes plataformas y lenguajes de programación y aún así expresar mensajes y funciones complejas.

Para que la tarea de gestión sea eficiente dentro de la red de estaciones se debe garantizar que se provean interfaces que sean flexibles y estandarizadas, de nuevo los Servicios Web como interfaces permiten que esto sea posible debido a las características presentadas anteriormente.

Garantizar la interoperabilidad en un ambiente heterogéneo como el presentado en el punto anterior de este capítulo, supone iniciar una estrategia a través de la cual los elementos en la red sean transparentes al administrador del sistema, usando una interfaz que permita abstraer los elementos gestionados y ser modelados como elementos de software. Para esto se usó la estructura de Servicios Web para Gestión (Web Services for Management) conocido también como WS-Management [49], que es una iniciativa de industrias de la computación [24] que permite a los sistemas intercambiar información de gestión a través de la infraestructura de las Tecnologías de la Información.

Una de las principales ventajas en el uso de WS-Management es permitir a los administradores acceder a los equipos (desde computadores hasta equipos portátiles), de una manera segura a través de la red [24]. WS-Management describe un protocolo de Servicios Web basado en SOAP [50] (Simple Object Access Protocol) para gestionar computadores, servidores, dispositivos, servicios web y otras aplicaciones. Los servicios de la plataforma pueden exponer interfaces de tipo WS-Management o, a través del uso de orquestadores, componer servicios de valor agregado usando la visión de WS-Management junto con algunas de las otras especificaciones de servicios web [25].

La estructura del servicio de gestión propuesto en la plataforma se basó en el uso de las herramientas propuestas por la Fuerza de Tarea para la Gestión Distribuida por sus siglas en inglés DMTF (Distributed Management Task Force) [24] a través de WS-Management

aprovechando que esta especificación busca cumplir los siguientes requerimientos de gestión en las redes telemáticas:

- Restringir los protocolos y formatos de Servicios Web de tal forma que se puedan implementar fácilmente en servicios de gestión tanto de hardware como de software.
- Definir requerimientos mínimos sin limitar las implementaciones.
- Asegurar la integración con otras especificaciones de Servicios Web.
- Minimizar mecanismos adicionales aparte de la arquitectura de Servicios Web actual.

La arquitectura de WS-Management (figura 4.4) está basada en un conjunto de esquemas que definen funciones y se pueden integrar para cumplir diferentes requerimientos de gestión.

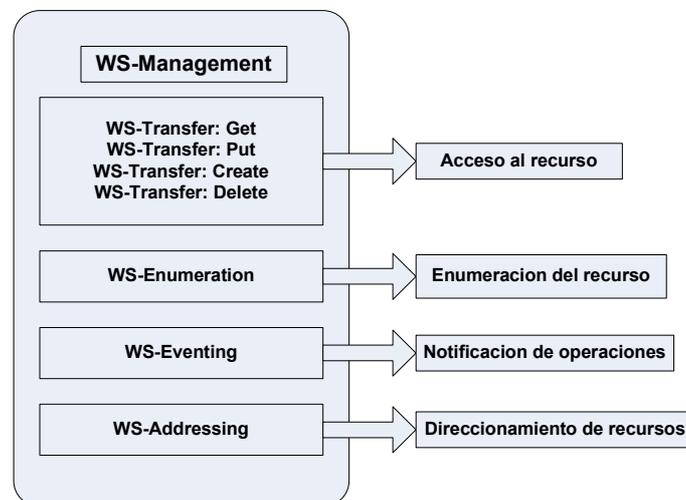


Figura 4.5 Operaciones de gestión en WS-Management

En la figura 4.5 se muestran las operaciones de gestión que se utilizan en la especificación de WS-Management, a continuación se describe cada una.

Enumeración de recursos. Permite realizar una enumeración de recursos a través de la especificación WS-Enumeration [51], que es un protocolo diseñado para enumerar instancias, basado en filtros de consulta diseñados por el administrador del sistema. Este protocolo se basa en SOAP y define las siguientes operaciones:

- Enumerar (Enumerate): Inicia una enumeración basada en filtros de consulta solicitadas por el administrador.
- Halar (Pull): Obtiene ramificaciones de una enumeración.
- Release. Cancela una enumeración.

Notificación de operaciones. Permite que un Servicio Web reciba mensajes acerca de eventos de otro Servicio Web que le interesan de manera interoperable, a través del uso de la especificación WS-Eventing [52].

Operaciones de acceso a recursos. Permite que un Servicio Web modifique al recurso gestionado a partir de operaciones a través de la especificación WS-Transfer [53]. Estas operaciones son:

- Get: Operación que recoge la representación de un recurso
- Put: Operación que permite actualizar el estado de un recurso a partir de la modificación de su estado.
- Delete: Operación que permite borrar el recurso gestionado.
- Create: Operación que permite crear un recurso y proveer su representación inicial.

Direccionamiento de recursos. Permite identificar y acceder recursos a través de la especificación WS-Addressing [54] que define un formato de referencia que utiliza una Referencia de Punto Final, EPR (EndPointReference). Esta especificación provee mecanismos para direccionar los servicios web de una manera neutral. En otras palabras independientemente del protocolo de transporte que se esté usando, WS-Addressing permite que los mensajes sean direccionados correctamente.

En la presente herramienta, la especificación de WS-Management define la guía para realizar la gestión de los recursos en la red de estaciones climáticas, a través del uso de aplicaciones para la gestión de redes y sistemas basadas en servicios web. Se aprovechó la aplicación de estos servicios para realizar la gestión del sistema de redes climáticas asociadas a la plataforma. Para promover interoperabilidad entre aplicaciones de gestión y recursos gestionados, el método de gestión creado para la red de estaciones identifica un conjunto de especificaciones y requerimientos de uso de los Servicios Web para exponer un conjunto de funcionalidades de gestión para la red de estaciones climáticas que permiten:

- **Descubrir información de recursos de gestión**, cuyo principal objetivo de esta tarea es la de obtener información básica de la red de estaciones, por ejemplo, la descripción del equipo utilizado en campo, el número de sensores en la estación, etc. Esta operación fue diseñada a partir de la especificación WS-Transfer.
- **Manipular recursos de gestión**, es decir tareas de creación, eliminación y actualización de los estados de una estación o de sus sensores. Esta operación fue diseñada a partir de la especificación WS-Transfer.
- **Enumerar el contenido de las de las estaciones**, con el fin de obtener la información de cada elemento de la red. Esta operación fue diseñada a partir de la especificación WS-Enumeration.
- **Notificar de alertas generadas en una estación**, con el objetivo de encontrar detalles de eventos extremos en una estación. Esta operación fue diseñada a partir de la especificación WS-Eventing.

En la tabla presentada a continuación se presentan las relaciones existentes entre las especificaciones propuestas por WS-Management y aquellas tareas de gestión implementadas en la plataforma para gestionar los recursos de la red de estaciones.

Tabla 4.1 Relación entre WS-Management y la herramienta de gestión propuesta.

WS-Management	Funcionalidades de gestión de la red
WS-Transfer	Manipulación y descubrimiento de recursos.
WS-Enumeration	Enumeración de contenidos.
WS-Eventing	Notificación de eventos.

Para cada uno de estos aspectos, la especificación define los requerimientos mínimos, pero una implementación se puede extender más allá de este conjunto de operaciones y también puede decidir no soportar uno o más de ellas si la funcionalidad no es apropiada para el dispositivo o sistema objetivo.

4.2.2 Esquema de gestión de red

Ya definidas las operaciones de la gestión Figura 4.4 el esquema muestra la aplicación de gestión para redes climáticas que se diseñó haciendo uso de los Servicios Web como herramientas para la gestión

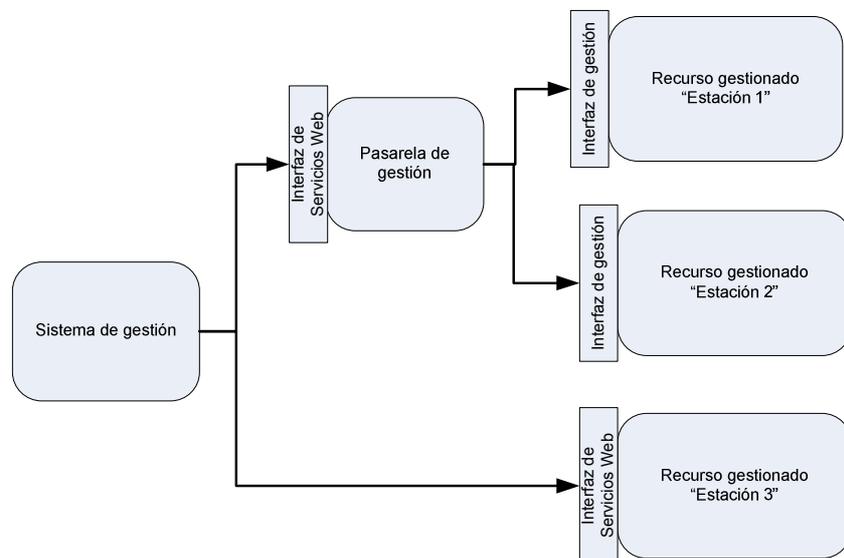


Figura 4.5 Esquema de gestión de la red de estaciones

En el mecanismo de gestión propuesto en la figura 4.5, cada estación climática proporciona su interfaz de gestión a través de servicios web, como es el caso de las estaciones Pessl, ó la interfaz publica la información gestionable a través del uso de una pasarela de gestión encargada de permitir el paso de esta información y ser mapeada como una interfaz que pueda ser interpretada por el sistema de gestión. Los sistemas de gestión hacen la solicitud a la pasarela, usan las interfaces de servicios web como herramientas de gestión para obtener así la información de los recursos.

De esta manera se puede especificar cómo está organizado el sistema a través de capas, en primer lugar encontramos una capa de administración representada por el sistema de gestión, en segundo lugar encontramos una capa mediadora representada por la pasarela de gestión y en tercer lugar encontramos los recursos gestionados representados por las estaciones climáticas que estén asociadas a la plataforma. Así pues en la figura 4.6 encontramos el modelo de capas de estos mecanismos de gestión

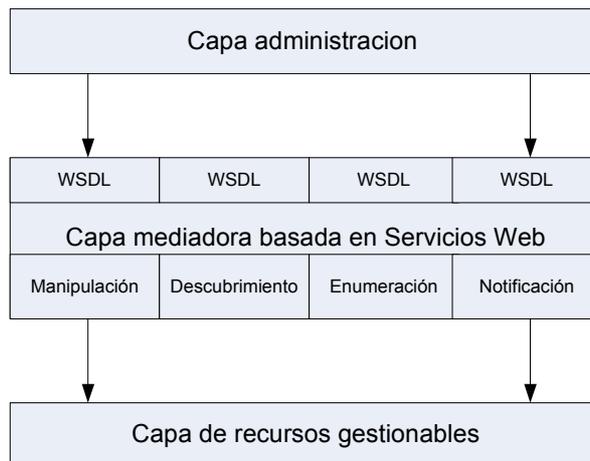


Figura 4.6 Modelo para la capa mediadora (pasarela) basada en servicios web

La capa que incluye el *recurso gestionable*, como se mencionó anteriormente incluye todos aquellos recursos tecnológicos que se encuentren distribuidos en campo que pueden ser dataloggers, tarjetas de red inteligentes, sensores y estaciones micro climáticas que estén dispersas en un área geográfica, cuyas interfaces de gestión pueden ir desde protocolos de gestión típicos (SNMP, JMX, etc.) hasta protocolos privados como sucede en el caso de las estaciones climáticas donde cada proveedor expone la información de gestión a través de protocolos propios.

La *capa mediadora* se encarga de encapsular la información a través del uso de operaciones de gestión basadas en servicios web (manipulación, enumeración, descubrimiento, notificación) lo que permite

- Normalizar las comunicaciones a través de interfaces de gestión estándar entre el sistema de gestión y los recursos de la red.
- Normalizar la información gestionada, a través de la homogenización de todo aquello que se puede monitorear o controlar alcanzando un conocimiento común entre los actores del sistema de gestión a través de un lenguaje común, en el caso particular el Lenguaje de Descripción de Servicios Web o WSDL por sus siglas en inglés (Web Services Description Language).

De acuerdo con [47] esta homogeneidad en el lenguaje y la manera como se intercambia la información permite alcanzar la gestión integrada de una red, ya que el objetivo que persigue ésta es poder interconectar de manera abierta las aplicaciones gestoras y los recursos gestionados, lo que permite administrar una red compuesta por equipos de distintos fabricantes mediante un mismo conjunto de herramientas a través de un mecanismo distribuido.

Por último la *capa de administración* comprende toda la lógica de gestión y desde el lado del cliente se hace uso de las interfaces de gestión representadas por las WSDL's, que proporciona la capa mediadora para manipular los recursos de la red de estaciones climáticas.

En la estructura de gestión de la red climática se especificó la siguiente terminología:

Cliente. Una aplicación que utiliza Servicios Web para acceder el servicio de gestión. Normalmente encontrado en la capa administrativa.

Servicio. Una aplicación que proporciona servicios de gestión a clientes al exponer Servicios Web. Generalmente, un servicio es equivalente al oyente de la red, está asociado con una dirección de transporte física y es esencialmente un tipo de punto de acceso de gestión.

Recurso gestionado. Es una entidad que puede ser de interés para un administrador. El objeto físico de mayor interés para el administrador de la plataforma debe ser la estación meteorológica de la red.

4.3 Implementación de la herramienta de gestión para la Plataforma de entrega de servicios

La herramienta de gestión propuesta para la SDP puede ser vista como la relación de un conjunto de subsistemas que median entre el cliente y el recurso gestionado. Teniendo en cuenta estas relaciones, se proponen dos casos de gestión de los recursos de la red de estaciones climáticas asociadas a la plataforma, el primero en donde se realizan las operaciones de enumeración, descubrimiento, manipulación y notificación de los equipos en la red de estaciones a través del uso de servicios web, este caso es usado principalmente por el administrador del sistema que actúa como cliente del servicio de gestión, que le proporciona la interfaz de servicio adecuada para realizar las configuraciones necesarias sobre el recurso gestionado, verificar el estado del recurso a través del procesos de reconocimiento de tiempos de respuesta de la red y verificar el rendimiento del recurso. El segundo caso es realizar la gestión del recurso que posee computadores auxiliares, en donde el cliente de nuevo es el administrador del sistema y el recurso gestionado se convierte en un conjunto de equipos presentes en campo. Esta tarea se realiza a través del uso de una pasarela de gestión.

A continuación, se presenta el modelado a nivel funcional de cada uno de los casos mencionados.

4.3.1 Caso 1. Gestión a través de interfaz pública.

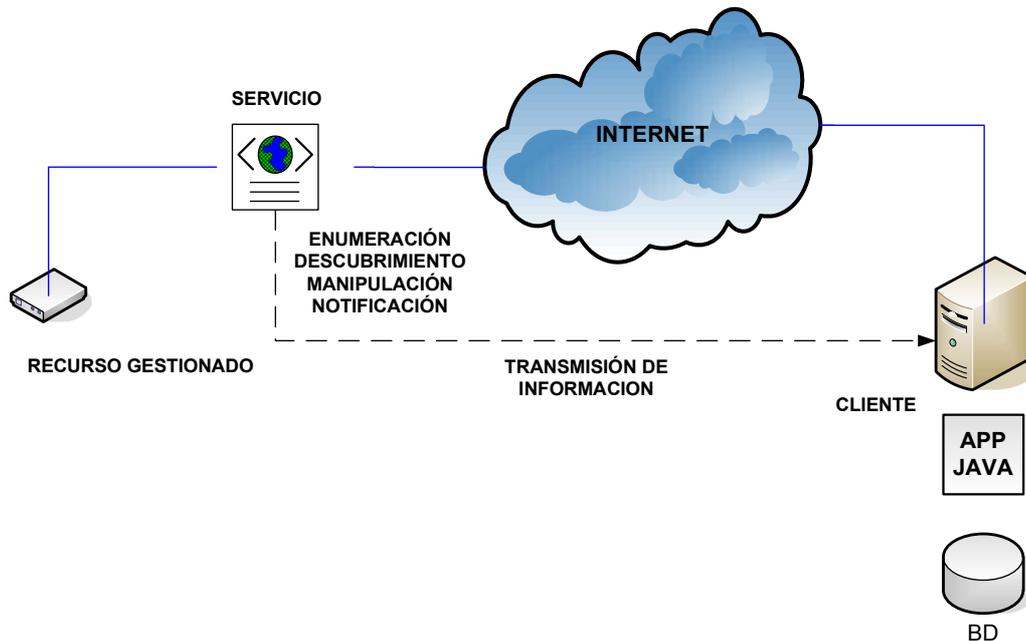


Figura 4.7 Esquema de comunicaciones para realizar funcionalidades de gestión en caso de interfaz directa a través de servicios web.

