

# **Una Arquitectura de Sistemas de Información para vigilancia en salud pública en zonas rurales**



**Tesis de Maestría**

**Ing. Diego Mauricio López Gutiérrez**

Director  
Dr. Ing. Álvaro Rendón Gallón

*Universidad del Cauca*

Maestría en Ingeniería, Área Telemática  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Departamento de Telemática**  
Línea de investigación en Ingeniería de Sistemas Telemáticos  
Aplicaciones soportadas en Internet

Popayán, Diciembre de 2005



*A Carolina y Diego Felipe  
... por el tiempo sacrificado.*



# Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la experiencia de más de 5 años del Grupo de Ingeniería Telemática en el desarrollo de Sistemas de Información para salud y especialmente a los proyectos desarrollados en el marco del programa EHAS (Enlace Hispano-Americano de Salud) en Colombia. Este trabajo recibió financiación directa del proyecto EIA-SVSP “Entorno Integrado de Información y Aprendizaje para el Sistema de Vigilancia en Salud Pública del Departamento del Cauca”, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca.

Quisiera expresar mi sincero y profundo agradecimiento a las personas que de alguna u otra forma aportaron en la formulación, desarrollo y consecución de los resultados en esta tesis. A Álvaro Rendón por haberme iniciado en el apasionante y espinoso camino de la investigación, además de su constante e incondicional apoyo en mi carrera. A mis profesores de la maestría, Carlos Enrique Serrano, Adolfo Plazas, Regina Motz, Álvaro Rendón por su aporte en mi formación académica e investigativa. A mis compañeros, Carolina González, Juan Carlos Corrales, Héctor Fabio Jaramillo, Gustavo Ramírez, Leonardo Cerón y Adriana Gutiérrez, por las interesantes discusiones. Un especial reconocimiento a Jorge Alexander Figueroa que con el proyecto de grado y su trabajo en EHAS ha contribuido enormemente al desarrollo de esta tesis. También agradezco a los jurados de este trabajo, Juan Carlos Vidal y Andrés Lara por las sugerencias y correcciones.

Finalmente quisiera agradecer a aquellas personas que en el marco de mi tesis de doctorado en la Universidad de Vigo en España, han aportado en moldear el carácter científico de este trabajo. A Manuel Fernández Iglesias por dejarse apasionar con los temas de la telemática para salud y a Martín Llamas por su constante apoyo. También quisiera agradecer al Dr Bernd Blobel y Peter Pharrow del Instituto Fraunhofer IIS en Alemania por ayudarme a aclarar muchas dudas y por guiar mis intereses de investigación.



# Resumen

Las arquitecturas de Sistemas de Información se presentan como una solución a los actuales desafíos de reusabilidad, flexibilidad, interoperabilidad y escalabilidad en el diseño de Sistemas de Información. Esta tesis aborda principalmente el problema de la complejidad en el diseño de Sistemas de Información en Salud cuando los equipos de desarrollo software tienen poca experiencia en el dominio de la aplicación, mediante el uso de arquitecturas de referencia. Las arquitecturas de referencia se proponen como una alternativa para soportar el trabajo de los analistas y diseñadores de Sistemas de Información en el modelado de sistemas complejos como los sistemas de salud, donde los procesos de la organización son muy particulares del dominio de aplicación.

El objetivo principal de esta tesis es contribuir al mejoramiento de los Sistemas de Vigilancia en Salud en Salud Pública en zonas rurales de países en desarrollo, mediante la definición de una arquitectura de referencia para los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública. En el proceso de alcanzar los objetivos planteados se lograron los siguientes resultados:

Capítulo 2. Caracterización de los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública.

Corresponde a una revisión exhaustiva del dominio de los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública. Se revisaron los principales conceptos y funcionalidades y tipos de Sistemas de Información en Salud. Se aportó al estado del arte, mediante una clasificación de estos sistemas según unas características definidas: el nivel jerárquico en el sistema de salud, el tipo de programa en salud pública, el procedimiento de vigilancia, y el tipo de tecnología de información y comunicaciones.

Capítulo 3. Hacia una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud pública

En este capítulo se desarrolla una metodología para el diseño de arquitecturas genéricas para Sistemas de Información, desarrollando unos modelos específicos para los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública. El diseño de la metodología se hizo de manera rigurosa, a través de la definición de un marco de desarrollo (RM-ODP), un proceso de desarrollo (MDA) y una guía metodológica formal (RUP). Este marco metodológico es a nuestro juicio el más adecuado para diseñar una arquitectura de referencia para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.

Capítulo 4: La arquitectura para Sistemas de Información en Salud pública

Se diseña con base en la metodología propuesta en el Capítulo 3. En este capítulo se detalla solamente la vista de la organización de RM-ODP. Las vistas restantes se describen en el capítulo 5. La arquitectura resultante es en sí misma una contribución en el área de la informática para salud. No existen arquitecturas de referencia para el diseño de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.

#### Capítulo 5. Arquitectura para un sistema de Vigilancia de alertas tempranas.

En este capítulo se presentan las vistas de la información, computación arquitectura propuesta en la implementación de un sistema de información para vigilancia en salud pública: El sistema SIVIGILA. Este es un sistema de vigilancia de alertas tempranas para la notificación de enfermedades obligatorias en el Departamento del Cauca. La arquitectura fue de gran ayuda especialmente cuando el equipo de desarrollo software no está familiarizado con el dominio de la salud pública.



# Índice General

<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 Contexto del problema en Salud</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2 Planteamiento del problema en salud</b> .....	<b>20</b>
<b>1.3 Planteamiento del problema de investigación</b> .....	<b>21</b>
1.3.1 Los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública .....	21
1.3.2 Arquitecturas de Sistemas de Información en Salud pública.....	21
<b>1.4 Planteamiento de la pregunta de investigación</b> .....	<b>22</b>
<b>1.5 Objetivos</b> .....	<b>22</b>
<b>1.6 Estructura de la monografía.</b> .....	<b>23</b>
<b>Capítulo 2: Caracterización de los Sistemas de Información para Vigilancia en Salud Pública.</b> 25	
<b>2.1 Introducción</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2 Orígenes y Evolución</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3 Definiciones Básicas</b> .....	<b>27</b>
2.3.1 Sistema de Información .....	27
2.3.2 Tipos de Sistemas de Información.....	28
2.3.3 Sistemas de Información en Salud.....	29
2.3.4 Sistemas de Información para vigilancia en salud pública .....	31
2.3.5 Vigilancia en salud pública y vigilancia epidemiológica.....	31
2.3.6 Definición de vigilancia en salud pública.....	32
2.3.7 Definición de un sistema de información para vigilancia en salud pública .....	32
2.3.8 Funciones de un sistema de información para vigilancia .....	33
<b>2.4 Caracterización de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública</b> .....	<b>34</b>
2.4.1 La visión externa .....	35
2.4.2 Características de los Sistemas de Vigilancia.....	36
2.4.3 Tipos más comunes de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.....	39
<b>2.5 Casos de estudio en Sistemas de Vigilancia</b> .....	<b>42</b>
<b>2.6 Conclusiones</b> .....	<b>46</b>
<b>Capítulo 3: Hacia una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud Pública: El enfoque metodológico.</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1 Introducción</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2 Marco Teórico</b> .....	<b>49</b>
3.2.1 El concepto de arquitecturas.....	49
3.2.2 Arquitecturas de referencia.....	50
3.2.3 Las arquitecturas para Sistemas de Información .....	51
3.2.4 Las vistas de RM-ODP en el diseño de la arquitectura.....	52
3.2.5 MDA como proceso de desarrollo .....	53
3.2.6 El Proceso Unificado de Desarrollo Software .....	53
3.2.7 Una metodología para servicios de aprendizaje electrónico .....	56

<b>3.3</b>	<b>La aproximación metodológica propuesta .....</b>	<b>57</b>
3.3.1	RM-ODP como marco de desarrollo .....	58
3.3.2	Armonizando RM-ODP y MDA. ....	59
3.3.3	Armonizando MDA y RUP .....	60
3.3.4	Las fases de la metodología.....	60
3.3.5	Artefactos del modelo de contexto .....	63
3.3.6	Artefactos del modelo de comportamiento.....	64
3.3.7	Artefactos del modelo conceptual .....	64
<b>3.4</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>67</b>
<b>Capítulo 4: La arquitectura genérica para los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública: El modelo de Referencia..... 69</b>		
<b>4.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>69</b>
<b>4.2</b>	<b>El Objetivo y alcance de la arquitectura .....</b>	<b>70</b>
4.2.1	El objetivo de la Arquitectura.....	70
4.2.2	El alcance de la Arquitectura.....	70
4.2.3	El alcance del Sistema de Información.....	71
<b>4.3</b>	<b>El modelo de Contexto .....</b>	<b>71</b>
4.3.1	Identificación de la Organización Objetivo .....	71
4.3.2	Descomposición del contexto en unidades organizacionales .....	72
4.3.3	El diagrama de contexto .....	74
<b>4.4</b>	<b>El modelo de comportamiento.....</b>	<b>75</b>
4.4.1	El Modelo de Casos de uso de la organización.....	75
4.4.2	El Modelo de Objetos de la Organización. ....	81
<b>4.5</b>	<b>El modelo Conceptual .....</b>	<b>85</b>
4.5.1	Modelo de Dominio.....	85
4.5.2	Glosario de términos.....	85
<b>4.6</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>88</b>
<b>Capítulo 5: Arquitectura para un sistema de Vigilancia de alertas tempranas. ... 88</b>		
<b>5.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>88</b>
<b>5.2</b>	<b>El modelo de la organización.....</b>	<b>89</b>
5.2.1	Identificación de la Organización Objetivo y el contexto.....	90
5.2.2	Identificación de unidades organizacionales .....	90
5.2.3	El diagrama de contexto .....	92
5.2.4	Modelo de casos de uso de la organización.....	92
5.2.5	El Modelo de Objetos de la Organización. ....	94
5.2.6	Modelo de Dominio.....	97
5.2.7	Glosario de términos.....	97
<b>5.3</b>	<b>Modelo de Casos de Uso de la Aplicación .....</b>	<b>98</b>
5.3.1	La herramienta de vigilancia de eventos epidemiológicos (SIVE).....	99
5.3.2	Diagrama general de casos de uso .....	99
5.3.3	Descripción de los casos de Uso extendidos .....	101
<b>5.4</b>	<b>Modelo de Análisis .....</b>	<b>112</b>
<b>5.5</b>	<b>El modelo de Diseño .....</b>	<b>113</b>
5.5.1	Requisitos no funcionales del sistema .....	113
5.5.2	Diagrama de Clases de Diseño .....	114
5.5.3	Diagrama de paquetes de diseño.....	115
5.5.4	Diagrama de Implantación.....	116
<b>5.6</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>116</b>
<b>Capítulo 6: Contribuciones, Conclusiones y Líneas Futuras..... 119</b>		

<b>6.1</b>	<b>Contribuciones.....</b>	<b>119</b>
6.1.1	Caracterizar los Sistemas de Información para vigilancia en Salud Pública en zonas rurales.	119
6.1.2	Definir una Arquitectura de Sistemas de Información (ISA) según las vistas de RM-ODP	119
6.1.3	Validar la arquitectura con el desarrollo de una aplicación para soportar los procesos del Sistema de Vigilancia en Salud Pública.....	120
<b>6.2</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>121</b>
6.2.1	Capítulo 2. Caracterización de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.....	121
6.2.2	Capítulo 3. Hacia una arquitectura genérica para Sistemas de Vigilancia.....	122
6.2.3	Capítulo 4. La arquitectura genérica para Sistemas de Vigilancia.....	122
6.2.4	Capítulo 5. Una arquitectura de Sistemas de Información para vigilancia en salud pública en zonas rurales .....	123
<b>6.3</b>	<b>Líneas futuras .....</b>	<b>124</b>
	<b><i>Bibliografía .....</i></b>	<b><i>127</i></b>



# Índice de Figuras

<i>Figura 2-1. Tipos de Sistemas de Información y Niveles de Soporte [48]</i> .....	28
<i>Figura 2-2. Una Taxonomía para Sistemas de Información en Salud [38]</i> .....	30
<i>Figura 2-3. El dominio de la vigilancia en salud pública y la vigilancia epidemiológica</i> .....	32
<i>Figura 2-4. Sistemas de Vigilancia la taxonomía de Hasselbring</i> .....	36
<i>Figura 2-5. Tipos de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública</i> .....	36
<i>Figura 2-6. Nivel jerárquico en Sistemas de Vigilancia en Salud Pública en Colombia</i> .....	38
<i>Figura 2-7. Clases de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública</i> .....	39
<i>Figura 3-1. Proceso de diseño la arquitectura de un sistema según Bass [15]</i> .....	50
<i>Figura 3-2. Fases del proceso de desarrollo software [66]</i> .....	55
<i>Figura 3-3. Etapas de la Metodología</i> .....	57
<i>Figura 3-4. RM-ODP en la definición del alcance de la arquitectura</i> .....	59
<i>Figura 3-5. Relación entre los puntos de vista de RM-ODP y MDA</i> .....	60
<i>Figura 3-6. Las fases de la nueva metodología propuesta</i> .....	61
<i>Figura 4-1. Modelo de Objetos UML representando el contexto de la organización objetivo</i> .....	75
<i>Figura 4-2. Casos de Uso de la organización</i> .....	78
<i>Figura 4-3. Modelo de objetos vigilancia epidemiológica</i> .....	81
<i>Figura 4-4. Modelo de objetos analizar estado epidemiológico</i> .....	82
<i>Figura 4-5. Modelo de objetos del caso de uso vigilar estado de salud</i> .....	83
<i>Figura 4-6. Modelo de objetos analizar estado de salud</i> .....	83
<i>Figura 4-7. Reportar estado epidemiológico</i> .....	84
<i>Figura 4-8. Reportar estado de salud</i> .....	84
<i>Figura 4-9. Modelo de Dominio de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública</i> .....	86
<i>Figura 5-1. Organigrama de la DDSC</i> .....	91
<i>Figura 5-2. Modelo de Objetos UML de la DDSC</i> .....	92
<i>Figura 5-3. Identificación de uso de alto nivel y actores a partir de la arquitectura de referencia</i> .....	93
<i>Figura 5-4. Casos de uso de alto nivel y actores de la organización en la SVSP</i> .....	94
<i>Figura 5-5. Diagrama de objetos caso de uso notificar evento epidemiológico</i> .....	94
<i>Figura 5-6. Diagrama de objetos del caso de uso analizar eventos SIVIGILA</i> .....	95
<i>Figura 5-7. Diagrama de objetos del caso de uso analizar estado epidemiológico local</i> .....	96
<i>Figura 5-8. Diagrama de objetos caso de uso enviar informes SIVIGILA</i> .....	96
<i>Figura 5-9. Diagrama de objetos caso de informes de estado epidemiológico local</i> .....	97
<i>Figura 5-10. Diagrama dominio del AVSP de la DDSC</i> .....	97
<i>Figura 5-11. Relación de casos de uso y actores de la aplicación con el modelo de la organización</i> ...	100
<i>Figura 5-12. Modelo de Casos de uso del sistema de Información</i> .....	101
<i>Figura 5-13. Interfaz Selección de formulario a llenar</i> .....	103
<i>Figura 5-14. Interfaz formulario a llenar</i> .....	104
<i>Figura 5-15. Interfaz Menú Principal</i> .....	105
<i>Figura 5-16. Interfaz Recibir correo electrónico</i> .....	105
<i>Figura 5-17. Interfaz importar documento</i> .....	106
<i>Figura 5-18. Interfaz seleccionar consolidado</i> .....	107
<i>Figura 5-19. Interfaz Enviar_Formulario</i> .....	109
<i>Figura 5-20. Interfaz Crear nuevo Formulario</i> .....	110
<i>Figura 5-21. Interfaz Ingreso al sistema</i> .....	111
<i>Figura 5-22. Diagrama de clases caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA</i> .....	112
<i>Figura 5-23. Diagrama de secuencia caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA</i> .....	113
<i>Figura 5-24. Diagrama de clases de implementación para el caso de uso consultar consolidado SIVIGILA</i> .....	114
<i>Figura 5-25. Diagrama general de paquetes de diseño</i> .....	115
<i>Figura 5-26. Diagrama de Implantación</i> .....	116
<i>Figura 5-27. Arquitectura de la aplicación</i> .....	117



# Índice de Tablas

<i>Tabla 2-1. Funciones básicas de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública</i> .....	33
<i>Tabla 2-2. Ejemplos de las diferentes clases de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública</i> .....	43
<i>Tabla 4-1. Unidades Organizacionales</i> .....	72
<i>Tabla 4-2. Actores de la organización</i> .....	76
<i>Tabla 4-3. Unidades organizacionales y Casos de Uso</i> .....	76
<i>Tabla 4-4. Glosario de términos</i> .....	87
<i>Tabla 5-1. Unidades Organizacionales</i> .....	91
<i>Tabla 5-2. Glosario de términos</i> .....	98





# Índice de Anexos

**Anexo A.** Análisis y Diseño de la herramienta para Vigilancia Epidemiológica-SIVE



# Capítulo 1: Introducción

## 1.1 Contexto del problema en Salud

El componente fundamental de todo Sistema de Salud Pública es su sistema de vigilancia. Si bien es cierto que el principal objetivo de los sistemas de salud pública es mejorar la salud de las poblaciones a través de la promoción en salud, planes de prevención de enfermedades y cualquier tipo de intervenciones en Salud<sup>1</sup>; estas acciones no serían posibles sin un diagnóstico fidedigno de las condiciones, necesidades y expectativas de los usuarios de este sistema.

La vigilancia en Salud Pública cumple este objetivo siendo definida como:

*“El proceso sistemático y continuo de recolección y procesamiento de datos en salud para su posterior conversión en Información (análisis e interpretación de datos) que sea útil para quienes deben tomar decisiones en salud pública mediante programas de promoción, prevención ó cualquier otra forma de intervención” [56][82]*

En Colombia el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) es reglamentado por el Ministerio de la Protección Social y ejecutado a través los Planes de Atención Básica- PAB. En la Circular externa número 00018 de 2004 del Ministerio de la Protección Social [49], donde se establecen los lineamientos para la formulación y ejecución de los planes estratégicos y operativos del PAB 2004-2007, se considera la vigilancia en salud pública como una función esencial de la salud pública. En esta normativa las líneas estratégicas para el desarrollo de esta función a nivel departamental se orientan al fortalecimiento de la capacidad técnica y operativa que sirva de soporte al desarrollo del sistema en todos los niveles municipales. Incluye entre otros, el desarrollo tecnológico de los Sistemas de Información en Salud y la red de comunicaciones.

SIVIGILA es un programa de obligatorio cumplimiento en todos los departamentos del país, gestionado por las direcciones departamentales y secretarías de salud. Se encarga de la recopilación de datos, análisis, interpretación y comunicación de información sobre eventos para su uso esencial en la orientación de la toma de decisiones en salud pública. Para el SIVIGILA los eventos de salud corresponden al conjunto de enfermedades, lesiones de causa externa, causas de muerte, factores protectores, factores de riesgo, acciones de protección específica y de detección temprana de enfermedades, muestras biológicas o químicas y demás determinantes asociados.

---

<sup>1</sup> Definición de Salud Pública adoptada por la Organización Mundial de la Salud WHO. World Health Organization. <http://www.who.int>

## 1.2 Planteamiento del problema en salud

Después de haber estudiado el funcionamiento del sistema de vigilancia en salud pública del Departamento de Cauca, en el marco algunos proyectos de investigación y desarrollo del grupo de Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca [27][32]; y sustentados también en el diagnóstico de la situación de los Sistemas de Vigilancia epidemiológica en Perú realizado en el marco de una tesis doctoral [56]; se identificaron los dos principales problemas de los Sistemas de Vigilancia Epidemiológica con relación al tratamiento de la información:

1. La información existente sobre la situación de salud de la población es incompleta, poco fiable o simplemente no existe.
2. La información existente no se usa adecuadamente en la planeación, ejecución y evaluación de los programas de salud.

Con relación a la confiabilidad de la información, según el informe consolidado del programa SIVIGILA de diciembre de 2004<sup>2</sup>, en Colombia se reportó información sólo del 90,2% de las unidades notificadoras, siendo una constante el no envío de informes por parte del Chocó, Departamento con las mayores dificultades de comunicación y problemas de salud. A nivel local el Departamento del Cauca reportó información del 86,6 % de las unidades notificadoras, según el mismo reporte. En este departamento existen municipios que no notifican ya sea porque son zonas de difícil acceso para recolectar los datos, o porque no existen medios de comunicación confiables (normalmente se hace vía telefónica). Se presume además que gran parte de la información existente es incompleta ó poco confiable debido a que en muchos departamentos se recolecta y procesa manualmente, no se almacena en ningún medio y los datos de cada semana se sobrescriben a los anteriores. Adicionalmente, en muchos municipios la notificación semanal no es asumida por las unidades notificadoras responsables sin que exista un control al respecto.

Con relación al problema de información existente que no se usa adecuadamente para ejecutar acciones en salud pública, puede demostrarse que la información recolectada no es devuelta a los respectivos municipios para que se obtenga un perfil epidemiológico de las zonas. En el portal del Instituto Nacional de Salud se publican los informes nacionales consolidados únicamente por departamento, además que no se publican inmediatamente sino unos meses después de la semana de ocurrencia como puede verificarse en la fecha del último reporte consolidado<sup>2</sup>. En el Departamento del Cauca existen otros programas de salud pública que de alguna forma ejecutan funciones de Vigilancia Epidemiológica (Control de la Tuberculosis, Enfermedades transmitidas por vectores, programa AIEPI, etc.), pero no se tiene integrada esta información dentro del sistema de información para vigilancia epidemiológica del departamento.

---

<sup>2</sup> Programa SIVIGILA. Datos tomados del último reporte publicado de Vigilancia Epidemiológica correspondiente a la semana Epidemiológica del 7-13 de Diciembre de 2004. Consultado Septiembre de 2004.

<http://www.col.ops-oms.org/sivigila/IndiceBoletines2004.asp>

Existe entonces la necesidad de contar con un sistema de información que soporte los procesos de vigilancia en salud pública: *recolección sistemática y continua y procesamiento de datos en salud para su posterior conversión en Información (análisis e interpretación de datos) y entrega a los tomadores de decisiones en Salud.*

### **1.3 Planteamiento del problema de investigación**

El ámbito de esta tesis de maestría son los Sistemas de Información en Salud y su aporte científico se ubica en esta línea. Se busca la forma de aportar al análisis, diseño e implementación de este tipo particular de Sistemas de Información.

#### **1.3.1 Los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública**

En el mundo se cuenta con infinidad de experiencias en el uso de Tecnologías de la Información en Sistemas de Vigilancia epidemiológica. Una revisión exhaustiva de estos sistemas es llevada a cabo en el Capítulo 2. Estas experiencias demuestran que cada país desarrolla sus propios Sistemas de Vigilancia, sistemas que en general no son interoperables y enfocan sus Sistemas de Vigilancia en programas específicos de salud (para una enfermedad determinada). Se observa además que ningún sistema ha prestado especial interés en la recolección de información en las zonas más apartadas donde existen problemas de comunicación y graves problemas de Salud Pública.

En Perú, en el marco del programa EHAS<sup>3</sup>, se ha demostrado que es posible mejorar los Sistemas de Vigilancia epidemiológica con el adecuado uso de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones[57]. Con la implantación de redes de Comunicaciones de bajo coste en zonas rurales y mediante el uso de correo electrónico, puede ahorrarse tiempo de desplazamiento y de entrega de reportes de vigilancia epidemiológica. Sobre esta misma base y en el desarrollo del programa EHAS en Colombia [5], se ha desarrollado el prototipo de una herramienta para la recolección de información en zonas rurales del Municipio de Silvia [32]. Esta herramienta fue adecuada para soportar los procesos de vigilancia de eventos de notificación obligatoria de SIVIGILA, Sin embargo la necesidad de ser utilizada en los diferentes niveles del sistema de vigilancia (municipal, departamental, nacional), de ser adaptada a las exigencias de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública (vigilar otros eventos, factores de riesgo, intervenciones, gestión de programas de salud) y la posibilidad de ser adaptada a los Sistemas de Vigilancia de otros países Latinoamericanos donde se desarrolla el programa EHAS; exige el rediseño del sistema desarrollado para hacerlo reusable, más flexible, interoperable, escalable y desarrollado con tecnologías abiertas.

#### **1.3.2 Arquitecturas de Sistemas de Información en Salud pública**

Las arquitecturas de Sistemas de Información se presentan como una solución a los desafíos de reusabilidad, flexibilidad, interoperabilidad y escalabilidad. Una arquitectura de un sistema, igual que el diseño arquitectónico de una vivienda, provee el conocimiento necesario para planear, diseñar e implementar un sistema informático,

---

<sup>3</sup> Programa EHAS. Enlace Hispanoamericano de Salud.  
<http://www.ahas.org>

facilitando el proceso de construcción y preservando el conocimiento para que pueda ser utilizado en sistemas similares. Así mismo una arquitectura de referencia tiene la particularidad de que puede ser utilizada en diferentes entornos para diseñar la arquitectura específica de sistemas que mantienen una característica en común; en nuestro caso el gestionar procesos de vigilancia de los estados de salud en poblaciones.

Se buscaron arquitecturas de referencia en el ámbito de Sistemas de Información en Salud pública, pero no se encontraron trabajos a este nivel. Existen algunas arquitecturas en salud que han derivado en estándares internacionales como las del CEN/TC 251 [23], HL7[39], ANSI [11]. Sin embargo estas arquitecturas están centradas principalmente en Sistemas de Información Hospitalarios y en los registros clínicos electrónicos. Existen actualmente algunos esfuerzos de estandarización y propuestas de modelos de referencia para salud pública, principalmente en Estados Unidos (EE UU) [21], pero éstos están centrados específicamente en estandarizar la estructura de la información de sistema. No existe ninguna aproximación que pretenda desarrollar una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud pública considerando las particularidades de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.

## **1.4 Planteamiento de la pregunta de investigación**

Esta tesis aborda principalmente el problema de la complejidad en el diseño de Sistemas de Información en Salud cuando los equipos de desarrollo software tienen poca experiencia en el dominio de la aplicación. Las arquitecturas de referencia se proponen como una alternativa para soportar el trabajo de los analistas y diseñadores de Sistemas de Información, en el modelado de sistemas complejos como los sistemas de salud donde los procesos de la organización son muy particulares del dominio de aplicación.

La pregunta de investigación planteada en esta tesis fue:

*¿Es posible, mediante el uso adecuado de Tecnologías de la Información, diseñar e implementar una arquitectura de referencia para soportar el desarrollo de sistemas telemáticos que soporten el procesamiento de información de vigilancia en salud pública en zonas rurales, para que estos sistemas puedan ser reutilizados en sistemas de Salud con condiciones similares en otros países en vías de desarrollo?*

## **1.5 Objetivos**

El objetivo principal de esta tesis es contribuir al mejoramiento de los Sistemas de Vigilancia en salud en salud pública en zonas rurales de países en desarrollo, mediante la definición de una arquitectura de referencia para los Sistemas de Información, que tenga en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales de dichas zonas rurales.

Para alcanzar este objetivo se plantearon unos objetivos específicos cuyo cumplimiento se demuestra en el desarrollo de esta monografía:

- Caracterizar los Sistemas de Información para vigilancia en Salud Pública en zonas rurales.
- Definir una Arquitectura de Sistemas de Información (Information System Architecture, ISA) según las vistas de RM-ODP (Reference Model for Object Distributed Processing [41] ), que sirva de referencia para el diseño de Sistemas de Información para Vigilancia en Salud Pública en zonas rurales de países en desarrollo.
- Validar la arquitectura con el desarrollo de una aplicación para soportar los procesos del Sistema de Vigilancia en Salud Pública en zonas rurales del Departamento del Cauca.

## 1.6 Estructura de la monografía.

La monografía se divide en seis capítulos principales:

En el capítulo 2, se hace un recuento de los orígenes y evolución de los Sistemas de Vigilancia epidemiológica. Posteriormente se definen los principales conceptos y funciones de este tipo de sistemas. A continuación se presenta un modelo para la clasificación y caracterización de los Sistemas de Vigilancia y Sistemas de Información, para finalizar con ejemplos de sistemas más representativos según la caracterización propuesta.

En el capítulo 3, se describen en detalle los conceptos fundamentales para comprender la metodología propuesta para el diseño de la arquitectura de referencia deseada, posteriormente se detallan la fases de la metodología propuesta y los modelos específicos a utilizar en el diseño de la arquitectura genérica requerida. La metodología está basada en el marco de desarrollo (RM-ODP), un proceso de desarrollo (MDA, Model Driven Architecture) y una guía metodológica formal (RUP, Rational Unified Process).

En el capítulo 4, se describe el modelo de la organización de la arquitectura de referencia propuesta para el diseño de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública. Para el diseño de esta arquitectura se usa la metodología propuesta en el capítulo anterior. Se inicia con la fase uno de la metodología: definición del objetivo y alcance de la arquitectura. Posteriormente se aborda la fase dos de la metodología: el modelo de la organización, en sus tres sub-modelos: modelo de contexto, un modelo de comportamiento y un modelo conceptual.

En el capítulo 5, se presentan los modelos de la información, computación, ingeniería y tecnología completando la arquitectura de referencia. Se describen cómo fueron utilizados los modelos de la arquitectura en el diseño del modelo de la organización de una herramienta para vigilancia de alertas tempranas para la Dirección Departamental de Salud del Cauca en Colombia. Posteriormente describe brevemente el proceso de

desarrollo de la aplicación con base en este modelo de la organización y usando el modelo de desarrollo RUP.

En el capítulo 6 se presentan las contribuciones, conclusiones y líneas futuras de este trabajo.



# Capítulo 2: Caracterización de los Sistemas de Información para Vigilancia en Salud Pública.

## 2.1 Introducción

Los Sistemas de Vigilancia son el componente básico de cualquier Sistema de Salud Pública. Este tipo de Sistemas de Información han soportado desde siempre los procesos de vigilancia de los estados de salud en poblaciones o grupos de individuos. En el dominio de la salud pública existen infinidad de ejemplos prácticos de Sistemas de Vigilancia y es mucho lo que se ha escrito alrededor de ellos. Sin embargo, aproximaciones a los sistemas desde el punto de vista de las Tecnologías de la Información son poco comunes. Los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública son una clase de Sistemas de Información en Salud y estos a su vez no son más que Sistemas de Información con el propósito de recolectar, almacenar, procesar, recuperar y desplegar información. Ésta puede parecer una afirmación un tanto “tecnócrata”, pero si se abordan los Sistemas de Información y los Sistemas de Vigilancia desde su perspectiva organizacional- *como se propone en este capítulo*-, se encontrará sentido a esta afirmación. En este Capítulo se hace una caracterización de los *Sistemas de Información para vigilancia en salud pública* teniendo en cuenta la literatura mas relevante del dominio y con el fin de tener una visión completa del ámbito de estos sistemas.

En la siguiente sección se hace un recuento de los orígenes y evolución de los Sistemas de Vigilancia epidemiológica. Posteriormente se definen los principales conceptos y funciones de este tipo de sistemas. A continuación se presenta un modelo para la clasificación y caracterización de los Sistemas de Vigilancia y Sistemas de Información, para finalizar con ejemplos de sistemas más representativos según la caracterización propuesta.

## 2.2 Orígenes y Evolución

El uso de las Tecnologías de la Información (en inglés Información Technologies-IT) en los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública se remonta a los orígenes de los Sistemas de Vigilancia. Para algunos, la práctica de la observación del comportamiento de la salud de las personas llevada a cabo por médicos en la antigua Grecia, Egipto, China y la India antes de nuestra era moderna (BC) [70], así como avances aislados antes del siglo XIV: la identificación y control de epidemias, el método científico, las matemáticas y la estadística, corresponden a prehistoria de la salud pública. Esta práctica de recolección (observación) y

análisis de información en salud corresponde a los procesos básicos de un sistema de vigilancia.

La otra idea más generalizada sobre los orígenes de la vigilancia epidemiológica, se remonta a los estudios realizados por Jhon Gount en el año de 1662 [25][72] quien tras hacer un análisis de registros de defunción, sostuvo que es posible obtener de ahí información cuantificable sobre las condiciones de salud de una población. Gount en su análisis, recurrió a procesos más sistemáticos de recolección y análisis de datos lo que hacen que sean considerados ya como mecanismos ó tecnologías de gestión de información. Sin embargo, este proceso sólo fue articulado, sistematizado y aplicado a grandes poblaciones hasta mediados del siglo XIX en Inglaterra donde se usó por primera vez en el establecimiento de políticas de Salud. Es este hecho el que para Susser y Bresnahan [72] divide la historia de la prehistoria de la vigilancia epidemiológica.

Posteriormente, a partir de responsabilidad asumida por los gobiernos de velar por la salud de sus ciudadanos, la creación de organizaciones locales y nacionales de salud pública y el impulso de los Sistemas de Vigilancia de estadísticas vitales; surge la necesidad de formalizar los sistemas recolección y análisis de información en salud pública. El elevado volumen de datos y la demandante necesidad de analizarlos, abrieron paso a lo que hoy conocemos formalmente como Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) aplicadas a salud pública. Este encuentro fue según O'Carroll et al [65] más que oportuno, una vez que coincide con el florecimiento de la era de los computadores a mediados del siglo XX.

Uno de los primeros usos de un computador en procesos de vigilancia epidemiológica se registró en 1951 en los Estados Unidos por el Departamento de Salud Pública de Illinois (*The Illinois Department of Public Health*)[65]. El IDPH tenía la responsabilidad de recolectar, tabular e imprimir registros sobre nacimientos, defunciones, matrimonios y divorcios, tarea realizada anteriormente en forma manual. En 1962, el IDPH adquirió un ordenador IBM 1401 para gestionar datos estadísticos vitales y soportar las tareas de la división de ingeniería sanitaria, administración, laboratorios, control de enfermedades comunicable, salud dental y salud materna e infantil [84].

Sin embargo, la incursión de los computadores personales en el desarrollo de los Sistemas de Información tuvo un impacto limitado en los procesos de vigilancia en salud [58]. Este impacto se dejó sentir sólo en los niveles centrales de los servicios de salud pública, sin que implicase una modificación sustancial en los procesos de la organización. Existían centros de cálculo centralizados, donde sólo un grupo de expertos tenía acceso a la información. Con la expansión de los ordenadores personales y la expansión de programas de libre distribución para el análisis de datos epidemiológicos (EpiInfo por ejemplo), el acceso a TIC por parte de epidemiólogos y usuarios finales se hizo más extendido. Esta situación sin embargo arrojó uno de los mayores problemas que tienen los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública hoy en día: el desarrollo de sistemas heredados, difíciles de mantener y con pocas posibilidades de interoperar [16][65]. Paradójicamente, a pesar del avance de la tecnología que permite a los usuarios tener infraestructura de comunicaciones y acceso distribuido a la información, esta situación es aún muy frecuente en muchos Sistemas de Vigilancia en Salud Pública y hasta en Sistemas de Información en otros dominios.

En la última década ha surgido un notable interés por la aplicación de las TIC a la salud pública. La Informática para la Salud Pública (*Public Health Informatics*) es una disciplina que apuesta por la aplicación sistemática de las TIC a la práctica de la salud pública, investigación y aprendizaje [65]. Aparecen nuevos desafíos como la posibilidad de interoperar con otros sistemas, sistemas desarrollados según unos estándares que permitan su integración, sistemas abiertos, escalables y flexibles desarrollados utilizando un modelo abierto que facilite su desarrollo de forma independiente a las plataformas software existentes. Existen avances al respecto, pero estos desafíos son la preocupación actual de investigadores en el dominio de la informática para salud y la eSalud (Salud electrónica).

## 2.3 Definiciones Básicas

En esta sección se introducirán los conceptos básicos sobre Sistemas de Información, Sistemas de Información en Salud y Sistemas de Vigilancia.

### 2.3.1 Sistema de Información

El término Sistema de Información ha sido ampliamente usado en diferentes disciplinas. Para tener una definición estandarizada y más abierta, se partirá del concepto acogido por la IEEE en uno de sus estándares<sup>4</sup>:

*“Sistema de Información: un mecanismo usado en la adquisición, filtrado, almacenamiento y entrega de un conjunto organizado de conocimiento”.*

Siendo más precisa sobre lo que significa *conocimiento*, la IEEE lo define como: *“Una colección de información, hechos y afirmaciones interrelacionados”*. De esta forma podríamos concluir que un sistema de información recibe como entrada datos, los procesa y entrega como salida en forma de información a un receptor quién se encarga de darle sentido. El receptor interpreta la información generando nuevo conocimiento representado en información, hechos y afirmaciones interrelacionados.

Una definición más completa y comúnmente aceptada en el ámbito de las ciencias de la Información es la propuesta por *Buckingham et al [2]* donde se define un sistema de información como:

*“Un sistema que reúne, almacena, procesa y entrega información perteneciente a una organización ó sociedad, de tal forma que esta es accesible y usada por todo aquel que desee hacerlo, incluyendo gerentes, empleados, clientes y la misma comunidad”.*

Se precisa además que un sistema de información soporta actividades humanas y que este puede involucrar o no el uso de sistemas computacionales.

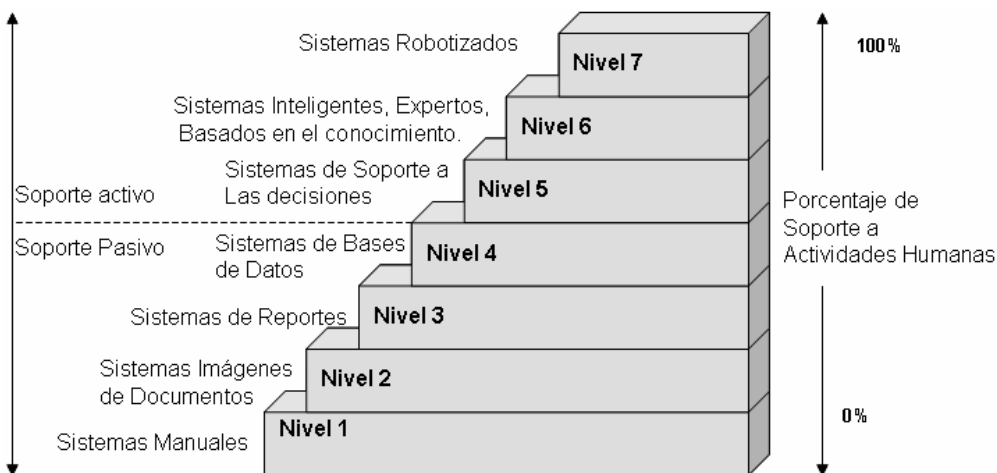
---

<sup>4</sup> IEEE Std 610.5-1990 IEEE standard glossary of data management terminology

### 2.3.2 Tipos de Sistemas de Información

Una clasificación muy clara y completa de los tipos más comunes de Sistemas de Información es la propuesta por Lewis [48], quien los clasifica según el niveles de soporte las actividades humanas en una organización. La

Figura 2-1 representa dicha clasificación.



**Figura 2-1.** Tipos de Sistemas de Información y Niveles de Soporte [48]

El nivel inferior de la figura (nivel 1) corresponde a los Sistemas de Información más tradicionales donde no se establece un soporte electrónico a los procesos de gestión de información. Se conocen comúnmente como sistemas de procesamiento manual de la información. En el segundo nivel de soporte se hace una primera aproximación al uso de las Tecnologías de la Información propiamente dichas. Se usan tecnologías para hacer “copias” de la información de los documentos existentes en Sistemas de Información manuales. Los tipos de Sistemas de Información en este nivel son denominados “sistemas Imágenes de documentos” donde el soporte dado por el sistema está en el almacenamiento en formato electrónico de los datos. En este nivel la entrega de la información se hace en el formato original de los datos (un reporte en papel de los datos tal como aparece en la fuente original). En el tercer nivel de soporte se adiciona a los sistemas la capacidad de recuperar la información en un formato diferente al que fue almacenado. Ya existe un primer procesamiento de la información donde los “sistemas generadores de reportes” pueden entregar datos parciales ó hacer algunos cálculos aritméticos y estadísticos. El nivel 4 se diferencia notablemente de los niveles anteriores, adicionando flexibilidad para que el usuario pueda elegir los formatos de reportes y los mecanismos de acceso a los datos. Esta flexibilidad es obtenida gracias a sistemas gestores de bases de datos y lenguajes de alto nivel para manipular datos.

El quinto nivel representa una separación entre lo que se conoce en general como Sistemas de Información de soporte pasivo (niveles 1 al 4) y Sistemas de Información activos donde se encuentran los sistemas de soporte a la toma de decisiones, sistemas basados en conocimiento, sistemas expertos, etc. En el quinto nivel, los sistemas de apoyo a las decisiones realizan parte de las tareas que anteriormente eran realizadas por un ser humano- *por ejemplo un*

*sistema que hace proyecciones demográficas o de coberturas en salud*-. En este nivel la tecnología entra a jugar un papel activo en el desarrollo de las actividades de la organización y no solo de procesamiento y entrega de información como ocurría en los niveles anteriores. En el sexto nivel de soporte el grado de apoyo a las decisiones se convierte en un elemento fundamental para la ejecución de las actividades. Los sistemas basados en el conocimiento, sistemas expertos ó de apoyo a la toma de decisiones, se centran en sugerir a los usuarios posibles acciones en función de conocimiento previo almacenado en bases de conocimiento. Las bases de conocimiento almacenan acciones previas tomadas por expertos. Finalmente, en el séptimo nivel se alcanza el nivel más alto de automatización. En este nivel la responsabilidad de ejecución de las acciones reside totalmente en el sistema de información. Esta automatización no es posible para todos los procesos, sobre todo por el grado de seguridad y control que requieren ciertas tareas. Un ejemplo de estos sistemas son los sistemas de control de vuelo ó procesos de producción industrial donde los eventos aleatorios externos al sistema están controlados.

### 2.3.3 Sistemas de Información en Salud

Una de las primeras definiciones dadas a los Sistemas de Información en Salud (en Inglés *HIS-Health Information Systems*) fue la propuesta por el grupo de trabajo en Sistemas de Información hospitalarios de la Asociación Internacional de Informática *IMIA-International Medical Informatics Association* <sup>5</sup> en una conferencia de este grupo realizada en Capetown, Sudáfrica en 1979<sup>6</sup>. En esta ocasión se definieron los Sistemas de Información hospitalarios como:

*“Un conjunto de hardware, software, procedimientos y políticas capaces de gestionar todos los aspectos de procesamientos de información en una organización de salud”.*

Con la expansión en el uso de las TIC en diferentes áreas de la salud y el explosivo interés de usar Sistemas de Información para labores mas allá de las clínicas y administrativas – *por ejemplo educación en salud, bibliotecas digitales, etc-*, la IMIA sustituyó el término “Sistemas de Información hospitalarios” por el de “Sistemas de Información en Salud- SIS” ampliando su alcance a cualquier organización de salud aparte de los hospitales. Sin embargo, una definición generalizada de los Sistemas de Información en Salud no existe actualmente. Para el propósito de este trabajo, adoptamos la definición de Comité Europeo de Estándares CEN [22]:

*“Un sistema de información en salud es un sistema de información (por ejemplo un sistema compuesto por computadores, programas, procedimientos y personas; diseñado, construido, operado, mantenido para recolectar, almacenar, procesar, entregar y desplegar información) específico para el dominio de la salud”*

Este concepto ha evolucionado a la par con la tecnología y es comúnmente asociada a otros conceptos relacionados: Sistemas de Información para el cuidado de la salud

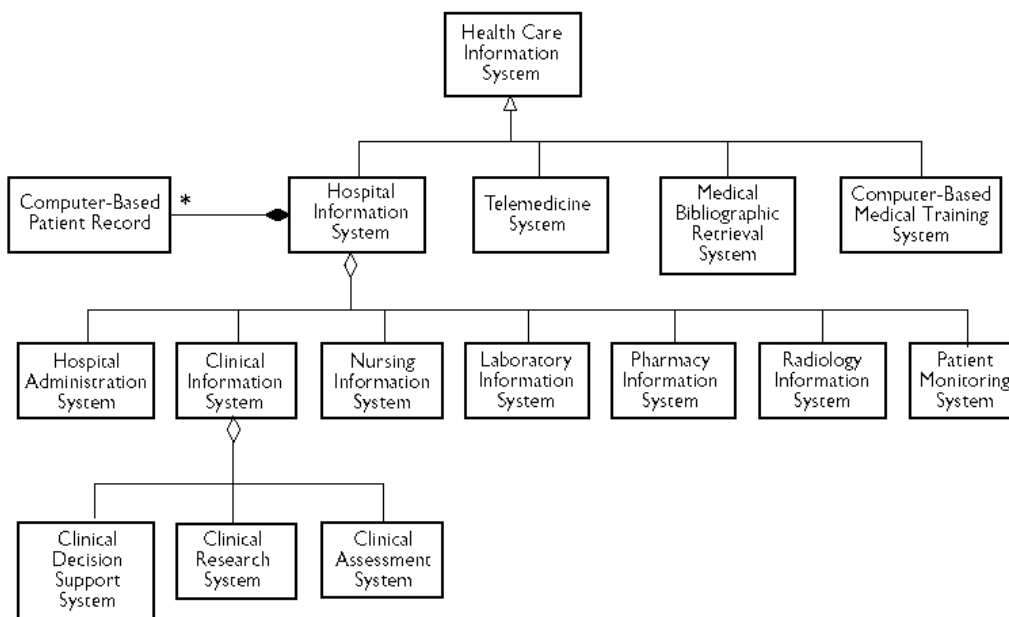
---

5 Health Information Systems IMIA Working Group (WG 10)

[http://www.med.uni-marburg.de/imi/IMIA\\_WG10.html](http://www.med.uni-marburg.de/imi/IMIA_WG10.html)

6 IFIP/IMIA Working Conference on Hospital Information Systems.

(*HCIS-Healthcare Information Systems*), Sistemas de Información Hospitalarios (*HIS-Hospital Information Systems*), Registros Clínicos Electrónicos (*HER-Electronic Health Record*), Registros electrónicos de pacientes (*CPR-Computer Patient Record*) y hasta Sistemas de Información en Salud Pública (*PHIS-Public Health Information Systems*). Una buena aproximación para diferenciar estos términos y a su vez establecer de qué forma se relacionan unos con otros, es la taxonomía propuesta por Hasselbring [38]. Esta es una sistematización de la terminología mediante un análisis orientado a objetos. Las relaciones entre los términos (objetos) son representadas mediante asociaciones UML de generalización/especialización y agregación/composición. La Figura 2-2 presenta la taxonomía propuesta. Los conceptos son basados en bibliografía del dominio de Informática para Salud (*Health Informatics*).



**Figura 2-2.** Una Taxonomía para Sistemas de Información en Salud [38]

En el diagrama UML, los Sistemas de Información hospitalarios (*hospital information systems*), los Sistemas de Información hospitalarios (*telemedicine systems*), los sistemas de recuperación de información médica (*medical bibliographic retrieval systems*) y los sistemas de aprendizaje médicos (*computer-based medical training systems*) son todos ellos especializaciones de los Sistemas de Información para el cuidado de la salud (*health care information systems*). También se puede observar que un sistema de información en salud es una generalización de sus sistemas relacionados. Así mismo, un sistema de información hospitalario es definido como una agregación o especialización de componentes. Esto significa que estos componentes pueden ser usados sin estar integrados a un sistema de información hospitalario. Puede observarse también que los sistemas de registros clínicos electrónicos (*computer-based patient record o Electronic Health Records*) están relacionados con los Sistemas de Información hospitalarios mediante una composición. Esto debido a que su existencia esta ligada a la existencia de estos últimos.

### 2.3.4 Sistemas de Información para vigilancia en salud pública

Antes de empezar a definir lo que significa un sistema de información para vigilancia en salud pública, es preciso identificar las funciones y los procesos que este tipo de sistema contiene. Así mismo es necesario diferenciar entre los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública y los Sistemas de Vigilancia epidemiológica, dado que estos términos no son utilizados indistintamente en mucha de la literatura del dominio.

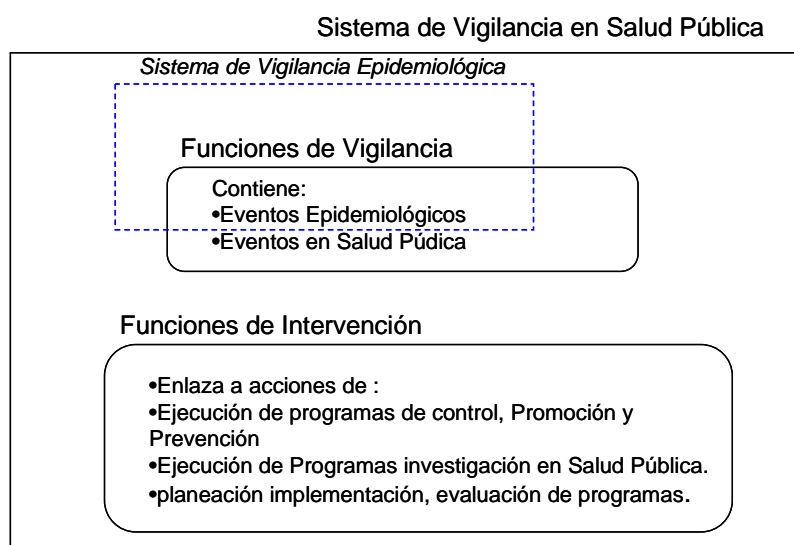
### 2.3.5 Vigilancia en salud pública y vigilancia epidemiológica

Los Sistemas de Vigilancia epidemiológica y de vigilancia en salud pública son citados en la mayor parte de la literatura de manera indistinta sin embargo, existe una diferencia importante representada en su alcance. Tradicionalmente los Sistemas de Vigilancia epidemiológica han sido utilizados por las agencias nacionales de salud pública para el reporte de enfermedades transmisibles y no transmisibles, cumpliendo estrictamente la función de vigilar este tipo de enfermedades (entendiendo el término vigilar como el proceso de recolectar, procesar analizar e interpretar información en salud). Por su parte los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública tienen un alcance mayor cubriendo la vigilancia no solo de enfermedades transmisibles y no transmisibles, si no cualquier tipo de evento en salud.

Formalmente la vigilancia epidemiológica debería limitarse al monitoreo de brotes y epidemias, definiendo una epidemia como *el aumento, en una unidad de tiempo, de la frecuencia o severidad de un problema específico de salud en una población* y un brote como *una epidemia limitada a una población relativamente pequeña ó circunscrita territorialmente* [80]. Sin embargo, cuando el sistema se utiliza para vigilar otro tipo de datos de interés en salud pública, podemos considerar formalmente que se trata de un sistema de vigilancia en salud pública. La OMS- Organización Mundial de la Salud define como eventos susceptibles de vigilancia los siguientes [87]:

- Reportes de mortalidad,
- Reportes de morbilidad,
- Reportes de utilización de laboratorio (incluyendo los resultados),
- Reportes de investigaciones individuales de casos,
- Reportes de investigaciones epidemiológicas,
- Cualquier tipo de encuestas,
- Información demográfica y ambiental;

Por lo anterior, es evidente la diferencia en el alcance de los Sistemas de Vigilancia epidemiológica con respecto a los sistemas de salud pública. Sin embargo es también factible ir mas allá afirmando que los Sistemas de Vigilancia en salud pública contienen a los Sistemas de Vigilancia epidemiológica, pues además de su objetivo de vigilar posibles epidemias, se le añade la capacidad de intervención para participar en la toma de decisiones en salud pública [58]. Expresándolo de otra forma, los procesos de toma de decisiones con la información procesada por el sistema de vigilancia epidemiológica y posterior conversión en acciones, son los que hacen más amplios los sistemas de salud pública. Estas relaciones se representan en la Figura 2-3.



**Figura 2-3.** El dominio de la vigilancia en salud pública y la vigilancia epidemiológica

Para concluir esta diferenciación, actualmente no se distingue entre Sistemas de Vigilancia epidemiológica y de vigilancia en salud pública, lo que si esta claro es que aunque se continúe hablando de Sistemas de Vigilancia epidemiológica, los Sistemas de Vigilancia actuales soportan (o deberán soportar) los procesos de toma de decisiones en salud y a la vez vigilar más allá de enfermedades epidemiológicas. En adelante nos referiremos en lo posible a Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.

### 2.3.6 Definición de vigilancia en salud pública

Actualmente, con el impulso de organizaciones internacionales y gobiernos, y a pesar de los diferentes enfoques y definiciones encontrados en la literatura del dominio[19][44][58][80][82], podemos definir la vigilancia en salud pública como:

*El proceso sistemático y continuo de detección, recolección y procesamiento de datos en Salud, para su posterior conversión en información (análisis e interpretación de datos) que sea útil para quienes deben tomar decisiones en salud pública mediante programas de promoción, prevención ó cualquier otra forma de intervención en Salud.*

### 2.3.7 Definición de un sistema de información para vigilancia en salud pública

Retomando el concepto de vigilancia epidemiológica establecido anteriormente, así como la definición dada para un sistema de información; podemos proponer nuestra propia definición para un *sistema de información para vigilancia en salud pública* (o simplemente un sistema de vigilancia en salud pública-SVSP ) como:



*Un sub-sistema del Sistema de Salud Pública que soporta los procesos de detección, recolección, procesamiento, y entrega información en salud, para que sea utilizada por los tomadores de decisiones del Sistema de Salud Pública en la planeación, ejecución y evaluación de programas de salud o cualquier otra forma de intervención en salud.*

### 2.3.8 Funciones de un sistema de información para vigilancia

De acuerdo con la literatura del dominio revisada [19][44][58][80] [82], las dos funciones principales de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública son: 1) monitoreo de eventos de salud y 2) comunicación.

**Monitoreo de eventos de salud.** Los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública actuales se caracterizan por su capacidad de vigilar no solamente eventos de carácter epidemiológico sino todo tipo de eventos en salud pública, factores de riesgo e intervenciones. La categorización de este amplio grupo de fuentes de información susceptibles de vigilancia nos permite establecer con más detalle las funciones de la vigilancia:

- Detectar cambios repentinos en la ocurrencia y distribución de enfermedades.
- Seguimiento en el tiempo a tendencias y patrones de enfermedades.
- Identificar cambios en agentes y factores de riesgo.
- Detectar cambios en atenciones de salud.
- Monitorear la efectividad de las intervenciones.

**Comunicación.** Corresponde a los mecanismos de comunicación de información que “enlazan” la información generada, con los correspondientes usuarios y/o programas en el Sistema de Salud Pública para la toma de decisiones. Esta es una función que aunque es obvia, comúnmente no es muy tenida en cuenta. Sin embargo, es el punto de enlace entre los Sistemas de Vigilancia y los sistemas de salud pública.

En la Tabla 2-1 se sintetizan las funciones básicas y describen sus objetivos y actividades más importantes teniendo como referencia las funciones detalladas en [68].

**Tabla 2-1.** Funciones básicas de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública

Funciones Básicas	Funciones	Descripción	Objetivos	Actividades
vigilancia	Detectar cambios repentinos en la ocurrencia y distribución de enfermedades	El sistema de vigilancia mantiene una vigilancia continua de enfermedades determinando el número de casos (ocurrencia), su distribución (sexo, grupo de edad) y severidad.	Determinar si el evento de salud se trata de una epidemia ó un brote que debe ser controlado, prevenir su expansión y tomar medidas para evitar futuras ocurrencias.	Monitoreo continuo de la situación de salud  Recolección de información relevante
	Observar en el tiempo las	Con la información recolectada de ocurrencia y	Definir estrategias de acción y anticiparse a	Procesamiento de la información recolectada.

	tendencias y patrones de enfermedades	distribución de enfermedades se pueden establecer tendencias y patrones de enfermedades en el tiempo.	necesidades de promoción y control de enfermedades.	Interpretación para obtener tendencias y patrones.
	Identificar cambios en factores de riesgo	Los factores de riesgo son condiciones externas: laborales, ambientales, sociales, políticos, hábitos de higiene, salud, etc.	Evaluar e incidir en la ocurrencia de brotes epidemiológicos ó en modificar los patrones y tendencias de las enfermedades.	Monitoreo continuo de factores de riesgo Recolección de información relevante Procesamiento e interpretación de la información
	Detectar cambios en atenciones de salud	Se trata de vigilar las prácticas de salud de médicos, enfermeras y personal de salud en general. un ejemplo es el uso de un mismo par de guantes por odontólogos al atender diferentes pacientes. este es un factor de riesgo de contagio de sida que se identificó mediante vigilancia.	Determinar si las atenciones en salud pueden estar conduciendo ó no a la incidencia de enfermedades ó incluso ser un factor de riesgo	Monitoreo continuo de factores de riesgo Recolección de información relevante Procesamiento e interpretación de la información
	Monitorear la efectividad de las intervenciones	Esta según Martínez et al. [58] es una de las funciones básicas en salud pública. La medida de efectividad se refiere al impacto de las intervenciones en la población, lo que depende de la eficacia y eficiencia de las mismas (valorada principalmente por el coste de las intervenciones). Se hace a través de la monitorización de los problemas prioritarios sobre los que se están aplicando intervenciones.	Evaluación de las acciones y por lo tanto a la mejora de las condiciones de salud pública de una población.	Monitoreo de indicadores de eficiencia y efectividad y de los problemas prioritarios. Recolección, procesamiento e interpretación de información relevante
Comunicación	Comunicación y vínculo con las acciones en salud pública	Corresponde a los mecanismos de comunicación en el sistema de vigilancia que “enlazan” la información generada, con los correspondientes usuarios y/o programas en el Sistema de Salud Pública.	Permitir que la información generada por el sistema de vigilancia sea utilizada directamente en las acciones del Sistema de Salud Pública	Entrega de información a los de programas de control, promoción y prevención, programas investigación en salud pública. y a los usuarios encargados de la planeación implementación, evaluación de programas.

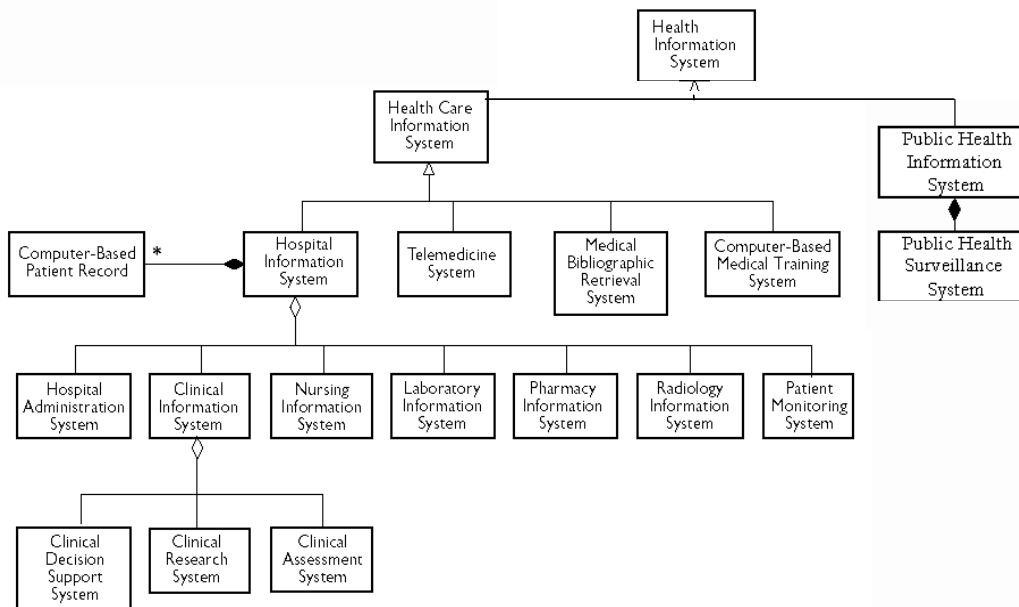
## 2.4 Caracterización de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública

Actualmente no existe una frontera claramente definida entre Sistemas de Información en Salud-SIS y los Sistemas de Información en Salud pública SISP. Si se observa en la Figura 2-2, los Sistemas de Información para vigilancia en salud ó cualquier otro tipo de SISP, no están incluidos en la taxonomía propuesta por Hasselbring. Esto puede deberse a muchas

causas, pero según las opiniones de algunos expertos [65][58], se puede deducir que es debido principalmente a la diferente evolución que han tenido los Sistemas de Información hospitalarios (elemento principal y origen de los SIS) y los Sistemas de Vigilancia (elemento principal y origen de los SISP). Los Sistemas de Información hospitalarios han tenido desde siempre un carácter privado, creándose asociaciones internacionales y grupos de investigación siguiendo muy de cerca el desarrollo de las Tecnologías de la Información. Es así como actualmente se han consolidado organizaciones internacionales (IMIA<sup>7</sup>, AMIA<sup>8</sup>, EFMI<sup>9</sup>, HL7, CEN TC251, grupos de trabajo en ISO, ANSI, OMG<sup>10</sup>) y se han derivado de ellos importantes avances sobretodo en el desarrollo de estándares para la información y arquitecturas de Sistemas de Información hospitalarios y registros clínicos electrónicos. Esta situación ha sido diferente en el ámbito de los SISP, donde su evolución ha sido siempre años retrazada de los avances tecnológicos en el campo de las TIC debido principalmente al carácter gubernamental de este tipo de sistemas. Esta situación como se mencionó anteriormente está siendo reversada con el surgimiento de la disciplina de la informática para la salud pública y una nueva aproximación de la informática de la salud hacia sistemas de salud pública en la denominada eSalud.

El objetivo de esta sección es caracterizar los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública desde tres enfoques: 1) una visión externa que los enmarca dentro del ámbito de los Sistemas de Información en Salud en general 2) una primera visión interna donde diferencian las características comunes de los Sistemas de Vigilancia 3) una segunda visión interna donde se clasifican los tipos más comunes de Sistemas de Vigilancia.

### 2.4.1 La visión externa



<sup>7</sup> IMIA, Internacional Medical Informatics Association. [Http://www.imia.org](http://www.imia.org)

<sup>8</sup> AMIA, American Medical Informatics Association. [Http://www.imia.org](http://www.imia.org)

<sup>9</sup> EFMI, European Federation for Medical Informatics. [Http://www.efmi.org](http://www.efmi.org)

<sup>10</sup> OMG. Object Management Group <http://www.omg.org>

**Figura 2-4.** Sistemas de Vigilancia la taxonomía de Hasselbring.

La visión externa se muestra en la Figura 2-4, donde incluyen los SVSP y los SSP dentro de la taxonomía de Hasselbring. Se puede observar que los SVSP están relacionados con los SSP mediante una agregación. Los SVSP un componente básico más no necesario de todo SSP. A su vez tanto los HCIS como los SSP son una especialización de los Sistemas de Información en Salud.

### 2.4.2 Características de los Sistemas de Vigilancia

La Figura 2-5 presenta una clasificación de los SVSP considerando el nivel jerárquico en el sistema de salud, el tipo de programa en salud pública, el procedimiento de vigilancia, y el tipo de tecnología de información y comunicaciones. Cada una de las ramificaciones son detallas a continuación.



**Figura 2-5.** Tipos de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública

#### 2.4.2.1 Clasificación Según el tipo de programa

Los programas o acciones en salud pública son a menudo clasificados como programas verticales y programas horizontales. Los programas verticales son aquellos orientados a una enfermedad o problema de salud específico. Los programas horizontales son aquellos que abarcan múltiples enfermedades o problemas de salud dando mayor importancia a su impacto sobre la salud de una población en general [79]. Siguiendo estos mismos conceptos, se clasifican los Sistemas de Vigilancia en Sistemas de Vigilancia verticales y Sistemas de Vigilancia horizontales [86].