En la figura 4.7 podemos apreciar las operaciones requeridas para realizar la gestión del recurso de red a través de servicios web como interfaz pública del recurso, el proceso de adquisición de información se describe en el anexo A de esta tesis. Como se mencionó en el ítem anterior aquí intervienen los tres actores dentro del proceso de gestión que se lleva a cabo dentro de la plataforma, el administrador del sistema que actúa como cliente del recurso gestionado (estación climática) y el servicio web en el rol de interfaz de gestión. La interfaz de gestión del caso está basada en SOAP y los administradores del sistema pueden acceder a la información de gestión a través de ella. Esta información puede ser manipulada por el administrador utilizando diferentes lenguajes de programación gracias a la operación de normalización previamente descrita en este capítulo. Las principales interfaces utilizadas en este caso se ilustran en la figura 4.8.

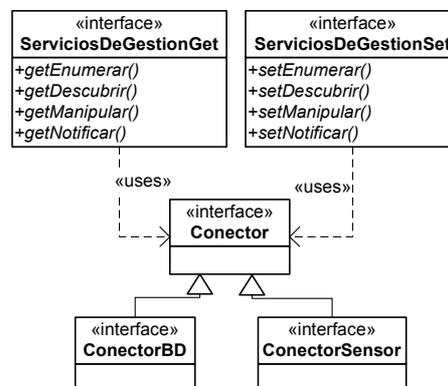


Figura 4.8 Principales clases en el caso de acceso directo a la información a través de servicios web.

Cuando el recurso gestionado recibe una petición SOAP crea un objeto de tipo recurso, que es retornado al cliente y todas las comunicaciones intercambiadas de manera subsecuente entre el administrador del sistema y el recurso gestionado integran el objeto en cuestión. Las interfaces de la figura 4.8 proporcionan el acceso a los recursos a través de conectores de tipo IMaaS descritos en el capítulo anterior y proporciona también acceso a las bases de datos que contienen la información de gestión de la red. Estas interfaces permiten acceso de lectura (ServiciosDeGestiónGet) y escritura (ServiciosDeGestiónSet). Este tipo de acceso tiene una ventaja importante y es el acceso multi usuario (multi administrador) al recurso gestionado, ya que es una interfaz de acceso pública en la red.

4.3.2 Caso 2. Gestión a través de pasarela.

Este caso es invocado cuando las estaciones asociadas a la plataforma carecen de una interfaz que tenga acceso directo a Internet, es el caso de la mayoría de estaciones ya que en muchos casos el recurso de red está limitado exclusivamente a recursos que posean una tarjeta que permita el acceso a una intranet o internet. A través del uso de la pasarela de gestión se garantiza que la estación como recurso sea visible al cliente (administrador de la red).

El proceso de gestión de los datos a través de la pasarela de gestión se ilustra en la figura 4.9.

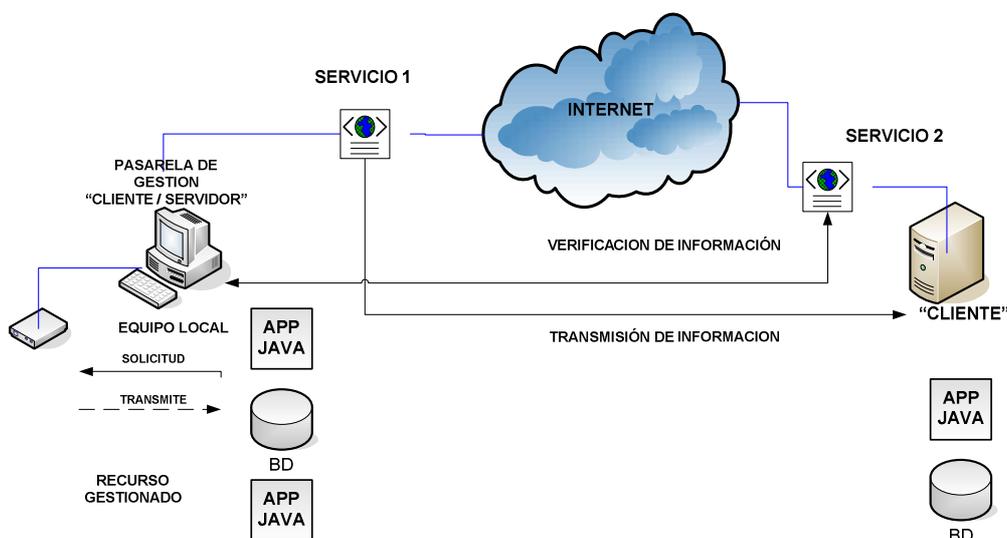


Figura 4.9 Esquema de comunicaciones para realizar funcionalidades de gestión a través de pasarela.

En la figura anterior, el recurso gestionado es un equipo que actúa como pasarela de gestión que recibe la información de los recursos y permite la ejecución de aplicaciones para la sincronización de los repositorios de información. Esta sincronización es invocada por la pasarela a través de una interfaz (Servicio 1) del lado del administrador convirtiéndose éste en servidor, con el fin de agrupar la información en campo requerida por los repositorios de información desde el lado del administrador, en este caso la pasarela actúa como cliente solicitando la información desde el lado del recurso.

Posteriormente la pasarela expone la información a través de una interfaz (Servicio 2) que es invocada por el administrador del sistema, que en estas circunstancias juega el papel de cliente de la pasarela, el proceso de adquisición de información se describe en el anexo B de esta tesis.

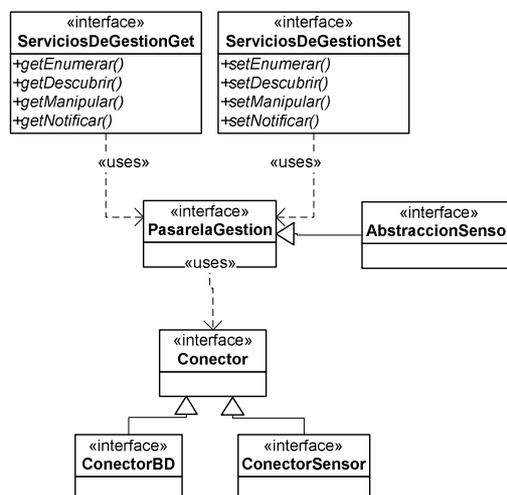


Figura 4.10 Principales clases en el caso de acceso directo a la información a través de una pasarela de gestión.

En la figura 4.10 se presentan las clases que intervienen en la tarea de gestión a través de la pasarela, de nuevo intervienen los servicios web de lectura y escritura de la información y la interfaz que permite realizar la conexión a los datos de los sensores, pero en este caso está presente la pasarela quien es la que permite realizar la abstracción de la red, a través de los elementos en la interfaz de abstracción. Al igual que en el caso anterior, los elementos interactúan a través de SOAP permitiendo la normalización de la información de gestión de los recursos.

RESUMEN

En este capítulo se expusieron las funcionalidades de gestión que se implementaron en la Plataforma de Entrega de Servicios propuesta con el fin de mantener la información dentro de los estándares definidos por los usuarios del sistema. Estas funcionalidades fueron diseñadas a partir del esquema de WS-Management propuesto por la DMTF, lo que entrega una mejor adaptabilidad a estas funcionalidades con el fin de realizar una mejor integración a la plataforma gracias a su ambiente SOA. Se propuso un modelo de gestión, de manera que los gestores de recursos e investigadores se enfoquen en el uso de la red, ya que este modelo permite la normalización de la información de gestión en un ambiente heterogéneo. Se propuso una pasarela de gestión que permite soportar el acceso eficiente y que permita compartir los datos de una forma portátil, compacta, extensible y que se pueda guardar fácilmente. Finalmente se describieron los modelos de casos para la adquisición de los datos y la implementación de las funcionalidades de gestión.

Capítulo V

Modelo de alertas tempranas para adaptación al cambio climático.

Introducción

En este capítulo se abarcan los temas del desarrollo del modelo para alertas tempranas, presentes a través del uso de los servicios de valor agregado de la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático y su distribución a través de reportes que se entregan al usuario final. A partir de la detección de alertas tempranas se presenta la estrategia para distribuir la información a los reportes de usuario, haciendo uso de los servicios de valor agregado, con el fin de proporcionar un sistema de vigilancia integral de eventos extremos. La primera parte del capítulo comprende una contextualización en el tema de los eventos extremos y cómo influyen en el modelo socio económico de un país. Posteriormente se presenta el modelo de alertas tempranas presentes en la plataforma propuesta y se describen en detalle sus funcionalidades. Por último se presenta el método de distribución de la información para generar reportes de valor agregado.

5.1 Eventos extremos y su incidencia ambiental

El monitoreo de los eventos extremos es de vital importancia para la seguridad alimentaria de un país [55]. La sequía es un fenómeno perjudicial que se produce a raíz de niveles de precipitación inferiores a lo esperado (o a lo normal) y que, cuando ocurre durante períodos prolongados, hace que las precipitaciones sean insuficientes para responder a las demandas de la sociedad y del medio ambiente [55]. Ahora, también existen excesos de precipitación, en donde se generan niveles de precipitación superiores a lo esperado en periodos prolongados de tiempo. Según los estudios sobre el clima en estaciones meteorológicas de todo el territorio nacional [56], hay una tendencia al incremento de las precipitaciones en lugares como Santa Marta, Medellín, Quibdó, Puerto Carreño y Neiva, mientras que en el suroccidente han disminuido, por ejemplo en zonas de la cordillera Oriental (Bogotá, Bucaramanga y Cúcuta) y en la isla de San Andrés. El aumento de precipitaciones es de alta intensidad (aguaceros y tormentas).

Las sequías y los periodos invernales en Colombia son fenómenos transitorios que están asociados a fenómenos atmosféricos globales como El Niño y La Niña, que se presentan cíclicamente en períodos variables de 2 a 7 años [56]. Tienen mayor incidencia en el océano Pacífico y sus alrededores, a la latitud del ecuador. Sus efectos son de alcance regional y global, pues transforman el estado del clima de casi toda la Tierra. Hay que entender las diferencias entre ambos fenómenos, a fin de reflejarlos de manera adecuada en los sistemas de vigilancia y alertas tempranas de sequías y/o excesos de precipitación y en los planes de preparación frente a ellos.

En la figura 5.1 se exponen las diferentes características de un evento extremo que puede ser de corta o larga duración, en este caso una sequia y los diferentes niveles que

presenta este fenómeno en particular, que puede ir desde una sequía leve (meteorológica), pasar luego por una sequía moderada (agrícola) o una sequía severa (hidrológica) [55] [57] [58]. Estos tres niveles característicos de un evento extremo tienen diferentes consecuencias en el esquema socio económico de una región en particular cuyos efectos están también ilustrados en la siguiente figura [55].

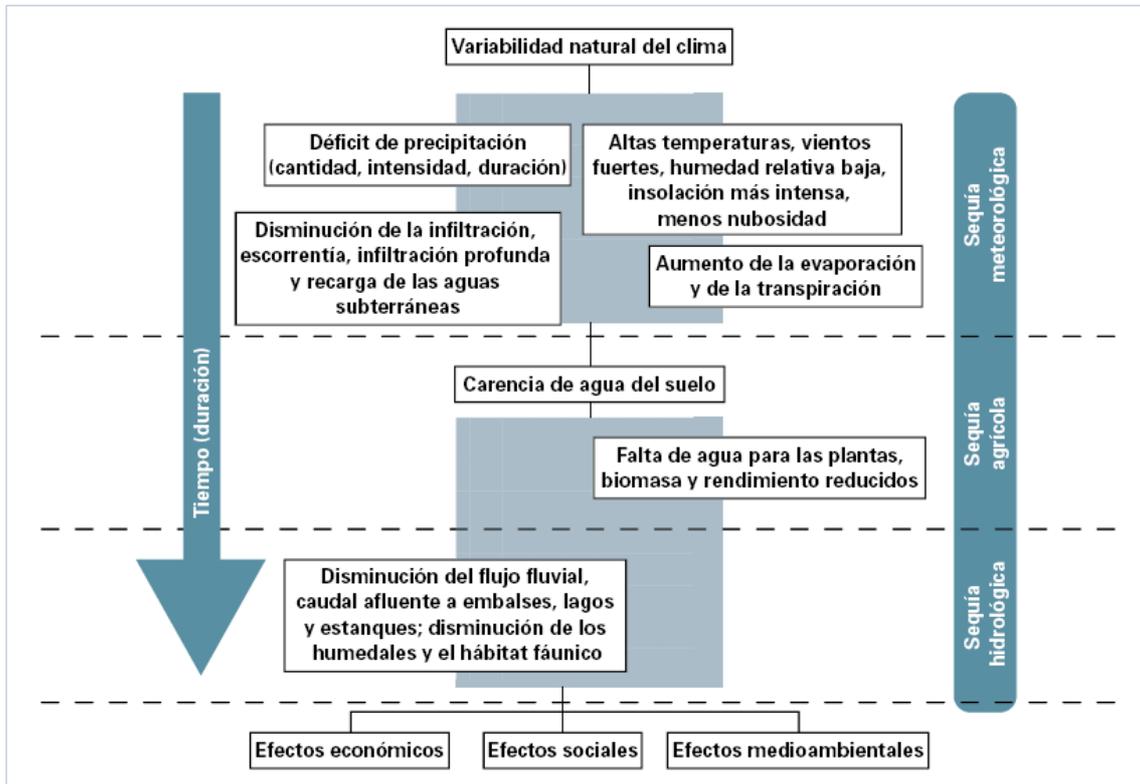


Figura 5.1 Secuencia de sucesos de sequía y de sus efectos para tipos de sequías comúnmente aceptados.

Dadas sus características peculiares, la vigilancia de los eventos extremos plantea problemas específicos; algunos de los más importantes son [55] [58]:

- Las redes de datos meteorológicos e hidrológicos suelen tener una densidad de estaciones inadecuada para medir los principales parámetros climáticos y de abastecimiento de agua. La calidad de los datos es también un problema, debido a las lagunas de que adolecen o a la inadecuada longitud de los registros;
- El intercambio de datos entre los organismos estatales y las instituciones de investigación es inadecuado y el alto costo de los datos limita su aplicación a la vigilancia de las sequías ó los excesos de precipitación y a las actividades de preparación, atenuación y respuesta;
- La información proporcionada mediante los sistemas de alerta temprana suele ser demasiado técnica y detallada, de manera que los responsables de decisiones ven limitadas sus posibilidades de aplicarla;

- Las predicciones suelen ser poco fiables a escalas geográficas bastante amplias y no son suficientemente específicas, lo cual reduce su utilidad para la agricultura y otros sectores;
- Los índices de precipitación suelen ser inadecuados para detectar los primeros síntomas de fenómenos extremos;
- los sistemas de vigilancia de eventos extremos deberían ser integrales, combinando múltiples parámetros climáticos, hídricos y edafológicos e indicadores socioeconómicos para caracterizar completamente la magnitud del suceso, su extensión geográfica y sus posibles consecuencias;
- no se dispone de metodologías normalizadas para las evaluaciones de impacto, que son un elemento esencial de todo sistema de vigilancia y alerta temprana de eventos climáticos extremos, lo cual dificulta las estimaciones de impacto y la creación de programas apropiados de atenuación y respuesta a nivel regional;
- no existen aún sistemas adecuadamente desarrollados para la difusión oportuna de datos entre los usuarios, lo cual limita sus posibilidades de ayudar a la toma de decisiones.

En el escenario real de la plataforma, la generación de alertas para eventos extremos se ha automatizado con el objetivo de facilitar el uso de la información expuesta a través de los Servicios de Valor Agregado y para que se puedan visualizar las alertas tempranas de diferentes maneras, ya sea en tiempo real, en donde se pueden observar los cambios en intervalos cortos de tiempo (1 minuto) o a través del registro histórico de la plataforma. A continuación se presenta la descripción y el análisis del modelo de alerta temprana que se diseñó para la plataforma propuesta.

5.2 Modelo de alertas tempranas

Una *alerta temprana* es un proceso que involucra la generación de información sobre un evento probable, como los anteriormente descritos, y cuyos resultados pueden ser de desastre (pronóstico de la probable intensidad, ámbito geográfico, fecha y duración del evento) [57]. Un *servicio de alerta temprana* se entiende como una aplicación que proporciona servicios de información de alertas tempranas a clientes, el cual es consumido por las instituciones de protección civil, autoridades y población para que se inicien las actividades de preparación y respuesta a partir de planes ya establecidos.

El *modelo de alertas tempranas* para la adaptación al cambio climático en la región define las propiedades que deben tener los servicios de alertas tempranas y que es lo que deben ofrecer estos a las aplicaciones (aplicaciones de terceros, usuarios finales) que lo usan. El modelo de alertas tempranas presentado a continuación está enfocado a la adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática y constituye una herramienta clave para lograr una estrategia integral de reducción de la vulnerabilidad de la población. Dicho modelo estará logrando su objetivo en la medida en que sirva a las instituciones y población para iniciar una respuesta ante eventos potencialmente catastróficos, reduciendo las pérdidas humanas y materiales, así como sensibilizando la necesidad de una cultura de prevención de desastres [57].

El modelo propone que la definición del *ámbito geográfico* deba ser el primer elemento que se debe tener en cuenta al momento de establecer cualquier tipo de alerta, estableciendo que la cuenca o subcuenca hidrográfica constituye el ámbito geográfico

adecuado para la implementación del modelo de alertas tempranas para adaptación al cambio climático a nivel regional, sin embargo, este debe ser articulado a los niveles administrativos (gobierno municipal, departamental, comités locales de defensa civil, instituciones locales), a fin de lograr la inclusión de la problemática del cambio climático en los procesos de planificación (políticas, planes, proyectos, presupuestos participativos) y asegurar la sostenibilidad del proceso [58] [59]. Es el caso de las alcaldías en los municipios de Sotará y Silvia en el departamento del Cauca. La definición de este ámbito genera posteriormente un análisis de los escenarios de riesgo, que son evaluados por el personal científico, en donde se tiene en cuenta amenazas de origen climático, vulnerabilidad y capacidades propias de la geografía regional. De este análisis se desprenden todas aquellas variables climáticas que se van a monitorear y se proponen límites para las alertas.

Una vez se tengan claros los aspectos geográficos y el análisis de los escenarios se propone que el siguiente elemento del modelo de servicios de alertas tempranas sean los *usuarios*. El conjunto de actores locales constituye el público objetivo del modelo de alertas tempranas. Así, si la adaptación de los sistemas de producción es responsabilidad directa de los mismos productores, la inclusión de la problemática del cambio climático en los procesos de planificación corresponde a los gobiernos e instituciones locales [55] [59]. En este sentido, el modelo fue concebido como una estructura multisectorial y multinstitucional. Las instituciones de alcance regional constituyen los usuarios secundarios del sistema.

El objetivo principal del modelo es el de proporcionar información a través de los servicios de valor agregado expuestos en la arquitectura de referencia explicada en el capítulo 3 de la presente disertación, con el fin de contribuir al logro de las acciones de promoción del desarrollo, ordenamiento territorial, defensa civil y gestión de riesgos (elaboración de planes y proyectos a partir de la información difundida), contribuir a la adaptación al cambio climático y difundir avisos de alerta temprana climática. El presente modelo propone cuatro niveles de servicios de alertas:

- Cuantitativos
- Basados en el tiempo
- Basados en el espacio
- Correlacionados

A continuación se definen los niveles de servicios. Para este caso, se necesita que se exponga en forma de servicio, cada una de las variables que se desea consultar, tales como temperatura, golpes de calor, etc. Así mismo, se requiere un servicio que retorne en forma de reporte X Y, la consulta realizada, exportando el resultado a una imagen PNG o JPG.

5.2.1 Servicios de alertas cuantitativos

Se definen como los servicios de valor agregado que presentan los datos de los sensores que muestrean información climática y registran eventos que no pueden ser observados directamente; además, estos servicios analizan estos eventos de una manera cuantitativa y científica. La información debe ser presentada en tiempo cercano al real y llevada a las bases de datos, donde es procesada mediante algoritmos matemáticos previamente

diseñados, teniendo en cuenta el análisis de los escenarios de riesgos propios de la geografía de la región.

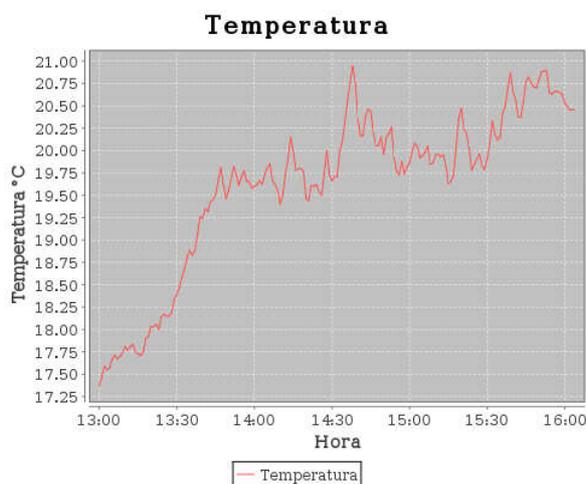


Figura 5.2 Ejemplo de servicio de información cuantitativo.

En la figura 5.2 se ilustra un servicio de información cuantitativo, se muestra el comportamiento de una variable en una determinada región, se indica además que el muestreo de la variable se realiza de manera periódica garantizando un tiempo de entrega de la información cercano al real.

5.2.2 Servicios de alertas estadísticas

Son aquellos servicios de valor agregado que presentan la fluctuación temporal de la información acumulada de manera estadística que sugiera varios tipos de transiciones como elevados picos de temperatura, descenso rápido de la humedad, exceso o ausencia de precipitación, etcétera.

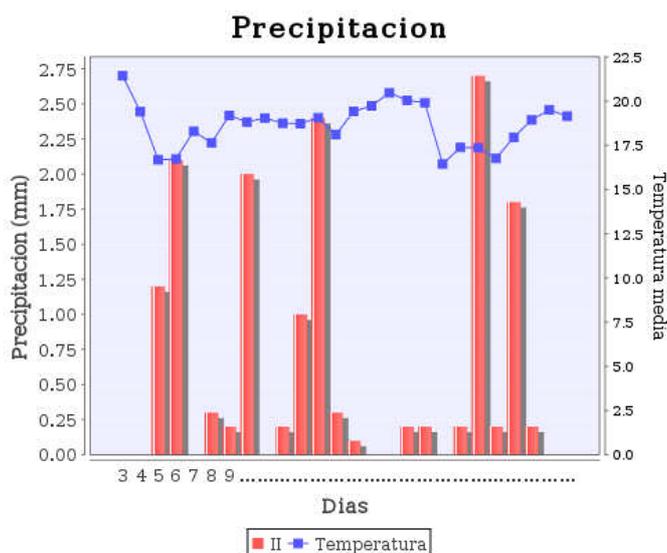


Figura 5.3 Ejemplo de servicio de información estadístico

En la figura 5.3 se observa un ejemplo de servicio de información basado en el tiempo, en donde se observan las variaciones en el tiempo en una determinada variable climática.

5.2.3 Servicios de alertas basados en el espacio

Son aquellos servicios de valor agregado que presentan las características de regiones geográficas individuales, para proveer una base para la optimización de los recursos y alertas especiales para regiones específicas, con el fin de determinar zonas de intervención e identificar estudios y proyectos de investigación, de manera que las instituciones locales expresen la necesidad de tener información integral de las variables ambientales (vigilancia de la calidad y contaminación de los recursos naturales), territoriales (acondicionamiento territorial, identificación de zonas de riesgos y de conflictos) y socioeconómicas (flujos, diagnósticos sectoriales, censos poblacionales, estadísticas manejadas por los sectores agricultura, educación y salud).

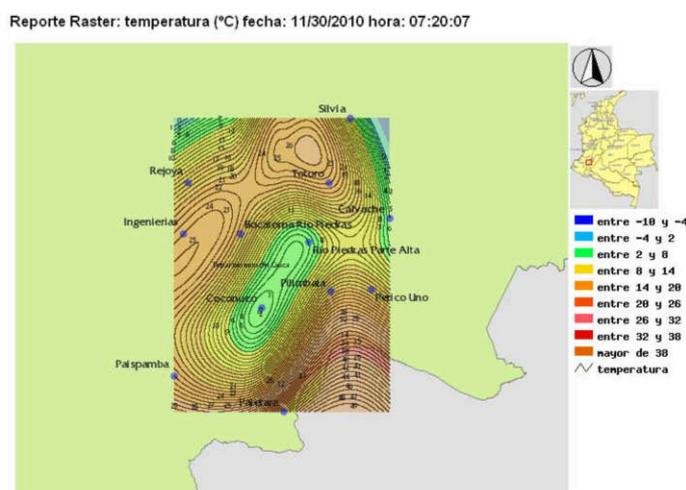


Figura 5.4 Visualización de un informe de servicios de información de alertas basado en el espacio.

En la figura 5.4 se muestra un servicio de información basado en el espacio, en donde se pueden obtener los datos relacionados a las variables ambientales en un área determinada, en este caso una ventana del macizo Colombiano, en el departamento del Cauca.

Este servicio se propone que esté orientado a la ubicación espacial de los riesgos de origen climático (identificación de las amenazas o fenómenos y del grado de vulnerabilidad y exposición) a fin de priorizar las áreas de alto riesgo por tipo de peligro y ayudar a tomar decisiones en los procesos de planificación (determinación del grado de severidad y extensión de las áreas expuestas). En función de las amenazas identificadas mediante la realización de talleres y el estudio de los datos históricos, se han priorizado los siguientes problemas: sequía, heladas, lluvias torrenciales y peligros de origen hidrogeomorfológico (huaicos, deslizamientos e inundaciones).

5.2.4 Servicios de alertas correlacionados

Se denominan servicios de información correlacionados a aquellos que determinan los estados estables para determinar las relaciones causa y efecto entre los diferentes fenómenos observados. Mediante estos análisis el usuario relaciona mensajes de servicios ambientales entre sí, como una respuesta a una solicitud inicial o a un identificador de orden determinado. Entre estas tareas se encuentra la de proporcionar información referente a imágenes satelitales para correlacionar con el valor de temperatura en la estación terrena.

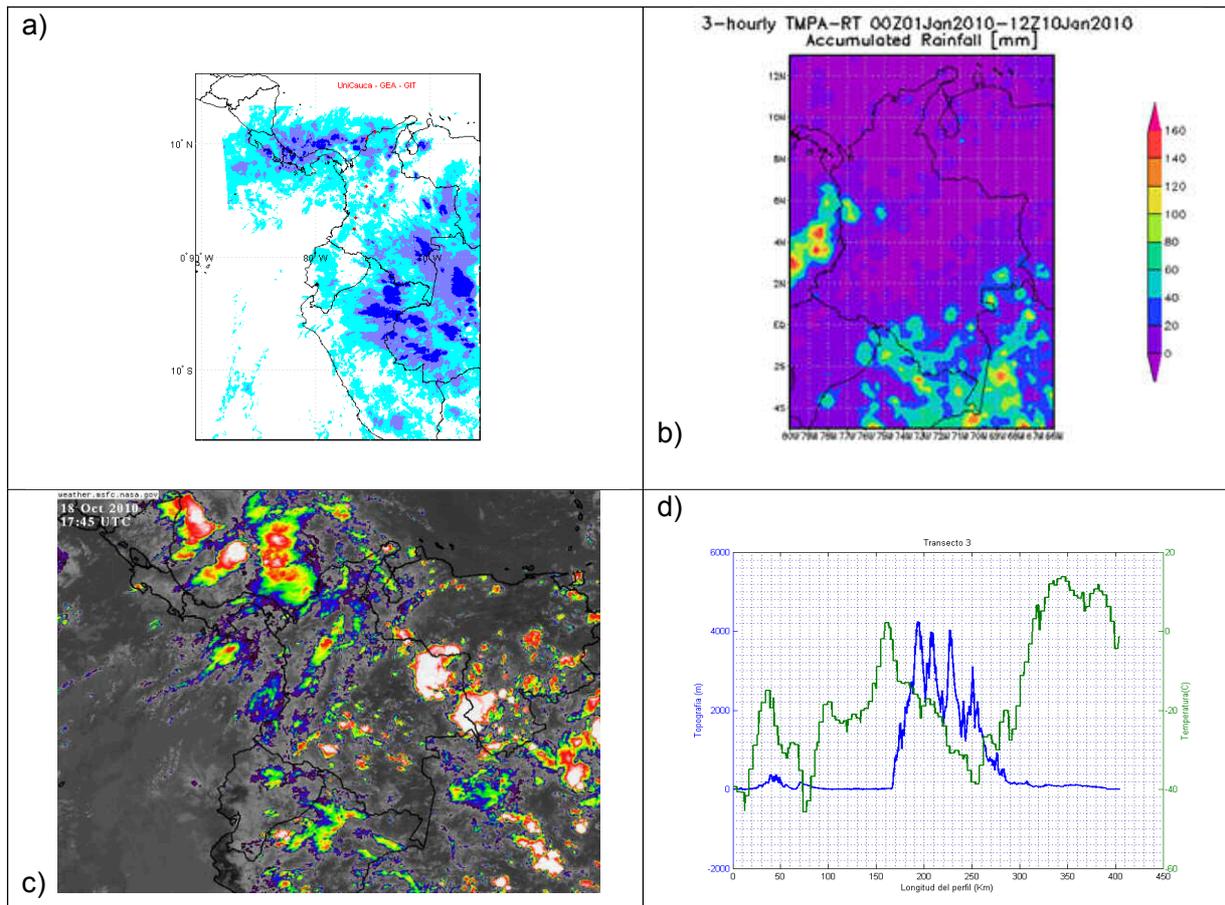


Figura 0.1

Figura 5.5. Correlación de información satelital con información de terreno para diferentes transectos. A) Presentación de la imagen satelital previa umbralización. B) Imagen satelital que muestra información de precipitación para Colombia. C) Imagen NASA-GOES integrada al modelo a través de internet. D) Perfil de temperatura sobre la atmósfera y el terreno realizado por el modelo.

El modelo propone que estos servicios generen pronósticos y un seguimiento de la evolución de un desastre mediante la utilización de imágenes de satélite. Dicha información, almacenada en una base de datos, es analizada mediante la utilización de programas específicos (predicción meteorológica e hidrológica), de modelos para algunas cuencas y de un Sistema de Información Geográfica [57]. En la figura 5.5 se muestra los diferentes despliegues que existen en la plataforma para las imágenes satelitales. En estos despliegues se puede definir la elaboración de un transecto de temperatura en la

atmósfera sobre una ventana del continente suramericano, el pacífico, centroamérica y el caribe. Las imágenes corresponden a los datos obtenidos de satélite para el día de consulta para las bandas del GOES-13 2, 3,4 y 6 únicamente para la variable temperatura.