**Sistemas de Vigilancia verticales.** Sistemas de Información para vigilancia de una enfermedad específica o problema de salud. Están normalmente asociados a programas de promoción y prevención específicos y son por lo tanto mas efectivos que los programas

horizontales. Cada país y región define los sistemas a desarrollar de acuerdo a los problemas de salud más frecuentes. Uno de los Sistemas de Vigilancia vertical más común y presente en casi todos los países es el sistema de vigilancia de VIH/SIDA.

***Sistemas de Vigilancia horizontales.*** Los sistemas horizontales se comportan como un sistema integrado para la vigilancia de un grupo de enfermedades. Estos sistemas a menudo integran otros Sistemas de Vigilancia verticales (por ejemplo un sistema de vigilancia de enfermedades infecciosas necesitará interactuar con un programa de VIH/SIDA). Estos programas son frecuentemente programas desarrollados a nivel local donde el número de casos de alguna enfermedad (incidencia o prevalencia) no justifica tener Sistemas de Vigilancia específicos para la misma. Ejemplos de estos Sistemas de Vigilancia son los Sistemas de Vigilancia de enfermedades transmisibles, vigilancia de enfermedades materno/infantiles, etc.

#### **2.4.2.2 Clasificación según el procedimiento de vigilancia**

La vigilancia ha sido tradicionalmente clasificada como vigilancia activa y vigilancia pasiva. El procedimiento lo determina el proceso de captura de la información. Esto es, si la información es notificada directamente por un responsable dentro del sistema de salud es pasiva. Si por el contrario es necesario que personal dentro del sistema se movilice para buscar los casos en la comunidad, es vigilancia activa. [44][58].

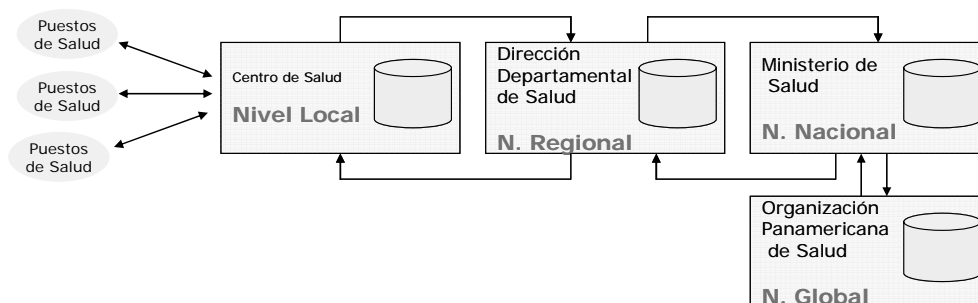
#### **2.4.2.3 Clasificación Según el nivel jerárquico en el Sistema de Salud**

Los sistemas de salud pública debido a su cobertura y carácter gubernamental, están divididos en niveles de población según la organización política de cada país. En general los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública son jerárquicos y se clasifican en sistemas nacionales, sistemas regionales (normalmente están bajo la gestión de los estados, provincias, departamentos) y Sistemas de Vigilancia locales que comúnmente incluyen el nivel político inferior en una región (municipalidades, ayuntamientos, ciudades, etc). Esta segregación es necesaria para establecer el enlace con las acciones en salud pública o más concretamente por los programas de promoción y prevención en salud.

Los niveles son primordiales para establecer el flujo de información en un sistema de vigilancia dado que normalmente la información se recolecta en los niveles locales, se consolida a nivel regional y se envía hacia un nivel nacional donde se utiliza en la toma de toma decisiones. Este modelo centralizado de flujo de información es propuesto comúnmente por organizaciones como la Organización Panamericana de la Salud (OPS) o el Programa para Sistemas de Salud Pública del Banco Mundial [86]. Sin embargo, esta tesis se concluyó que los modelos no corresponden a la tendencia actual de descentralización de los sistemas de salud. Es importante que a nivel local y regional se comunique la información a los tomadores de decisiones locales, además que haya realimentación a los niveles locales.

Un modelo del flujo de información para el sistema de vigilancia de enfermedades transmisibles según la estructura del sistema de salud Colombiano se muestra en la Figura

2-6. La información es recolectada a nivel local en los puestos de salud ubicados en las veredas<sup>11</sup>, luego es enviada a los centros de salud ubicados generalmente en las cabeceras municipales. Posteriormente es enviada a la capital del departamento donde se consolida la información de toda la región para ser enviada al ministerio de salud nacional (Ministerio De Protección Social). Finalmente aparece un cuarto nivel que es el nivel global, que tiene un ámbito internacional y esta gestionado por las oficinas regionales de la Organización Mundial de la Salud -OMS.



**Figura 2-6.** Nivel jerárquico en Sistemas de Vigilancia en Salud Pública en Colombia

#### 2.4.2.4 Clasificación según la tecnología

Los Sistemas de Vigilancia se clasifican según la tecnología, de acuerdo a los niveles de Sistemas de Información definidos en la sección 2.3.2 Tipos de Sistemas de Información.

Los sistemas pasivos o sistemas tradicionales de procesamiento de información o sistemas transaccionales son un paso previo a los sistemas de toma de decisiones. Es cierto las Tecnologías de la Información están avanzando vertiginosamente hacia Sistemas de Información activos- *por ejemplo sistemas expertos para el soporte a la toma de decisiones en salud* -; pero este tipo de sistemas requiere de sistemas tradicionales desde donde se pueda extraer conocimiento. Esa información estructurada se obtiene de los Sistemas de Información pasivos que lastimosamente en el área de salud pública aún son escasos. Dicho de otra forma, es necesario entonces pensar primero en sistemas pasivos antes de dar el gran paso a sistemas inteligentes.

En esta tesis nos ocuparemos de los Sistemas de Vigilancia tradicionales. Un sistema de Vigilancia que procese la información (detección, registro, análisis e interpretación de datos) de tal forma que pueda ser entregada a un nivel superior para toma decisiones en Salud Pública.

---

<sup>11</sup> Dentro de la división política en Colombia, el país está dividido en Departamentos, estos en Municipios y estos en Cabeceras Municipales (Ciudades o pueblos) y Veredas (aldeas).

### 2.4.3 Tipos más comunes de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública

Existen diferentes clases de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública denominados muchas veces sub-sistemas de un sistema de vigilancia. Para representarlos se propone una taxonomía como se muestra en la Figura 2-7. La taxonomía es creada considerando las funciones de vigilancia en salud pública descritas en la sección anterior, clasificaciones y conceptualización de la literatura del dominio y la propia experiencia en el desarrollo de Sistemas de Información para vigilancia. Para cada uno de las clases de Sistemas de Vigilancia se presentan ejemplos ilustrativos.

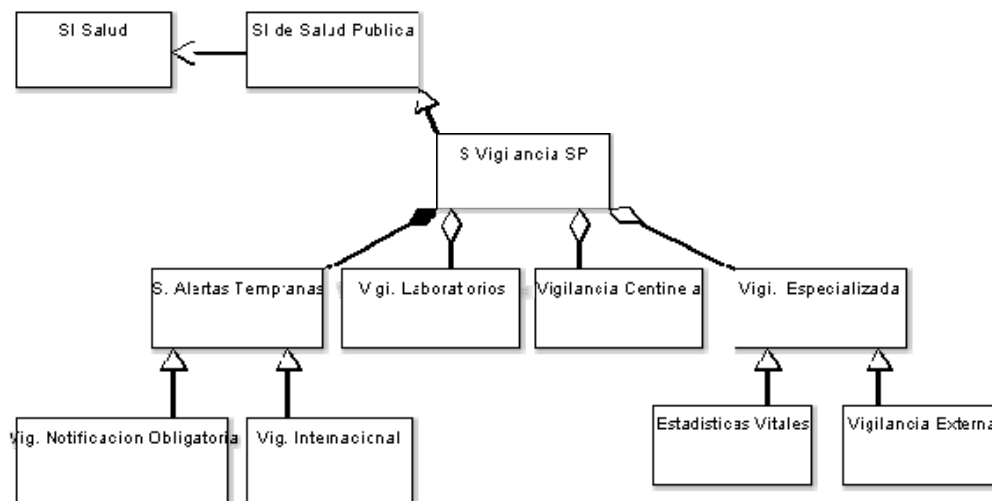


Figura 2-7. Clases de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública

#### 2.4.3.1 Sistemas de Alertas tempranas

Son los Sistemas de Vigilancia más común y aquellos que todos los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública deberían tener. Su función es asegurar la capacidad del sistema de vigilancia para detectar en forma oportuna situaciones que puedan presentar riesgo público en salud. Se basa en vigilancia activa o pasiva de eventos y su objetivo es actuar con rapidez antes que ocurra un evento que ponga en riesgo la salud pública. Los tipos más comunes de estos sistemas son los sistemas de notificación de enfermedades obligatorias y los Sistemas de Vigilancia internacional o vigilancia global. Comúnmente son Sistemas de Vigilancia horizontales aunque también existen verticales y se basan en Sistemas de Información tradicionales para el monitoreo, recolección y reporte de eventos de salud. Normalmente integran diferentes sistemas en diferentes niveles: local, regional, nacional y global.

#### 2.4.3.2 Sistemas de Vigilancia internacional ó vigilancia global

Los Sistemas de Vigilancia global surgen de la preocupación de los estados de sufrir brotes de epidemias de enfermedades transmisibles, considerando la posibilidad de ser importada desde otros países. Es el caso tanto de los países industrializados, donde las enfermedades comunicables como fiebre amarilla, cólera han sido prácticamente erradicadas; así como de

países en desarrollo donde este tipo de enfermedades infecciosas aún deben ser combatidas y controladas.

Las primeras iniciativas de crear Sistemas de Vigilancia global surgen de la OMS, cuyo principio es la integración de sistemas locales, regionales, nacionales e internacionales de vigilancia epidemiológica. Uno de los Sistemas de Vigilancia global más completos actualmente es el programa Vigilancia y Respuesta de Enfermedades Transmisibles CSR de la OMS [83]. CSR vigila actualmente 11 enfermedades epidemiológicas de gran importancia y enfermedades infecciosas emergentes entre las que se encuentran: ántrax, dengue, hepatitis, fiebre amarilla, SARS y otras. CSR se organiza como una red de redes, recogiendo diariamente y concentrando la información en unos centros de colaboración en diferentes países. El objetivo es dar respuesta rápida a situaciones de emergencia, así como dar asesoría y coordinar intervenciones en caso de epidemias de importancia global.

### **2.4.3.3 Sistemas de notificación de enfermedades obligatorias**

Cada país cuenta con su propio listado de enfermedades de notificación obligatoria [47]. Las enfermedades susceptibles de notificación son seleccionadas siguiendo las recomendaciones de la OMS, de sus oficinas regionales (normalmente enfermedades de notificación obligatoria internacional) y de las necesidades propias de acuerdo al perfil de la población. En Colombia la notificación obligatoria se realiza a través del programa SIVIGILA [71]. SIVIGILA vigila aquellas enfermedades, que por sus condiciones de transmisibilidad pueden ser de alto poder epidémico y/o en todo caso su ocurrencia se reconoce como un riesgo para la salud colectiva. Se incluyen además aquellas enfermedades cuya presencia se relaciona con una fuente común de exposición y cuyo control exige intervenciones rápidas para evitar un alto impacto negativo en la colectividad. En este componente se incluyen las enfermedades sujetas a vigilancia estricta en el ámbito internacional para ser reportadas al sistema CSR. La notificación se hace normalmente de manera semanal.

Los sistemas de notificación obligatoria pueden también incluir enfermedades no infecciosas, de mortalidad evitable y aquellas que requieren acciones de protección específica, detección temprana y atención de enfermedades de interés en salud pública: mortalidad materna, infantil, y perinatal, enfermedades de transmisión sexual, etc. Ejemplo de ellos es SIVIGILA que incluye estos eventos en su reporte semanal de mortalidad materna e infantil

Este tipo de sistemas normalmente forman parte de programas específicos de prevención y control (horizontales o verticales). Puede tener dos funciones: 1) Confirmar los casos alertados por el sistema de alerta temprana 2) monitorear el comportamiento epidemiológico de un problema de salud específico (vigilancia vertical). El uso más común es el segundo, en el cual se hace un registro periódico en una población de factores de riesgo, determinantes del problema de salud, eventos y su comportamiento. El sistema de información en este caso es esencial en las investigaciones epidemiológicas y en la identificación de problemas para el diseño de programas de promoción y prevención. El soporte informático en el análisis de información es esencial en este tipo de Sistemas de Información. Así mismo los sistemas basados en el conocimiento y los sistemas inteligentes pueden también usarse en estos sistemas. Unos ejemplos típicos de este tipo de sistemas son los de vigilancia de estadísticas vitales y los Sistemas de Vigilancia externos.



#### **2.4.3.4 Sistema de vigilancia de estadísticas vitales**

Se especializan en la vigilancia de nacimientos y muertes, así como de las tendencias y causas de mortalidad de una población. Los Sistemas de Vigilancia de estadísticas vitales son los que dieron origen a los Sistemas de Vigilancia epidemiológicos modernos. Fue en el año de 1662 cuando Jhon Gount [72] publicó el primer análisis estadístico sobre registros de defunción. Estos sistemas son considerados una especialización de un sistema de vigilancia especializada. Un ejemplo de este tipo de sistemas es el Sistema Nacional de Estadísticas en los Estados Unidos[33]. Este es un completo sistema de vigilancia que recoge información sobre nacimientos, muertes, matrimonios, divorcios, muertes fetales y abortos en todos los estados y territorios de los Estados Unidos. El cubrir todos los estados y agencias federales ha sido un gran reto cumplido considerando que cada estado y territorio se encarga de gestionar sus propios datos.

Comúnmente estos sistemas sólo se enfocan en la recolección de información, siendo sistemas de soporte pasivo. Sin embargo el uso de Sistemas de Información activos sería muy beneficioso para la toma de decisiones en salud pública.

#### **2.4.3.5 Sistema de Vigilancia externos**

Al igual de los Sistemas de Información de estadísticas vitales, los Sistemas de Vigilancia externos son una especialización de los Sistemas de Vigilancia especializada. Estos sistemas son gestionados por organizaciones fuera del sistema de salud. Recolectan información que no está dentro del dominio de los Sistemas de Vigilancia tradicionales: información sobre accidentes laborales en una empresa, ausentismo laboral, enfermedades mentales, etc. Esta información suele estar integrada dentro del sistema de vigilancia en salud pública en una comunidad, normalmente a nivel local. Un ejemplo de este tipo de sistemas es el sistema de vigilancia de homicidios gestionado por el gobierno municipal de la ciudad de Cali en Colombia [26]. En el sistema participan diferentes instituciones como la Fiscalía, la Policía, la Secretaría Municipal de Salud Pública y la Oficina de Derechos Humanos. El sistema permite unificar, analizar y diseminar información sobre los homicidios y otras muertes por causas externas. Los registros se analizan para obtener información las características sociodemográficas de las víctimas, los victimarios y los hechos.

#### **2.4.3.6 Sistemas de Vigilancia centinela**

Es un tipo de vigilancia más focalizada donde se escogen poblaciones muy fiables *-que cumplen con ciertas características específicas-* para hacer un estimativo de las magnitudes y tendencias de una determinada enfermedad (vigilancia vertical). Pueden ser sistemas en los diferentes niveles jerárquicos de los sistemas de salud y generalmente emplean el modelo de vigilancia activa. Los Sistemas de Información mas comúnmente usados son los de soporte pasivo. A pesar de esto los Sistemas de Vigilancia centinela se prestan para que sea aprovechados de mejor manera los Sistemas de Información para la toma de decisiones y sistemas expertos.

Un ejemplo de este tipo de sistemas es el sistema global de vigilancia centinela para enfermedades infecciosas organizado por la Agencia Internacional para Salud Internacional

(*Agency for Cooperation in International Health ACIH*) y la agencia Japonesa de Cooperación Internacional (*Japan International Cooperation Agency JICA*). El sistema vigila, mediante 60 personas centinela en 29 países en Suramérica, Asia y África; enfermedades como cólera, laga, influenza, polio, HIV, sífilis y hepatitis [12] Los centinelas se ubican cada uno en una región aislada en su país donde los sistemas de notificación obligatoria y de vigilancia no son completamente operativos. Esta situación ha permitido al sistema reportar casos de enfermedades y descubrir información valiosa sobre el comportamiento de enfermedades infecciosas de importancia internacional. Es importante notar que un sistema centinela complementa los sistemas nacionales de vigilancia y alertas tempranas, mas no lo reemplaza.

#### **2.4.3.7 Sistemas de Vigilancia de laboratorios**

Los Sistemas de Vigilancia basados en laboratorios son usados para confirmar casos sospechosos mediante pruebas de laboratorio. Estas pruebas se hacen también con el fin de encontrar información adicional sobre casos que sirva para la planeación en salud pública y para investigación. Se considera un sistema de respaldo a los demás Sistemas de Vigilancia. Son normalmente sistemas de tipo horizontal y de naturaleza pasiva. Se ubican en el nivel local o nacional dependiendo de la infraestructura y capacidad del sistema de salud. Estos sistemas en países en vías de desarrollo no son muy comunes por los altos costos que representa para el sistema de salud. A nivel de los Sistemas de Información juega un papel muy importante los sistemas de tipo activo: de análisis de información, sistemas inteligentes, de soporte a la toma de decisiones. Como ejemplo mas representativo de este tipo de sistemas está la red de Respuestas de Laboratorios (*Laboratory Response Network LRN*) creada por el Centro de Prevención y Control de Enfermedades (*Centers for Disease Control and Prevention CDC*) en Estados Unidos. Esta es una red jerárquica en diferentes niveles compuesta de mas de 140 laboratorios en Estados Unidos, Australia y Reino Unido, con el objetivo de vigilar y detectar la presencia de agentes bioterroristas incluyendo un amplio número de patógenos como ántrax viruelas, fiebre amarilla. La red abarca los laboratorios clínicos públicos y privados, así como laboratorios de pruebas de alimentos, veterinarios, ambientales, etc.

### **2.5 Casos de estudio en Sistemas de Vigilancia**

Para ilustrar la caracterización propuesta en la sección anterior, en esta sección se analizan diferentes Sistemas de Vigilancia de acuerdo a las características expuestas: nivel jerárquico, tipo de programa, el procedimiento de vigilancia, y el tipo de tecnología de información y comunicaciones. Dada la amplitud de los diferentes tipos de sistemas encontrados, el análisis se limita a los sistemas de alertas tempranas.

Después de una revisión bibliográfica sobre Sistemas de Información de alertas tempranas en la literatura del dominio y en diferentes bases de datos biomédicas<sup>12</sup> se encontró que, a pesar

---

<sup>12</sup> Se utilizó la base de datos de Pubmed (<http://www.pubmed.org>) para realizar la siguiente búsqueda:

de la limitación a sistemas de alertas tempranas, esta búsqueda arrojaba también una gran cantidad de resultados. Haciendo una clasificación de los 1033 resultados obtenidos, se concluyó que la mayoría de los sistemas encontrados responden a funcionalidades similares aunque orientados a diferentes tipos de enfermedades (Sistemas Verticales y horizontales): enfermedades infecciosas, VIH, Bioterrorismo. Así mismo seleccionando los resultados que contenían una descripción técnica detallada de los Sistemas de Información, se pudo determinar que la mayoría de los sistemas son sistemas Cliente/Servidor de nivel 4<sup>13</sup> donde se captura información a través de interfaces Web, y se almacena en una base de datos para la obtención de reportes. En general cada administración de salud desarrolla sus propios Sistemas de Vigilancia de acuerdo a sus necesidades. La capacidad de integración e interoperabilidad es una característica que apenas se está considerando. Las redes de comunicación sobre las cuales funcionan la gran mayoría estos sistemas es Internet. Con respecto al nivel jerárquico se encuentran sistemas en todos los niveles, siendo más comunes los sistemas nacionales de alertas tempranas que se nutren de una red de sistemas regionales y que a si vez forman parte de una red global de vigilancia en salud pública.

Para ilustrar de una forma clara la caracterización de los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública realizada, la Tabla 2-2 recoge una descripción de los Sistemas de Vigilancia más representativos, caracterizados según los parámetros definidos en las secciones anteriores. Se ha tratado de seleccionar los Sistemas de Vigilancia de alertas tempranas más representativos, considerando la mayor diversidad posible en cuanto a sus características. Una descripción detallada del uso de las TIC en cada uno de Sistemas de Información es el principal resultado de este análisis. Una referencia más detallada para describir los Sistemas de Vigilancia desde el uso de las TIC es presentada por O'Carroll et al en el libro *Public Health Informatics and Information Systems* [65] y el informe sobre Sistemas de Vigilancia para bioterrorismo presentado por el departamento de salud y servicios humanos de los Estados Unidos (US. Department of Health and Human Services) que hace referencia a mas de 250 Sistemas de Vigilancia [17] .

**Tabla 2-2.** Ejemplos de las diferentes clases de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública

Red de Inteligencia en Salud Pública Global ( <i>The Global Public Health Intelligence Network-PHIN</i> ) [3]	<b>Descripción</b> Es un sistema de vigilancia de alertas tempranas que busca continuamente en Internet (sitios web y cadenas de noticias) información sobre posibles epidemias y problemas potenciales de salud pública. El sistema recolecta la información que es filtrada por expertos de la Agencia de Salud Pública de Canadá, para luego ser categorizada y diseminada a usuarios suscritos al servicio. Esta es una de las fuentes de información informales más importantes en el mundo sobre epidemias.
	<b>Tipo de Programa</b> En un sistema de vigilancia horizontal. Se encarga de vigilar principalmente enfermedades infecciosas, agua y comidas contaminadas, bioterrorismo y exposición a agentes químicos y radio-nucleares y de desastres naturales.

*Early warning information System OR Early warning Surveillance System OR infectious diseases information system OR infectious diseases surveillance system OR Communicable disease information System OR Communicable disease surveillance System.*

Se obtuvo en Mayo 05 de 2005, 1033 resultados.

<sup>13</sup> Sistemas de Información soportados por Bases de Datos. Ver Sección 2.3.2 Tipos de Sistemas de Información.

	<p><b>Procedimiento de Vigilancia</b> Activa. Automáticamente busca reportes preliminares en diferentes lenguajes y en tiempo real (7/24)</p> <p><b>Nivel jerárquico</b> Global.</p> <p><b>Características del SI</b> Es un sistema de nivel 6 (Sistema inteligente basado en el conocimiento) según la clasificación de la sección 2.3.2. Su sistema de información está catalogado como una herramienta lingüística inteligente que extrae información del web (estructurada y no estructurada), crea una base de conocimientos y la analiza utilizando técnicas de minería de datos, sistemas inteligentes y de análisis semántico; clasifica, ordena y relaciona la información convirtiendo automáticamente entre diferentes lenguajes.</p>
ProMed	<p><b>Descripción</b> ProMed es un sistema de vigilancia global de alertas tempranas basado en una red de mensaje de e-mail. ProMed complementa la red Vigilancia y Respuesta de Enfermedades Comunicables CSR de la OMS [83], diseminando rápidamente información sobre enfermedades emergentes posibles epidemias. Las fuentes de información provienen de los medios de comunicación y de reportes de los suscriptores a través de e-mail. Un equipo de expertos evalúa los informes antes de diseminarlos [52]. Actualmente la red cuenta con 30,000 suscriptores en al menos 150 países<sup>14</sup>.</p> <p><b>Tipo de Programa</b> En un sistema de vigilancia horizontal.</p> <p><b>Procedimiento de Vigilancia</b> Activa.</p> <p><b>Nivel jerárquico</b> Global.</p> <p><b>Características del SI</b> Es un sistema de listas de distribución a través de correo electrónico. El servicios es abierto y el sistema de E-mail es proveído por la Escuela de Salud Pública de Harvard.</p>
Sistema de Vigilancia Europeo para enfermedades transmisibles. ( <i>Health Surveillance System for Communicable Diseases HSSCD</i> )[76]	<p><b>Descripción</b> El HSSCD hace parte de la Red Europea de Información en Salud. (EUPHIN. <i>European Union Health Information Network</i>). Es un sistema de notificación de alertas tempranas que recoge información de forma diaria de todos los estados miembros de la Unión Europea.</p> <p><b>Tipo de Programa</b> En un sistema de vigilancia horizontal. Se encarga de vigilar principalmente enfermedades infecciosas como VIH, hepatitis, cólera etc.</p> <p><b>Procedimiento de Vigilancia</b> Pasiva.</p> <p><b>Nivel jerárquico</b> Internacional</p> <p><b>Características del SI</b> El HSSCD se compone de una base de datos centralizada en Luxemburgo con nodos distribuidos y bases de datos remotas. La conexión se hace través de una red privada virtual segura (tecnología IPSEC) desarrollada en la UE: Red TESTA15. También es posible la conexión a través de Internet. HSSDC provee sus propios formatos a los estados miembros y una aplicación cliente para que reporten los eventos.</p>

<sup>14</sup> About ProMED-mail. Disponible en:

<http://www.promedmail.org/pls/promed/f?p=2400:1950:2238358438492520244>. Consultado Mayo 06 de 2005

<sup>15</sup> Red TEST <http://europa.eu.int/idabc/en/document/2097>

<p>Sistema nacional de Vigilancia de Enfermedades (The National Electronic Disease Surveillance System NEDSS)</p>	<p><b>Descripción</b>                  NEDSS es el proyecto nacional más ambicioso en Estados Unidos que busca reemplazar e integrar los existentes y los futuros Sistemas de Vigilancia epidemiológica para tener un sistema nacional de vigilancia que recoja y procese automáticamente y en tiempo real, datos en salud pública de diferentes fuentes. NEDSS es promovido por el CDC quien ha definido la arquitectura del sistema y el modelo de información. CDC también provee una implantación denominada NEDSS Base System. Los estados pueden desarrollar sus propios sistemas basados en esta arquitectura.                  Actualmente 4 estados (Texas, Tennessee, South Carolina y Nebraska) usan NEDSS Base System para el reporte de enfermedades de notificación obligatoria. Se estima que actualmente solo el 20% de los estados usan sistemas que cumplen con los estándares de NEDSS<sup>16</sup>.</p> <p><b>Tipo de Programa</b>                  En un sistema de vigilancia horizontal. Se encarga de vigilar principalmente enfermedades infecciosas, pero puede ser usando en el reporte de cualquier enfermedad.</p> <p><b>Procedimiento de Vigilancia</b>                  Pasiva.</p> <p><b>Nivel jerárquico</b>                  Nacional</p> <p><b>Características del SI</b>                  Los estados tienen diferentes implementaciones de NEDSS, las más importantes:                  NEDSS. Base System (NBS). Es un sistema web Cliente/Servidor (nivel 4). Usa un sistema de bases de datos relacional, un servidor de aplicaciones, una herramienta de mensajería y un sub-sistema de autenticación [20].                  RODS-Real-time Outbreak and Disease Surveillance. Es un sistema web cliente/servidor (nivel 4) de código abierto que usa componentes Java para el análisis en tiempo real de posibles epidemias. Soporta la recolección, clasificación, almacenamiento (datawarehouse), análisis (detección de epidemias) e integración con Sistemas de Información Geográfica. Se conecta a bases de datos de registros clínicos electrónicos mediante interfaces HL7[31]</p> <p><b>Descripción</b>                  El Sistema alerta temprana para el virus del Nilo occidental (<i>Western Nilo Virus WNV</i>) es un sistema de vigilancia que captura y analiza espacialmente los reportes sobre muertes de pájaros y mosquitos transmisores del WNF. Este sistema fue desarrollado en el CDC y probado en la Ciudad de Nueva York [60]. El sistema identifica zonas de riesgo mediante un escaneo espacial prospectivo, con el fin de controlar la creación de mosquitos, optimizar pruebas de laboratorio y efectuar campañas de educación y prevención.</p> <p><b>Tipo de Programa</b>                  En un sistema de vigilancia vertical.</p>
<p>Sistema alerta temprana para el virus del Nilo occidental.</p>	<p><b>Procedimiento de vigilancia</b>                  Activa.</p> <p><b>Nivel jerárquico</b>                  Local</p> <p><b>Características del SI</b>                  El sistema de Información que soporta la vigilancia es un Sistema de Información geográfica SIG. La información es manualmente recolectada y georeferenciada para ser introducida en la base de datos del sistema.</p>

<sup>16</sup> Según informes publicado en la página del CDC y en la página de la oficina de Epidemiología del estado de UTAH.

<http://www.cdc.gov/nedss/About/timeline.htm>

<http://health.utah.gov/nedss/Update/March2005Update.htm> Consulado Mayo 05 de 2005,

	Posteriormente el SIG se utiliza para hacer un análisis estadístico especial consistente en entrecortar zonas donde más se presentan muertes de pájaros. El SIG es comercial, suministrado por ArcView Geographic Information System (GIS) software (ESRI, Redlands, CA)[60].
	<b>Tipo de Programa</b> En un sistema de vigilancia vertical.

## 2.6 Conclusiones

En este Capítulo se llevó a cabo una revisión exhaustiva del dominio de esta tesis de maestría: los Sistemas de Información vigilancia en salud pública. Se revisaron los principales conceptos y se aportó al estado del arte, una caracterización de los Sistemas de Vigilancia.

El marco conceptual desarrollado es fundamental para el diseño de la arquitectura de referencia para Sistemas de Información para vigilancia en salud pública que es el objetivo principal de este trabajo de investigación. En el próximo Capítulo se presenta la metodología y las herramientas usadas para el diseño de la arquitectura para sistemas de salud pública.

# **Capítulo 3: Hacia una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud Pública: El enfoque metodológico.**

## **3.1 Introducción**

Uno de los principales objetivos de esta tesis es el diseño de una arquitectura genérica que sirva de referencia para el diseño de Sistemas de Información para vigilancia en salud pública, teniendo en cuenta los requerimientos funcionales de este tipo particular de Sistemas de Información. Para encontrar los requisitos funcionales hay que empezar por hacer un análisis detallado de los procesos de la organización (Sistema de Salud Pública en nuestro caso) y lograr plasmarlos en una arquitectura. Este análisis implica hacer una representación de los componentes del sistema de información, su estructura, relaciones y principios y directivas, teniendo en cuenta los procesos propios de un sistema de vigilancia en salud pública. En otras palabras, se requiere el diseño de una Arquitectura de Sistemas de Información ( Information Systems Architecture ISA).

En el diseño de las arquitecturas de referencia para Sistemas de Información en Salud más importantes actualmente (Las arquitecturas propuestas por HL7 v3, el proyecto Open Electronic Health Records [64] y el estándar EN 13606 Electronic Health record Communication[29] ) no se describe la aproximación metodológica utilizada para construir dicha metodología de referencia. Normalmente las arquitecturas diseñadas están basadas en una metodología propietaria (o ninguna metodología definida) donde a partir de la experiencia de un grupo de expertos desarrollado Sistemas de Información en Salud, se reúnen y definen un conjunto estándar de componentes de referencia para un tipo de Sistemas de Información.

Nuestra aproximación para diseñar arquitecturas de referencia es diferente y pretende formalizar los procesos de diseño de las arquitecturas de referencia para Sistemas de Información en Salud. En general este procedimiento, tal como está descrito en este capítulo, se puede aplicar al diseño de arquitecturas de referencia para cualquier tipo de sistema de información con características de distribución y basado en componentes. Esto debido a que la primera actividad en la metodología es hacer un análisis de la organización objetivo, su estructura, objetivos, alcance y restricciones. Este proceso aplica a cualquier sistema informático que soporte los procesos de una organización, aunque los modelos resultantes son dependientes del dominio del sistema de información que se está diseñando. Debido a lo anterior, los modelos resultantes de la metodología propuesta en este capítulo aplican sólo a

arquitecturas de referencia para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública, aunque como se ha mencionado el proceso de diseño aplicaría a cualquier sistema de información.

La metodología propuesta es un marco de diseño arquitectónico que utiliza las metodologías, marcos de desarrollo, métodos, modelos, técnicas y herramientas más ampliamente usadas en el dominio de la ingeniería de software. La aproximación de arriba hacia abajo iniciando con un nivel de abstracción alto de la arquitectura de referencia, hasta llegar a un nivel más detallado donde se definen cada uno de los componentes de la arquitectura. Para obtener el nivel de abstracción más alto y por lo tanto una visión más completa del sistema de vigilancia, se utilizará como referencia el modelo abierto OSI para el Procesamiento Distribuido Abierto (Reference Model for Object Distributed Process RM-ODP [41]). Este marco de referencia provee una visión más amplia *-mediante diferentes puntos de vista incluyendo el de la organización objetivo-* de los Sistemas de Información distribuidos.