De la misma manera que los servicios cuantitativos, el modelo propone que al menos las imágenes satelitales sean bajadas en periodos de tiempo no inferiores a un día, a través de Internet por el equipo del proyecto para que puedan ser correlacionadas con los equipos en tierra de manera eficiente. El equipo de actores recoge y procesa mensualmente dicha información a partir del modelo desarrollado. En el futuro, mediante la articulación del sistema de información climática a nivel regional, se prevé el registro permanente de los datos de estaciones pertenecientes a otros actores (terceros) y el procesamiento de la información a través de los canales respectivos a partir del modelo desarrollado.

A continuación se muestran los niveles de servicios propuestos, con sus respectivas entradas y salidas.

Tabla 5.1 Entradas y salidas de los servicios de alertas tempranas para el modelo descrito.

SERVICIO	ENTRADAS	SALIDAS
Servicios de alertas cuantitativos	Identificador de la variable. Identificador del área a consultar	Valor instantáneo de la variable. Reporte Gráfico de la variable en tiempo cercano al real.
Servicios de alertas Estadísticos	Identificador de la variable. Identificador del área a consultar. Rango fechas que representan: Mes, trimestre, semestre, año, etc.	Estadística en el tiempo de la variable ambiental para un área determinada en un periodo dado.
Servicios de alertas espaciales	Valor o valores de la variable. Si es una variable ambiental, proveer Identificador del área a consultar Rango fechas que representan: Mes, trimestre, semestre, año, etc.	Datos para referenciar la imagen PNG o JPG que representa el reporte.

Servicios de alertas correlacionados	Identificador de satélite. Identificador temporal.	Datos para referenciar la imagen PNG o JPG que representa el reporte.
--------------------------------------	---	---

En este ítem del presente capítulo se expusieron los servicios de valor agregado descritos en la Arquitectura de Referencia de la Plataforma de entrega de servicios propuesta; en el siguiente apartado se presentarán las estrategias de distribución de la información de la plataforma propuesta.

5.3 Estrategias de distribución de la información

Para conocer más detalladamente la evolución de los eventos extremos y proporcionar alertas tempranas se necesita una estrategia para la distribución integral y de amplio alcance. En la mayoría de los países, la recopilación de datos climáticos e hidrológicos está fragmentada entre numerosos organismos o ministerios y, frecuentemente, esos datos no llegan a tiempo a sus destinatarios. La puntualidad y la fiabilidad de los sistemas de vigilancia y alerta temprana de los eventos extremos podrían mejorar considerablemente si se automatizara el proceso de recopilación de datos.

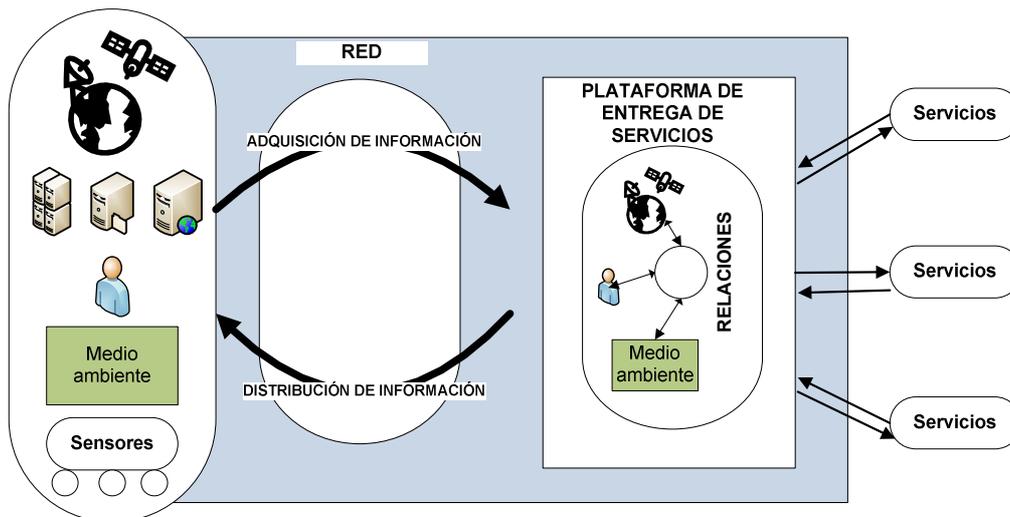


Figura 5.6 Distribución de la información para proveer servicios de valor agregado

En la figura anterior (Figura 5.6) se presenta la estrategia propuesta para la distribución de información disponible en la plataforma de entrega de servicios y que permitirá una toma de decisiones más ágil y eficiente, debido a que la información, previamente distribuida, se almacena y luego se distribuye a través de servicios. A continuación se describe la estrategia de distribución:

- La información es recogida en campo usando estaciones climáticas o a través de los diferentes canales (ingreso manual, plataformas satelitales, acceso a servidores externos) y adquirida por la plataforma a través de los métodos correspondientes descritos en el capítulo 3.

- Una vez esta información esté almacenada en los repositorios, se procede a realizar las relaciones correspondientes que existan entre las diferentes variables adquiridas con el fin de generar Servicios de Valor agregado.
- El usuario procede a la invocación de los Servicios de Valor Agregado presentes en la plataforma. Estos servicios exponen las alertas descritas con anterioridad con el fin de tener información completa y correlacionada.

A través del uso del modelo de alertas tempranas, la plataforma de entrega de servicios propuesta no sólo se encarga del despliegue de la información en el mundo virtual, sino que también se encarga de recoger información del mundo real de las diferentes estaciones ubicadas en el área de estudio de los actores y se encarga de habilitar a las entidades para que usen e intercambien información en la plataforma. A fin de integrar la percepción local, regional y global de los riesgos utilizando el modelo, la información fue distribuida en grupos zonificados, que abarcan grandes extensiones (continentes, países), extensiones de terreno a nivel nacional (departamentos, municipios), áreas de estudio específicas (cuencas) e información de lugares específicos que involucren cultivos u otras actividades agropecuarias. A continuación se presenta la distribución de áreas por herramientas en el modelo de alertas tempranas presentado en este capítulo

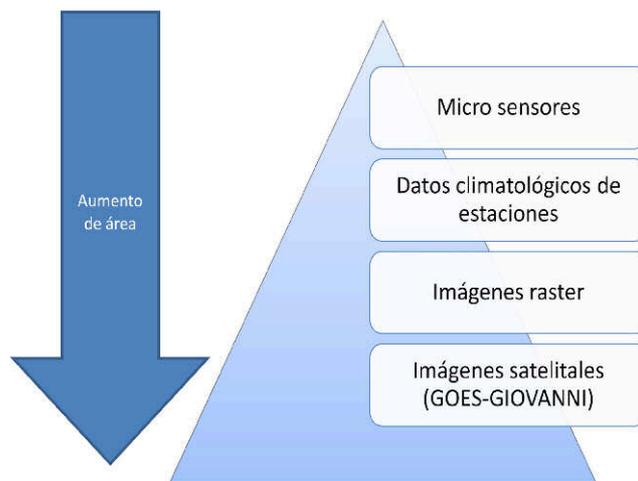


Figura 5.7 Distribución de área por herramienta en el modelo de alertas tempranas

En la figura 5.7 se muestra que mientras que las imágenes satelitales proveen información de la zona de estudio a nivel país, los reportes generados por los servicios de alerta temprana espaciales dan una idea de la distribución espacial de las variables en el área de trabajo del usuario. Las estaciones meteorológicas proporcionan la información en un área más pequeña y la distribución de micro sensores proporciona datos a un nivel aún más pequeño (finca, predio, granja, cultivo, etc) de las variaciones climáticas. El nivel de información presente en el modelo de alertas tempranas llegó hasta el informe en tiempo real. No se cuantificaron predicciones debido a que dentro del modelo no se consideraron parámetros que permitieran realizar pronósticos de alerta futura.

Una de las características fundamentales del modelo de alertas tempranas es cómo se entrega una alerta al usuario final. Tener una base de datos integral le permite al modelo

también la definición de indicadores para evaluar las consecuencias del cambio climático (a nivel salud, producción, etc.), estudiar correlaciones entre variables ambientales y socioeconómicas y monitorear los recursos naturales, ocupación de suelos y producción. La información de las alertas generadas por el modelo está disponible al usuario final a través del uso de interfaces a través de:

- Internet
- Telefonía celular (SMS)
- Correos electrónicos

De esta manera será accesible a todos los actores que posean este tipo de tecnologías. Con el objetivo del éxito del modelo se debe garantizar que la información sea actualizada y retroalimentada permanentemente a través de la integración de los nuevos proyectos, estudios o planes elaborados en el ámbito de una cuenca en específico, innovaciones en el tema de las tecnologías de la información y comunicación, aparición de nuevos problemas, etc.

5.3.1 Interacción de actores para la generación de informes basados en servicios de alertas tempranas

Es preciso que a través del uso del modelo se realice la difusión de la información obtenida en campo para subsanar algunas de las propuestas de investigación planteadas con anterioridad, en el capítulo dos de esta disertación ([2], [3], [5], [7], [4], [9]), por esto se planteó la siguiente estrategia de distribución de alertas tempranas para realizar informes de aquellos eventos que sean considerados extremos por los expertos en las ciencias del ambiente:

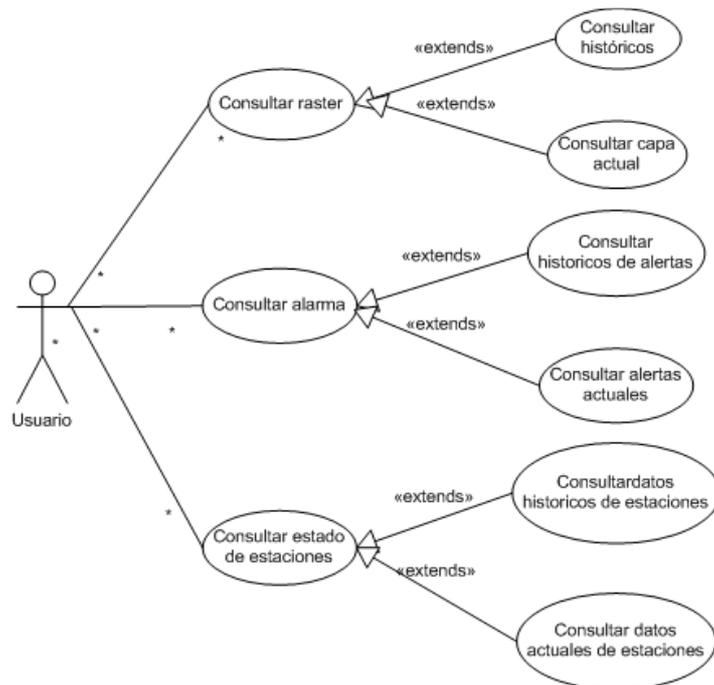


Figura 5.8 Interacción del usuario con los servicios de alertas tempranas

En la figura 5.8 se presenta el diagrama de casos de uso del modelo de alertas tempranas y representa las principales estrategias que el modelo adopta para satisfacer las necesidades de adaptación al cambio climático en la región de estudio.

En el anexo A se presentan las descripciones de cada uno de los casos de uso para los servicios de alertas tempranas. En primer lugar se describe el caso de uso para la consulta de servicios de alerta cuantitativos.

Este caso de uso presentado en la figura 5.9 describe el proceso de automatización de la generación de información espacial asociada a una región específica para proponer servicios de alertas basados en el espacio. Este proceso requiere el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para que a partir de una capa de puntos, se generen interpolaciones matemáticas basadas en algoritmos de uso específico para el tipo de informe generado, luego se procede a la generación de la distribución espacial de la información y los respectivos componentes del informe.

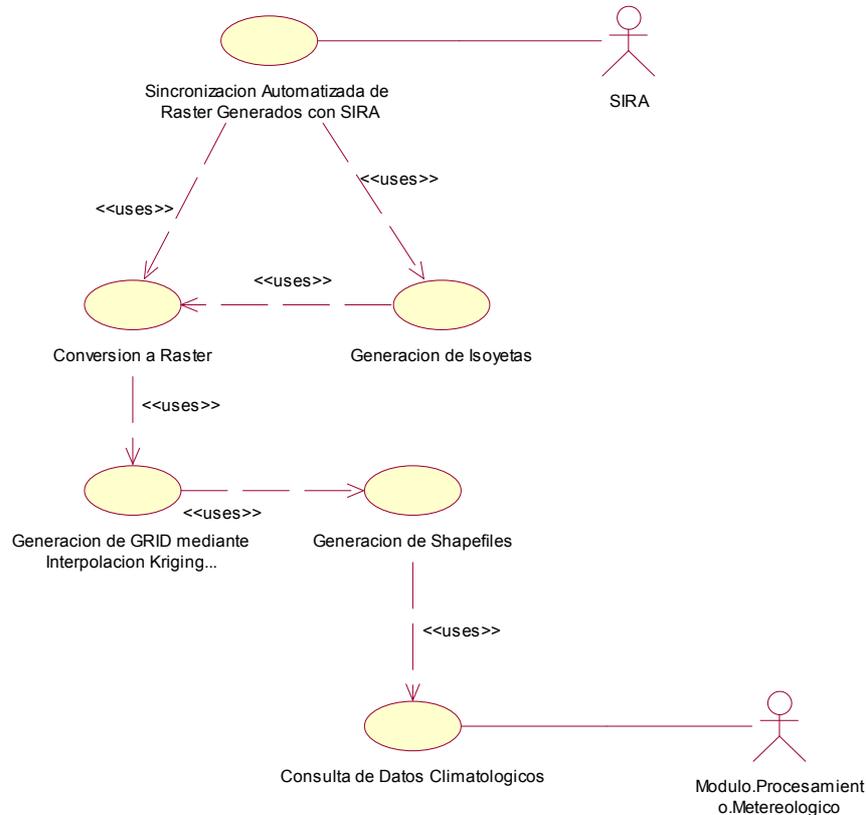


Figura 5.9 Caso de uso generación de información espacial.

La generación de informes a partir de los servicios espaciales para información de alertas tempranas, inicialmente parte de la generación de un Modelo de Elevación Digital (DEM) que proporciona el módulo del mismo nombre, el cual genera archivos que representan el informe ambiental, almacenando la información en archivos locales.

Luego para la publicación de la información generada por el modelo se siguen los siguientes pasos ilustrados en la figura 5.10.

- **Cargar capa municipios:** Para ubicar espacialmente la información que se ha generado, esta capa es estática de acuerdo a los datos de las estaciones que se han tomado como referencia.
- **Cargar capa isolineas:** Capa generada a partir de la interpolación, que contiene la información de la variable en tratamiento. Temperatura o precipitación.
- **Cargar capa estaciones:** Estaciones que están actualmente generando datos, desde la plataforma.
- **Cargar capa raster:** Capa de pixeles generada por la interpolación que refleja el área de influencia de una variable determinada.

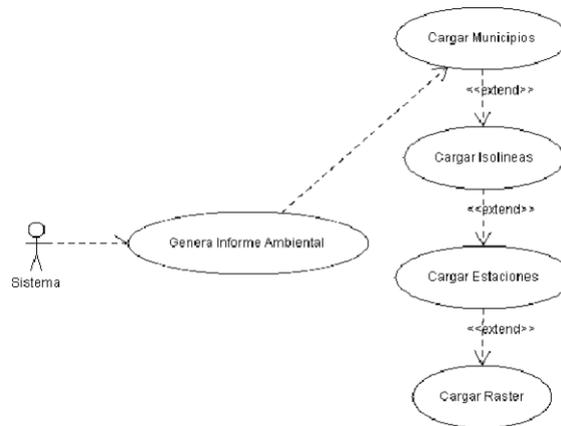


Figura 5.10 Caso de uso. Publicación de DEM's en el web.

El desarrollo del componente de reporte de los servicios de alertas espaciales hace que la modelo de soporte de requerimientos proporcionados por usuarios, quienes buscan gran flexibilidad en la combinación de herramientas que presten servicios coherentes a la temática de cada uno, y que estos servicios se vean reflejados en representación espacial, el cual es un servicio fuerte que continúa en desarrollo. Los casos de uso descritos anteriormente se encuentran especificados en el anexo C de esta tesis.

RESUMEN

En este capítulo se presentó de manera detallada el conjunto de elementos que hacen parte del modelo de alertas tempranas para adaptación al cambio climático en la región. Se presento la definición de modelo de alertas tempranas y se dedicó un espacio para la discusión de sus elementos. Una vez definidos los elementos principales dentro del modelo se prosiguió a enmarcar el uso de éste para la entrega de información. Se observó que el modelo tuvo en cuenta diferentes fuentes de información que están distribuidas en áreas geográficas diferentes y como fue la estrategia de la distribución de la información a través de los canales pertinentes. Una vez definida esta estrategia, se mostró en detalle los componentes de uso de esta información y la interacción de los usuarios para aprovecharla de manera eficiente y ordenada. Al final del capítulo se expuso la necesidad del uso de herramienta SIG para la generación de informes especializados que involucran información generada por servicios de alertas tempranas espaciales.

Capítulo VI

Implementación de un caso de estudio para validación de la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el prototipo implementado, que valida la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo climático cuya Arquitectura de Referencia se encuentra expuesta en el capítulo 3 de la presente tesis, los mecanismos de gestión del recurso establecidos en el capítulo 4 y la evaluación de los modelos de alerta temprana descritos en el capítulo 5. Se presenta la metodología de evaluación usada y las pruebas ejecutadas para establecer el grado de estabilidad y rendimiento del prototipo.

Las siguientes secciones describen el prototipo y la experimentación: la primera sección presenta el escenario de implementación del prototipo los siguientes tres apartados describen las tres aplicaciones desarrolladas para validar los procesos mencionados en capítulos anteriores, describiendo sus funcionalidades. Finalmente, en la quinta sección se presentan las pruebas de evaluación de la calidad para cada uno de los dos métodos (comportamiento y calidad), describiendo los escenarios de aplicación de prueba considerados, las estrategias de prueba y los resultados obtenidos

6.1 Prototipo de validación

6.1.1 Identificación del escenario de funcionamiento

Con el objetivo de validar la arquitectura propuesta en la presente tesis de maestría, se implementó un prototipo software basado en un caso de estudio real. Dicha implementación se basa en el desarrollo de aplicaciones contenidas en el Módulo de Variables Ambientales MVA asociado al Sistema de Información Regional del agua SIRA, asesorado por el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca (GEA) [60].

El capítulo tres describe la arquitectura de referencia para la Plataforma de Entrega de servicios de monitoreo climático, describiendo sus funcionalidades y el modo de interacción de sus subsistemas, los capítulos 4 y 5 describen los mecanismos de gestión del recurso y los modelos de alerta temprana bajo una perspectiva de arquitectura basada en servicios. En este capítulo se ilustran los prototipos, desarrollados para validar la propuesta a partir de la evaluación de tres procesos importantes en la plataforma. Para seleccionar los procesos se tuvieron en cuenta cuatro principios básicos: resolver una necesidad real que se presenta actualmente en el GEA, los procesos deben involucrar adquisición de datos en tiempo real y la generación de informes de alertas correlacionadas a través de un portal, además es preciso que estas funcionalidades sean

expuestas como Servicios Web. Teniendo en cuenta estos requerimientos se seleccionaron los procesos que van a estar sujetos a evaluación:

- Para validar la efectividad de la Plataforma de entrega de servicios propuesta, se desarrolló una aplicación Web que permite mostrar informes de alertas tempranas en tiempo real sobre los indicadores climáticos definidos, a través de las necesidades de información en campo.
- Aplicación web que permite la consulta de registros estadísticos de las estaciones en campo. Es de vital importancia exponer la información de campo organizada estadísticamente ya que permite reconocer patrones en una escala de tiempo determinada. El proceso descrito soporta el uso de Servicios Web como elemento fundamental para realizar la tarea de estadística sobre los datos.
- Aplicación web que permite obtener reportes consolidados de plataformas satelitales disponibles en internet y correlacionarlas con la información obtenida en campo a través del uso de Servicios Web. Dada la importancia de la información obtenida de plataformas satelitales, es vital que se realice una correlación de esta información con los datos obtenidos en campo.

6.2 Descripción del prototipo

6.2.1 Selección de herramientas utilizadas

A continuación se exponen las herramientas utilizadas para la implementación del prototipo de validación

6.2.2 Entorno de ejecución de servicios

Con el fin de proporcionar una herramienta que sirva como entorno de ejecución de los Servicios Web se utilizó GlassFish [61] que es un servidor de aplicaciones de software libre desarrollado por Sun Microsystems, compañía adquirida por Oracle Corporation, que implementa las tecnologías definidas en la plataforma Java EE, permite ejecutar aplicaciones que siguen esta especificación y proporciona un entorno de ejecución para Servicios Web implementados en Java. La versión comercial es denominada Oracle GlassFish Enterprise Server (antes Sun GlassFish Enterprise Server). Es gratuito y de código libre, se distribuye bajo un licenciamiento dual a través de la licencia CDDL y la GNU GPL.

6.2.3 Entorno de creación de servicios

Para el entorno de creación de servicios se utilizó el entorno de desarrollo integrado (IDE) Netbeans [62] que es una herramienta libre para desarrollo de servicios y aplicaciones, está escrito en Java y puede correr en cualquier lugar que tenga la JVM, además de ser multiplataforma.

En este IDE las clases anotadas con `@javax.jws.WebService` son automáticamente reconocidas como servicios web en el proyecto de desarrollo lo que facilita la creación de Servicios de Monitoreo Climático, además este IDE provee soporte para el entorno JAX-WS 2.1 (Java API for XML Web Services) que es una API de Java para la creación de Servicios Web.

6.2.4 Contenedor de aplicaciones

Como herramienta para contener las aplicaciones web dentro del prototipo se usó Apache Tomcat 5.x [63] que funciona como un contenedor de servlets desarrollado bajo el proyecto Jakarta en la Apache Software Foundation [64]. Tomcat implementa las aplicaciones de los servlets y de JavaServer Pages (JSP) [65] de Sun Microsystems. Tomcat Incluye el compilador Jasper, que compila JSPs convirtiéndolas en servlets. El motor de servlets de este contenedor a menudo se presenta en combinación con el servidor web Apache. Además Tomcat puede funcionar como servidor web por sí mismo y se escogió porque fue escrito en Java lo que significa que funciona en cualquier sistema operativo que disponga de la Máquina Virtual de Java (JVM) [66].

6.2.5 Repositorios de información

Dentro del prototipo de experimentación se decidió usar Postgres [67] como motor de base de datos porque los sistemas de mantenimiento de Bases de Datos relacionales tradicionales (DBMS,s) soportan un modelo de datos que consisten en una colección de relaciones con nombre, que contienen atributos de un tipo específico. En los sistemas comerciales actuales, los tipos posibles incluyen numéricos de punto flotante, enteros, cadenas de caracteres, cantidades monetarias y fechas. Está generalmente reconocido que este modelo será inadecuado para las aplicaciones futuras de procesado de datos. El modelo relacional sustituyó modelos previos en parte por su "simplicidad espartana". Sin embargo, como se ha mencionado, esta simplicidad también hace muy difícil la implementación de ciertas aplicaciones. Postgres ofrece una potencia adicional sustancial, al incorporar los siguientes cuatro conceptos básicos en una vía en la que los usuarios pueden extender fácilmente el sistema

- clases
- herencia
- tipos
- funciones

Otras características aportan potencia y flexibilidad adicional al prototipo:

- Restricciones (Constraints)
- Disparadores (triggers)
- Reglas (rules)
- Integridad transaccional

Estas características colocan a Postgres en la categoría de las Bases de Datos identificadas como *objeto-relacionales*. Nótese que éstas son diferentes de las referidas como *orientadas a objetos*, que en general no son aprovechables para soportar lenguajes

de Bases de Datos relacionales tradicionales. Postgres tiene algunas características que son propias del mundo de las bases de datos orientadas a objetos. De hecho, algunas Bases de Datos comerciales han incorporado recientemente características en las que Postgres fue pionera.

6.2.6 Bus de Servicio empresarial

El prototipo presentado en este capítulo hace uso de Open ESB como Bus de Servicio Empresarial ya que está basado completamente en estándares abiertos tales como JBI, XML, entre otros. Además, hace parte de la comunidad Glassfish [61] y Sun Microsystem, quienes brindan un soporte comercial, aunque hay una gran comunidad libre encargada de hacer pruebas y retroalimentación para este ESB. Gracias a estar basado en JBI permite incluir nuevos componentes los cuales se exponen como servicios que le dan mayores y mejores características. Este ESB puede ejecutarse simplemente en la Máquina Virtual de Java o puede incluirse dentro de un servidor de aplicaciones JEE como es el caso de GlassFish. Por otro lado, OpenESB tiene (o pueden ser incluidos) un gran número de componentes que implementan la especificación JBI, tales como HTTP, JMS, JDBC, BPEL, eMail BC para el envío y recepción de mensajes, entre otros.

Una gran ventaja con respecto al resto de ESB's presentados, es la integración con el entorno de desarrollo NetBeans [62], a partir de la versión 6.0, lo que facilita el desarrollo de las aplicaciones gracias a un conjunto de herramientas como un diseñador BPEL, un editor de XML, entre otros.

En [68] se realizó la taxonomía de buses empresariales que se encuentran en el mercado actualmente. Esta clasificación sirvió como guía para seleccionar a OpenESB como el Bus de Servicios Empresarial a utilizar en el desarrollo del prototipo.

6.3 Descripción del Prototipo de Validación

Como se discutió en el Capítulo III, la Arquitectura de Referencia propuesta para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo climático se compone de tres módulos y tres subsistemas principales. Para el caso específico del prototipo definido y en base a las herramientas seleccionadas, a continuación se muestra la relación entre dichas herramientas y la Arquitectura de Referencia:

Subsistema Capa de abstracción de red: Es representado por la aplicación "AbstraccionRed" encargada de abstraer la información necesaria de las estaciones climáticas. Dentro de esta aplicación se ejecutan los procesos de normalización de la red de estaciones asociadas a la plataforma a través del motor de la Máquina Virtual de Java [66]. Esta aplicación corre de manera autónoma en un entorno Linux.

Subsistema Capa de servicios habilitadores: Esta representada por la aplicación "WS-habilitadores" que es una aplicación web encargada de contener todos los servicios de autenticación, gestión y adquisición de datos. Este contenedor de servicios está alojado en un servidor encargado de exponer las interfaces a la capa del Bus de Servicios Empresariales.

Subsistema Repositorios de información: Es representado por la base de datos datos_atmosfericos desarrollada bajo el servidor Postgres SQL [67] en su versión 8.4.1.1. Aquí se ubica la información persistente, tanto espacial como alfanumérica, manejada por el subsistema de Lógica de Aplicación.

Subsistema Bus de Servicios: Implementado con el Bus de Servicios OpenESB [69], el cual es el responsable de administrar de una manera centralizada los servicios propios de este subsistema como transformación y seguridad, al igual que las funcionalidades ofrecidas por aplicaciones externas en el módulo de Servicios.

En cuanto a los servicios propios del ESB, el componente de seguridad es representado por las funcionalidades de configuración de seguridad que permite el OpenESB a la hora de crear Servicios Web. Por otro lado, aunque el ESB permite la creación de servicios de transformación, no fueron utilizados dichos servicios debido a que el dominio del problema del prototipo desarrollado no implicaba el uso de funcionalidades de transformación.

Subsistema de Servicios de Valor Agregado: Toda esta lógica se encuentra en la aplicación Web llamada WS-Portafolio la cual se encarga de manejar todos los servicios de valor agregado de la plataforma.

Capa de Lógica de aplicación: Toda esta lógica se encuentra en la aplicación Web llamada MóduloVariablesAmbientales la cual se encarga de manejar la lógica alfanumérica del prototipo, resaltando entre sus tareas principales la consulta a los servicios expuestos por la aplicación WS-Portafolio.

Capa Clientes: Son los usuarios del portal del Módulo de Variables Ambientales y los clientes que consumen los servicios expuestos por la capa de lógica de aplicación.

Capa de Acceso: Este módulo está representado por los diferentes métodos de acceso a las estaciones climáticas, en el prototipo se usó acceso a través de HTTP para las estaciones que tienen puntos de internet locales y Radio en el caso de comunicaciones a través de telefonía celular.

Capa de Infraestructura: Este módulo está representado por las estaciones climáticas asociadas a la plataforma, para el prototipo se usaron estaciones Campbell, Davis y PesiI que están distribuidas en el área de estudio del Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca.

6.4 Descripción de las aplicaciones a evaluar

Teniendo en cuenta que la arquitectura propuesta para la plataforma de entrega de servicios de monitoreo climático presentada en el capítulo 3, busca la normalización de los elementos de las estaciones climáticas asociadas a la plataforma, a través de un enfoque orientado a servicios SOA, en las secciones siguientes de este capítulo se analizará el funcionamiento general del sistema y se enfocará en las pruebas de las aplicaciones que hacen uso de la plataforma de entrega de servicios, lo cual es el principal objetivo de esta tesis. Los prototipos presentados se encuentran contenidos sobre un módulo de distribución de información denominado Módulo de Variables Ambientales.

6.4.1 Herramienta para proporcionar informes de alertas tempranas

Con el fin de exponer alertas tempranas en tiempo real se diseñó una aplicación web en el marco de la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo climático con las estaciones proporcionadas por el GEA. Estas estaciones fueron localizadas en el área de trabajo del grupo y se interconectaron a través de internet con proveedores fijos y de telefonía celular. La información se adquiere a través de la implementación de los métodos y esquemas explicados en el capítulo tres a través de Servicios Web, usando las herramientas tecnológicas anteriormente descritas. El diseño de esta aplicación cubre la necesidad del cliente de visualización en la web de los informes en tiempo real de las alertas generadas en diferentes locaciones del área de trabajo.

La información es suministrada al usuario a través de acceso web, incluye un rol básico y es el de consulta de información, donde se presenta la siguiente interfaz de usuario (figura 6.1).

Modulo Variables Ambientales SIRA.

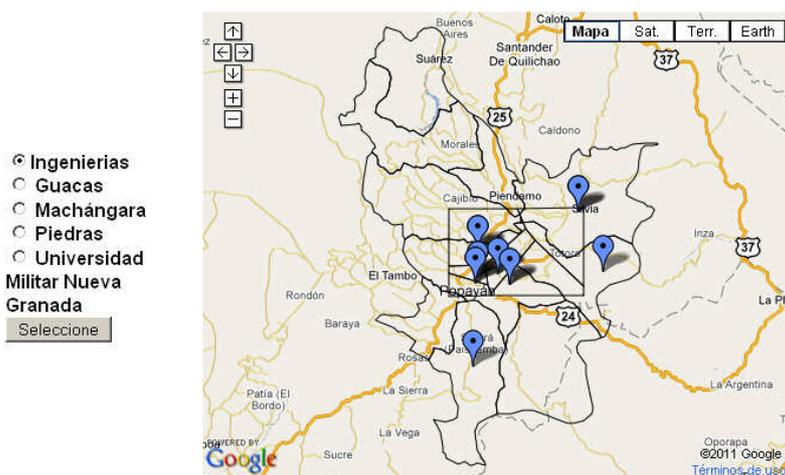


Figura 6.1 Interfaz de usuario de la aplicación para alertas en tiempo real.

La principal funcionalidad de esta aplicación es la de proveer alertas en tiempo real para que el cliente a través de una interfaz web pueda visualizar el valor de las variables medidas en cada estación.

Estas imágenes son el resultado de los procesos llevados a cabo en la capa de Servicios de Valor Agregado y son almacenadas cada 15 minutos de manera automática por la plataforma.



Figura 6.2. Consulta a un servicio de valor agregado en tiempo real.

En la figura 6.2 se puede ver el acceso a las alertas en tiempo real a través de una interfaz web. Se muestran también los valores instantáneos de medición y el valor máximo y mínimo de la variable medida en campo.