Sin embargo RM-ODP no define un lenguaje propio ni un proceso para el diseño de los componentes del sistema distribuido. RM-ODP debe estar soportado en un proceso de desarrollo para lo cual se utilizará la Arquitectura Basada en Modelos (en inglés Model Driven Architecture MDA). MDA fue seleccionada por ser una tecnología prometedora que asegura la reusabilidad de la arquitectura y el uso de procesos automatizados para convertir modelos independientes de la plataforma en código fuente [59]. La separación en modelos de MDA la hacen una muy buena aproximación para articular los modelos resultantes del análisis por vistas de RM-ODP. MDA separa entre un Modelo Independiente de la plataforma (Platform Independent Model, PIM) que será la arquitectura de referencia deseada y el modelo dependiente de la plataforma (Platform Specific Model, PSM) que viene a ser la arquitectura de un sistema final desarrollado a partir de la arquitectura de referencia. Al igual que RM-ODP, MDA en sí misma no es una metodología de desarrollo software. La especificación de MDA sólo proporciona una estrategia general a seguir en el desarrollo de software, pero no define ni técnicas a utilizar, ni fases del proceso, ni ningún tipo de guía metodológica. Para suplir esta deficiencia, fue necesario buscar una metodología de desarrollo software basada en MDA para obtener el nivel de detalle (granularidad) más alto en cada una de las vistas anteriores de RM-ODP.

Actualmente la mejor opción metodológica es el Proceso Unificado de Desarrollo de Rational (Rational Unified Process, RUP) pues se ha convertido en el estándar de facto en el desarrollo de software [42]. RUP no incorpora explícitamente el proceso definido por MDA sin embargo, dado que RUP es en general basado en modelos y prescribe diferentes niveles de abstracción, RUP y MDA son compatibles por naturaleza. A pesar de esto también es cierto que, en términos prácticos, RUP no provee una guía específica de cómo integrar el proceso de desarrollo software de MDA en el conjunto de procesos RUP. Una justificación para esto, según Brown y Conallen [7] es que RUP refleja las mejores prácticas de la industria de software y normalmente no adopta prácticas novedosas hasta que están completamente aceptadas en el mercado. MDA está aún emergiendo, lo mismo que las experiencias exitosas de aplicar MDA a RUP.

Finalmente cabe mencionar que RUP está orientado a obtener un producto software final y no específicamente una arquitectura de genérica como es el propósito de la metodología que se está buscando. Debido a esto fue necesario agregar algunos artefactos (componentes en cada uno de los flujos de trabajo de RUP) para obtener los modelos genéricos para los



componentes del sistema de información que se está diseñando. Los nuevos artefactos definidos en el flujo de trabajo del modelado de la organización son un aporte propio a la metodología. Mientras que algunos de los artefactos definidos en los flujos de trabajo del requerimientos, análisis y diseño RUP están basados en los artefactos definidos en una metodología para el diseño de arquitecturas genéricas para de servicios de aprendizaje basados en computador [10] desarrollada por el grupo de Ingeniería de Sistemas de Telemáticos de la Universidad de Vigo. Esta metodología, a pesar de ser desarrollada para el dominio de los sistemas de aprondizale electrónico, define unos artefactos basadons en RUP que aplican a cualquier tipo de sistema de información.

En la siguiente sección se describen los conceptos fundamentales para comprender la metodología utilizada: ISA, RM-ODP, MDA y RUP. En las siguientes secciones se detallan cada una de la fases de la metodología propuesta: 1) la definición del alcance y objetivos, 2) el modelo de la organización, 3) el modelo de Casos de Uso, 4) el Modelo de Análisis y 5) el Modelo de Diseño.

## 3.2 Marco Teórico

### 3.2.1 El concepto de arquitecturas

El concepto de arquitecturas ha sido utilizado en diferentes dominios. Una definición suficientemente amplia es la definida por la IEEE en su estándar IEEE 610.12 como:

*La estructura organizacional de un sistema o componente, sus relaciones y los principios y guías para definir su diseño y evolución sobre el tiempo.*

En el ámbito de los sistemas informáticos, la aproximación más comúnmente usada es la de las arquitecturas software. Bass et al[15] definen la arquitectura software de un programa o sistema de computación como la estructura o estructuras del sistema, incluyendo componentes software, las propiedades de esos componentes visibles desde el exterior y las relaciones entre ellos. Por propiedades visibles externamente se hace referencia a aquellas suposiciones que otros componentes pueden realizar: servicios ofrecidos, prestaciones, tratamiento de fallos, etc. El propósito de esta definición es destacar una característica importante de la arquitectura: abstrae propiedades del sistema al tiempo que ofrece suficiente información para realizar análisis y toma de decisiones sobre el mismo. Las ventajas de tener una arquitectura según Bass son:

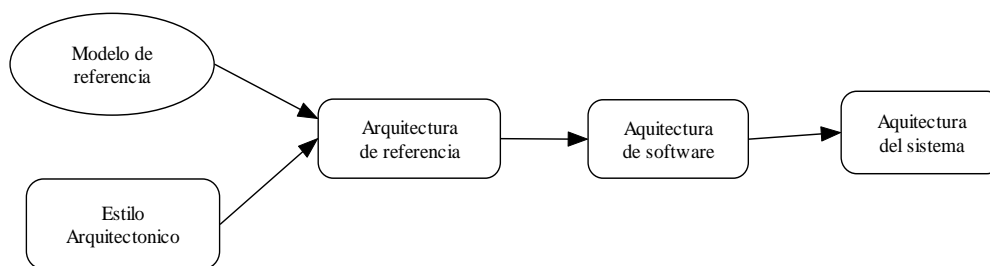
- La arquitectura establece restricciones sobre posibles implementaciones conformes con ella. La implementación debe estructurarse de acuerdo a los componentes definidos y la implementación de cada componente debe comunicarse con los demás siguiendo las directrices establecidas en la arquitectura.
- La arquitectura guía la estructura de la organización de tareas para desarrollar productos conformes a ella. Especialmente en sistemas grandes, se asignan componentes de la arquitectura a diferentes grupos de trabajo.
- Las cualidades que ofrecerá el sistema están determinadas por su arquitectura. Por ejemplo, la capacidad de modificar el sistema depende de lo modular que sea su arquitectura. Su capacidad de reutilizar componentes depende de lo acoplados que estén con otros. Las prestaciones del sistema dependen del volumen y complejidad de

las comunicaciones entre componentes y de su distribución. En definitiva, la arquitectura afecta de forma muy importante a las cualidades que finalmente posean los sistemas conformes a ella.

- Es posible predecir cualidades de los sistemas utilizando únicamente su arquitectura mediante técnicas de análisis de arquitecturas software.
- La arquitectura facilita la gestión de cambios en los sistemas. Los cambios se clasifican en: locales (afectan sólo a un componente de la arquitectura), no-locales (afectan a más de un componente pero no a la arquitectura en su conjunto) y arquitectónicos (es necesario modificar la propia arquitectura). Una buena arquitectura es aquella que permite que los sistemas evolucionen, principalmente, mediante cambios locales.
- La arquitectura ayuda en el prototipado del sistema. La realización temprana de prototipos conformes a la arquitectura permite reducir el riesgo del proyecto y la detección de problemas de prestaciones potenciales.

### 3.2.2 Arquitecturas de referencia

Una arquitectura de referencia tiene la particularidad de que puede ser utilizada en diferentes entornos para diseñar una arquitectura adecuada a las particularidades de un sistema dado. Una arquitectura de un sistema no se obtiene de forma directa, sino que es consecuencia de una serie de pasos previos como se detalla en la Figura 3-1. Según Bass, es necesario combinar un estilo arquitectónico con un modelo de referencia para obtener una arquitectura de referencia. Esta arquitectura de referencia es el modelo para el diseño de la arquitectura software del sistema y para la arquitectura del sistema final. Una arquitectura de referencia es conceptual y debe ser independiente del entorno de implementación.



**Figura 3-1.** Proceso de diseño la arquitectura de un sistema según Bass [15].

El estilo arquitectónico es una descripción de los tipos de componentes y de los patrones utilizados en el despliegue del sistema (sistemas de control y flujo de datos). Un estilo arquitectónico impone una serie de restricciones no funcionales a la arquitectura. Por ejemplo, estilos arquitectónicos comunes son “cliente-servidor”, “arquitecturas en tres capas o niveles” (datos – lógica de negocio – presentación), etc.

Un modelo de referencia es una división de la funcionalidad del sistema junto con la identificación del flujo de datos entre los elementos identificados. El modelo de referencia es una descomposición estándar de un problema conocido en un conjunto de partes que,

cooperativamente, lo resuelven. Los modelos de referencia son característicos de los dominios suficientemente maduros y se elaboran a partir de un análisis del dominio utilizando la experiencia de los arquitectos.

La arquitectura de referencia es una descomposición del modelo de referencia en los componentes software que implementan la funcionalidad definida en el modelo, junto con el flujo de datos entre ellos. Mientras que el modelo de referencia es una división de la funcionalidad, la arquitectura de referencia establece las correspondencias necesarias entre esa división de la funcionalidad y una descomposición del sistema. Esta correspondencia puede ser uno a uno, pero también puede suceder que un componente de la arquitectura de referencia implemente una parte del modelo de referencia o varios elementos de éste.

La arquitectura del sistema final incluye, además de la arquitectura software, una descripción de la arquitectura hardware, la arquitectura de implantación y demás componentes del sistema final.

### **3.2.3 Las arquitecturas para Sistemas de Información**

Las arquitecturas software se ocupan de la descomposición de sistemas computacionales en elementos computacionales, sin tener en cuenta que hay una organización, unos usuarios humanos detrás de las máquinas y sus cerebros (software). Esta aproximación es limitada desde el punto de vista de los Sistemas de Información. Una aproximación más amplia y en auge actualmente en el dominio de los Sistemas de Información son las Arquitecturas Empresariales (en inglés *Enterprise Architectures*, EA) y las Arquitecturas de Sistemas de Información (en inglés *Information System Architectures*, ISA). A continuación se describen estos dos tipos de arquitecturas.

Una EA considera todos los aspectos relevantes para obtener una visión coherente y clara de la empresa u organización que el sistema de información soporta; estos son las personas, los procesos, la definición de estrategias, los sub-sistemas, los principios empresariales, las políticas etc. [9]. Esta arquitectura pertenece más al dominio de la ingeniería organizacional y por lo tanto se enfoca en obtener una visión más amplia de la organización sin prestar mucha atención a los aspectos tecnológicos. Normalmente, desde el punto de vista de EA, los Sistemas de Información son una herramienta más (como las personas, equipos, materiales) para soportar las necesidades de la empresa [36] [53]. De acuerdo con Tissot et. al. [78], EA es un grupo de modelos definidos para obtener una vista coherente y entendible de la organización.

Una ISA se ocupa principalmente de la representación de los componentes del sistema de información, su estructura, relaciones y principios y directivas, pero manteniendo también en mente el objetivo de soportar los procesos de la organización [36]. ISA es fundamental cuando se pretende asegurar SI flexibles, durables y orientados a la organización [90]. ISA es además un concepto más amplio que el de las arquitecturas software y a la vez más limitado que las EA. Dentro de ISA, la arquitectura software es solo una vista del sistema, la vista computacional.

Una completa descripción de las principales metodologías y marcos de desarrollo para el modelamiento, evaluación y diseño de ISA es presentada en Vasconcelos et al [9]. En este análisis se concluye que existen varias aproximaciones metodológicas para el modelamiento y diseño de ISA, sin embargo todas estas aproximaciones son dependientes de la tecnología y de las empresas que la soportan y proponen. Existen aproximaciones más abiertas y ampliamente utilizadas como el marco de desarrollo de Zachman[89] y RM-ODP [41]. Estas dos últimas son más que metodologías, representan marcos arquitectónicos o de planeación enfocados principalmente en EA e ISA respectivamente.

### **3.2.4 Las vistas de RM-ODP en el diseño de la arquitectura**

Los marcos de desarrollo arquitectónico son un soporte conceptual para soportar el desarrollo de Sistemas de Información al proveer un nivel más alto de abstracción de la arquitectura. A pesar que no constituyen metodologías y métodos de desarrollo propiamente dichos, dan claridad al momento de escoger entre la infinidad de aproximaciones que el diseño de una arquitectura puede tener. Para soportar la planeación, modelamiento y diseño de la arquitectura de Sistemas de Información de salud pública, se ha seleccionado RM-ODP como marco de desarrollo.

Como se mencionó anteriormente, RM-ODP es un marco de desarrollo abierto, estándar y a diferencia del marco de Zachman, está más orientado a ISA al considerar tanto los aspectos de la tecnología como de la organización. RM-ODP proporciona un marco de trabajo conceptual y una arquitectura de referencia que integra aspectos relacionados con la distribución, interoperabilidad y portabilidad de sistemas software. Esto hace que la heterogeneidad del hardware, sistemas operativos, redes, lenguajes de programación, bases de datos y distintas formas de gestión sean transparentes al usuario. Esto lo hace a través de la definición de cinco puntos de vista genéricos, y que considera básicos a la hora de definir un sistema [41]:

***El punto de vista de la empresa (Enterprise Viewpoint).*** Describe los requisitos desde la perspectiva de la propia organización, así como la manera en la que pretende satisfacerlos. Se centra pues en la finalidad, alcance, entorno y políticas que rigen las actividades del sistema especificado.

***El punto de vista de la información (Information Viewpoint).*** Describe el tipo de información que va a manejar el sistema, así como la estructura de los datos y sus posibles valores. Se centra en el modelado de la información tratada por el sistema, su semántica, y las restricciones impuestas sobre la utilización e interpretación de dicha información.

***El punto de vista computacional (Computational Viewpoint).*** Describe la funcionalidad que ha de ofrecer el sistema, así como su descomposición y organización funcional. Para ello trata de describir el sistema como un conjunto de objetos que interactúan entre sí, definidos mediante interfaces. Esta es una descripción de la arquitectura del sistema que incluye tanto los requisitos funcionales, como los no-funcionales del sistema. Esta vista es la más importante a nivel de la de ISA. Se plasma en una arquitectura de componentes independientes de la plataforma para guiar el diseño del sistema.

***El punto de vista de la ingeniería (Engineering Viewpoint).*** Describe la infraestructura necesaria para soportar el procesamiento distribuido del sistema, así como la forma de

distribución de los datos y operaciones que permitan al sistema proporcionar la funcionalidad requerida. En esta vista propone una arquitectura del sistema según una tecnología de procesamiento distribuido. Muchas opciones son posibles como CORBA, J2EE, .NET, Servicios Web, etc.

***El punto de vista de la tecnología (Technological Viewpoint).*** Encargado de describir la tecnología que soportará el sistema con base en la infraestructura de hardware, software y comunicaciones que permita el procesamiento y la funcionalidad necesaria, así como la representación y distribución de los datos.

Las vistas dan una perspectiva de que elementos deben abordarse en el diseño de la arquitectura. Dado que RM-ODP no es proceso de desarrollo software, es necesaria una guía para el diseño de la arquitectura del sistema que articule los modelos generados por RM-ODP.

### **3.2.5 MDA como proceso de desarrollo**

MDA es un proceso de desarrollo caracterizado por el uso de modelos y mecanismos para hacer transformaciones automáticas entre ellos. Se fundamenta en la muy conocida y desarrollada idea de separar la especificación o propiedades del sistema de los detalles de implementación lo que lo hace apropiado para el diseño de arquitecturas de referencia. Las tres principales metas de MDA son la portabilidad, interoperabilidad y reusabilidad a través de la separación de los aspectos arquitectónicos [43].

El diseño y modelado de una aplicación con MDA consiste básicamente en definir un conjunto de modelos del sistema que reflejen el comportamiento de la aplicación desde distintos niveles conceptuales: desde el punto de vista computacional, de la arquitectura, de la tecnología, etc.; más un conjunto de modelos de transformación, que permiten convertir de un modelo a otro más fácilmente. Estos modelos de transformación se definen con base en el modelo de la plataforma a la que se quiera hacer la transformación, más un conjunto de reglas de transformación. Con respecto a los niveles conceptuales, MDA distingue tres puntos de vista: 1) Una vista independiente de la arquitectura computacional: CIM (*Computational Independent Model*) 2) Una vista independiente de la plataforma o PIMs (*Platform Independent Models*) y 3) Una vista dependiente de la plataforma o PSMs (*Platform Specific Models*).

### **3.2.6 El Proceso Unificado de Desarrollo Software**

El Proceso Unificado es un proceso para el desarrollo software. Es decir, un conjunto de actividades necesarias para transformar los requisitos de los usuarios en un sistema software. Se define una infraestructura de procesos genérica que puede ser especializada para adaptarse a sistemas software a gran escala, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones y para proyectos de diferentes tamaños[40].

Es un proceso basado en componentes, en el sentido de que los sistemas software que se construyan derivados del proceso estarán formados por componentes software interconectados mediante interfaces perfectamente definidas. Las características más importantes del proceso se recogen en tres aspectos clave:

– ***El Proceso Unificado está dirigido por casos de uso.*** En último término, un sistema software es desarrollado para servir a sus usuarios. Es necesario, por lo tanto, conocer de la forma más detallada posible qué es lo que los usuarios esperan del sistema. Los casos de uso capturan los requisitos funcionales del sistema y forman lo que, dentro del proceso, se conoce como modelo de casos de uso. Este modelo describe la funcionalidad completa del sistema, respondiendo a la pregunta “¿qué hace el sistema?” desde la perspectiva de cada uno de sus usuarios. Los casos de uso son utilizados, también, para dirigir el diseño, la implementación y las pruebas. En definitiva, dirigen el proceso de forma completa. No se trata de un proceso unidireccional: los casos de uso permiten identificar nuevos elementos de la arquitectura y, a su vez, la arquitectura permite identificar y seleccionar nuevos casos de uso. Por lo tanto, se puede afirmar que tanto los casos de uso como la arquitectura evolucionan y se refinan conjuntamente.

– ***El Proceso Unificado está centrado en la arquitectura.*** El concepto de arquitectura software comprende tanto los aspectos estáticos como los aspectos dinámicos del sistema. La arquitectura se establece con base en las necesidades del sistema para el cual se diseña, pero también está influenciada por otros factores: la plataforma software utilizada, elementos software susceptibles de ser reutilizados, consideraciones de despliegue y requisitos no funcionales. La arquitectura ofrece una visión global del sistema mostrando sus características más importantes y soslayando los detalles no significativos. Obviamente, y según esto, la definición de la arquitectura es inherentemente subjetiva, y depende de la experiencia y criterio de los arquitectos. Sin embargo, el Proceso ofrece mecanismos que guían al arquitecto hacia los objetivos correctos como son: que sea fácilmente comprensible, reutilizable y permita cambios y adaptaciones futuras. Por otra parte, la arquitectura y los casos de uso evolucionan en paralelo. Cuando los casos de uso maduran y se analizan con mayor detalle, se descubren nuevos aspectos de la arquitectura que conducen a su refinamiento. Esto, a su vez, conduce a la aparición de nuevos casos de uso. Los arquitectos utilizarán los casos de uso principales del sistema para moldear la “forma” de la arquitectura. La forma definida para el sistema debe ser tal que permita una fácil evolución del mismo, no sirviendo únicamente para su construcción inicial, sino también para futuras generaciones.

– ***El Proceso Unificado es iterativo e incremental.*** Cada una de las fases de las que se compone el proceso se elaboran por iteraciones sucesivas y, dentro de cada iteración, se identifican sucesivas tareas de captura de requisitos, análisis, diseño, implementación y prueba. Cada una de estas iteraciones puede asociarse con un “mini-proyecto” que conduce a un incremento del sistema. La selección de qué debe ser implementado en cada iteración se realiza en base a dos criterios: (1) la iteración debe abordar un grupo de casos de uso que extiendan la utilidad del sistema actual y, (2) la iteración debe abordar primero aquellas partes más riesgosas. Los incrementos pueden ser aditivos, para incluir nuevas funcionalidades en el sistema, o de sustitución, para reemplazar elementos identificados anteriormente, especialmente en las fases más tempranas del ciclo de vida software.

De acuerdo al Proceso Unificado, el desarrollo de un producto se estructura en cuatro fases [40] (ver Figura 2):

***Gestión*** (inception). En esta fase se desarrolla la idea del producto final y se establecen los requisitos que éste debe cumplir.

**Elaboración** (elaboration). En la fase de elaboración se especifican en detalle los casos de uso establecidos en la fase anterior y se diseña la arquitectura del sistema, dando una prioridad especial a los casos de uso más críticos. Al final de esta fase el jefe de proyecto debe realizar la planificación de todas las actividades necesarias para desarrollar el producto y estimar los recursos necesarios para completar el proyecto.

**Construcción** (construction). En esta fase se implementa un sistema conforme con la arquitectura especificada en la fase anterior. Se trata del período del proyecto que, habitualmente, consume mayores esfuerzos. Si bien la arquitectura debe ser estable a estas alturas, los desarrolladores pueden descubrir formas mejores de estructurar el sistema que permitan optimizar su eficiencia y que supongan cambios menores en la arquitectura.

**Transición** (transition). En esta fase se cubre el período durante el cual el producto pasa a una versión beta que es probada por usuarios expertos. El objetivo es detectar errores y deficiencias. Los desarrolladores corregirán los problemas detectados e incorporarán las mejoras sugeridas antes de que el producto se transfiera a la comunidad de usuarios.

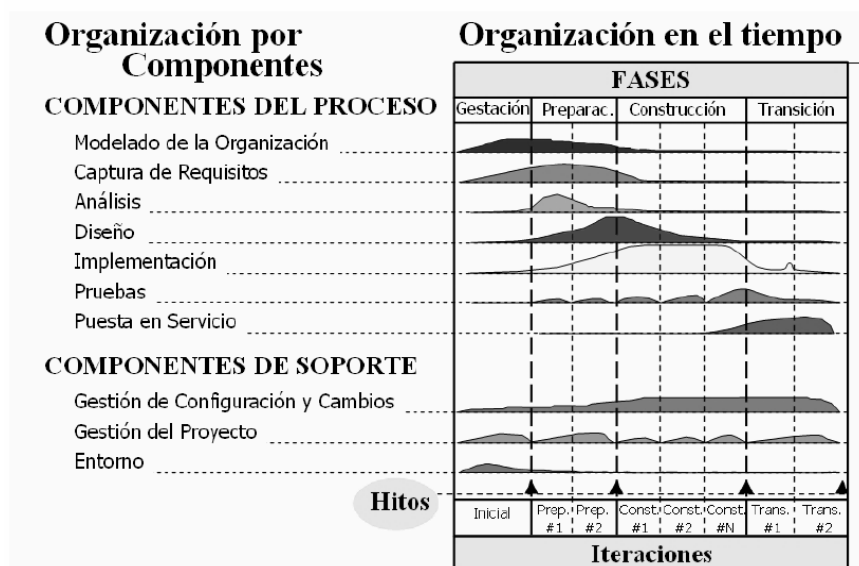


Figura 3-2. Fases del proceso de desarrollo software [66]

Cada una de estas fases se subdivide en un conjunto de iteraciones descritas en el eje vertical de la Figura 3-2. Estas actividades fundamentales se definen en términos de RUP como un conjunto de flujos de trabajo (*workflows*). Existen dos tipos de flujos de trabajo: los del proceso de ingeniería, que se refieren a las actividades relacionadas en forma directa con la obtención del producto y los de soporte, que se refieren a las actividades administrativas del proceso. Estos componentes son:

- **Modelado de la Organización.** Consiste en la identificación y documentación de la estructura y funcionamiento de la organización en la cual operará la aplicación a desarrollar. Su objetivo es brindar un entendimiento a clientes y desarrolladores sobre *cuál es el problema*

de la organización, identificar mejoras potenciales y establecer el impacto que la aplicación a desarrollar tendría sobre la organización.

- **Captura de Requisitos.** Su propósito es obtener la descripción de *para qué sirve el sistema*, y lograr un acuerdo entre el equipo de desarrollo y el cliente en este aspecto.
- **Análisis.** En este componente se define la estructura (clases, paquetes, etc.) y comportamiento del sistema. Su propósito es obtener una descripción de *cómo funciona* el sistema.
- **Diseño.** Mientras que Análisis se ha centrado en establecer la funcionalidad del sistema, el componente de Diseño se enfoca a lograr que esa funcionalidad se haga posible sobre una arquitectura física (computadores, redes, etc.) y un entorno de implementación (sistemas operativos, lenguajes de programación, etc.) dados. Su propósito es obtener una descripción de *cómo se construye* el sistema.
- **Implementación.** Construcción del sistema obteniendo los *archivos* ejecutables, de configuración, librerías, etc.
- **Pruebas.** Se verifican los modelos, prototipos y demás artefactos ejecutables del sistema bajo desarrollo.
- **Puesta en Servicio.** En este componente se realizan las actividades requeridas para poner en funcionamiento el producto en las instalaciones del cliente.

De otro lado, los flujos de trabajo de soporte son:

- **Gestión de configuración y cambios.** Lleva control sobre la evolución iterativa del sistema, registrando las modificaciones de sus partes y las configuraciones que dan lugar a los prototipos operacionales.
- **Gestión del proyecto.** Define los aspectos específicos de un proceso de desarrollo iterativo. Para ello brinda un marco de razonamiento para la gerencia de proyectos intensivos en programación, junto con guías prácticas para la planificación, constitución de equipos de trabajo, ejecución y supervisión de proyectos, y criterios para el manejo de riesgos.
- **Entorno.** Su propósito es establecer la organización del entorno de desarrollo de programación (procesos y herramientas) requerida por el equipo de desarrollo.

### 3.2.7 Una metodología para servicios de aprendizaje electrónico

Una metodología que incluye dentro de RUP las perspectivas de MDA, es la metodología para el diseño de servicios de aprendizaje basados en computador desarrollada por el Grupo de Ingeniería de Sistemas Telemáticos de la Universidad de Vigo[45]. Esta metodología sigue las pautas establecidas por MDA y es basada en el proceso unificado del desarrollo del software UP junto con las recomendaciones dadas por Bass et al. La metodología se presenta en la Figura 3-3. Esta incluye un *Modelo de Referencia* como una etapa inicial del proceso del desarrollo para mejorar la captura de requisitos, y una *Arquitectura de Referencia* que



corresponde a un modelo visible e independiente de la plataforma de la arquitectura final del sistema.

Por medio del Proceso Unificado se identifican un conjunto de iteraciones en el proceso del desarrollo del software: requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas. Este es un proceso iterativo e incremental, centrado en la arquitectura y centrado en los casos del uso. Los diseñadores comienzan capturando los requisitos del cliente en forma de casos de uso que son plasmados en el *Modelo de Casos de Uso*. Las etapas siguientes consisten en analizar y diseñar el sistema para resolver los casos del uso, creándose primero un *Modelo de Análisis*, luego un *Modelo de Diseño* y finalmente un *Modelo de Despliegue*. Las fases finales del desarrollo se modelan a través de un *Modelo de Implementación*. Finalmente, los desarrolladores preparan un *Modelo de Pruebas* que les permita verificar que el sistema provee la funcionalidad descrita en los casos del uso.

La correspondencia con el proceso de desarrollo MDA se encuentra en el *Modelo de Referencia*, *Arquitectura de Referencia* y *Modelo de Diseño* que son respectivamente los modelos CIM, PIM y PSM. La metodología, como en la gran mayoría de las aproximaciones MDA, presta especial atención a la obtención de los modelos independientes de la plataforma (PIMs) y los modelos específicos de la plataforma (PSMs). El PIM corresponde a la arquitectura de la referencia propuesta por Bass, la cual se obtiene de artefactos derivados de RUP (*Modelo de Casos de Uso* y *Modelo de Análisis*). El PSM corresponde a la fase de Diseño RUP subsiguiente. En este nivel es necesaria una transformación entre PIM y PSM. En la metodología no se propone una transformación automática de modelos, sin embargo esta transformación es posible gracias al uso de UML como notación. Esta metodología ha sido extensivamente usada en el diseño de una facilidad de dominio CORBA para sistemas de aprendizaje electrónico como es detallado en [10].

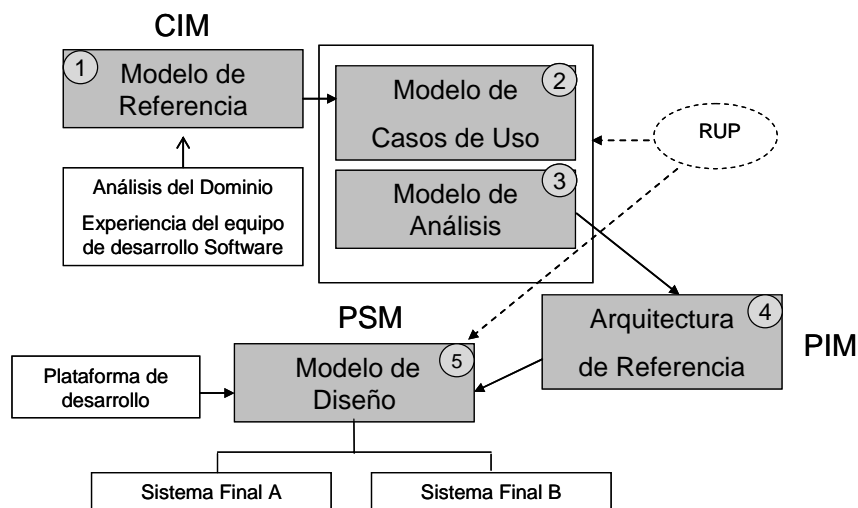


Figura 3-3. Etapas de la Metodología

### 3.3 La aproximación metodológica propuesta

A partir la sección anterior, se encontró que se han propuesto muchas aproximaciones para abordar el diseño de una ISA y que en general, no es fácil establecer una diferenciación precisa entre las tecnologías existentes a la hora de escoger una metodología. Tampoco existe una aproximación específica para cuando se requiere diseñar una arquitectura genérica o de referencia. Es por eso que nuestra aproximación metodológica pretende formalizar el proceso de diseño de las arquitecturas de referencia para Sistemas de Información, especialmente enfocados en el diseño de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública. En general este procedimiento tal como está descrito en este capítulo se puede aplicar al diseño de arquitecturas de referencia para cualquier tipo sistema de información con características de distribución y basado en componentes. Esto debido a que la primera actividad de la metodología, consiste en hacer un análisis de la organización objetivo, su estructura objetivos, alcance y restricciones. Este proceso aplica a cualquier sistema informático que soporte los procesos de una organización aunque los modelos resultantes son dependientes del dominio del sistema de información que se esta diseñando. Debido a esto los modelos resultantes de la metodología propuesta en este capítulo aplican solo a arquitecturas de referencia para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública, aunque como se ha mencionado el proceso de diseño aplicaría a cualquier sistema de información.

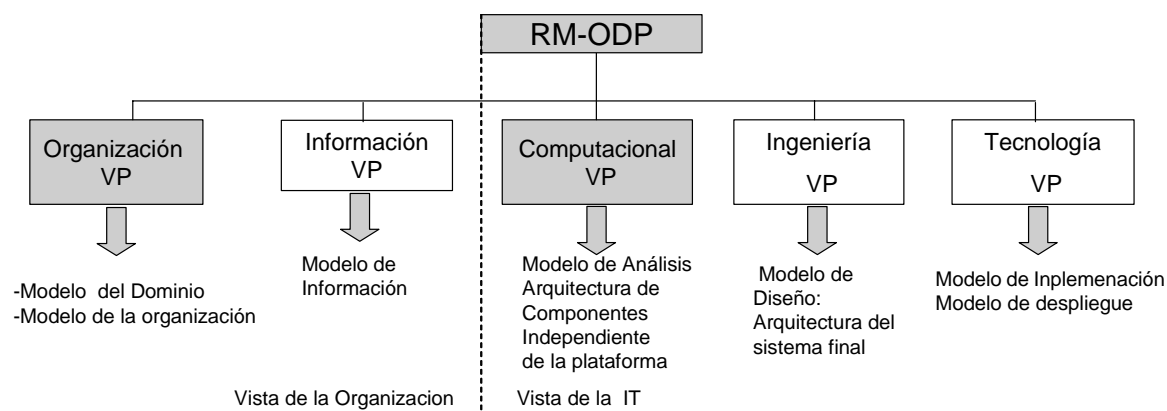
La metodología propuesta es un marco de diseño arquitectónico que utiliza las metodologías, marcos de desarrollo, métodos, modelos, técnicas y herramientas más ampliamente usadas en el dominio de la ingeniería de software. La aproximación propuesta es una aproximación de arriba hacia abajo, iniciando con un nivel de abstracción mas alto de la arquitectura de referencia, hasta llegar a un nivel mas detallado donde se definen cada uno de los componentes de la a arquitectura. Para obtener dichos niveles de abstracción se utilizó básicamente RM-ODP, MDA y RUP.