6.4.2 Aplicación web que permite la consulta de registros estadísticos de las estaciones en campo.

Con el objetivo de consultar el registro histórico de alarmas se diseñó una aplicación web que hace uso de los servicios de valor agregado que realizan operaciones estadísticas sobre los datos adquiridos. Esta aplicación web hace uso de los recursos proporcionados por los servicios habilitadores que realizan el monitoreo en tiempo real cuya secuencia se encuentra descrita en la figura 3.6 del numeral 3.4.1.2 del capítulo 3.

El proceso para realizar la consulta sobre los registros históricos se puede realizar de dos maneras:

Consulta diaria:

Consulta diaria

* Fecha del día 05/26/2011 * Escoja la estación Ingenierías

Realizar consulta

Figura 6.3 Interfaz de consulta diaria para la aplicación de servicios de valor agregado históricos.

El usuario define la fecha y la estación a consultar (figura 6.3). Al realizar consulta el sistema despliega la interfaz en donde presenta la información de cada variable monitoreada en la estación para la fecha seleccionada con promedios horarios durante todo el día (figura 6.4).

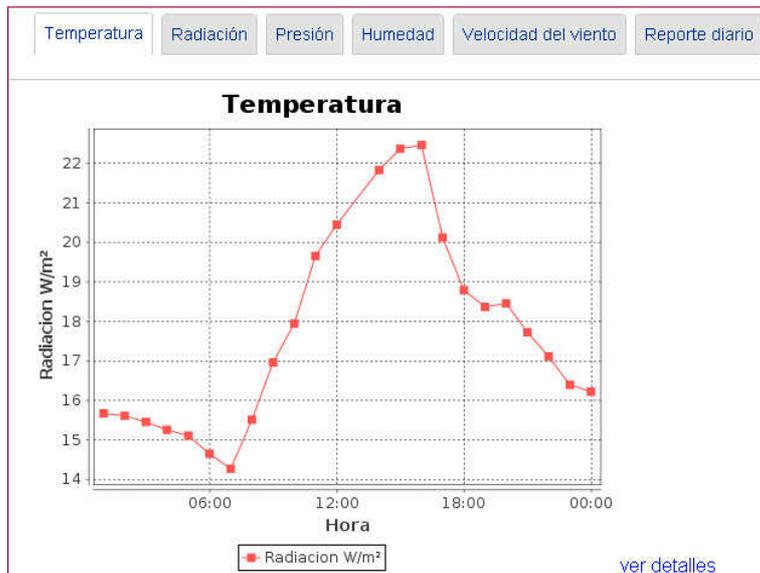


Figura 6.4 Consulta a los servicios de valor agregado de registro histórico

Consulta por intervalos:

Consulta por intervalos

* Fecha inicial

* Fecha final * Escoja la estacion

Figura 6.5 Consulta por intervalo a los servicios de valor agregado históricos

En esta opción el usuario además de seleccionar la estación a consultar, deberá definir dos fechas para la consulta de información con el fin de establecer un intervalo de consulta sobre el registro histórico (figura 6.5), al realizar la consulta el sistema despliega la información de cada variable monitoreada en la estación seleccionada y para el intervalo de fecha definido como se ilustra en la figura 6.6

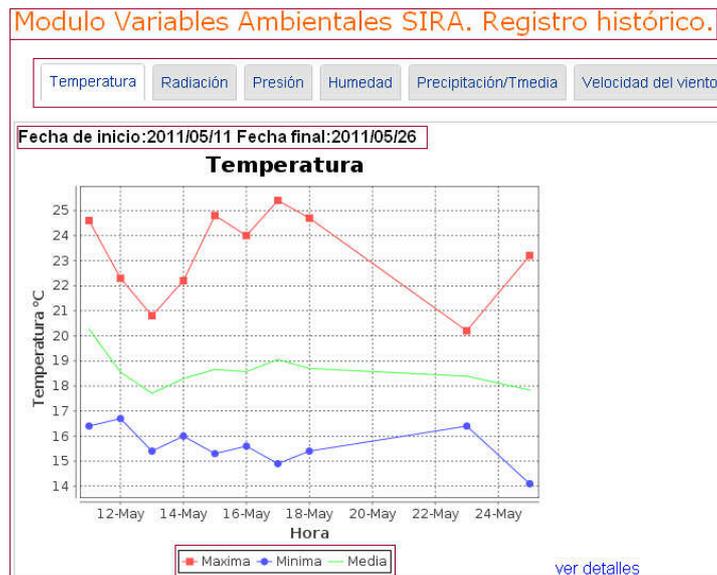


Figura 6.6 Consulta por intervalos a los servicios de valor agregado de registro histórico

6.4.3 Aplicación web que permite obtener reportes consolidados de plataformas satelitales.

El prototipo diseñado hace uso de los servicios de correlación propuestos por la arquitectura de referencia para la plataforma de entrega de servicios con el fin de encontrar relaciones entre diferentes fenómenos que puedan estar correlacionados en el área de estudio. Para establecer estas correlaciones los servicios habilitadores acceden a servidores de información ambiental para extraer datos de imágenes satelitales, que son procesadas a través de aplicaciones diseñadas dentro los servidores que prestan recursos computacionales a la plataforma. La información es adquirida del satélite geostacionario GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) [70] a través de sus servidores en Unidata [71].

Se diseñó el prototipo con una interfaz web para acceder a los datos del satélite GOES de la siguiente manera:

En este despliegue puede definir la elaboración de un transecto de temperatura en la atmósfera sobre una ventana del continente suramericano, el pacífico, Centroamérica y el Caribe.

Las imágenes corresponden a los datos obtenidos de satélite para el día de consulta para las bandas del GOES-12 2, 3, 4 y 6 únicamente para la variable temperatura a través de la interfaz presentada en la figura 6.7.

Figura 6.7 Interfaz de consulta para la plataforma satelital de GOES.

Al ejecutar la consulta el sistema carga la imagen en donde el usuario tiene la opción de trazar el transecto como se ilustra en la figura 6.8.

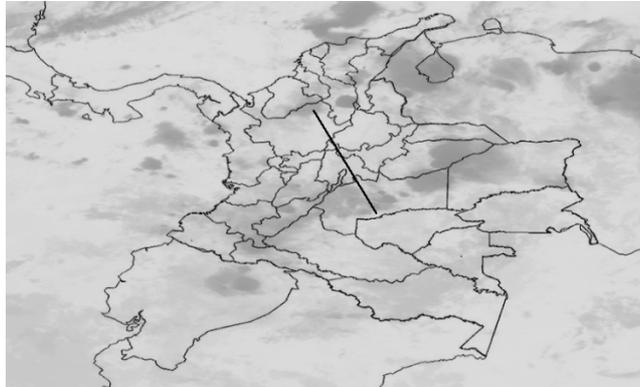
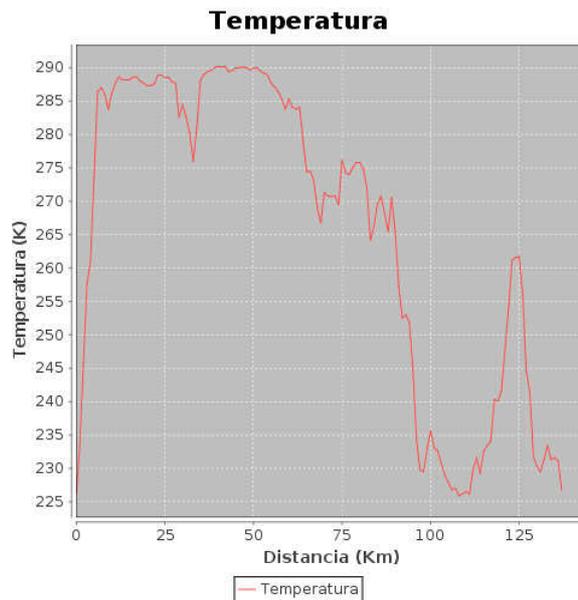


Figura 6.8 Consulta a la imagen GOES seleccionada en la interfaz

Una vez establecido el transecto el sistema despliega el perfil de temperatura sobre la atmósfera en la ventana de consulta como lo muestra la figura 6.9



Coordenada inicial: Latitud 7.6600000000000001 Longitud -74.84

Coordenada final: Latitud 2.5920000000000001 Longitud -73.872

Figura 6.9 Perfil sobre el transecto trazado sobre la imagen GOES.

Con el objetivo de establecer la posición geográfica real del transecto el prototipo integra la herramienta OpenLayers [72] que es una librería JavaScript para despliegue de mapas a través de la web. El resultado de la georeferenciación se presenta en la figura 6.10.



Figura 6.10 Interfaz de georeferenciación del transecto trazado sobre la imagen GOES.

El prototipo accede también a servicios de información de precipitación a través de Giovanni [73], que es una aplicación web diseñada por el Centro Goddard de Servicios de Información y datos de Ciencias de la Tierra GES DISC [74] por sus siglas en inglés (Goddard Earth Science Data and Information Services Center) que provee una manera simple e intuitiva para visualizar, analizar y acceder a una gran cantidad de datos de sensores satelitales que orbitan al planeta tierra. A través del uso de Giovanni se pueden encontrar correlaciones entre pluviosidad local y sus efectos en regiones aledañas al área de estudio comparando la información satelital con los datos recogidos en campo. Dentro del prototipo se le da la opción al usuario de escoger el área de la región de la cual requiere información a través de la siguiente interfaz

Por favor escoja la region				Centro
Por favor escoja las fechas				
	Año	Mes	Dia	
Fecha de inicio	2010	Enero	1	
Fecha final	2010	Enero	20	
				Enviar

Figura 6.11 Formulario Reporte Giovanni

Una vez el usuario llena la información (Figura 6.11) y se solicita la consulta, el sistema presenta el mapa solicitado con los datos de precipitación sobre la zona previamente escogida. (Figura 6.12)

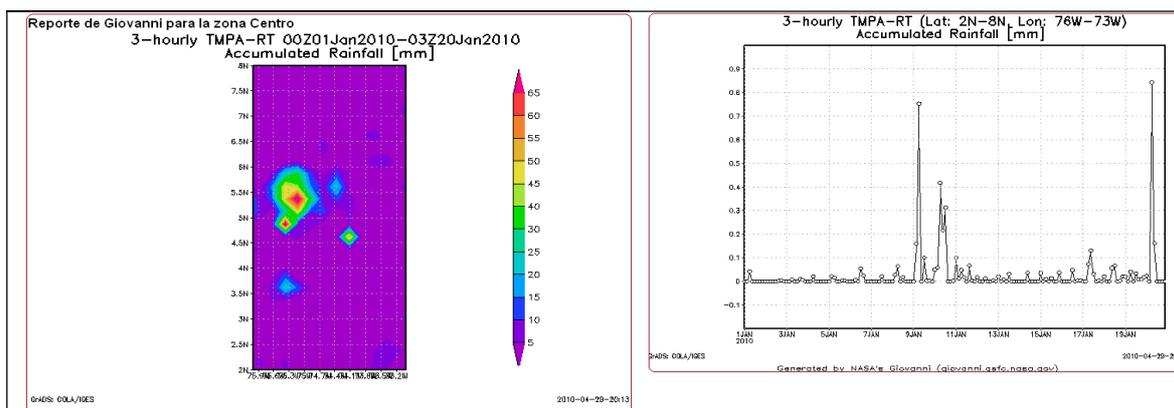


Figura 6.12. Reporte Giovanni - Zona centro 1/1/2010 - 20/1/2010

Además se presenta un consolidado de pluviosidad sobre el área seleccionada que posteriormente es correlacionada con la información en campo

6.4.4 Especificaciones Técnicas de los Servidores que dan soporte a la Arquitectura

El prototipo se probó en un equipo servidor con las siguientes características

Tabla 0.1 Especificaciones técnicas del equipo utilizado para los subsistemas Repositorios de Información, Lógica de Aplicación y Presentación

Procesador	RAM	Disco Duro	Sistema Operativo
Intel® Core 2 CPU Q6850 @ 3.00GHz	8 GB	500 GB	Ubuntu 8.10

6.5 Pruebas y evaluación del prototipo

A continuación se presenta la metodología de evaluación que permite validar el adecuado funcionamiento del prototipo, y se muestran los resultados de las pruebas de rendimiento y estabilidad aplicadas.

El “rendimiento” de un sistema permite medir el tiempo que tarda una consulta en ser ejecutada, mientras que la “escalabilidad” permite evaluar hasta qué punto el sistema soporta un número de usuarios determinado, conservando el mismo rendimiento.

6.5.1 Metodología y criterios de evaluación

Con el fin de asegurar y garantizar el correcto funcionamiento de la Arquitectura de Referencia, se realizaron pruebas que permiten determinar el rendimiento y escalabilidad de la arquitectura, brindando un servicio a un grupo de usuarios de manera eficiente y sin fallas o retrasos. Es importante mencionar que el rendimiento del sistema está estrictamente ligado con el hardware de los equipos utilizados para el despliegue del

prototipo (sección 3.4.7.5), ya que éstos determinan el desempeño del mismo. Además, hay que tener en cuenta que las aplicaciones SOA utilizan comúnmente procesos del negocio, los cuales a su vez se componen de varios servicios que por lo general se diferencian en cuanto a la ubicación en donde se encuentran, hardware y software (sistema operativo) donde está implantado el servicio, lenguaje de programación con el que ha sido diseñado, entre otras, afectando directamente el rendimiento de este tipo de aplicaciones [75].

Para llevar a cabo la ejecución de las pruebas se utilizó la herramienta JMeter [76], la cual es una herramienta de código abierto que permite realizar test de carga y, según una comparación realizada en [77], provee el mejor servicio y la mejor solución para este tipo de pruebas.

Finalmente, La evaluación y clasificación de los resultados de las pruebas, se realizó a partir de un conjunto de reglas que determinan los criterios de tiempos de respuesta para aplicaciones que están directamente relacionadas a las características cognitivas de los humanos [78]:

- Los usuarios no notan un retardo de menos de 0.1 segundos. Por tanto, un tiempo de respuesta que este bajo el umbral de 0.1 segundos se clasifica como óptimo.
- Un tiempo de respuesta de menos de 1 segundo no interrumpe el flujo del pensamiento de un usuario, pero deja notar un retardo. Por tanto, un tiempo de respuesta que este bajo el umbral de 1 segundo se clasifica como bueno.
- Los usuarios aún esperarán la respuesta si está por debajo del umbral de 10 segundos, pero el retardo es notorio. Por tanto, un tiempo de respuesta que este bajo el umbral de 10 segundos se clasifica como aceptable.
- Después de 10 segundos los usuarios pierden la concentración y no continúan esperando la respuesta del sistema. Por tanto, un tiempo de respuesta que esté por encima del umbral de 10 segundos se clasifica como deficiente.

6.5.2 Pruebas de rendimiento y escalabilidad

La evaluación del prototipo se realizará a través de la invocación de las aplicaciones que soportan a los Servicios de Valor Agregado, de esta manera se evaluará la respuesta del sistema a las solicitudes de usuarios, con el fin de obtener un resultado general del rendimiento y estabilidad de la solución planteada.

Para obtener los resultados de las pruebas planteadas, se prosigue de la siguiente manera:

Para las pruebas de rendimiento se configura a JMeter de tal manera que realice una sola petición a cada una de las aplicaciones, de esta manera se obtiene el resultado de rendimiento por proceso.

Las pruebas de escalabilidad se hacen variando el número de peticiones sobre cada proceso. Dichas variaciones se realizan hasta el momento en que los resultados sobrepasan el umbral máximo (10 segundos) establecido por [79].

6.5.2.1 Aplicación 1 (Herramienta para proporcionar informes de alertas tempranas en tiempo real)

Prueba de rendimiento: Según los resultados arrojados por Jmeter el tiempo de respuesta para un usuario es de 37 ms, lo que permite observar que de acuerdo a lo establecido en [79] es un tiempo de respuesta óptimo.

Prueba de escalabilidad: Esta prueba permite establecer cuantos usuarios de manera simultánea pueden ejecutar este proceso, de tal manera que siga conservando un tiempo de rendimiento aceptable para el usuario.

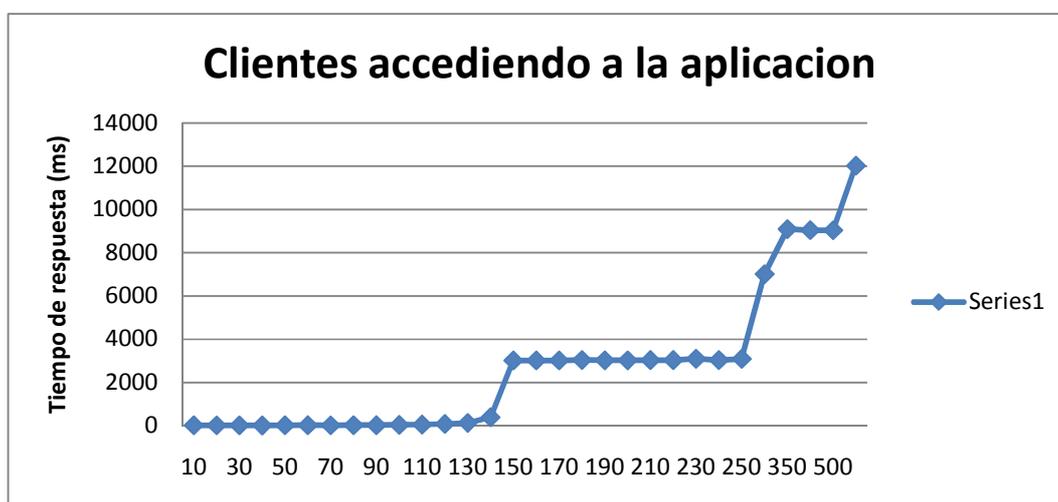


Figura 6.13 Número de usuarios versus tiempo para la aplicación de alertas en tiempo real

La figura 6.13, presenta el resultado de las pruebas de escalabilidad realizadas al proceso de invocación de alertas tempranas en tiempo real. Los resultados permiten ver que la aplicación responde de manera más eficiente cuando existen al menos 140 usuarios accediendo a la información en tiempo real. Por encima de los 150 usuarios hasta los 250 el sistema responde de una manera eficiente pero con un tiempo de respuesta superior al óptimo, mientras que por encima de los 250 hasta 400 usuarios simultáneos el tiempo de respuesta es lejano al óptimo pero aceptable.

Según la figura 6.13 para accesos simultáneos mayores a 400, la aplicación presenta tiempos de respuesta deficientes.

6.5.2.2 Aplicación 2 (Aplicación web que permite la consulta de registros estadísticos de las estaciones en campo)

Prueba de rendimiento: A través del uso de Jmeter se estableció un tiempo de respuesta para un usuario de 404 ms, es decir que es superior al límite óptimo establecido por [79] pero también clasifica como bueno en este mismo estándar.

Prueba de escalabilidad: Esta prueba permite establecer cuantos usuarios de manera simultánea pueden ejecutar este proceso, de tal manera que siga conservando un tiempo de rendimiento aceptable para el usuario.

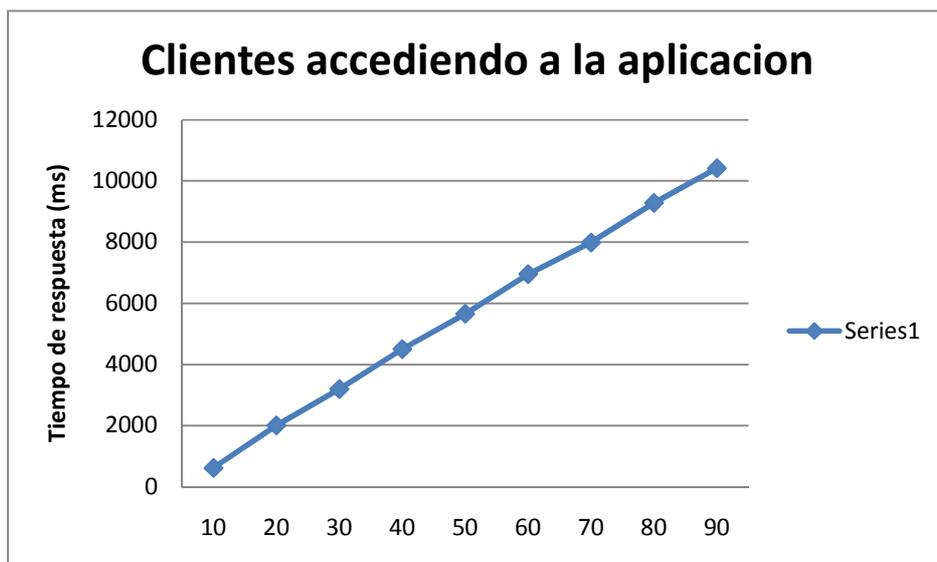


Figura 6.14 Número de usuarios versus tiempo para la aplicación de reportes del registro histórico

La figura 6.14, presenta el resultado de las pruebas de escalabilidad realizadas al proceso de invocación de reportes del registro histórico de la plataforma. Las pruebas muestran un rendimiento considerablemente alto cuando se realiza la consulta al registro histórico. A partir de los 60 usuarios del sistema, se empieza a observar un retraso considerable que genera deficiencias cuando la aplicación es consultada por más de 85 usuarios al mismo tiempo.

6.5.2.3 Aplicación 3 (Aplicación web que permite obtener reportes consolidados de plataformas satelitales)

Prueba de rendimiento: La prueba realizada a través de Jmeter establece que un usuario accediendo a la aplicación recibe una respuesta en 1876 ms, lo cual supera el límite de una respuesta bueno y entra en el rango de aceptable.

Prueba de escalabilidad: Esta prueba permite establecer cuantos usuarios de manera simultánea pueden ejecutar este proceso, de tal manera que siga conservando un tiempo de rendimiento aceptable para el usuario.

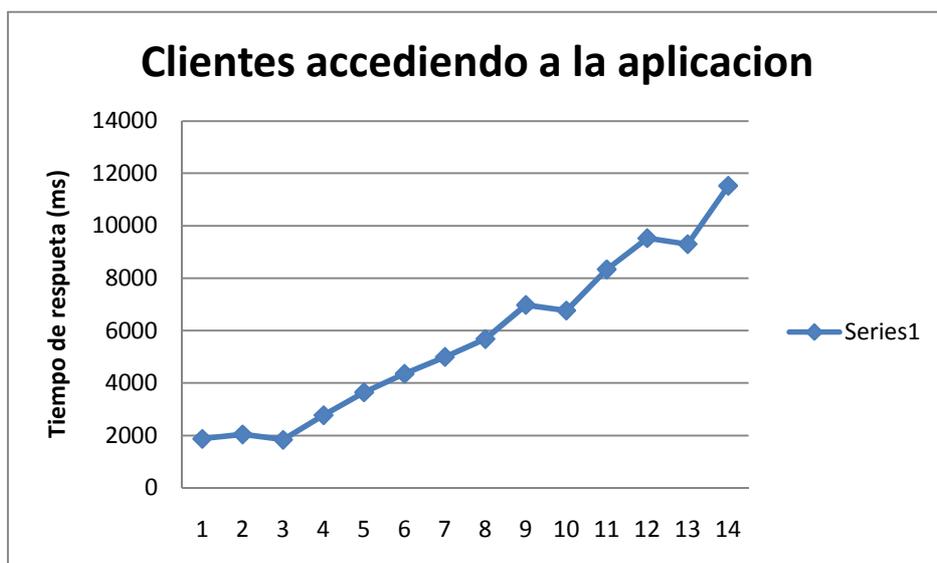


Figura 6.15. Número de usuarios versus tiempo para la aplicación de reportes de las plataformas satelitales.

La figura 6.15, presenta el resultado de la prueba de escalabilidad realizada al proceso de invocación de reportes consolidados de las plataformas satelitales, para el caso GOES. Las pruebas permiten ver que la aplicación es bastante deficiente en cuanto a tiempos de respuesta se refiere, pues soporta sólo a 6 usuarios de manera simultánea con un tiempo de respuesta aceptable. Por encima de los 13 usuarios solicitando el servicio al mismo tiempo se encuentra una gran deficiencia en la respuesta. Esto en parte se debe a la gran cantidad de datos que debe manejar el servicio. Por cada consulta se tienen que solicitar en promedio 12 Megabytes de información que es descargada por el usuario en el momento de la consulta.

RESUMEN

La primera parte de este capítulo permitió realizar la elección de las herramientas que facilitaron la implementación del prototipo que valida la Plataforma de Entrega de Servicios propuesta. A continuación se expuso el prototipo desarrollado. Dicho prototipo se basa en la implementación de tres aplicaciones para obtener información de las alertas tempranas en tiempo real y consolidación de informes correlacionados. Finalmente, se mostraron los resultados de las pruebas de rendimiento y escalabilidad realizadas a las tres aplicaciones implementadas. Dichos resultados presentaron tiempos de respuesta óptimos, aceptables y buenos, según los criterios definidos en [86]. Las aplicaciones que involucran plataformas satelitales presentan deficiencias en su escalabilidad debido a la gran cantidad de información que deben manejar.

En el próximo capítulo se dan a conocer las conclusiones de la presente tesis de maestría y se proponen algunas ideas para trabajos futuros.

Capítulo VII

Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se expondrán las conclusiones de la presente tesis de maestría y se propondrán los trabajos futuros que estén en la misma línea de trabajo.

6.6 Conclusiones

- La construcción de una plataforma de entrega de servicios que permita conocer los datos ambientales en la región, hace necesario el desarrollo de sistemas autónomos que operen simultáneamente situados en puntos estratégicos para comenzar con la tarea de recolectar datos locales/regionales de ecosistemas en proceso de cambio.
- Se desarrollaron tareas tendientes a proveer o adaptar la infraestructura de estaciones de monitoreo de variables climatológicas de cada nodo en una red de monitoreo meteorológico con equipos de comunicaciones que permitieran la adquisición de datos climáticos en tiempo real y de manera remota, además definir una arquitectura de referencia para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo de Variables Ambientales bajo una perspectiva de Arquitectura Orientada a Servicios.
- Uno de los mayores retos al crear la arquitectura de referencia para la plataforma de entrega de servicios es el concepto de SOA, que no sólo involucra tecnología por sí sola sino que es una mezcla importante de procesos y tecnología. Por ende fue necesaria la exploración detallada de toda la información concerniente al cambio climático y diseñar una herramienta que se integrara a un equipo de trabajo y que permitiera una entrega del servicio de manera eficiente y transparente al usuario.
- Usando una visión SOA se propuso la Arquitectura de Referencia para la Plataforma de Entrega de Servicios de Monitoreo climático. En esta referencia se propusieron dos tipos de servicios diferentes: habilitadores y de Valor Agregado, que son servicios fundamentales al momento de la extracción de la información en campo y la presentación de reportes de alertas en un punto específico.
- Los servicios habilitadores diseñados para la plataforma cumplen el objetivo de realizar enlaces entre aquella información que es mostrada al usuario y los procesos de abstracción de la red de estaciones, esta abstracción se realizó a través de una visión IMaaS encapsulando las principales funcionalidades de una estación en un contenedor de información que puede ser accedida a través de interfaces estándar. Los servicios de Valor Agregado diseñados permiten al usuario obtener la información de una manera ordenada y estandarizada para un área de trabajo específica.

- A través de una visión de servicios se propusieron mecanismos para la gestión de la red de estaciones ambientales asociadas a la plataforma. Los Servicios Web como herramientas de abstracción de información de gestión son fundamentales en el desarrollo de sistemas que ofrezcan soluciones de administración para sistemas heterogéneos y distribuidos. A través de las herramientas propuestas se estableció un vínculo entre las diferentes interfaces de gestión que poseen las estaciones y aquellas interfaces basadas en el estándar WS-Management, garantizando la interoperabilidad del recurso hardware asociado a la plataforma.
- Se propuso un modelo de alertas tempranas que involucra a los actores del sistema y a la manera de distribución de la información. A través de los Servicios de Valor Agregado los usuarios de la plataforma adquieren información de las estaciones en campo y se establecen límites para posibles eventos extremos en la región particular de monitoreo. Para esto es necesario identificar previamente las necesidades de los usuarios a fin de responder a sus intereses en eventos extremos. La correlación de la información en campo con la obtenida desde plataformas satelitales es fundamental para la toma de decisiones en eventos de carácter regional.
- Se desarrolló un prototipo que hace uso de las aplicaciones de informes de alertas tempranas y aplicaciones que permiten realizar consultas a plataformas satelitales. A través de la evaluación de este prototipo se puede concluir que el uso de servicios web para la generación de informes de alertas es una opción viable, ya que los tiempos de respuesta son óptimos. Debido a la carga de información generada por los servicios de valor agregado para generar informes de alertas del registro histórico se puede concluir que los servicios web son una herramienta que puede ser tomada en cuenta al momento de distribuir la información, debido a que los tiempos de respuesta fueron buenos. La evaluación del prototipo para la distribución de informes de plataformas satelitales a través de Servicios web no es una opción viable, debido a la cantidad de información que se debe manejar en estas plataformas.

6.7 Trabajos futuros

A continuación se proponen algunos trabajos de futuras investigaciones que pueden ser tomadas en cuenta. Es de resaltar que hay muchas otras iniciativas generadas a partir de esta tesis como el diseño por parte del grupo de Ingeniería Telemática y el Grupo GEA de la plataforma de CIBELES que será la encargada de distribución de información climática a partir de portales y personalización de la misma.

Integración de servicios web en el entorno hardware de las estaciones

Desarrollar estaciones inteligentes que cuenten con el software embebido en su hardware que les permitan ser contenedores de servicios garantizaría una mejor efectividad para la transmisión de los datos ya que no se necesitaría un elemento hardware adicional que haga la abstracción de la red.

Optimización de las aplicaciones que hagan uso de los Servicios de Valor Agregado para correlación de información satelital.

Se pudo observar en el capítulo VI la gran deficiencia que existe al usar servicios web como herramientas para la distribución de la información de las plataformas satelitales, todo esto debido a la gran cantidad de datos que ofrecen. El trabajo realizado se puede complementar con la inclusión de aplicaciones que permitan extraer información básica exclusivamente del área de estudio garantizando así la reducción de información que es consumida a la hora de la consulta.

Composición automática de servicios habilitadores

En este trabajo se presentan aportes en el área del esquema arquitectónico de una plataforma de entrega de servicios ambientales y una línea muy importante de investigación futura se asocia con la composición automática de servicios habilitadores, que involucra muchos otros aspectos, entre los que se encuentra la generación automática de adaptadores para resolver las diferencias entre los servicios.

Inclusión de procesos de negocio que permitan la correlación automática de la información recogida en campo con la información de plataformas satelitales.

A través de la composición automática de servicios se pueden incluir procesos de negocio que faciliten la correlación entre las plataformas satelitales y aquella información que es recogida en campo de manera autónoma.

Procesamiento en línea

Integrar los recursos de la plataforma con tecnologías de procesamiento en grilla para integrar métodos de procesamiento en línea para la información recogida en campo y a través de las plataformas satelitales, de esta manera la plataforma se convierte en un recurso de procesamiento que el usuario puede invocar a través del internet.

Perspectiva del trabajo para mejorar la eficiencia de la plataforma

Con el fin de mejorar el rendimiento de la plataforma se propone distribuir el trabajo de procesamiento y utilizar las herramientas de diseño apropiadas para construir una plataforma dedicada únicamente a la distribución de imágenes satelitales, además de mejorar el hardware de la plataforma.