### **3.3.1 RM-ODP como marco de desarrollo**

Tal como se mencionó anteriormente, una ISA se ocupa principalmente de la representación de los componentes del sistema de información, su estructura, relaciones y principios y directivas, pero manteniendo también en mente el objetivo de soportar los procesos de la organización. Teniendo en cuenta esta consideración, la vista más importante en el diseño de arquitecturas de referencia es la vista de la organización. Esta vista provee claridad del dominio del sistema de información y describe los requisitos desde la perspectiva de la propia organización. Las otras vistas que son muy importantes en una arquitectura de referencia- y *que se derivan de la vista organizacional*- son las vistas de la información y la vista computacional. Las vistas de ingeniería y de la tecnología podrían también abordarse en el diseño de una arquitectura de referencia, pero esto es mucho más complejo porque estas vistas son dependientes de la plataforma de implementación.

Una arquitectura de referencia puede tener diferentes aproximaciones claramente diferenciadas según las vistas del modelo de referencia RM-ODP. Puede ser una arquitectura empresarial muy completa considerando las cinco vistas RM-ODP o una arquitectura más simple considerando sólo alguna de las vistas o combinaciones de ellas. De esta forma RM-ODP es un marco de referencia porque permite, mediante un análisis independiente de las diferentes vistas, definir el alcance de la arquitectura determinando que modelos son los más

importantes para configurar la arquitectura de Sistemas de Información deseada (ver Figura 3-4). La Figura representa los principales modelos que se derivan de cada una de estas vistas.



**Figura 3-4.** RM-ODP en la definición del alcance de la arquitectura

### 3.3.2 Armonizando RM-ODP y MDA.

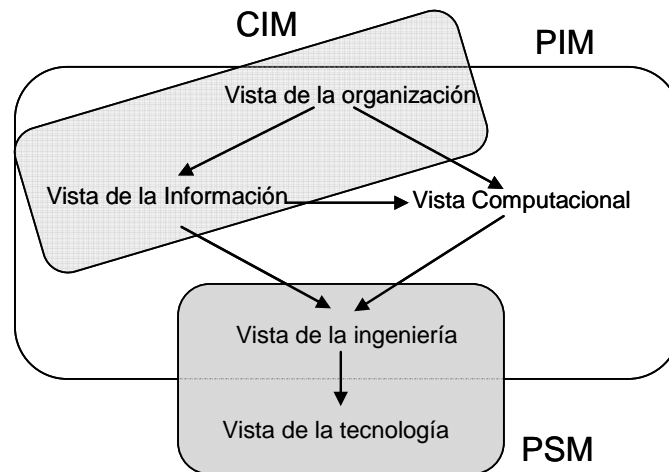
Después de tener claro el propósito y alcance de la arquitectura, es preciso encontrar herramientas metodológicas para su análisis. La separación en modelos de MDA la hacen una muy buena aproximación para articular los modelos resultantes del análisis por vistas de RM-ODP. Sin embargo, es necesario encontrar una correspondencia clara entre el marco conceptual de RM-ODP y MDA.

Existen algunas experiencias y aproximaciones diferentes de usar RM-ODP y MDA de manera conjunta para el análisis y diseño de Sistemas de Información [73] [14] [88]. Tanto RM-ODP como MDA proponen sus propios puntos de vista para modelar un sistema y que como se verá son semánticamente correspondientes. En MDA, las tres perspectivas propuestas son el CIM PIM y PSM.

De las aproximaciones existentes la que tomamos como referencia por su simplicidad es la propuesta por Nagase et al.[88] y además directrices establecidas en la propia guía de MDA [43]. En esta aproximación tanto RM-ODP como MDA juegan un papel importante en el diseño de Sistemas de Información. La Figura 3-5 muestra esta relación. Del análisis de la organización (*Enterprise viewpoint*) se obtiene el modelo de la organización y del análisis de la información se obtiene el modelo de información. Estos dos modelos constituyen el CIM de MDA. Según RM-ODP de los puntos de vista de la información y el empresarial, se obtiene la vista computacional. La vista computacional es el corazón del modelo independiente de la plataforma (PIM) ya que describe la funcionalidad como objetos independientes de la plataforma. Así mismo, de las vistas de información y computacional, se deriva la vista de ingeniería que es una arquitectura de componentes en una plataforma específica. Las vistas de la ingeniería y la tecnología corresponderían a la PSM.

Hay otras aproximaciones que combinan RM-ODP y MDA que son más complejas y necesarias cuando se requiere un análisis más detallado y sistemático de la arquitectura. Un

ejemplo de ello es la aproximación de vistas anidadas propuesta por Kudrass [73], o aproximaciones más concretas en el ámbito de las arquitecturas de los Sistemas de Información en Salud como las propuestas por Blobel [14]. Sin embargo, para el propósito de esta tesis es suficiente con considerar la correspondencia más simple de vistas entre RM-DOP y MDA antes mencionada. Nuestra aproximación presta especial interés en la vista de la empresa para obtener el CIM y la vista computacional para el PIM.



**Figura 3-5.** Relación entre los puntos de vista de RM-ODP y MDA

### 3.3.3 Armonizando MDA y RUP

Al igual que RM-ODP, MDA en si misma no es una metodología. Fue necesario buscar una metodología basada en MDA para obtener los productos propuestos en las vistas anteriores de RM-ODP. La metodología debe soportar el proceso de desarrollo basado en modelos tal como es propuesto por MDA.

Actualmente la mejor opción metodológica es el Proceso Unificado de desarrollo de Rational (*Rational Unified Process RUP*). RUP no incorpora explícitamente el proceso definido por MDA y aunque es en general basado en modelos, no provee el nivel de abstracción para obtener arquitecturas y modelos genéricos que sirvan de referencia para construir sistemas finales. Se requiere un cambio de perspectiva en el proceso de desarrollo para obtener el nivel de abstracción requerido. Esta perspectiva la provee MDA.

Las transformaciones de MDA son comparables con los diferentes modelos descritos en RUP: transformación del *Modelo de la Organización* y el *Modelo de Requerimientos* (CIM) al *Modelo de Análisis* (PIM); del *Modelo de Análisis* (PIM) a el modelo de diseño (PSM) y del *modelo de diseño* (PSM) al *Modelo de Implementación* (Código).

### 3.3.4 Las fases de la metodología

La Figura 3-6 describe las fases de la metodología. Debido a que RUP está orientado a obtener un producto software final y no específicamente una arquitectura de genérica como es el propósito de la metodología que se está buscando, es necesario agregar unos artefactos propios en cada uno de los flujos de trabajo de RUP.

Antes de definir el modelo de la organización, es necesario definir el objetivo y alcance de la arquitectura de referencia. El objetivo de la arquitectura se define de acuerdo a los objetivos del sistema de información que se quiera diseñar. El alcance de la arquitectura se define según los puntos de vista RM-ODP.

El modelo de la organización es el flujo más importante cuando se quieren construir modelos de referencia. Para este flujo se definen tres modelos con sus correspondientes artefactos: Modelo de contexto, Modelo de comportamiento y Modelo conceptual. A continuación se detallan cada una de las fases en la metodología.

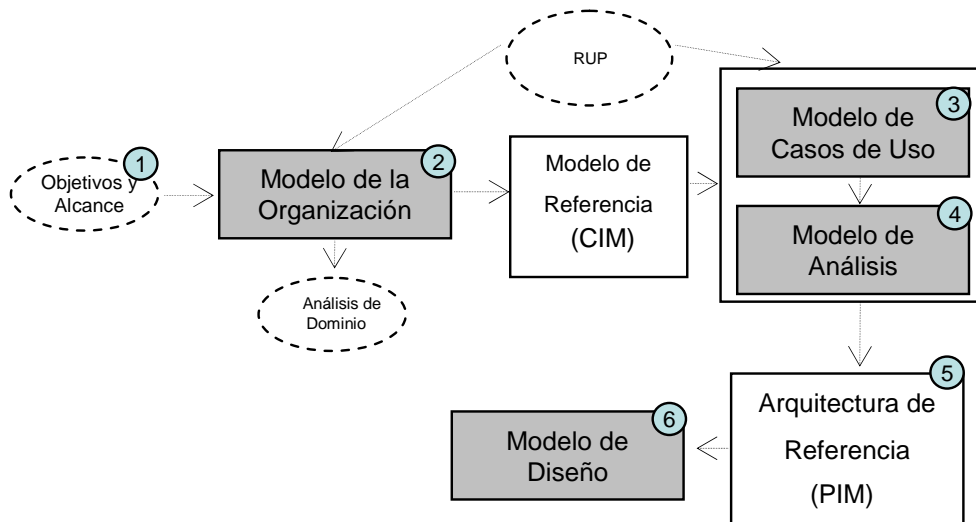


Figura 3-6. Las fases de la nueva metodología propuesta

### 3.3.4.1 Definición del Objetivo y alcance de la arquitectura

Dado que se trata de diseñar una arquitectura y no un sistema de información propiamente dicho, es necesario definir previamente cuáles son los objetivos y alcance de la arquitectura. Después de definir el alcance de la arquitectura es deseable definir el alcance de los Sistemas de Información que se esperan diseñar con dicha arquitectura. Esta fase esta compuesta por tres artefactos.

**Definición del objetivo de la arquitectura.** El objetivo de la arquitectura se define de acuerdo a los objetivos del proyecto software. Por ejemplo: facilitar el diseño de Sistemas de Información complejos, facilitar la interoperabilidad, etc.

**Definición del alcance de la arquitectura.** El alcance de la arquitectura se define según los puntos de vista RM-ODP. Una arquitectura de referencia puede tener diferentes aproximaciones claramente diferenciadas según las vistas del modelo de referencia RM-ODP. Puede ser una arquitectura empresarial muy completa considerando las cinco vistas RM-ODP o una arquitectura más simple considerando sólo la vista de la organización más combinaciones de otras vistas.

**-Definición del alcance del sistema de información.** De acuerdo al objetivo del sistema de información específico que se va a desarrollar, se define su tipo y las características generales. La caracterización de los Sistemas de Información en Salud puede ser soportada con las taxonomías definidas en el Capítulo 2. En la sección 2.4.1 se presenta una clasificación según el tipo de sistema de información en salud, se diferencia entre Sistemas de Información Hospitalarios, Registros Clínicos Electrónicos, Registros electrónicos de pacientes, Sistemas de Información en Salud Pública, etc. Para el caso específico de los Sistemas de Vigilancia, en la sección 2.4.2 se presenta una clasificación de los Sistemas de Vigilancia según el nivel jerárquico en el sistema de salud, el tipo de programa en salud pública, el procedimiento de vigilancia, y el tipo de tecnología de información y comunicaciones. En la sección 2.4.3 se presenta una clasificación de los tipos más comunes de Sistemas de Vigilancia.

### 3.3.4.2 El Modelo de la organización

El modelo de la organización es una de las disciplinas tradicionales de UP y que modela el contexto, ámbito y procesos de la organización que el sistema software soporta. En gran parte de la literatura de referencia [66][40] se consideran como artefactos esenciales de esta disciplina: el *Modelo de Casos de Uso de la Organización* y el *Modelo de Objetos de la Organización*. Sin embargo, estos diagramas sólo representan el comportamiento dinámico (a un alto nivel mediante diagramas de casos de uso de la organización y con mayor detalle mediante diagramas de actividad o de secuencia) y estático (Diagramas de Objetos) de los procesos de la organización. Para el propósito de tener una abstracción más amplia de las organizaciones (requerida para diseñar una arquitectura de referencia) y por el hecho de tener que modelar organizaciones complejas como es el caso de los sistemas de salud; se requiere una visión más completa que considere el contexto del sistema, el dominio del problema y sus conceptos básicos. Para esta aproximación se proponen un par de modelos adicionales (modelo de contexto y modelo conceptual) y sus correspondientes artefactos para abordar el modelo de la organización. La estructura del modelo de la organización propuesta esta inspirada en aproximaciones propuestas por otros autores, especialmente por Amber y Contantine[1], Amber [8] y Eriksson et al [30] pero también en las ideas de la teoría de análisis de sistemas (metodología de Sistemas Suaves) de Checkland [24].

El modelo de la organización está compuesto por 3 modelos:

- **Modelo de contexto.** Es una perspectiva externa del sistema de información que considera la organización y su contexto. Se definen unos procedimientos de análisis particulares para Sistemas de Información en Salud dadas sus características y el desconocimiento de este dominio.
- **Modelo de comportamiento.** Es el modelo tradicional usado para el modelado de la organización. Representa a un alto nivel el comportamiento dinámico (diagramas de casos de uso de la organización) y estático (diagrama de objetos de la organización) de los procesos de la organización.

- **Modelo conceptual.** A menudo llamado modelo de dominio. Representa los principales conceptos del dominio. Está representado mediante dos artefactos: Modelo UML de dominio y el glosario de términos.

A continuación se describen los artefactos para cada uno de los modelos. Se hace especial énfasis en los artefactos del modelo de contexto y cómo pueden ser desarrollados en el caso de un sistema de vigilancia en salud pública.

### 3.3.5 Artefactos del modelo de contexto

El primer paso en la definición del modelo de contexto es definir desde una perspectiva externa, la organización y su contexto. El contexto desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas software se define como el entorno en el que reside el sistema. En UML se proveen los casos de uso como el artefacto para modelar el contexto del sistema, representando todos aquellos actores que quedan fuera del sistema e interactúan con él. Sin embargo, para el propósito del modelo de la organización de un sistema información, es necesaria una descripción más detallada y sistemática del entorno del sistema, dado que se quiere obtener de aquí una arquitectura genérica. En el dominio de aplicación específico que son los Sistemas de Vigilancia, este requerimiento está bien justificado dada la carencia de modelos de referencia bien conocidos para Sistemas de Información para salud pública pues en general cada organización diseña sus propias arquitecturas y modelos de acuerdo a sus necesidades. Los artefactos definidos para obtener el modelo de contexto son:

**-Identificación del contexto de la organización Objetivo.** Una organización es un sistema complejo, generalmente estructurado como una organización jerárquica de departamentos cada uno con sus funciones. Estas organizaciones a su vez están a menudo inmersas en otras organizaciones y los Sistemas de Información a desarrollar soportan muchas veces tan sólo uno o varios departamentos dentro de una gran organización. Identificar la organización objetivo cuando se quiere diseñar una arquitectura genérica (no para una organización en especial) es una tarea compleja. Para obtener esta caracterización es recomendable estudiar las regulaciones y políticas existentes (estructura del sistema de salud en nuestro caso) y la interacción con otras organizaciones.

**-Definición de las unidades organizacionales.** El método tradicional para identificar los principales componentes de la organización (unidades organizacionales) y su contexto, son los organigramas. Un organigrama divide la empresa en un número de departamentos o de secciones (por ejemplo investigación y desarrollo, comercialización, las ventas, producción, etc.). Sin embargo, como lo que se quiere es una descripción genérica de la organización y su contexto, es recomendable soportar la identificación de unidades organizacionales mediante una definición estándar de sus funciones. Para el caso de los Sistemas de Información en Salud, es necesario buscar una definición universalmente aceptada de las funciones de la organización objetivo. En este caso políticas y definiciones dadas por organizaciones internacionales en salud son recomendables: OMS, OPS, Ministerios de salud. Una descripción de las funciones, objetivos y principales actividades de cada unidad organizacional es deseable.

- **Diagrama de objetos UML del contexto.** Finalmente, las unidades organizacionales identificadas son representadas en un diagrama UML de contexto. Una muy buena aproximación son las extensiones para describir los procesos de la organización propuestos por Ericsson et al. [30]. Sin embargo, otra aproximación más sencilla es usar un conjunto de extensiones UML para modelar la organización propuesto en el estándar de UML[63].

### 3.3.6 Artefactos del modelo de comportamiento

El modelo de comportamiento es una descripción más detallada del comportamiento de la organización objetivo, dejando a un lado el contexto del sistema.

**Modelo de casos de uso de la organización.** Describe el comportamiento dinámico de la organización objetivo, representada en sus funciones principales. El Modelo de Casos de Uso de la Organización consiste en un conjunto de diagramas de casos de uso construidos con estereotipos de UML para el modelado de la organización propuestos en Eriksson et al [30]. Se obtiene a partir de la experiencia en dominio, entrevistas con actores del sistema, pero principalmente de una revisión de funcionalidades, según la literatura de referencia en Sistemas de Vigilancia en Salud Pública. Esta última aproximación es la más importante dado que se está construyendo un modelo genérico para la organización objetivo.

**El Modelo de Objetos de la Organización.** Es un modelo más detallado del comportamiento estático de la organización. Consiste en un conjunto de diagramas de objetos que abstrae las principales entidades de la organización objetivo y las relaciones entre ellos. Se desarrollan para cada uno los casos de uso de la organización y se representan mediante los estereotipos para la organización definidos en Eriksson et al [30].

### 3.3.7 Artefactos del modelo conceptual

**Modelo de Dominio.** Es un diagrama de clases de alto nivel (llamado también modelo conceptual) que modela las principales entidades de la organización y las relaciones entre ellas. Este modelo representa lo que formalmente se conocería como el modelo de referencia para el sistema de información.

**Glosario de términos.** Es igual que el tradicional glosario de términos desarrollado en la fase de análisis de requisitos. Se obtiene a partir de las entidades definidas en el modelo de objetos de la organización. Es importante buscar vocabularios y definiciones reconocidas en el dominio.

#### 3.3.7.1 El Modelo de casos de uso

Los casos de uso proporcionan una forma sistemática e intuitiva de capturar los requisitos de los usuarios del sistema. Mediante la utilización de casos de uso, los analistas se ven forzados a pensar en términos de cuáles son los usuarios del sistema y qué acciones debe realizar el sistema para cada uno de ellos. En el Proceso Unificado, los casos de uso se utilizan como guía para el resto del proceso: el análisis, el diseño, la implementación y las pruebas. Los casos de uso, por ejemplo, proporcionan una herramienta muy importante a la hora de encontrar y especificar las pruebas, las iteraciones del proceso de desarrollo y el proceso de



integración del sistema. Para cada iteración los casos de uso dirigen el proceso a través de la captura de requisitos, el análisis, el diseño y la implementación. Para la captura de casos de uso se han seguido las directrices marcadas por el Proceso Unificado:

***Identificación de los actores involucrados.*** Se identifican los usuarios del sistema.

***Identificación de los casos de uso.*** Se desarrolla con base en el *Modelo de la Organización* definido en la etapa anterior. Este modelo provee las principales funcionalidades que deben ser soportadas por los actores identificados en la etapa anterior. La captura de casos de uso se ha realizado de forma incremental buscando funcionalidades genéricas que cada uno de los elementos del *Modelo de la Organización* podía ofrecer para cada uno de los actores. Un análisis de las propiedades genéricas de Sistemas de Información existentes, estándares y recomendaciones de diseño es necesario, de la misma forma como se elaboró para la fase de modelado de la organización.

***Breve descripción informal de los casos de uso.*** A medida que se identifican casos de uso se realiza una breve descripción textual que explica la funcionalidad que se pretende capturar.

***Descripción detallada de los casos de uso.*** Una descripción más formal de los casos de uso incluye sus condiciones de activación, posibles prerequisites, descripción de la secuencia de acciones que debe realizar el sistema, variaciones posibles, relaciones con otros casos de uso, etc.

### **3.3.7.2 El Modelo de análisis**

El modelo de análisis permitirá dilucidar los aspectos estructurales y dinámicos internos del sistema. La estructura del sistema es modelada mediante diagramas de clases. Por su parte el comportamiento dinámico es caracterizado mediante diagramas de colaboración o de actividad. Como resultado de la etapa de análisis se dispone de una estructura estable de alto nivel del sistema que servirá como punto de partida para el modelo de diseño. De este modo es posible afrontar el diseño del sistema de una manera más sencilla al disponer de un conocimiento más detallado del mismo, aunque fundamentalmente conceptual. La estructura obtenida en la etapa de análisis deberá ser preservada en lo posible durante la etapa de diseño. Con ello se conseguirá un sistema más fácil de mantener y más adaptable a los cambios de requisitos que se puedan producir en el futuro. En definitiva, el resultado del modelo de análisis es una estructura del sistema que satisface los requisitos planteados por los usuarios y que, al mismo tiempo, es independiente del entorno de implementación concreto que finalmente se utilice. Para el modelo de análisis, la metodología sugiere los siguientes artefactos:

***Identificación de las clases de análisis.*** Las clases de análisis son siempre de uno de los tres tipos siguientes: Clase Frontera, Clase Control y Clase Entidad.

***Realización de casos de uso.*** Una realización de un caso de uso es una colaboración que describe cómo se implementa dicho caso de uso en términos de clases de análisis y las interacciones que se producen entre las instancias de estas clases (objetos de análisis). La secuencia de acciones para la realización de un caso de uso comienza cuando un actor invoca

el caso de uso mediante el envío de un mensaje a una clase frontera. A partir de ese momento comienza el intercambio de un conjunto de mensajes entre clases de análisis que finalmente permite realizar la funcionalidad especificada por el caso de uso.

***Paquetes de análisis.*** Los artefactos del modelo de análisis se agrupan en paquetes de análisis. Estos paquetes normalmente surgen a partir del estudio del dominio del problema y deberían ser reconocibles por sus expertos. Los paquetes de análisis permiten dividir el modelo en piezas más manejables, deben estar fuertemente cohesionados y tener dependencias débiles entre ellos. La identificación de los paquetes de análisis surge al comienzo de la fase de elaboración, cuando se aborda el análisis de los requisitos capturados mediante los casos de uso. Los criterios utilizados para derivar los paquetes de análisis pueden ser: separación de responsabilidades entre equipos de análisis distintos, posiblemente con conocimientos diferentes; división de los requisitos funcionales en grupos o por actores; y conocimiento del dominio del problema

***Paquetes de servicios.*** Los paquetes de servicios agrupan aquellas clases de análisis que ofrecen servicios básicos con un alto nivel de cohesión entre ellos. Representan un conjunto de acciones relacionadas que aparecen en la realización de varios casos de uso. Cada paquete de servicios es indivisible, en el sentido de que se proporcionará de forma completa o no se hará en absoluto. Los paquetes de servicios están orientados para ser utilizados en la construcción de sistemas software finales, los cuales a su vez ofrecen la funcionalidad requerida por sus usuarios (actores del modelo de casos de uso). Los criterios utilizados para la definición de los paquetes de servicios se resumen en los puntos que se enumeran a continuación:

- Únicamente se han incluido dentro de los paquetes de servicios aquellas clases de análisis que ofrezcan servicios básicos y que puedan ser reutilizadas en cualquier sistema de información para el que se diseña la arquitectura.
- Se agrupan clases de análisis en paquetes de forma que sea posible la construcción de sistemas finales de forma incremental, mediante la adición sucesiva de nuevas funcionalidades (paquetes de servicios junto con su envoltura asociada).
- Se incluirán dentro de un mismo paquete de servicios aquellas clases de análisis que tiendan a cambiar de forma conjunta.
- Se ha procurado agrupar en paquetes de servicios aquellas clases que encapsulan y manejan modelos de información similares.

A partir de los paquetes de servicios identificados se define una arquitectura de referencia. Esta arquitectura de referencia sirve como marco para el desarrollo de servicios software que faciliten y aceleren el proceso de desarrollo de este tipo de sistemas finales. Dado que los elementos de la Arquitectura de Referencia son los paquetes de servicios identificados, ésta es fundamentalmente conceptual e independiente de la implementación (PIM). Según al modelo RM-ODP este proceso incluye las vistas de la información y computacional.

### **3.3.7.3 El Modelo de diseño**

El modelo de análisis, presentado en la sección anterior, ofrece una estructura estable de alto nivel del sistema. A partir del análisis de los casos de uso y de la elaboración de los

correspondientes diagramas de clases de análisis y colaboración, es posible adquirir un conocimiento detallado de los elementos y conceptos que conforman un sistema de información, de acuerdo con el modelo de referencia definido inicialmente.

Desde el punto de vista de RM-ODP este modelo corresponde a las vistas de la ingeniería y la tecnología. La vista de la ingeniería es la definición de una plataforma de mediación (*middleware*) por ejemplo servicios web, componentes distribuidos, CORBA, etc. La vista de la tecnología corresponde a la tecnología específica, hardware, software y comunicaciones que permita la implantación del sistema de información. El diseño se realiza fundamentalmente como un proceso UP en sus fases de elaboración y el principio de la fase de construcción. Los artefactos no son descritos porque son los mismos utilizados en un proceso de desarrollo UP como el de Rational. En el Capítulo 5 se desarrollaran estos artefactos cuando se presente el sistema que valida la arquitectura.

Al final de la etapa de diseño se dispondrá de un modelo que contendrá una arquitectura Software. Esta arquitectura software es muy dependiente del sistema de información y dado que el objetivo de nuestro trabajo es diseñar una arquitectura de referencia independiente de la plataforma, esta etapa no hace parte de nuestra arquitectura. Sin embargo, se mantiene como parte del diseño de la arquitectura de referencia porque de las particularidades del sistema de información (arquitectura software) pueden obtenerse recomendaciones para construir sistemas de características similares (hardware, software y comunicaciones) y ser generalizados a través de componentes reutilizables, frameworks de implementación y patrones de diseño software. Esta línea está fuera del alcance de esta tesis pero constituye una línea de investigación para complementar la metodología de diseño.

### 3.4 Conclusiones

En este capítulo se describe una aproximación formal para el diseño de arquitecturas genérica para Sistemas de Información en Salud. El diseño de la metodología se hizo de manera rigurosa, a través de la definición de un marco de desarrollo (RM-ODP), un proceso de desarrollo (MDA) y una guía metodológica formal (RUP).

La utilización de RM-ODP es importante porque permite diferenciar los diferentes niveles y el alcance de la metodología. Con relación a la aproximación metodológica de usar MDA y RUP, se concluye que MDA proporciona el nivel de la abstracción requerido por RUP al modelar las arquitecturas del sistema de información (ISA). A su vez RUP provee el nivel mas bajo de detalle especificando los artefactos UML y otros adicionales para especificar los componentes de la arquitectura.

La metodología propuesta permite obtener paquetes de servicios a través de un análisis detallado de la organización. Este análisis de la organización es adaptado de otras aproximaciones en la literatura y consta básicamente de un modelado del contexto, un análisis del comportamiento dinámico y estático y un análisis conceptual del dominio del sistema. En los capítulos 4 y 5 se utiliza la metodología propuesta, en el diseño de una arquitectura de referencia para Sistemas de Información para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.



# **Capítulo 4: La arquitectura genérica para los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública: El modelo de Referencia**

## **4.1 Introducción**

La idea de diseñar una arquitectura genérica para Sistemas de Vigilancia en zonas rurales en países de desarrollo, surgió de la necesidad de implementar Sistemas de Información con características similares en diferentes países latinoamericanos donde se ejecuta el programa EHAS. El objetivo era disminuir el tiempo de diseño de Sistemas de Información finales mediante la reutilización de los componentes de la arquitectura.

Se buscaron arquitecturas de referencia en el ámbito de Sistemas de Información en Salud pública, pero no se encontraron trabajos específicos en este nivel. Existen algunas arquitecturas en salud que han derivado en estándares internacionales como HL7 v3, el proyecto Open Electronic Health Records [64] y el estándar EN 13606 Electronic Health record Communication[29]. Sin embargo estas arquitecturas están centradas principalmente en Sistemas de Información Hospitalarios y en los registros clínicos electrónicos. Existen actualmente algunos esfuerzos de estandarización y propuestas de modelos de referencia para salud pública, principalmente en EE UU [21], pero están enfocados específicamente al nivel de la información. No existe ninguna aproximación que pretenda desarrollar una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud pública. Debido a esto se desarrolla la arquitectura de referencia para Sistemas de Vigilancia utilizando la metodología descrita en el capítulo anterior.

El primer paso en el diseño de la arquitectura de referencia es definir su alcance. Como se demostró en el capítulo anterior RM-ODP define dicho alcance. Las vistas de la organización, información y computación son la base de una arquitectura de referencia independiente de la plataforma. Las vistas de la ingeniería y la tecnología proveen la arquitectura específica de la plataforma. La arquitectura de referencia desarrollada en esta tesis es una arquitectura de referencia independiente de la plataforma por lo tanto abarca de manera genérica las vistas de la organización, información y computación. Para la vista de la organización se hace un análisis de alto nivel de los procesos de la organización en cualquier sistema de vigilancia en Salud pública de acuerdo a las definiciones del dominio y a las funcionalidades de estos sistemas proveído por organismos de estandarización en el área de la salud pública definidos en el capítulo 2 (OMS, OPS, CDC). Las vistas de la información y la computación sin embargo por ser descripciones del sistema software son dependientes de la el entorno sobre el

cual se va a desarrollar el sistema de información. Esto es, la estructura de la organización objetivo, los Sistemas de Información existentes, la estructura de la información, el flujo de información y los actores involucrados. En consecuencia, las vistas de la información y la computación tienen que ser diseñadas para una organización en concreto sobre la cual se va a desarrollar el sistema. Las vistas de la ingeniería y la tecnología proveen una descripción de la arquitectura mucho más específica dependiendo de la plataforma sobre la cual se desarrolla el sistema. Así las cosas separamos la descripción de la arquitectura en una descripción genérica de los procesos de la organización (Vista organizacional), una descripción menos genérica limitada a los Sistemas de Vigilancia de alertas tempranas según el sistema de salud colombiano (vistas de la organización y la computación) y una descripción arquitectónica específica de la plataforma de aplicación que corresponde a la implementación de la arquitectura independiente de la plataforma construida según la arquitectura de componentes de Java (Java Enterprise Edition J2EE ) y la implementación en Java y XML (Extensible Markup Language) que corresponde a las vistas de la ingeniería y la tecnología.

Debido a su mayor extensión, nivel de generalización y complejidad, en este capítulo sólo se describe la vista de la organización de la arquitectura de referencia. En el Capítulo 5 se describen las vistas de la información y la computación derivadas de la vista de la organización y una descripción general de las vistas de la ingeniería y la tecnología. En el anexo A se describen en detalle estas dos últimas vistas, a través de la descripción de los modelos UML del sistema de información para vigilancia epidemiológica finalmente desarrollado.

## **4.2 El Objetivo y alcance de la arquitectura**

### **4.2.1 El objetivo de la Arquitectura**

El objetivo de la arquitectura genérica es servir de referencia para el diseño de Sistemas de Vigilancia en zonas rurales en países de desarrollo. Este requerimiento surgió de la necesidad de implementar Sistemas de Información con características similares en diferentes países latinoamericanos donde se ejecuta el programa EHAS. El objetivo era disminuir el tiempo de diseño de Sistemas de Información finales mediante la reutilización de los componentes de la arquitectura.