Referencias Bibliográficas

- [1] Josuttis, N. SOA in practice, the art of distributed systems design. O'Reilly.2007
- [2] Gibbons P. et al. IrisNet: An Architecture for a World-Wide Sensor Web. IEEE Pervasive Computing, Volume 2, Number 4. 2003.
- [3] Nath S. et al. IrisNet: An Architecture for Internet-scale Sensing Services. Proceedings of the 29th international conference on Very large data bases. Volumen 29. 2003.
- [4] Lu Z. et al. SOAMS: A Novel SOA-based System and Network Management Model and Scheme. IEEE International Conference on Services Computing. 2008.
- [5] Gilart-Iglesias et al. Industrial Machines as a Service: Modelling industrial machinery processes. University of Alicante. Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference on Publication Date: 23-27 June 2007.
- [6] M. Mathes, et al, Towards a Time-Constrained Web Service Infrastructure for Industrial Automation, in Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). IEEE Computer Society Press, 2008, pp. 846–853.
- [7] **Bose R. Helal A.** IEEE IET 4th International Conference on Intelligent Environments. Distributed mechanisms for enabling virtual sensors in service oriented intelligent environments. 2008.
- [8] King, J, et al. CISE Dept., Florida Univ., Gainesville, FL. "Atlas: A Service-Oriented Sensor Platform". Local Computer Networks, Proceedings 2006 31st IEEE Conference on Publication Date: 14-16 Nov. 2006 On page(s): 630-638
- [9] Cotofana C et al "An SOA-based Framework for Instrument Management for Large-scale Observing Systems (USArray Case Study)," Web Services, IEEE International Conference on, pp. 815-822, IEEE International Conference on Web Services (ICWS'06), 2006.
- [10] Universidad del Cauca. Grupo de Estudios Ambientales, Monitoreo Ambiental para Cambio Climático en Ecosistemas Agrícolas Altoandinos – MACACEA. Código MADR 2008P5611. 2008.
- [11] Página del USArray <http://www.earthscope.org/observatories/usarray> Visitada en marzo del 2009.
- [12] Devoteam. White paper. Service Delivery Platforms: The key to service convergence. October. 2007.
- [13] Página del Telemangement Forum <http://www.tmforum.org/browse.aspx> Visitada en marzo de 2009.
- [14] R. D. Callaway, M. Devetsikiotis, Y. Viniotis, and A. Rodriguez. An Autonomic Service Delivery Platform for Service-Oriented Network Environments, Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC), Beijing, May 2008.
- [15] Chujo. T, et al. Service Delivery Platform Technologies. FUJITSU Sci. Tech. J., Vol. 45, No. 4, Octubre 2009.
- [16] Montoya J, "Servicios Convergentes en Redes de Proxima Generacion". En: Colombia Revista Sistema De La Asociación Colombiana De Ingenieros De Sistemas - Acis ISSN: 0120-5919 ed: Acisv.108 fasc.N/A p.36 - 41, 2008
- [17] Rolan C, et al. Defining a Service Delivery Platform Architecture using Generic IMS and SOA concepts. Centre for Telecommunications Access and Services School of Electrical and Information Engineering University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa. 2010.

- [18] JAIN SIP API Specification, Version 1.0, Public Review Draft, Sun Microsystems Inc., November 2000: <http://java.sun.com/aboutJava/communityprocess/review/jsr032/index.html>
- [19] ETSI TS 188 001 V1.2.1. Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN management; Operations Support Systems Architecture. RTS/TISPAN-08014-NGN-R1. Marzo de 2006.
- [20] Maya, E. Arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos y su aplicación a las redes EHAS. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Departamento de Telemática. Grupo de Ingeniería Telemática. 2007.
- [21] Sonic Software Corporation, AmberPoint Inc., BearingPoint, Inc. y Systinet Corporation. "A NEW SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE (SOA) MATURITY MODEL". 2005. Disponible en: www.omg.org/soa/Uploaded%20Docs/SOA/SOA_Maturity.pdf [Consultada: Noviembre 11 de 2008].
- [22] Microsoft Corporation. "La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) de Microsoft Aplicada al Mundo Real", Diciembre de 2008. Disponible en: http://download.microsoft.com/download/c/2/c/c2ce8a3a-b4df-4a12-ba18-7e050aef3364/070717-Real_World_SOA.pdf [Consultada: Noviembre 21 de 2008].
- [23] Russo, J. et al. Self-Describing Sensor Networks Using a Surrogate Architecture. Internal Report, Mobile & Pervasive computing research, University of Florida, June, 2005.
- [24] Página de Distributed Management Task Force (DTMF). <http://www.dmtf.org/home>. Fecha de visita Junio de 2009.
- [25] DTMF. Document Number: DSP0226. Web Services for Management (WS-Management) Specification. Version: 1.0.0. 2008.
- [26] W3C. Web Services Architectures. <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/>. 2004.
- [27] Data Management in the Worldwide Sensor WebPERVASIVE Computing. www.computer.org/pervasive. Published by the IEEE Computer Society. APRIL–JUNE 2007. 1536-1268/07/\$25.00 © 2007 IEEE
- [28] OSGi, Open Services Gateway Initiative <http://www.osgi.org>. [Consultada: Febrero 9 de 2009].
- [29] Ergen, Sinem. ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. September 10, 2004
- [30] IBM WebSphere Software <http://www-01.ibm.com/software/websphere/>. [Consultada Marzo de 2009].
- [31] OASIS Standard. Web Services Distributed Management: Management Using Web Services (WSDM-MUWS 1.0) Part 1& Part 2. 2005.
- [32] Apache organization, Muse project's Documentation, <http://ws.apache.org/muse/>, 2007-05/2007-08-04.
- [33] Sun Microsystem Inc, JavaTM Management Extensions (JMXTM) Specification, version 2.0, <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=255>, 2007-05/2007-08-04
- [34] Página de la National Science Foundation <http://www.nsf.gov/> Visitada en marzo 2009.
- [35] Página de Google Earth <http://earth.google.com/> visitada en marzo de 2009.
- [36] Proyecto Gridsphere <http://www.gridsphere.org/gridsphere/gridsphere> visitada en marzo de 2009.
- [37] [Antelope Real-Time System](#). ARTS configuration and operations manual. Mayo de 2009.
- [38] Xingchen Chu. Open sensor web architecture: Core services. Master's thesis, University of Melbourne, Australia, 2005. <http://www.gridbus.org/reports/>

OSWA-core%20services.pdf.

[39] Xingchen Chu, Tom Kobialka, and Rajkumar Buyya. Open sensor web architecture: Core services. In *Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing*. Press, 2006. <http://www.gridbus.org/papers/ICISIP2006-SensorWeb.pdf>.

[40] Mike Botts et al., "OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture (OGC 07-165)," Open Geospatial Consortium white paper, 28 Dec. 2007.

[41] OpenGIS sensor model language (SensorML) implementation specification

[42] Nisbet A, "A systems architecture for sensor networks based on hardware/software co-design", In Mikhail Smirnov, editor, *Proceedings of the 1st IFIP Workshop on Autonomic Communications*, Springer Verlag, 2004.

[43] Microsoft Knowledge Base Article – 93126: <http://support.microsoft.com/kb/931261/es>. Fecha de visita Marzo de 2009.

[44] Erik Christensen, Francisco Curbera, Greg Meredith, and Sanjiva Weerawarana. Web services description language (WSDL) 1.1. W3C note, W3C, March 2001. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>.

[45] Pagina de estaciones iMETOS <http://pessl.metos.at>, visitada en abril de 2011.

[46] Pagina de estaciones Campbell <http://www.campbellsci.com/>, visitada en abril de 2011.

[47] Guerrero C. Especificación del comportamiento de gestión de red mediante ontologías. Tesis doctoral. E.T.S.I. Telecomunicación (UPM). 2007.

[48] Kobialka, T.; Buyya, R.; Leckie, C.; Kotagiri, R. A Sensor Web Middleware with Stateful Services for Heterogeneous Sensor Networks University of Melbourne, Melbourne 3rd International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information, 2007. ISSNIP 2007.

[49] Web Services for management (WS-Management). Retrieved from http://www.intel.com/technology/manage/downloads/ws_management.pdf

[50] W3C. Simple Object Access Protocol (SOAP): 1.2 <http://www.w3.org/TR/2007/REC-soap12-part0-20070427/>. 2007.

[51] Especificación WS-Enumeration <http://www.w3.org/Submission/WS-Enumeration/>

[52] Especificación WS-Eventing <http://www.w3.org/Submission/WS-Eventing/>

[53] Especificación WS-Transfer <http://www.w3.org/Submission/WS-Transfer/>

[54] Especificación WS-Addressing <http://www.w3.org/Submission/ws-addressing/>

[55] Sistemas de información y alerta temprana para enfrentar al cambio climático. Colección: Sistemas Agroforestales No. 7. Cambio Climático y Pobreza. Lima : Soluciones Prácticas - ITDG, 2008. 166p. - (1 ed).

[56] Sistema de información ambiental de Colombia.

<http://www.ideam.gov.co/sistema/ingreso.htm> (visto por última vez: 4 de agosto de 2008).

[57] Torres, J. «Reflexiones del V curso internacional sobre manejo de sistemas de información para la mitigación de desastres». En: *GeoFocus*. Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles-Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica. Nº 5, 2005. pp. 59-64.

[58] UNCCD. Sistemas de alerta temprana. Informe del grupo ad hoc sobre sistemas de alerta temprana. Bonn: Naciones Unidas-Convención de Lucha contra la Desertificación, 2000.

[59] Villagrán, J. América Central en el contexto de la consulta hemisférica sobre alerta temprana. Antigua Guatemala: s/e, 2003.

[60] Apolinar Figuero Casas, Edier Humberto Pérez, Antonio José Valverde P., Juan Carlos Corrales, Samir Carlos Joaqui, y Mónica Patricia Valencia. "*Grupo de Estudios*

- Ambientales*". Disponible en: <http://gea.unicauca.edu.co/>. [Consultada: Febrero 10 de 2010].
- [61] Java.net. "*Front Page News on GlassFish*". Disponible en: <https://glassfish.dev.java.net/>. [Consultada: Enero 30 de 2009].
- [62] NetBeans. "*Welcomw to NetBeans*". Disponible en: <http://netbeans.org/>. [Consultada: Enero 30 de 2010].
- [63] Apache Tomcat. Disponible en <http://tomcat.apache.org/download-55.cgi>. [Consultada: Enero 20 de 2010].
- [64] Apache Jakarta Project. Disponible en <http://jakarta.apache.org/>. [Consultada: Enero 20 de 2010].
- [65] Java Server Pages Specification. Disponible en <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/jsp/index.html>. [Consultada: Enero 20 de 2010].
- [66] Especificación de la Máquina Virtual de Java. Disponible en <http://java.sun.com/docs/books/jvms/>. [Consultada: Enero 20 de 2010].
- [67] PostgreSQL. "*What is PostGIS*". Disponible en: <http://postgis.refractor.net/>. [Consultada: Enero 14 de 2010].
- [68] Alvarado j, Dorado F. Arquitectura orientada a servicios para sistemas de información geográfica basada en software de distribución libre. Monografía presentada para optar al título de Ingeniero de Sistemas. Universidad del Cauca. 2010.
- [69] Sun Microsystems. "*OpenESB The Open Source ESB for SOA & Integration*". Disponible en: <https://open-esb.dev.java.net/>. [Consultada: Enero 22 de 2010].
- [70] Oficina de Operación de Satélites Geostacionarios. Disponible en <http://www.oso.noaa.gov/GOES/>. [Consultada: Noviembre 10 de 2011].
- [71] Programa Unidata. Disponible en <http://www.unidata.ucar.edu/>. [Consultada: Enero 15 de 2011].
- [72] OpenLayers. "*OpenLayers: Free Maps for the Web*". Disponible en: <http://openlayers.org/>. [Consultada: Enero 20 de 2010].
- [73] Aplicación Web Giovanni. Disponible en <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>. [Consultada: Enero 10 de 2011].
- [74] Centro Goddard. Disponible en <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/>. [Consultada: Enero 10 de 2011].
- [75] Steven Haines, *Pro Java EE 5 Performance Management and Optimization*. Estados Unidos de Norte América: Apress, 2006.
- [76] Apache Jakarta. "*JMeter-User's Manual*". Disponible en: <http://jakarta.apache.org/jmeter/usermanual/index.html>. [Consultada: Febrero 16 de 2010].
- [77] A. Rizzini, "Mobile Environmental Management System", Universidad College Dublin, Irlanda, 2007. [Consultado: Febrero 18 de 2010].
- [78] Jakob Nielsen, *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1994.
- [79] Joines, S. Willenborg, y R. Hygh, *Performance Analysis for Java Websites*, 2002.
- [80] IBM WSDM/WS-Man Reconciliation An Overview and Migration Guide. Mayo 2007
- [81] Balazinska M. et al. Data Management in the Worldwide Sensor Web. IEEE Pervasive Computing Volume 6 , Issue 2. 2007.
- [82] Organization for the Advancement of Structured Information Standards OASIS. <http://www.oasis-open.org/home/index.php>. Fecha de visita Marzo de 2009.
- [83] OASIS Standard. Web Services Distributed Management: Management of Web Services (WSDM-MOWS) 1.0. 2005.

- [84] General Event Notification Architecture (GENA): <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa505982.aspx>. Fecha de visita Marzo de 2009.
- [85] Microsoft Security Bulletin MS07-019 (Vulnerabilidad UPnP): <http://www.microsoft.com/technet/security/bulletin/ms07-019.msp>. Fecha de visita Marzo de 2009.
- [86] Idea Blog. Problemas de seguridad: Inseguridad en UPnP. vtroger.blogspot.com/2008/04/inseguridad-en-upnp.html. [Consultada: Febrero 9 de 2009]
- [87] OASIS IBM. Jemilo D. "Web Services Resource Metadata 1.0" (WS-ResourceMetadataDescriptor). Committee Specification 01, November 9, 2006. Disponible en http://docs.oasis-open.org/wsrf/wsrf-ws_resource_metadata_descriptor-1.0-spec-cs-01.pdf.
- [88] OASIS HP IBM. Vambenepe W, Graham S, Niblett P. "Web Services Topics 1.3 (WS-Topics)". OASIS Standard, 1 October 2006. Disponible en http://docs.oasis-open.org/wsn/wsn-ws_topics-1.3-spec-os.pdf.
- [89] Sistema de Información Regional del Agua, SIRA. <http://www.gea.unicauca.edu.co/sira>.
- [90] Serrano C. "Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería". Popayán: Editorial Universidad del Cauca, pp. 35-94, 2005.
- [91] Sunoga H. Service Delivery Platform Architecture for the Next-Generation Network. NTT Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation. 2011.
- [92] The Moriana Group. "Service Delivery Platform in The Web 2.0 Era". Disponible en : <http://www.morianagroup.com/>. Septiembre de 2008.
- [93] Ohnishi, H et al. "Service delivery platform for telecom-enterprise-Internet combined services". Global Telecommunications Conference, 2007. GLOBECOM apos;07. IEEE Volume , Issue , 26-30 Nov. 2007 Page(s):108 – 112
- [94] Gilart-Iglesias et al. Normalization of Industrial Machinery with Embedded Devices and SOA. Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. Prague, 2006.
- [95] Anwander M, et al. Management of Heterogeneous Wireless Sensor Networks. Institute of Computer Science and Applied Mathematics Neubrückestrasse 3012 Bern, Switzerland. 2010.
- [96] L. Ruiz, et al. Manna: A management architecture for wireless sensor networks IEEE Communications Magazine, Vol. 41, No. 2, Feb 2003, pp. 116-125.
- [97] Song, H et al. "UPnP-based Sensor Network Management Architecture and Implementation", *Second International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking*, 2005, Osaka.
- [98] Chu X, Kobialka T, Durnota B, and Buyya R. Open Sensor Web Architecture: Core Services. In Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing, Bangalore, India, 2006.
- [99] Villagrán, J. Sistemas comunitarios de alerta temprana en América Central. Ciudad de Guatemala.
- [100] Villagrán, J.; Scott, J.; Cárdenas, C.; Thompson, S. Sistemas de alerta temprana en el hemisferio americano. Contexto, estado actual y perspectivas futuras. Antigua Guatemala: s/e, 2003.