### **4.2.2 El alcance de la Arquitectura**

La arquitectura de referencia desarrollada en esta tesis es una arquitectura de referencia independiente de la plataforma por lo tanto abarca de manera genérica las vistas de la organización, información y computación. Para la vista de la organización se hace un análisis de alto nivel de los procesos de la organización en cualquier sistema de vigilancia en Salud pública de acuerdo a las definiciones del dominio y a las funcionalidades de estos sistemas proveído por organismos de estandarización en el área de la salud pública definidos en el capítulo 2 (OMS, OPS, CDC). Las vistas de la información y la computación sin embargo por ser descripciones del sistema software son dependientes de la el entorno sobre el cual se va a desarrollar el sistema de información. Esto es, la estructura de la organización objetivo, los Sistemas de Información existentes, la estructura de la información, el flujo de información y los actores involucrados. En consecuencia, las vistas de la información y la computación

tienen que ser diseñadas para una organización en concreto sobre la cual se va a desarrollar el sistema. Las vistas de la ingeniería y la tecnología proveen una descripción de la arquitectura mucho más específica dependiendo de la plataforma sobre la cual se desarrolla el sistema. Así las cosas separamos la descripción de la arquitectura en una descripción genérica de los procesos de la organización (Vista organizacional), una descripción menos genérica limitada a los Sistemas de Vigilancia de alertas tempranas según el sistema de salud colombiano (vistas de la organización y la computación) y una descripción arquitectónica específica de la plataforma de aplicación que corresponde a la implementación de la arquitectura independiente de la plataforma construida según la arquitectura de componentes de Java (Java Enterprise Edition J2EE ) y la implementación en Java y XML (Extensible Markup Language) que corresponde a las vistas de la ingeniería y la tecnología.

### 4.2.3 El alcance del Sistema de Información

La arquitectura genérica no solo puede ser reutilizada para el diseño de *Sistemas de Vigilancia en zonas rurales en países de desarrollo*; si no para *Sistemas de Vigilancia en Salud Pública en general*. Esta ampliación del dominio del problema se justifica dado que, para obtener una arquitectura genérica para Sistemas de Vigilancia en países en desarrollo, fue necesario estudiar en detalle el contexto de estos sistemas. También se justifica por el nivel de detalle de la caracterización de los Sistemas de Vigilancia que se logró en el Capítulo 2 de esta tesis.

## 4.3 El modelo de Contexto

### 4.3.1 Identificación de la Organización Objetivo

La organización objetivo de la arquitectura son las *divisiones o áreas de Vigilancia en Salud Pública* y el contexto son las **organizaciones, direcciones u oficinas** de Salud pública en los diferentes niveles del sistema de salud: local, regional, nacional e internacional a las que pertenecen dichas *divisiones o áreas de Vigilancia en Salud Pública*.

En el caso de Colombia, a nivel local la organización objetivo son las oficinas de vigilancia en salud pública de las Direcciones Locales de Salud (DLS). Las DLS son organizaciones de salud del orden municipal que dependen administrativa y financieramente de la Alcaldía y que tienen a su cargo la vigilancia en salud pública de su territorio. A nivel regional las organizaciones objetivo son las divisiones de salud pública en las Direcciones Departamentales de Salud (DDS) ó las Secretarías Departamentales de Salud (SDS). Las DDS y SDS son organizaciones de salud del orden departamental o distrital que depende administrativa y financieramente de la gobernación o del distrito y deben consolidar la información recibida de las diferentes DLS de su territorio. A nivel Nacional la organización objetivo es la Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud (INS). El INS es la institución encargada de la planeación, desarrollo y coordinación de los Sistemas de Información en Salud y vigilancia epidemiológica, en coordinación con el Ministerio de la Protección Social, las entidades territoriales y demás órganos del sistema de salud en Colombia. Finalmente a nivel internacional, la organización objetivo es la división de Prevención y control de enfermedades de la Organización Panamericana de Salud (OPS).

### 4.3.2 Descomposición del contexto en unidades organizacionales

Para identificar las funcionalidades de la organización en el contexto: los Sistemas de Salud Pública y la organización objetivo: áreas de vigilancia en salud pública; utilizamos las Funciones esenciales de la Salud Pública- EPHFs definidas por la OMS y su oficina regional para el Pacífico del Este[81] [81]. También se usó como referencia otras funciones definidas por el CDC y otras por la Organización Panamericana de Salud (PAHO). Las EPHFs se establecieron con el objetivo de servir como referencia para la evaluación y mejora los sistemas de salud de otros países, además de servir como un instrumento para identificar sus principales componentes. Las funciones básicas identificadas son:

1. Vigilancia Epidemiológica y Prevención y Control de enfermedades.
2. Monitoreo y análisis de la situación en Salud.
3. Promoción en Salud: participación social y mejoramiento.
4. Desarrollo de políticas y planeación en Salud Pública.
5. Regulación y protección de la Salud Pública.
6. Gestión estratégica de servicios y sistemas de Salud.
7. Aseguramiento de la calidad de servicios de salud
8. Desarrollo y planeación de recursos humanos en Salud Pública.
9. Investigación, desarrollo e implementación en salud Pública.

De acuerdo a nuestro conocimiento de las estructuras organizacionales de los sistemas de salud a nivel regional en Colombia y Perú, y con base en las 9 funciones básicas, se identificaron 6 unidades organizacionales (áreas) tal como se representa en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1.** Unidades Organizacionales.

Unidades Organizacionales	Funciones	Objetivos	Actividades
Área de Vigilancia en Salud Pública	Vigilancia Epidemiológica.	Obtener una medida, de los eventos de carácter epidemiológico en una población	Vigilancia de brotes epidemiológicos y de patrones de enfermedades. Reporte de heridas y exposición a agentes ambientales. Acceso a información y servicios de soporte externos. Estudios epidemiológicos de los eventos anteriores y sus riesgos.
	Monitoreo y análisis de la situación en Salud	Obtener una medida, monitoreo y análisis de los cambios en el estado de la salud en general.	Análisis de las tendencias en variables sociodemográficas, factores de riesgo, morbilidad, mortalidad, acceso y cobertura de los servicios de salud Evaluación continua del estado de la salud y de las necesidades en general. Identificación de amenazas potenciales en salud. Desarrollo y distribución de perfiles de salud y el desarrollo y uso de tecnología para la gestión. Análisis, control de calidad y

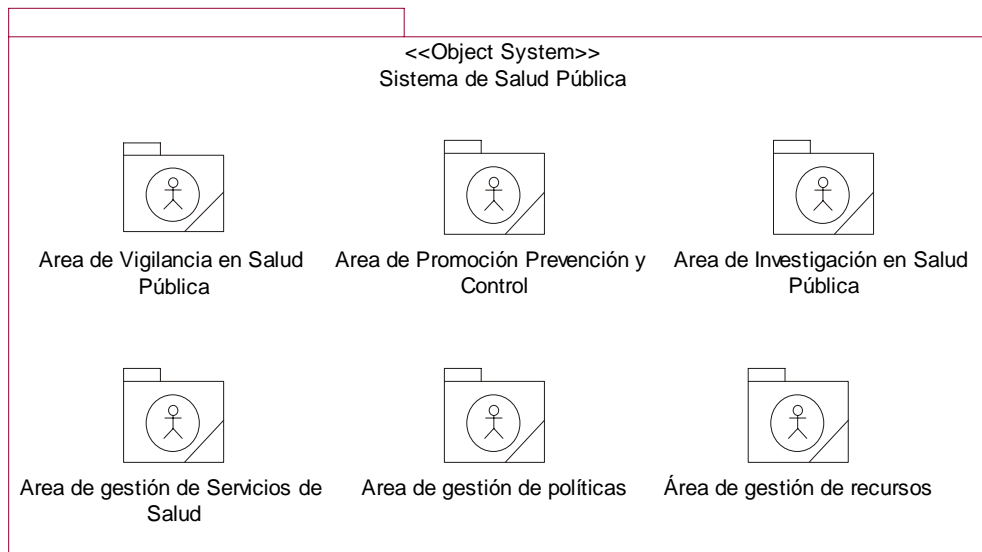


			comunicación de información así como la integración a otros Sistemas de Información en Salud y de diferentes sectores de interés.
Área de Programas de Promoción, prevención y Control	Prevención y Control de enfermedades	Velar por la salud pública y reducción de las enfermedades.	Búsqueda de casos, diagnóstico y tratamiento de enfermedades de importancia en salud pública. Respuesta rápida para el control de brotes epidemiológicos y cualquier otro riesgo o problema de salud Implantación de mecanismos para mantener una mejora continua de los Sistemas de Vigilancia epidemiológica y de prevención y control de enfermedades
	Promoción en Salud, participación social y mejoramiento	Contribuir a la mejora de la capacidad y disminución de su vulnerabilidad a enfrentar riesgos y daños en su salud.	Establecer alianzas y políticas dentro de la comunidad. Capacitar a la población para que cambien sus estilos de vida y promuevan a la vez el cambio en sus comunidades mejorando sus hábitos sanitarios. Hacer uso de medios de comunicación y de publicidad y permitir a la comunidad acceso a la información en salud (perfiles de salud, programas, etc.)
Área de gestión de políticas en salud pública	Desarrollo de políticas y planeación en Salud Pública	Guiar, promover y proteger la práctica de la salud Pública.	Revisión, actualización e implementación de marcos regulatorios y políticas de forma continua y sistemática, acorde con la situación de salud y los resultados de las evaluaciones de necesidades.  Seguimiento de indicadores de salud medibles.
	Regulación y protección de la Salud Pública	Contribuir al desarrollo y cumplimiento de las leyes existentes para mejorar el sistema de salud.	Revisión, desarrollo y actualización de las leyes Aseguramiento de la ejecución de las leyes. Evaluación de cumplimiento y promoción del desarrollo de la capacidad de regular y ejecutar.
Área de gestión de Servicios de Salud	Gestión estratégica de servicios y sistemas de Salud.	La resolución y reducción de inequidades, prestando especial atención a los grupos más vulnerables.	Promoción y evaluación de la efectividad de accesos de la población a los servicios de salud. Gestión de recursos, capacidad de liderazgo y comunicación efectiva. Uso de tecnología, seguridad, efectividad y costos adecuados y preparar el sistema de salud para atención de emergencias y desastres y otros servicios prioritarios.
	Aseguramiento de la calidad	Asegurar la calidad de los servicios de salud tanto	Definir estándares y modelos de evaluación Identificar instrumentos de medida de calidad válidos y confiables

		personales como en la población.	Monitorear y asegurar la mejora constante de la calidad.
Área de gestión de recursos (incluye además de los humanos, los físicos, organizacionales, de información)	Desarrollo y planeación de recursos humanos en Salud Pública	Mantener y Formar un grupo de personas que contribuyan a la mejora de los sistemas de salud.	<p>Ejecutar, evaluar y mantener un inventario de los recursos humanos disponibles que incluya sus habilidades y distribución.</p> <p>Plantear las necesidades de talento humano en términos de cantidad y calidad.</p> <p>Asegurar que los trabajadores estén formados y entrenados para cumplir sus labores.</p> <p>Soportar programas de capacitación; promover la educación continuada.</p> <p>Monitorear y evaluar los programas de capacitación y entrenamiento.</p>
Área de Investigación en Salud pública	Investigación, desarrollo e implementación en salud Pública	El objetivo de esta función es desarrollar formas innovativas de mejorar la salud de las comunidades velando por la ética en la investigación ejecutada.	<p>Desarrollo de una agenda de investigación en Salud Pública.</p> <p>Identificación de fuentes de financiación y cooperación.</p> <p>Diseminación de los resultados de la investigación.</p> <p>Promover la participación de los trabajadores del sistema de salud en todos los niveles en los proyectos de investigación.</p> <p>Desarrollar programas innovativos para los problemas que el propio sistema hubiese identificado.</p>

### 4.3.3 El diagrama de contexto

En un diagrama de objetos UML (ver Figura 4-1 ) se resume gráficamente las principales unidades organizacionales del contexto de la organización objetivo y sus relaciones. Se representa mediante el perfil UML para la organización propuesto en el estándar de UML [63]



**Figura 4-1.** Modelo de Objetos UML representando el contexto de la organización objetivo

La organización objetivo en este modelo es el área de vigilancia en salud pública cuya función principal es “la vigilancia epidemiológica y el monitoreo y análisis de la situación en Salud de la población”. Esta organización está dentro de una organización más grande que es el Sistema de Salud Pública, e interactúa con otras unidades organizacionales dentro de este sistema: El área de promoción, prevención y control, el área de gestión de servicios de salud, el área de gestión de políticas, el área de investigación en salud pública y el área de gestión de recursos. Este diagrama provee claridad acerca del alcance de la organización objetivo, con el fin de diferenciar sus funciones de las de otras unidades organizacionales en el contexto. La descripción detallada de cada uno de los componentes del diagrama se encuentra en la Tabla 4-1.

## 4.4 El modelo de comportamiento

### 4.4.1 El Modelo de Casos de uso de la organización.

El modelo de contexto anterior da una visión externa de la organización objetivo y su contexto, así como también provee claridad semántica del dominio. Para describir el comportamiento de la organización se usan los casos de uso de la organización. Estos casos de uso son importantes porque son el primer contrato global para empezar a definir la arquitectura del sistema. Para obtener el Modelo de Casos de Uso de la Organización se utilizaron las funciones del Sistema de Salud Pública identificadas para el modelo de contexto.

Los elementos del contexto (actores de la organización) fueron identificados de las unidades organizacionales del diagrama de contexto. El comportamiento de la organización (casos de uso) fue identificado del diagrama de contexto y de las funciones básicas de la organización objetivo. Se produce así un enlace natural entre el modelo de contexto y el modelo de comportamiento de la organización (casos de uso de la organización).

#### 4.4.1.1 Identificación de los actores de la organización

La Tabla 4-2 muestra las unidades organizacionales identificadas en el contexto del área de Vigilancia en Salud Pública (Organización objetivo). Cada unidad organizacional corresponde a un actor externo que hace uso de las funcionalidades de la organización objetivo. El *área de gestión de recursos* no se considera un actor de la organización porque no utiliza las funcionalidades del *área de Vigilancia en Salud Pública*. El Área de Vigilancia en Salud Pública interactúa con la Comunidad para cumplir sus funciones de vigilar el estado de la salud de la población.

**Tabla 4-2.** Actores de la organización

Unidades Organizacionales	Actores
Área de Vigilancia en Salud Pública	Comunidad
Área de Programas de Promoción, prevención y Control	X
Área de gestión de políticas en salud pública	X
Área de gestión de Servicios de Salud	X
Área de gestión de recursos	
Área de Investigación en Salud pública	X

#### 4.4.1.2 Identificación de casos de uso de la organización

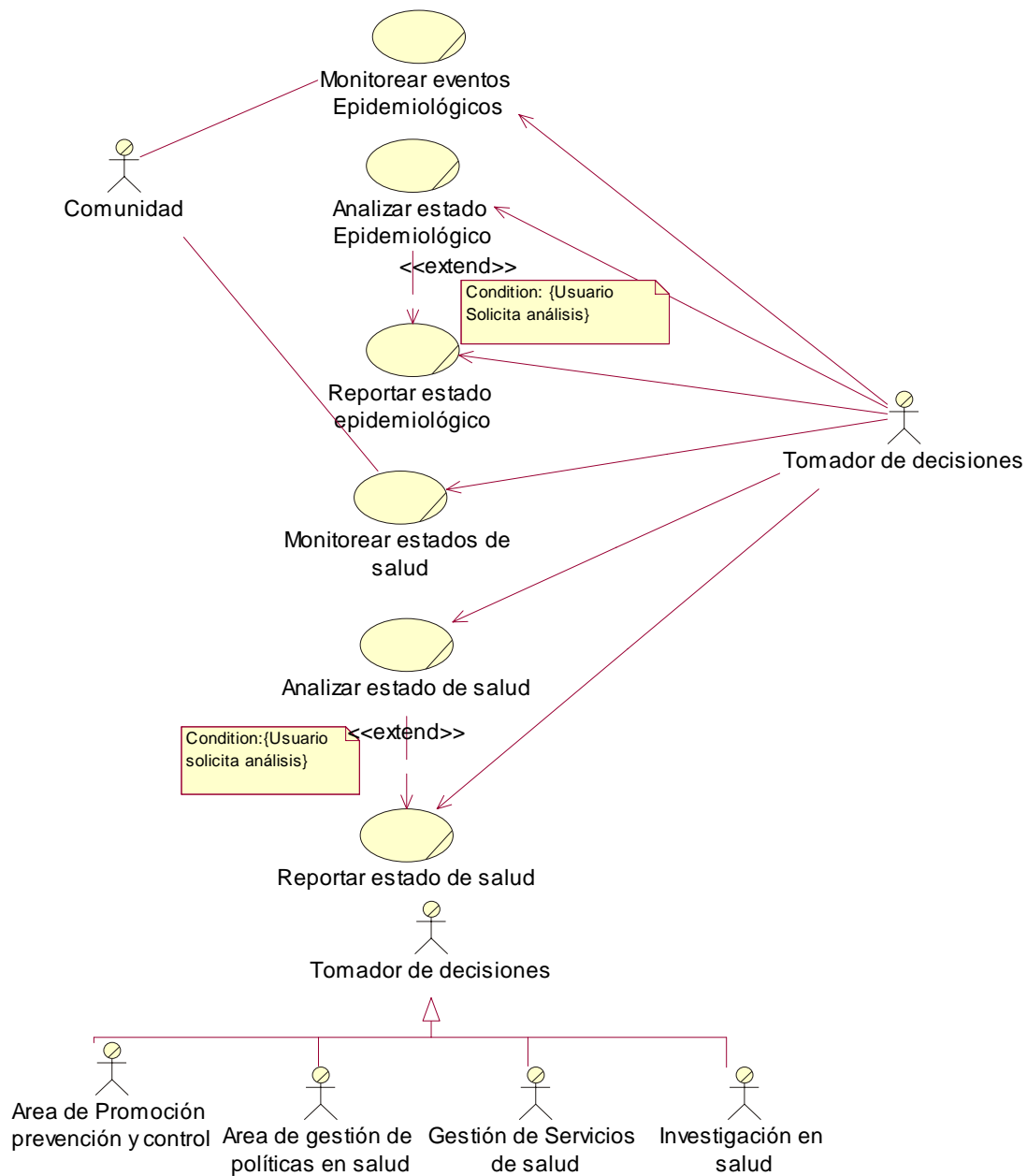
Los casos de uso son identificados de dos formas 1) de un análisis de las funciones del área de Vigilancia en Salud Pública y 2) de un análisis de las funcionalidades requeridas por otras unidades organizacionales del contexto (actores de la organización). Esta información es obtenida de las funciones básicas de la Tabla 4-1. La Tabla 4-3 detalla la relación entre las unidades organizacionales y los casos de uso identificados. La Figura 4-2 muestra el diagrama de casos de uso. Una descripción detallada de cada caso de uso se presenta en la siguiente etapa: el modelo de objetos de la organización.

**Tabla 4-3.** Unidades organizacionales y Casos de Uso.

Unidades Organizacionales	Funciones	Casos de Uso
Área de Vigilancia en Salud Pública	Vigilancia Epidemiológica	Monitorear eventos Epidemiológicos
		Analizar estado epidemiológico
	Monitoreo y análisis de la situación en Salud.	Monitorear estado de salud
		Analizar del estado de salud
Área de Programas de Promoción, prevención y Control	Prevención y Control de enfermedades	Reportar estado epidemiológico de la población Reportar estado de salud de la población
	Promoción en Salud, participación social y	

	mejoramiento	
Área de gestión de políticas en salud pública	Desarrollo de políticas y planeación en Salud Pública	
	Regulación y protección de la Salud Pública	
Área de gestión de Servicios de Salud	Gestión estratégica de servicios y sistemas de Salud.	
	Aseguramiento de la calidad	
Área de Investigación en Salud pública	Investigación, desarrollo e implementación en salud Pública.	

Un tomador de decisiones puede ser: un actor del área de prevención y control, un actor del área de gestión de políticas en salud pública, un actor del área de gestión de servicios de salud o un actor del área de investigación en salud pública.



**Figura 4-2.** Casos de Uso de la organización

**Caso de uso: Monitorear de eventos epidemiológicos**

El objetivo de este caso de uso es capturar información relacionada con la aparición de eventos de carácter epidemiológico, factores de riesgo y determinantes de enfermedades. Esta es la función principal de un sistema de vigilancia en salud pública. Este caso de uso es iniciado a menudo por un actor de la comunidad (paciente, ciudadano, animal) que es susceptible a sufrir algún riesgo de contagio de una enfermedad transmisible.

Las principales fuentes de información son:

- Número de casos, distribución (sexo, grupo de edad, etc.) y severidad.
- Factores de riesgo (laborales, ambientales, sociales, políticos, hábitos de higiene, salud, etc.)
- Variables socio-demográficas (población, ingreso per capita, servicios básicos, etc.)

### **Caso de uso: Analizar estado Epidemiológico**

Este caso de uso es iniciado por un actor tomador de decisiones. Un tomador de decisiones puede ser: un actor del área de prevención y control, un actor del área de gestión de políticas en salud pública, un actor del área de gestión de servicios de salud o un actor del área de investigación en salud pública. El objetivo de este caso de uso es obtener tendencias y patrones de los eventos epidemiológicos, factores de riesgo y determinantes de enfermedades. Es un proceso de análisis de información en que se genera información a partir de los eventos recolectados en el caso de uso “Monitoreo de eventos epidemiológicos”. Las principales funciones son:

- Análisis de las tendencias en variables sociodemográficas, factores de riesgo, morbilidad y mortalidad.
- Identificación de amenazas potenciales de epidemias.
- Elaboración de perfiles de salud

### **Caso de uso: Reportar estado epidemiológico**

El objetivo de este caso de uso es comunicar a un actor tomador de decisiones sobre el estado epidemiológico de la población para la toma de decisiones. Un tomador de decisiones puede ser: un actor del área de prevención y control, un actor del área de gestión de políticas en salud pública, un actor del área de gestión de servicios de salud o un actor del área de investigación en salud pública. El caso de uso reportar estado epidemiológico puede requerir la realización de un análisis de información epidemiológica recogida en el caso de uso “Monitorear estados epidemiológicos”. En este caso se extiende el caso de uso Analizar estado Epidemiológico. Los reportes obtenidos pueden ser algunos de los siguientes:

- Reporte de tendencias en, factores de riesgo, morbilidad, mortalidad., variables sociodemográficas, etc
- Perfiles Epidemiológicos

### **Caso de uso: Monitorear estado de salud**

El objetivo de este caso de uso es capturar información relacionada con el estado de salud de la población diferente a problemas causados por enfermedades. Las principales fuentes de información son:

- Accesos y cobertura de la población a los servicios de salud.
- Prácticas de salud de médicos, enfermeras y personal de salud en general.
- Necesidades de investigación en Salud.
- Gestión de recursos, capacidad de liderazgo y comunicación efectiva.
- Uso de tecnología, seguridad, efectividad de los servicios.

- Calidad de los servicios.
- Indicadores de cumplimiento de políticas de salud indicadores de salud.
- Indicadores de resultados de la investigación.
- Cualquier otro indicador de salud.

### **Caso de uso: Analizar estado de salud**

Este caso de uso es iniciado por un actor tomador de decisiones. El objetivo de este caso de uso es medir el estado de salud de la población: prestación de servicios de salud, indicadores de políticas de salud, necesidades de investigación y cualquier otra información relacionada. Es un proceso de análisis de información en que genera información a partir de los eventos recolectados en el caso de uso anterior. Las principales actividades son:

- Evaluación continua del estado de la salud y de las necesidades en general.
- Análisis de la efectividad, acceso y cobertura de los servicios de salud
- Análisis de impacto de las intervenciones
- Análisis de prioridades de investigación en Salud
- Análisis de indicadores de accesos y cobertura de la población a los servicios de salud.
- Análisis de indicadores de gestión de recursos, capacidad de liderazgo y comunicación efectiva.
- Análisis de indicadores de uso de tecnología, seguridad, efectividad de los servicios.
- Análisis indicadores de calidad de los servicios.
- Análisis de cumplimiento de políticas e indicadores de salud.
- Análisis de resultados de la investigación.
- Análisis de cualquier otro indicador del estado de salud

### **Caso de uso: Reportar estado de salud de la población**

El objetivo de este caso de uso es comunicar a un actor tomador de decisiones sobre el estado de salud la población para la toma de decisiones. La información es generada del análisis efectuado en el caso de uso Análisis de estado de salud y puede ser alguno de los siguientes reportes:

- Reporte del estado de la salud y de las necesidades en general.
- Reporte de la efectividad, acceso y cobertura de los servicios de salud
- Reporte impacto de las intervenciones
- Reporte de prioridades de investigación en Salud
- Reporte de indicadores de accesos y cobertura de la población a los servicios de salud.
- Reporte de indicadores de gestión de recursos, capacidad de liderazgo y comunicación efectiva.
- Reporte de indicadores de uso de tecnología, seguridad, efectividad de los servicios.
- Reporte de indicadores de calidad de los servicios.
- Reporte de cumplimiento de políticas de salud indicadores de salud.
- Reporte de resultados de la investigación.
- Reporte de cualquier otro indicador del estado de salud



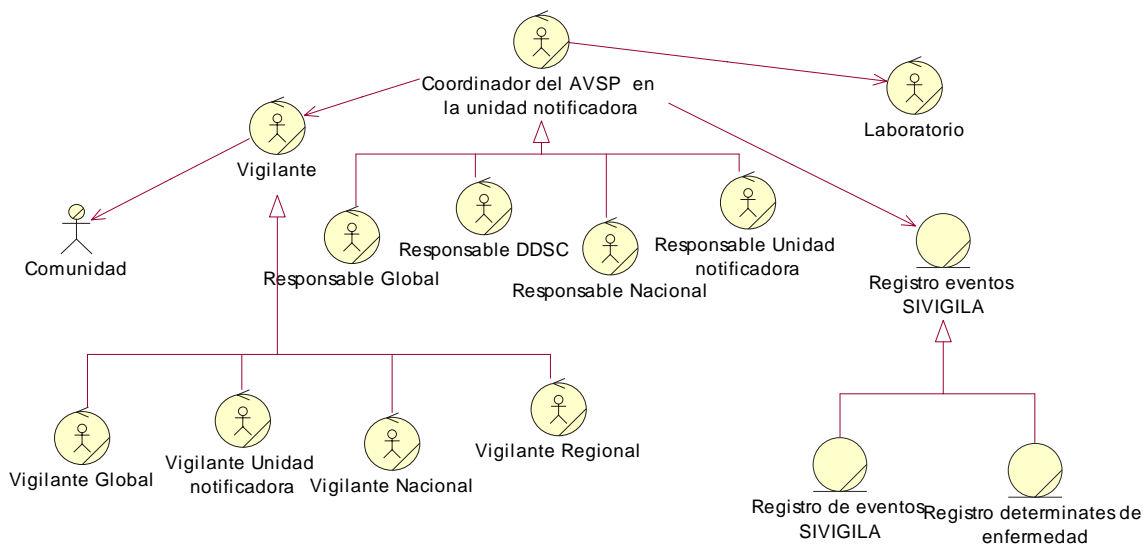
#### 4.4.2 El Modelo de Objetos de la Organización.

El modelo de objetos de la organización consiste en un conjunto de diagramas de objetos que abstrae las principales entidades de la organización y las relaciones entre ellas. Para el análisis del modelo de la organización se utilizaron, además de las EPHFs, las funciones esenciales de la organización objetivo definidas en el Capítulo 2 (Tabla 2-1. Funciones básicas de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública). Estas funciones fueron obtenidas de un análisis exhaustivo de la literatura del dominio. Las principales funciones definidas fueron:

- Detectar cambios repentinos en la ocurrencia y distribución de enfermedades.
- seguimiento en el tiempo a tendencias y patrones de enfermedades.
- Identificar cambios en agentes y factores de riesgo.
- Detectar cambios en atenciones de Salud.
- Monitorear la efectividad de las intervenciones.
- Comunicar la información generada, con los correspondientes usuarios y/o programas en el Sistema de Salud Pública para la toma de decisiones

Estas funciones dan mayor detalle a las funciones definidas en la Tabla 4-1.

#### Caso de uso: Monitorear eventos epidemiológicos



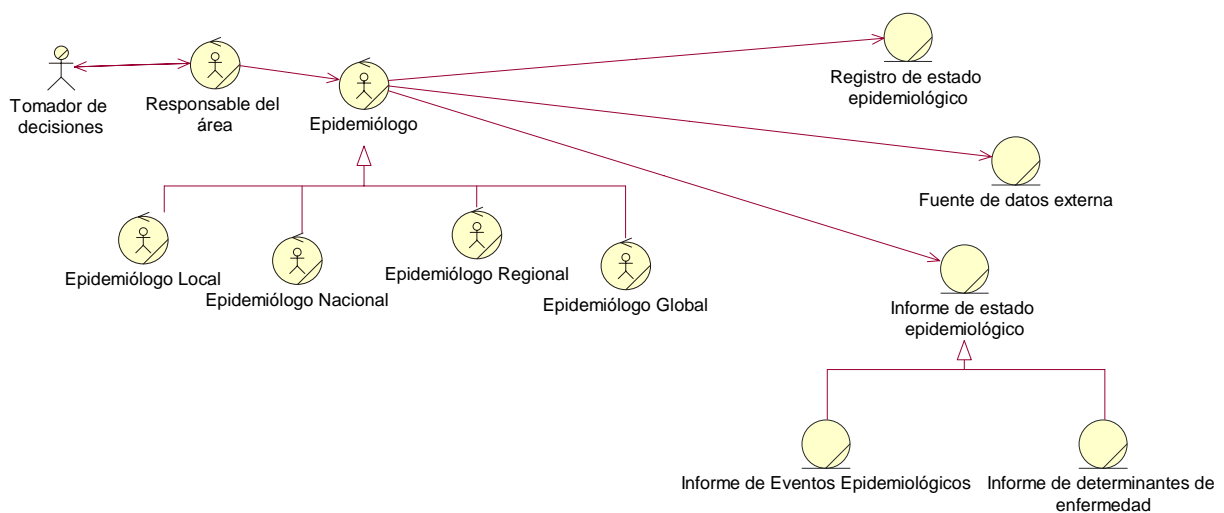
**Figura 4-3.** Modelo de objetos vigilancia epidemiológica

El proceso de vigilar los estados de salud está relacionado con el proceso de capturar eventos epidemiológicos y es la función tradicional de los Sistemas de Vigilancia. Existe un trabajador de la organización encargado de la recolección de los datos y un responsable del área de vigilancia en salud pública que coordina todos los procesos de vigilancia. El vigilante puede tener diferentes roles de acuerdo al nivel del sistema de salud en el que actúe: local, regional, nacional o global.

El proceso de recolección de esta información es independiente de que se haga directamente de los individuos (mediante encuestas o vigilancia activa) ó que se reciban datos de entidades prestadoras de servicios de salud resultantes de consultas y atenciones en salud (vigilancia pasiva). La información es almacenada en un registro de estado epidemiológico. Este registro está compuesto por registros individuales de acuerdo al tipo de información: eventos epidemiológicos, factores de riesgo y demás determinantes de la enfermedad.

Para ciertos casos es necesario confirmar los casos en laboratorio, por lo tanto es necesario que el responsable del área envíe información del caso al laboratorio antes de registrarlo como un evento de carácter epidemiológico. Dada la importancia de la información epidemiológica, se incluye el sistema de notificación de laboratorios como parte del sistema de vigilancia.

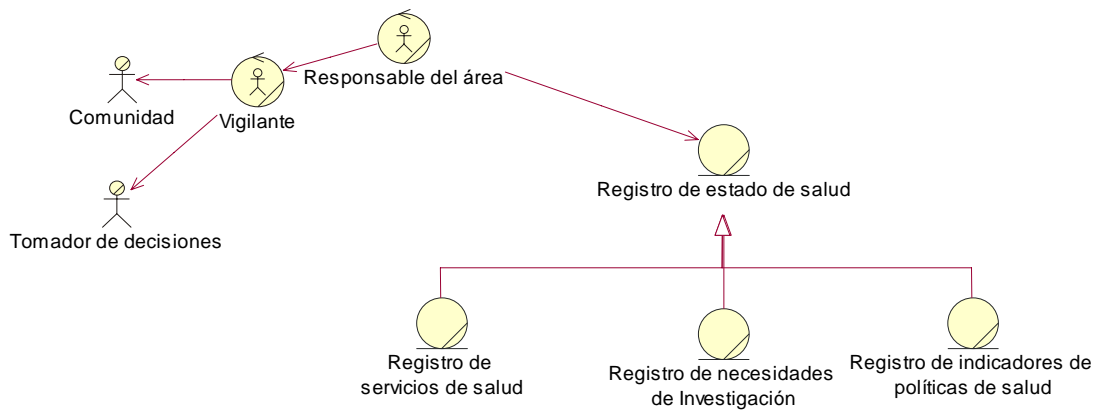
### Caso de uso: Analizar estado epidemiológico



**Figura 4-4.** Modelo de objetos analizar estado epidemiológico

El responsable del área de vigilancia en salud pública solicita al epidemiólogo que efectúe el análisis de la información epidemiológica almacenada en el registro de estado epidemiológico. El producto de este análisis de información es una serie de informes de tendencias y patrones de eventos epidemiológicos y determinantes de enfermedad almacenados en registros para su futura consulta. El epidemiólogo puede tener diferentes roles de acuerdo al nivel del sistema de salud en el que actúe: local, regional, nacional o global. Para el análisis se pueden usar fuentes de información externas: Registros clínicos electrónicos, Bases de datos estadísticas, Bases de datos de otras instituciones, etc.

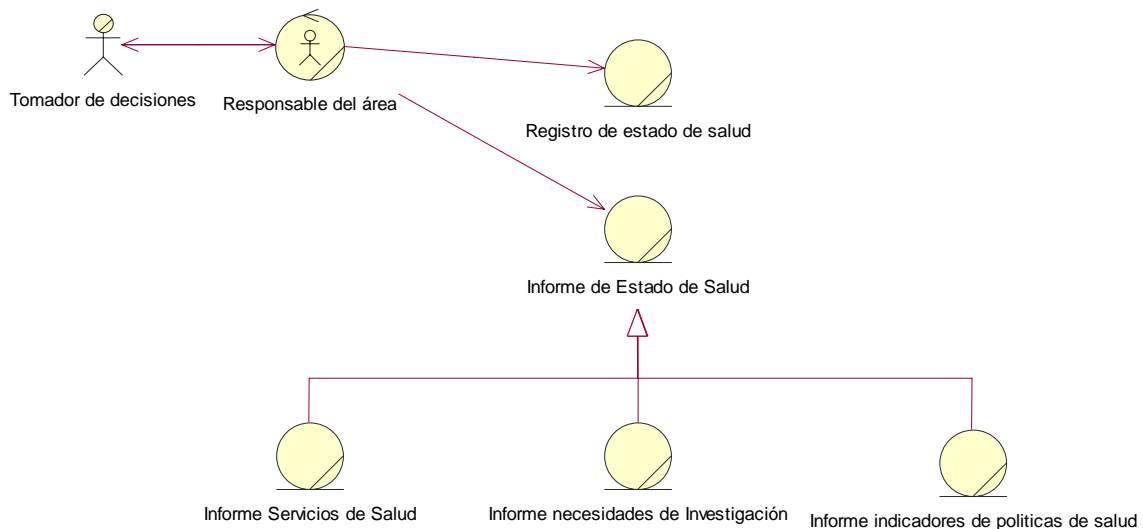
### Caso de uso: Monitorear estado de salud



**Figura 4-5.** Modelo de objetos del caso de uso vigilar estado de salud

El caso de uso de monitorear los estados de salud, es similar al caso de uso monitorear eventos epidemiológicos. Existe un trabajador de la organización encargado de la recolección de los datos y un responsable del área de vigilancia en salud pública que coordina todos los procesos de vigilancia. Este trabajador de la organización puede ser el mismo encargado de la vigilancia epidemiológica. El proceso de recolección de esta información es independiente de que se haga directamente de los individuos (mediante encuestas o vigilancia activa) ó que se reciban datos de entidades prestadoras de servicios de salud resultantes de consultas y atenciones en salud (vigilancia pasiva). La información es almacenada en un registro de estados de salud que está compuesto por registros individuales diferentes de acuerdo al tipo de información: servicios de salud, indicadores de políticas de salud, necesidades de investigación, etc.

**Caso de uso: Analizar estado de salud**



**Figura 4-6.** Modelo de objetos analizar estado de salud

El responsable del área de vigilancia en salud pública analiza la información sobre estados de salud almacenada en el registro de estados de salud. El producto de este análisis de información es una serie de informes sobre el estado de salud de la población, almacenados en registros para su futura consulta.

### Caso de uso: Reportar estado epidemiológico

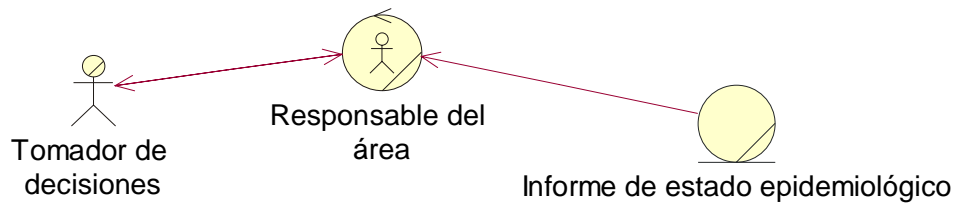


Figura 4-7. Reportar estado epidemiológico

El responsable del área de vigilancia en salud pública selecciona uno de los informes de estado epidemiológico analizados por el epidemiólogo y los envía a actor tomador de decisiones (área promoción, prevención y control, gestión de políticas de salud, gestión de servicios de salud o investigación en salud). También un reporte puede ser solicitado en un momento dado por el tomador de decisiones, siendo esta petición procesada por el responsable del área, y encargada al epidemiólogo para que se encargue de generar el respectivo reporte. El responsable de área se encarga de comunicar los resultados al tomador de decisiones.

### Caso de uso: Reportar estado de salud

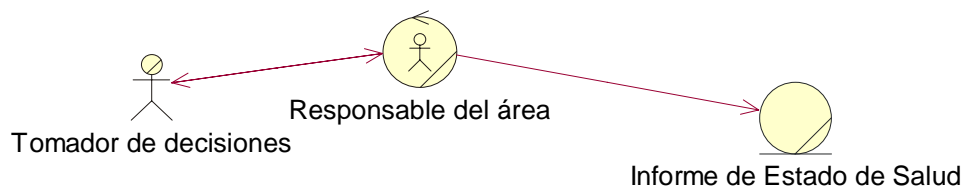


Figura 4-8. Reportar estado de salud

El responsable del área de vigilancia en salud pública selecciona uno de los informes de estado de salud (Informe de servicios de información, informe de necesidades de investigación e informe de indicadores de políticas de salud) y los envía a actor tomador de decisiones (área promoción, prevención y control, gestión de políticas de salud, gestión de servicios de salud o investigación en salud). También un reporte puede ser solicitado en un momento dado por el tomador de decisiones, siendo esta petición procesada por el responsable del área, y encargada al epidemiólogo para que se encargue de generar el

respectivo reporte. El responsable de área se encarga de comunicar los resultados al tomador de decisiones.

## **4.5 El modelo Conceptual**

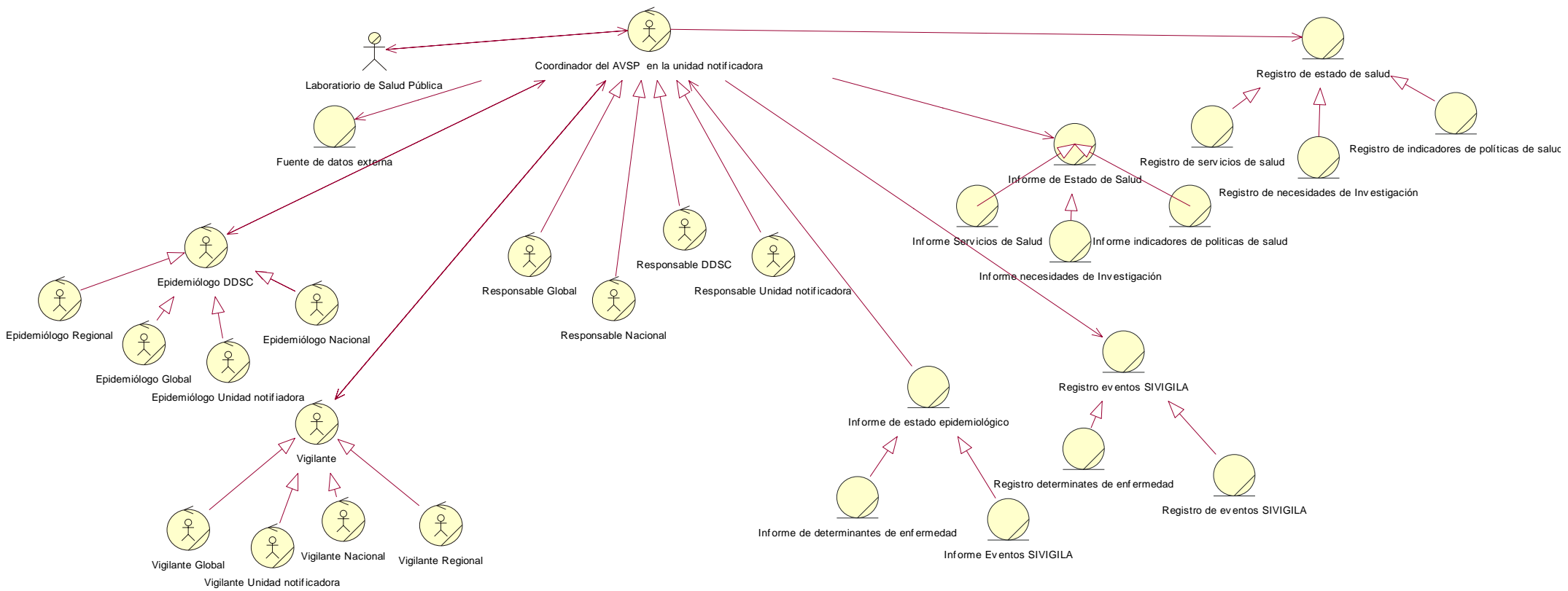
### **4.5.1 Modelo de Dominio**

Este modelo representa lo que formalmente se conocería como el modelo de referencia para el sistema de información en salud. Se obtiene a partir de las entidades definidas en los modelos de objetos de la organización. La Figura 4-9 muestra el modelo de dominio.

Se puede observar que el responsable del área de vigilancia en Salud pública es quien coordina las diferentes entidades del sistema, se comunica con los actores de la organización y gestiona los registros, informes y demás entidades. También es importante observar que cada actor de la organización (responsable del área, epidemiólogo y vigilante) se especializan de acuerdo al nivel del sistema de salud: local, regional, global y global. Así mismo los registros e informes pueden especializarse en registros e informes locales, regionales, nacionales o globales.

### **4.5.2 Glosario de términos**

Es igual que el tradicional glosario de términos desarrollado en la fase de análisis de requisitos. Se utilizaron definiciones dadas por organizaciones de salud reconocidas y de literatura del dominio. La Tabla 4-4 presenta un glosario resumido aunque cabe destacar que el Capítulo 2 describe en detalle la mayoría de estos conceptos.



**Figura 4-9. Modelo de Dominio de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública**

**Tabla 4-4.** Glosario de términos.

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
Evento de salud	Es el cambio del estado de salud en un individuo, grupo o población.
Evento epidemiológico	Evento de salud en forma de epidemia o un brote al que debe controlar, prevenir su expansión y tomar medidas para evitar futuras ocurrencias.
Estado de Salud	Una descripción y/o medida de la salud de un individuo, grupo o población en un lugar y tiempo determinados.
Factor de riesgo	Conjunto de estados biológicos, económicos, ambientales u otros comportamientos que están asociados o causan la ocurrencia de una enfermedad y/o modifican el estado de salud.
Captura de eventos	Es un proceso de captura de eventos de salud. Puede ser captura activa o pasiva. Cuando se hace directamente de los individuos se denomina vigilancia activa. Cuando se reciben datos de entidades prestadoras de servicios de salud resultantes de consultas y atenciones en salud se denomina vigilancia pasiva.
Registro de eventos	Repositorio de eventos y demás información de interés en vigilancia.
Análisis de eventos	Es la generación de conocimiento sobre patrones específicos de enfermedades, eventos de salud o estados de salud.
Consulta o cita médica	Reconocimiento médico donde se explora el estado de salud de un individuo
Confirmación en laboratorio	Es un proceso de vigilancia que consiste en la identificación, aislamiento o confirmación de un caso mediante pruebas de laboratorio.
Determinantes de salud	El rango de factores personales, sociales, económicos, ambientales etc. que determinan el estado de salud de un individuo, grupo, población.
Indicador de salud	Es una característica de un individuo, grupo, población, o del mismo sistema de salud el cual es posible de medir (directa o indirectamente) y puede ser usada para describir uno o más aspectos del estado de salud de un individuo, grupo, población, o sistema (calidad, cantidad, tiempo, etc.)
Políticas en salud	Un conjunto de medidas fijados por instituciones de salud (normalmente gobierno) que definen las acciones, prioridades y procedimientos para responder a las necesidades de salud de la población.
Morbilidad	La frecuencia de una enfermedad o estado de salud en una población
Mortalidad	La ocurrencia de muertes causadas por una enfermedad en una población.
Prevalencia	El número total de casos de una enfermedad, factor de riesgo o problema de salud en una población en un momento y lugar determinado. La tasa de prevalencia es estimada tomando el número de casos en un período del tiempo definido y dividiéndose por el número total de la gente en riesgo en la población en el mismo período del tiempo.

## 4.6 Conclusiones

En este Capítulo se describe fundamentalmente la vista RM-ODP de la organización, con el fin de obtener una arquitectura de referencia para construir cualquier sistema de vigilancia en salud pública.

El modelo de referencia obtenido en el análisis de la vista de la organización de la arquitectura permite disminuir el tiempo de desarrollo de Sistemas de Información finales, al facilitar la obtención de los flujos de trabajo de *Modelado de la organización, captura de requisitos y análisis* de Sistemas de Información para vigilancia en Salud Pública. El modelo de referencia provee el soporte para los diseñadores software en el diseño de los casos de uso, identificación de usuarios y el diseño del modelo de información de cualquier sistema de vigilancia en Salud pública. Es de gran ayuda especialmente cuando el equipo de desarrollo software no está familiarizado con el dominio de la salud pública. Estas características permiten alcanzar lo que se conoce como alineación de los procesos de la organización con la tecnología (en inglés, *Business and IT alignment*).

Finalmente, otra de las características importantes de la vista de la organización abordada, es que separa- *a través de casos de uso*- las funcionalidades esenciales de un sistema de vigilancia en salud pública definidas en el Capítulo 2. Esta separación es clara en los casos de uso: *monitoreo de eventos epidemiológicos* y *monitoreo de estados de salud*. El primero define la funcionalidad de la mayoría de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública: la vigilancia de brotes epidemiológicos y enfermedades de notificación obligatoria- *como es el caso de Sivigila el sistema que valida la arquitectura en el próximo capítulo*-. El segundo define funcionalidades que no todos los Sistemas de Vigilancia cubren, pero que es algo que la mayoría pretenden o deberían cubrir. Esto permite que el modelo se adapte a las necesidades de cualquier sistema de vigilancia.

# Capítulo 5: Arquitectura para un sistema de Vigilancia de alertas tempranas.

## 5.1 Introducción

En Colombia el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) es un programa de salud pública reglamentado por el Ministerio de la Protección Social. La principal función de SIVIGILA es la recopilación de datos, análisis, interpretación y divulgación de información sobre eventos de salud para su uso en la orientación de la toma de



decisiones en salud pública. SIVIGILA es por definición un sistema de vigilancia integral que puede incluir Sistemas de Vigilancia de alertas tempranas, sistemas verticales de enfermedades (por ejemplo malaria, tuberculosis, fiebre amarilla, etc.), Sistemas de Vigilancia de horizontales (por ejemplo enfermedades transmitidas por vectores, enfermedades infecciosas), sistemas de laboratorios y otros Sistemas de Vigilancia.

En este capítulo se describen las vistas de la información y la computación derivadas de la vista de la organización y una descripción general de las vistas de la ingeniería y la tecnología. El sistema de información para el cual se desarrollan estas vistas de la arquitectura de referencia es el sistema SIVIGILA en el Departamento del Cauca. El sistema de Información SIVIGILA en el Cauca es un sistema de vigilancia de alertas tempranas para la notificación de enfermedades obligatorias. En el marco de esta tesis se diseñó y desarrolló un prototipo de un sistema de información de eventos de notificación obligatoria que será descrito en este Capítulo aunque los detalles de la plataforma y la tecnología utilizada corresponden a las vistas de la ingeniería y la tecnología. El prototipo fue implantado como un piloto en el municipio de Silvia usando la red del proyecto EHAS. Detalles de la implantación del sistema se describen en el Anexo A. La descripción de la arquitectura se hace según las fases de la metodología propuesta.

Para el desarrollo de las vistas RM-ODP restantes se desarrollan los flujos de trabajo RUP definidos en el capítulo 3. Como el ámbito de la arquitectura para las vistas de la información y la computación se redujo a un sistema específico de vigilancia (SIVIGILA) es necesario repetir el flujo de trabajo del modelo de la organización para este sistema específico. Para este nuevo modelo de la organización se hace un refinamiento del modelo genérico definido en el capítulo anterior y siguiendo la misma metodología propuesta.

A continuación se describen en detalle el desarrollo de los RUP de la metodología. Se describen completamente los modelos de Casos de Uso de la organización y Casos de Uso de la aplicación. Posteriormente a manera de ilustración se describen el modelo de análisis, y el modelo de diseño para un caso de uso. La documentación completa de la aplicación se presenta en el Anexo A.

## **5.2 El modelo de la organización**

El modelo de la organización según la metodología está compuesto por 3 sub-modelos: *Modelo de contexto*, *Modelo de comportamiento* y *modelos de dominio*. Este modelo provee al analista de sistemas una referencia inicial para construir el modelo de la organización del sistema final de acuerdo a las características específicas de la organización objetivo. El procedimiento recomendado a seguir es que los analistas de sistemas estudien el modelo de referencia antes de iniciar la captura de requisitos para tener una visión más clara y completa del sistema. Posteriormente se inicia la captura de requisitos de la manera tradicional a través de entrevistas y recolección de información específica de la organización. Finalmente se construye el modelo de la organización siguiendo los pasos de la metodología y reutilizando artefactos del modelo de referencia. El procedimiento general para reutilización es la especialización de los artefactos propuestos en el modelo de referencia obtenido en el capítulo anterior. Como

notación para esta especialización se recomienda usar “Realización” (en inglés Realization). Esta relación es definida en la última versión del estándar UML 2.0 [62] y es definida como una relación de abstracción entre un par de elementos de un modelo, donde una representa una especificación (denominada proveedor) y la otra representa una implementación de dicha especificación (denominada cliente). La Realización es recomendada cuando se quiere hacer refinamiento de modelos a partir de otro modelo. La notación gráfica es el mismo símbolo de herencia, pero con línea discontinua.

A continuación se describe el modelo de la organización obtenido en este proceso. Se describen independientemente cada uno de los artefactos de los sub-modelos del contexto, del comportamiento y del dominio.

### **5.2.1 Identificación de la Organización Objetivo y el contexto.**

La organización objetivo del SIVE – *según el modelo propuesto para la arquitectura de referencia*- es el área de vigilancia en salud pública (AVSP) perteneciente a la Dirección Departamental de Salud del Cauca- DDSC.

Para tener una idea clara de los objetivos y funciones de la organización objetivo y su contexto, es necesario un análisis específico para esta organización. Con base en las unidades organizacionales y el diagrama de contexto de la arquitectura de referencia, es posible estructurar mejor dichas funcionalidades.

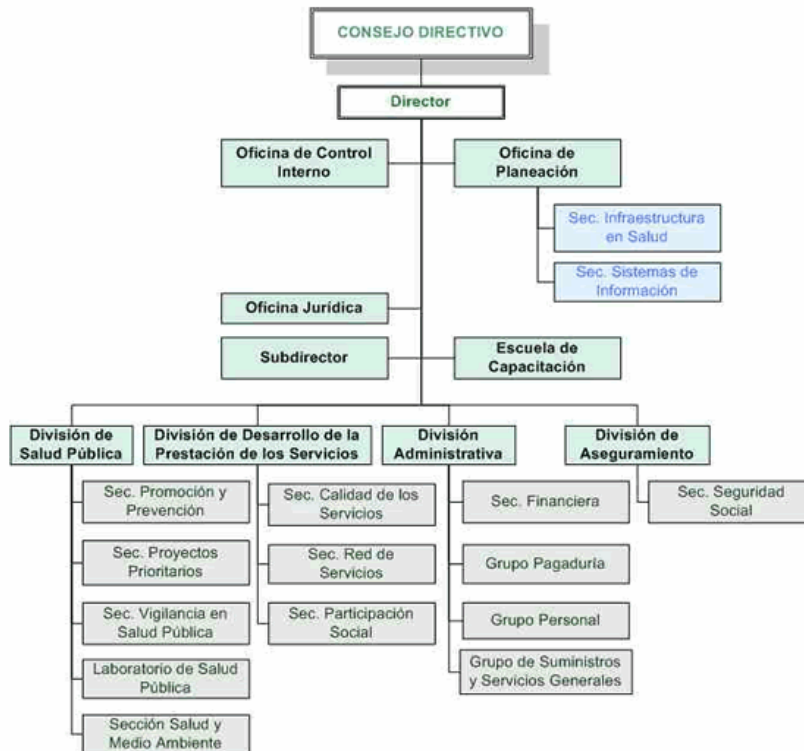
El objetivo del área de vigilancia en salud pública de la DDSC (Denominada Sección de Vigilancia en Salud Pública) es mantener un monitoreo sistemático y continuo de la situación epidemiológica del Departamento del Cauca, con el fin de soportar la toma de decisiones en salud pública a nivel departamental. Los programas bajo responsabilidad de esta área son el Programa SIVIGILA, el programa AIEPI y los proyectos PAB (Planes de Atención Básica relacionados con la vigilancia en salud pública).

El objetivo de la organización del contexto: Dirección Departamental de Salud del Cauca es:

*“Dirigir y coordinar en forma estratégica el Sistema Departamental de Seguridad Social en Salud del Cauca, vigilar, asesorar, evaluar y brindar asistencia técnica a los municipios y demás instituciones del sector; propiciar la intersectorialidad; formular políticas, adoptar y adaptar los planes y programas, considerar proyectos; impulsar la participación social; orientar y capacitar en forma permanente su recurso humano; investigar y divulgar el conocimiento para contribuir al bienestar de la población y al desarrollo sostenible del sector”*

### **5.2.2 Identificación de unidades organizacionales**

Para la identificación de unidades organizacionales se parte del organigrama de DDSC El organigrama se presenta en la Figura 5-1



**Figura 5-1.** Organigrama de la DDSC

Del análisis del organigrama y de las funcionalidades de la organización del contexto definidas en el modelo de referencia, se definen las unidades organizacionales de la DDSC teniendo en cuenta las particularidades de la organización. La Figura 5-2 relaciona las Unidades organizacionales encontradas en la arquitectura de referencia, con las identificadas en la DDSC.

Tabla 5-1. Unidades Organizacionales

Unidades organizacionales de la arquitectura de	Unidades organizacionales de la DDSC
---	--------------------------------------

referencia	
Área de Vigilancia en Salud Pública	Sección de Vigilancia en Salud pública Laboratorio de Salud Pública Sección de Salud y Medio Ambiente
Área de Programas de Promoción, prevención y Control	Sección de Promoción y Prevención Sección de Proyectos Prioritarios
Área de gestión de políticas en salud pública	Dirección y Subdirección
Área de gestión de Servicios de Salud	División de Desarrollo de la Prestación de Servicios División de Aseguramiento
Área de gestión de recursos (incluye a demás de los humanos, los físicos, organizacionales, de información)	División Administrativa Escuela de Capacitación Oficina de Planeación Oficina Jurídica
Área de Investigación en Salud pública	No existe

### 5.2.3 El diagrama de contexto

En la Figura 5-2 se resumen gráficamente las principales unidades organizacionales de la DDSC y la AVSP. Se representa mediante el perfil UML para la organización propuesto en el estándar de UML. Como puede observarse en la figura, las unidades organizacionales de la DDSC son una especialización de las unidades organizacionales de la arquitectura de referencia.

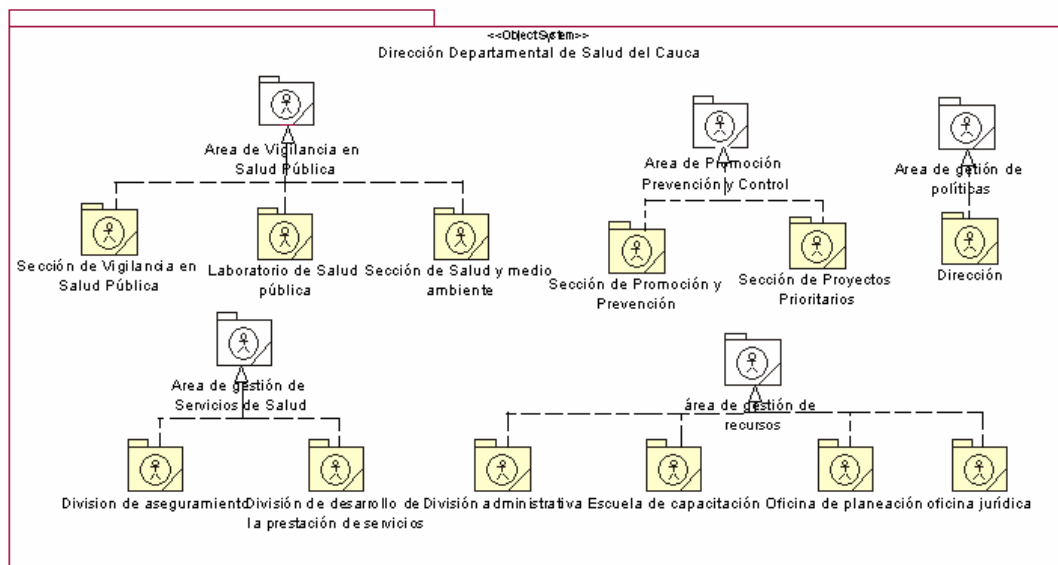


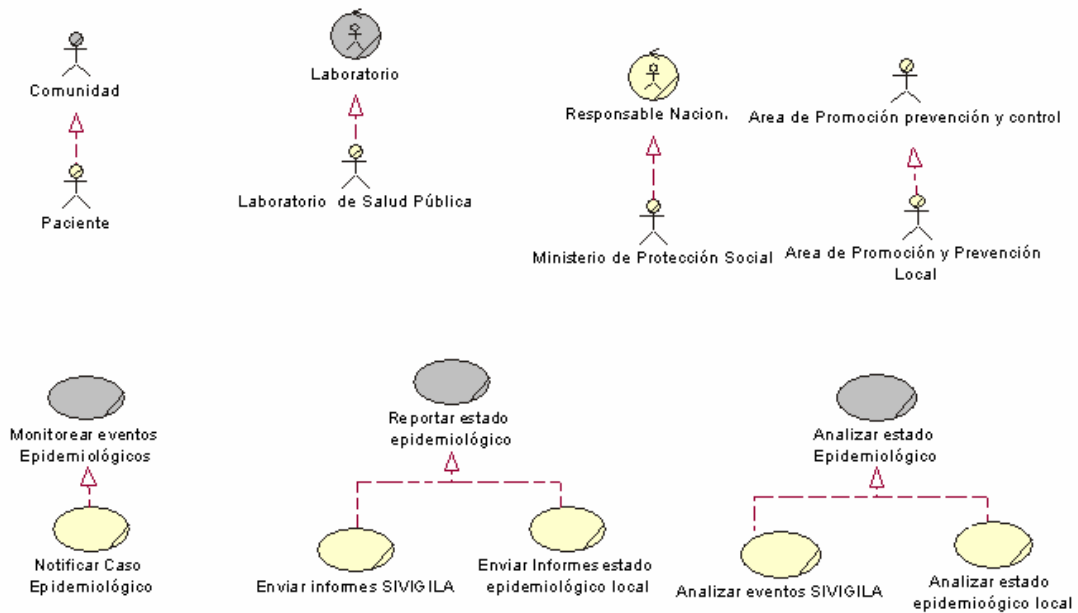
Figura 5-2. Modelo de Objetos UML de la DDSC

### 5.2.4 Modelo de casos de uso de la organización.

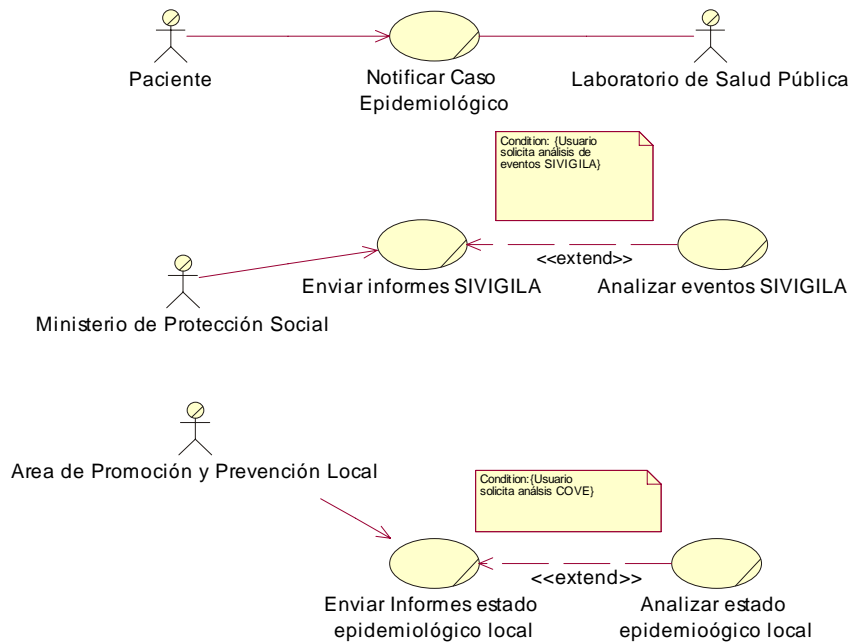
Una vez detallado el contexto del sistema es posible describir el comportamiento de la organización objetivo. Con base en el diagrama de casos de uso definido en la arquitectura de referencia, se identificaron los casos de uso de la organización objetivo:

“Sección de vigilancia en salud pública-SVSP perteneciente a la Dirección Departamental de Salud del Cauca- DDSC”.

La Figura 5-3 describe los casos de uso y los actores de la SVSP y la forma como se especializan de los casos de uso de la arquitectura de referencia. Los casos de uso o actores de la arquitectura de referencia están sombreados, los nuevos actores y casos de uso están resaltados en amarillo. La representa el diagrama de casos de uso de la organización objetivo, de acuerdo con los casos de uso y actores identificados en la Figura 5-3. Los casos de uso de la organización se describen en detalle mediante los diagramas de objetos de la organización en la siguiente sección.



**Figura 5-3.** Identificación de uso de alto nivel y actores a partir de la arquitectura de referencia

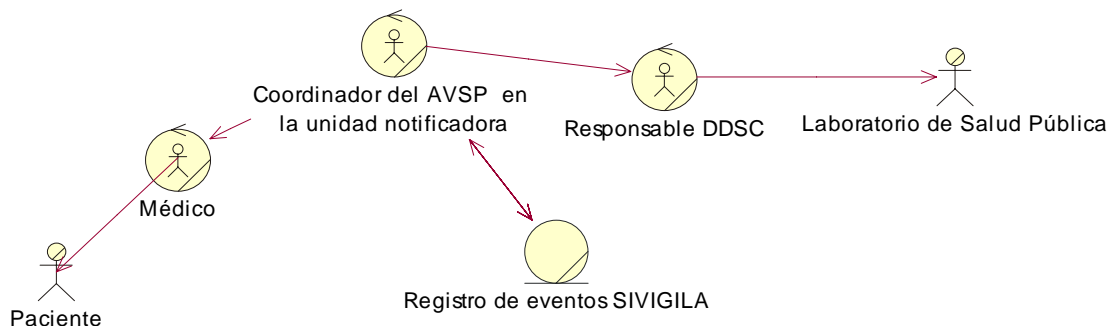


**Figura 5-4.** Casos de uso de alto nivel y actores de la organización en la SVSP

### 5.2.5 El Modelo de Objetos de la Organización.

Para cada uno de los casos de uso de la organización objetivo se desarrolló un modelo de objetos de la organización que se describe a continuación. Los diagramas de objetos son una especialización de los diagramas de objetos de la arquitectura de referencia y heredan sus entidades.

#### 5.2.5.1 Caso de uso notificar evento Epidemiológico.



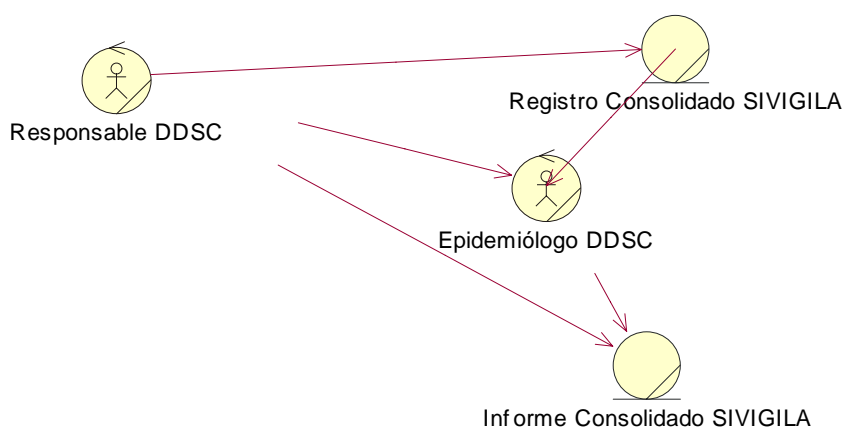
**Figura 5-5.** Diagrama de objetos caso de uso notificar evento epidemiológico

El proceso de notificación de eventos epidemiológicos se ejecuta a nivel local en los centros de salud, hospitales de Primer nivel e IPS (Instituciones Prestadoras de Salud). Estos establecimientos de salud son conocidos como Unidades Notificadoras en el contexto del programa SIVIGILA. El trabajador de la organización encargado de la recolección de los datos es un médico (se especializa de la entidad vigilante local) quién

reporta un caso a través de la consulta médica a un paciente (hereda de la entidad Comunidad). Otro trabajador de la unidad notificadora es el Coordinador del AVSP en la unidad notificadora. Este rol no está claramente definido, normalmente es una función del director del centro que es delegado a un “estadístico”, profesional o técnico encargado de gestionar los reportes de atenciones de los centros de Salud u hospitales. La información suministrada por el vigilante local es almacenada en un registro de eventos SIVIGILA (hereda de Registro de estados epidemiológicos). Este registro está estructurado de acuerdo a la normativa vigente para SIVIGILA y normalmente son formularios en papel.

Para ciertos casos es necesario confirmar los casos en laboratorio, por lo tanto es necesario que el responsable del área envíe la información del caso al responsable de la DDSC para que este a su vez envíe el caso al laboratorio de Salud Pública para su confirmación. La confirmación positiva o negativa es enviada de vuelta al responsable de la unidad notificadora para que lo registre en caso de ser confirmado como un evento SIVIGILA. En la DDSC el laboratorio no hace parte de la SVSP.

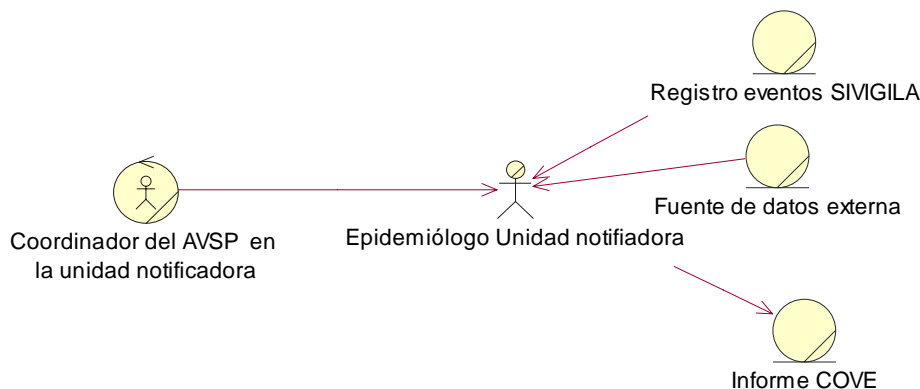
#### 5.2.5.2 Caso de uso analizar eventos SIVIGILA



**Figura 5-6.** Diagrama de objetos del caso de uso analizar eventos SIVIGILA

Este análisis se lleva a cabo a nivel regional. El responsable del área de vigilancia en la DDSC (refina Responsable regional) solicita al epidemiólogo de la DDSC (Epidemiólogo regional) que efectúe el análisis de la información epidemiológica almacenada en un registro consolidado de SIVIGILA. El producto de este análisis de información es una serie de informes de eventos epidemiológicos requeridos por el programa SIVIGILA que son almacenados en registros para su futura consulta y envío. Los registros son hojas de cálculo Excel. El registro consolidado SIVIGILA es obtenido del caso de uso “enviar informes SIVIGILA”.

#### 5.2.5.3 Caso de uso analizar estado epidemiológico local

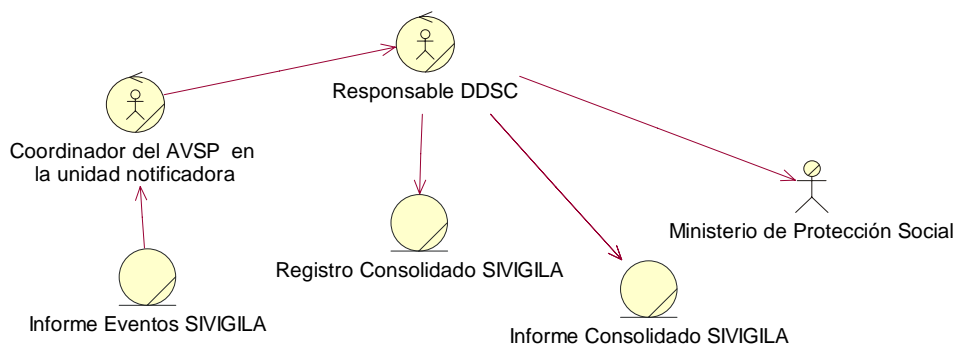


**Figura 5-7.** Diagrama de objetos del caso de uso analizar estado epidemiológico local

El coordinador local del área de vigilancia en salud pública de las unidades notificadoras (hospitales o centros de salud) solicita al epidemiólogo de la unidad notificadora que efectúe el análisis de la información epidemiológica almacenada en el registro de eventos epidemiológicos para tomar decisiones a nivel local. El epidemiólogo local genera unos informes locales denominados informe COVE. En la unidad notificadora usada para modelar el sistema (Hospital San Carlos del Municipio de Silvia) no existen formalmente las funciones de Coordinador del AVSP y epidemiólogo. Estos roles son asumidos por el director del Hospital y el estadístico.

#### 5.2.5.4 Caso de uso enviar informes SIVIGILA

Esta es una especialización del caso de uso genérico “reportar estado epidemiológico”. Se produce en dos niveles, a nivel local y a nivel regional. A nivel local, el Coordinador de la SVSP de la unidad notificadora envía el informe de eventos SIVIGILA al responsable del DDSC. El responsable DDSC crea un registro consolidado de eventos SIVIGILA con todos los registros recibidos de las unidades notificadoras. Posteriormente el mismo responsable DDSC envía el informe de consolidados SIVIGILA (generado en el caso de uso analizar eventos SIVIGILA) al Ministerio de la Protección Social. Esta información es enviada el miércoles de cada semana basada en los reportes semanales de eventos epidemiológicos.

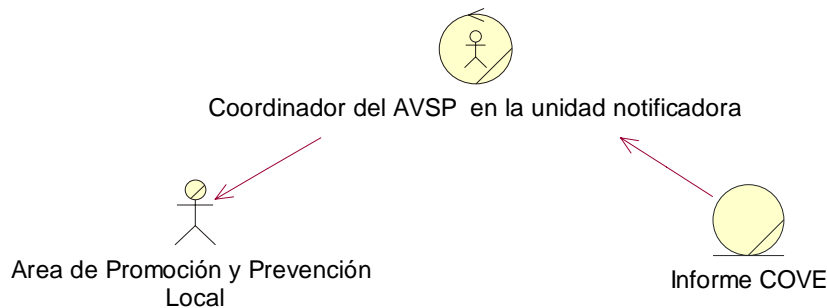


**Figura 5-8.** Diagrama de objetos caso de uso enviar informes SIVIGILA



### 5.2.5.5 Caso de uso enviar informes de estado epidemiológico local

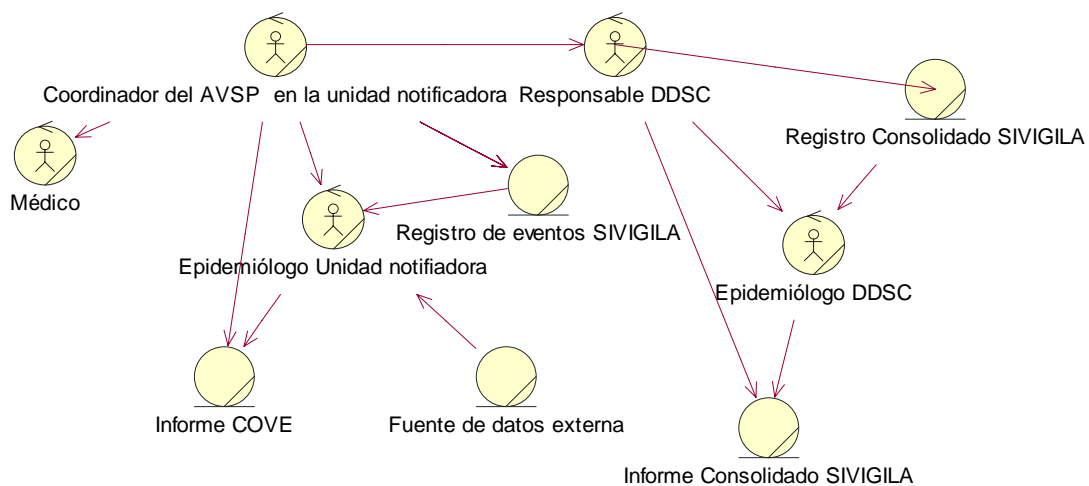
El coordinador del AVSP en la unidad notificadora envía mensualmente (o bajo demanda) los informes COVE al responsable local de los programas de Promoción y Prevención. Este actor de la organización se encarga de discutir los informes en una reunión COVE: Comité de Vigilancia Epidemiológica, donde participan los diferentes tomadores de decisiones a nivel local (personal de salud, médicos, enfermeras, director de hospital, director de programas). En los COVE se coordina y generan Planes de Atención Básica soportados en los Informes COVE. Los informes son obtenidos al extender el caso de uso “Analizar estado epidemiológico local”.



**Figura 5-9.** Diagrama de objetos caso de informes de estado epidemiológico local

### 5.2.6 Modelo de Dominio

El modelo de dominio se obtiene a partir de las clases definidas en los modelos de objetos de la organización. La Figura 5-10 muestra el modelo de dominio.



**Figura 5-10.** Diagrama dominio del AVSP de la DDSC

### 5.2.7 Glosario de términos

Se definen los términos específicos para la organización objetivo. Se detallan en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2.** Glosario de términos

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
Ficha Epidemiológica.	Tarjeta manejada por el Promotor de Salud o Auxiliar de enfermería, donde se registra toda la información de un paciente inscrito a un programa de prevención y Control.
Programa de Promoción y Prevención	Programa de los Hospitales e IPS, tendientes a prevenir (generalmente mediante actividades de capacitación) y a controlar las enfermedades epidemiológicas.
Puesto de salud	Establecimiento ubicado en las veredas de los municipios, con el fin de prestar a la comunidad atención básica en Salud.
Promotor de Salud	Persona encargada de un puesto de Salud.
IPS	Institución Prestadora de Salud. Institución encargada de brindar todos los recursos necesarios para dar tratamiento médico y atención en salud a un paciente.
Unidad Notificadora.	IPS encargada de reportar a la División de epidemiología los casos de enfermedades de notificación obligatoria o eventos epidemiológicos
Enfermedad de Notificación Obligatoria	Enfermedad que puede desencadenar un brote epidemiológico y que puede propagarse en la comunidad.
COVE	Comité de Vigilancia Epidemiológico. Reunión mensual dentro de una IPS, donde se analizan y toman decisiones a nivel de las acciones que en salud pública debe tomar una IPS.
Evento Epidemiológico	Detección de un caso de enfermedad de Notificación Obligatoria
SIVIGILA	Sistema de Vigilancia en Salud Pública. Programa liderado por el Actual Ministerio de Protección Social (Anteriormente ministerio de Salud) tendiente a recolectar y realimentar información sobre eventos epidemiológicos. Se generan semanalmente (semanas epidemiológicas) unos reportes epidemiológicos por regiones a nivel de todo el país.
PAB	Planes de Atención Básica. Programa que permite, mediante la financiación de proyectos de promoción y prevención, mejorar la situación de salud pública de la comunidad.

### 5.3 Modelo de Casos de Uso de la Aplicación

El modelo de la organización desarrollado en la sección anterior, también fue utilizado para diseñar los casos de usos de la aplicación. Antes de describir como fue utilizada la arquitectura de referencia, describiremos las principales funcionalidades de la aplicación desarrollada.

### **5.3.1 La herramienta de vigilancia de eventos epidemiológicos (SIVE)**

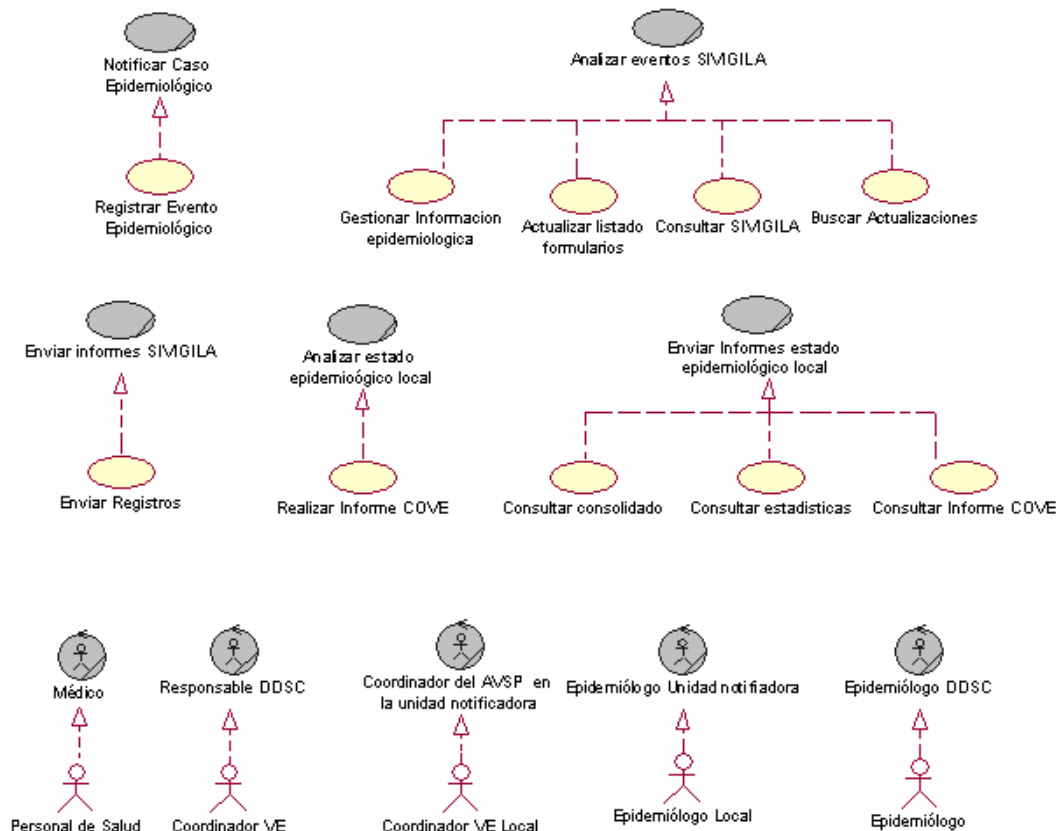
La herramienta para vigilancia epidemiológica debe sistematizar los procesos de recolección, envío y consolidación de informes epidemiológicos en los hospitales municipales, puestos de salud o cualquier entidad de salud pública para apoyar en la toma de decisiones respecto a planes de atención primaria en salud. Los formularios de los Informes que se envían forman parte de los formatos utilizados por el Sistema de Salud SIVIGILA, en Colombia, estos son: enfermedades de notificación obligatoria, Muerte Materno Perinatal y EDA-Enfermedades Diarreicas Agudas/IRA-Enfermedades Respiratorias Agudas.

Los establecimientos de salud pueden obtener reportes consolidados y gráficos de los informes recogidos con el fin de ser analizados en los COVE (Comités de Vigilancia Epidemiológica) y/o presentarlos a los directores de proyectos PAB (Plan de Atención Básica) a través del Coordinador de Vigilancia Epidemiológica.

El proceso de recolección de información debe ser flexible, permitiendo al usuario personalizarlos según las necesidades epidemiológicas propias de su región. Esta funcionalidad se agregó debido al constante cambio, por parte de los organismos reguladores en salud, de los formatos de recolección de información y para permitir al personal del sector recolectar diferentes tipos de datos para vigilancia epidemiológica apropiados a su región.

### **5.3.2 Diagrama general de casos de uso**

Para la definición de estos casos de uso de la aplicación, antes de realizar el análisis tradicional de requisitos del sistema con base en entrevistas a los actores de la organización y usuarios potenciales del sistema, se identifican de los casos de uso de la organización algunos casos de uso de la aplicación. Así mismo de los objetos de la organización, se obtienen los usuarios del sistema. De nuevo esta especialización se nota mediante la relación de “realización” Los casos de uso y actores del sistema identificados sep representan el la Figura 5-11:



**Figura 5-11.** Relación de casos de uso y actores de la aplicación con el modelo de la organización.

Otros casos de uso de la aplicación fueron diseñados para dar a los usuarios funcionalidades adicionales para soportar los procesos de la organización y se identificaron a través de la captura de requisitos tradicional. Sin embargo estos nuevos casos de uso también especializaciones de los casos de uso de la organización. Estas son las correspondencias:

- Consultar consolidado y consultar estadísticas son funcionalidades adicionales para soportar el caso de uso de la organización “Enviar informes estado epidemiológico local”.
- Actualizar listado de formularios, Buscar actualizaciones y gestionar información epidemiológica son funcionalidades adicionales para soportar el caso de uso de la organización: “Analizar de eventos SIVIGILA”
- Gestionar usuarios, configurar sistema, identificarse en el sistema son funcionalidades adicionales para soportar tareas de administración de la aplicación y no están directamente relacionados con el modelo de la organización.

Así mismo se identificó un nuevo actor “Administrador” para las tareas de gestión de la aplicación.

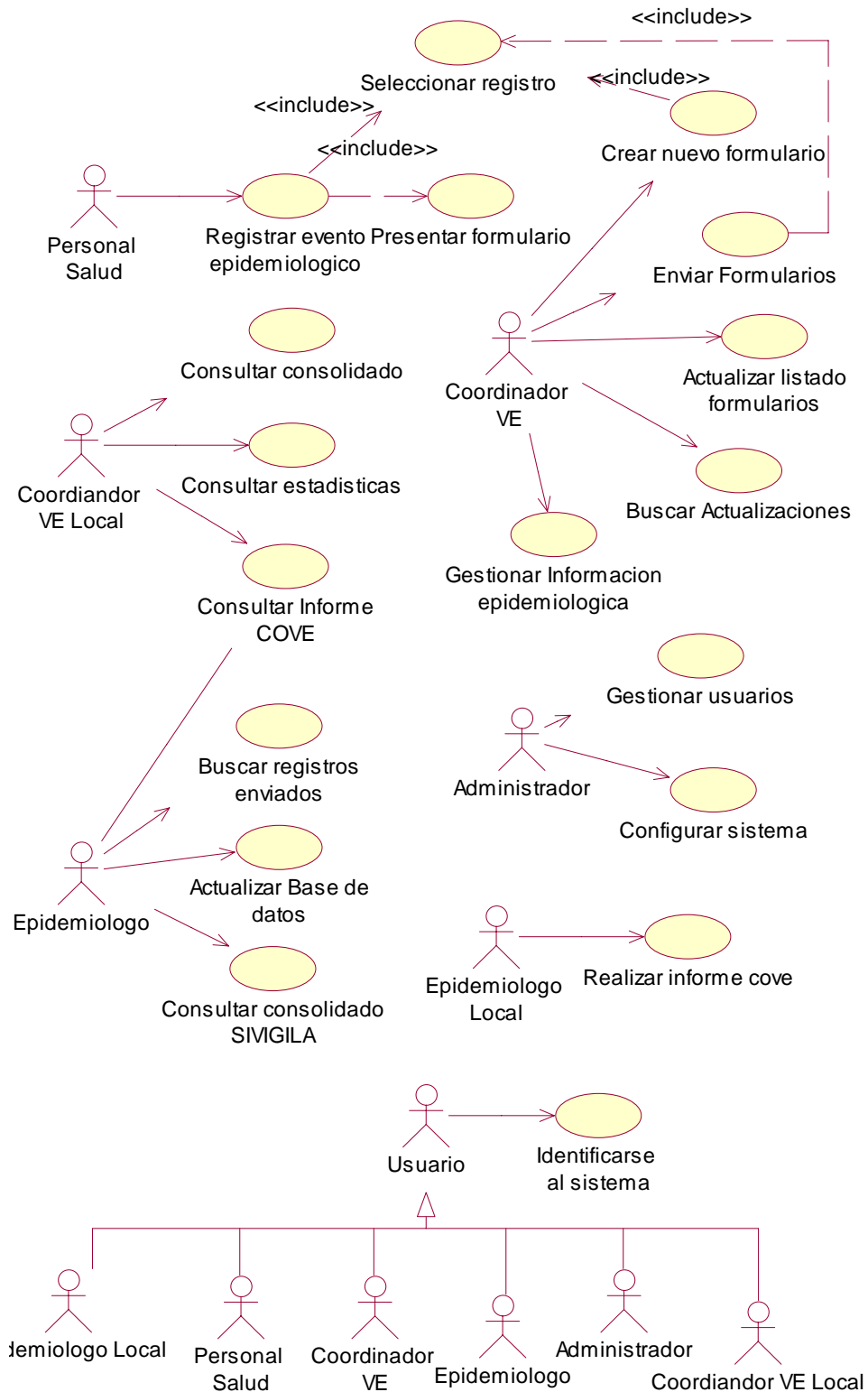


Figura 5-12. Modelo de Casos de uso del sistema de Información

### 5.3.3 Descripción de los casos de Uso extendidos

A continuación se describe de manera extendida los casos de uso que se desarrollaron en el marco de este proyecto de Maestría y del Proyecto EIA-SVSP “Entorno Integrado

de Información y Aprendizaje para el Sistema de Vigilancia en Salud Pública del Departamento del Cauca”. Estos casos de uso son los fundamentales para soportar el programa SIVIGILA y corresponden al primer prototipo operacional de la aplicación. Los demás casos de uso han venido siendo implementados en el marco de otros proyectos de investigación y desarrollo. Los casos de uso a describir son:

- Caso de uso Presentar formulario.
- Caso de uso Registrar evento epidemiológico.
- Caso de uso Buscar Registros Enviados
- Caso de uso Actualizar Base De Datos.
- Caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA.
- Caso de uso enviar formulario.
- Caso de uso Crear nuevo formulario.
- Caso de uso identificarse en el sistema.

#### 5.3.3.1 Caso de uso Presentar formulario.

**Actores:** Personal Salud.

**Propósito:** Generar dinámicamente el formulario solicitado por el Personal de Salud a partir de unos formatos previamente definidos.

**Resumen:** El sistema obtiene la estructura del formulario que va a presentar. El sistema obtiene la información y tipo de información a incluir en el formulario. El sistema presenta el formulario al Personal Salud.

**Tipo:** Primario, abstracto.

**Referencias cruzadas:** Seleccionar registro, Registrar evento epidemiológico.

**Precondiciones:**

El Sistema debe contar con la siguiente información:

Metadatos: Estructura (Titulo, descripción, fecha, campos de selección y de texto) y tipo de información a incluir en el formulario.

Información del formulario: Ubicación, nombre del documento.

El Personal Salud debe haber seleccionado un formulario previamente.

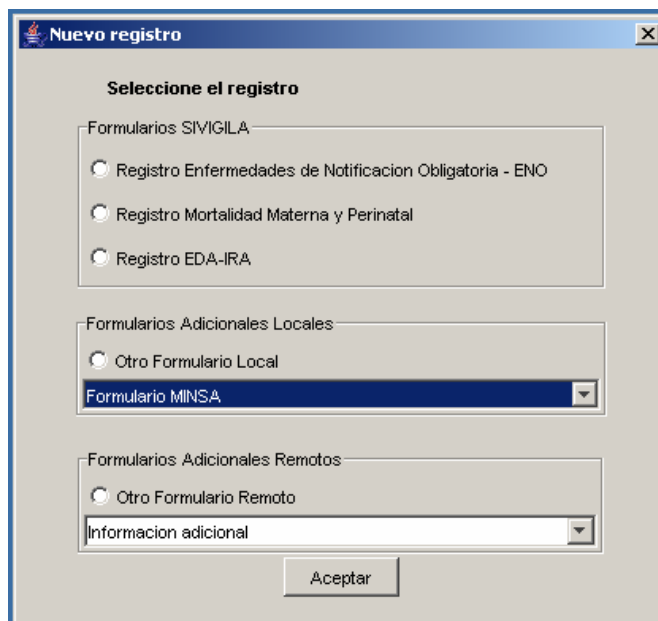
Puede iniciarse con el caso de uso Seleccionar formulario.

**Flujo principal:**

Este caso de uso empieza cuando el Personal Salud selecciona el formulario a desplegar de la lista de formularios en la Figura 5-13.

El sistema busca la información del formulario y metadatos.

El sistema genera dinámicamente el formulario solicitado.



**Figura 5-13.** Interfaz Selección de formulario a llenar

**Subflujos:**

**Flujos de excepción:**

- E1: El documento de metadatos o de formulario no se lee correctamente.
  - El sistema presenta un mensaje de error.
  - El Personal Salud presiona aceptar
  - El sistema retorna al menú principal.

**5.3.3.2 Caso de uso Registrar evento epidemiológico.**

**Actores:** Personal Salud.

**Propósito:** Almacenar la información recolectada en el formulario sobre un caso epidemiológico.

**Resumen:** El personal Salud llena los datos solicitados en el formulario. El personal Salud solicita al sistema registrar o guardar la información. El sistema verifica la información adicionada. El sistema guarda la información.

**Tipo:** Primario, abstracto

**Referencias cruzadas:** Seleccionar registro, presenta formulario

**Precondiciones:**

El Personal Salud debe haber seleccionado el formulario a registrar mediante la interfaz Nuevo Registro del caso de uso Presentar Formulario.

**Flujo principal:**

Este caso de uso inicia cuando el Personal Salud llena los datos solicitados en el formulario correctamente.

Una vez registrados los datos, el Personal de Salud selecciona el botón Guardar en la Figura 5-14.

The screenshot shows a web application window titled "SISTEMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICO. EHAS-colombia". The main content area is titled "NOTIFICACION OBLIGATORIA SEMANAL". It contains a "Descripcion" field with the text "Formulario de recoleccion de eventos de notificacion obligatoria semanal." Below this is a "Formulario" section with a table. The table has two columns, A and B, and 18 rows of fields. The fields in column A are: ANO, MES, DIA, PERIODO\_EPIDEMIOLOGICO, IPS, ENFERMEDAD, NOMBRE\_PACIENTE, TIPO\_ID, NUMERO\_ID, MUNICIPIO, PROCEDENCIA, NOMBRE\_PROCEDENCIA, GENERO, EDAD, RAZA, CLASIFICACION, CONDICION\_FINAL, REGIMEN, and SEMANA\_AJUSTA. The fields in column B are: Colera (dropdown), CC (dropdown), Popayan (dropdown), Barrio (dropdown), M (dropdown), Blanco (dropdown), Probable (dropdown), Vivo (dropdown), and Subsidiado (dropdown). To the right of the form are two buttons: "Guardar" and "Cancelar".

Figura 5-14. Interfaz formulario a llenar

El sistema convierte la información en un documento para almacenar.

El sistema presenta un mensaje confirmando que se registró la información.

**Subflujos:**

**Flujos de excepción:**

- E1: Error al guardar.
  - El sistema presenta el mensaje de error al guardar información.
  - El Personal Salud presiona aceptar.
  - El sistema retorna al menú principal.

### 5.3.3.3 Caso de uso Buscar Registros Enviados

**Actores:** Epidemiólogo.

**Propósito:** Buscar y almacenar los registros enviados desde los diferentes clientes de la aplicación.

**Resumen:** El Epidemiólogo solicita al sistema buscar registros. El sistema verifica las opciones de configuración para la búsqueda y se conecta al cliente de correo electrónico, según las opciones de configuración, para buscar nuevos registros enviados. El sistema recibe los registros enviados y los almacena localmente.

**Tipo:** Primario, abstracto

**Referencias cruzadas:** Enviar registros, actualizar base de datos.

**Precondiciones:**

El sistema debe contar con la siguiente información:

Documento de configuración.

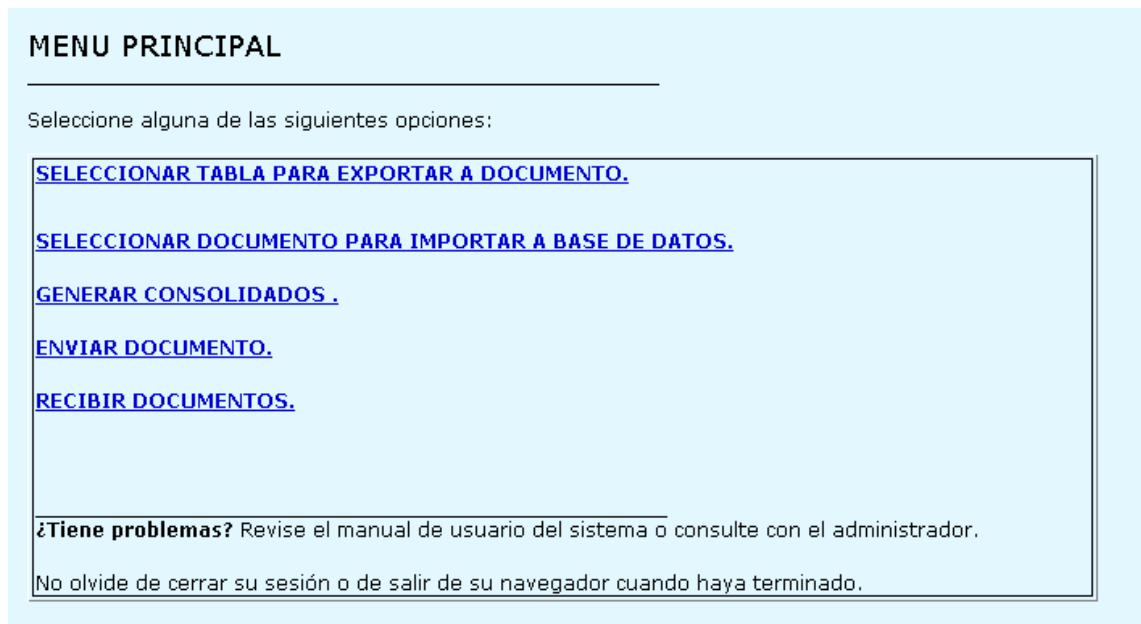
Información de conexión con el servidor de correo.

El Administrador debe haber configurado el documento de conexión.

**Flujo principal:**

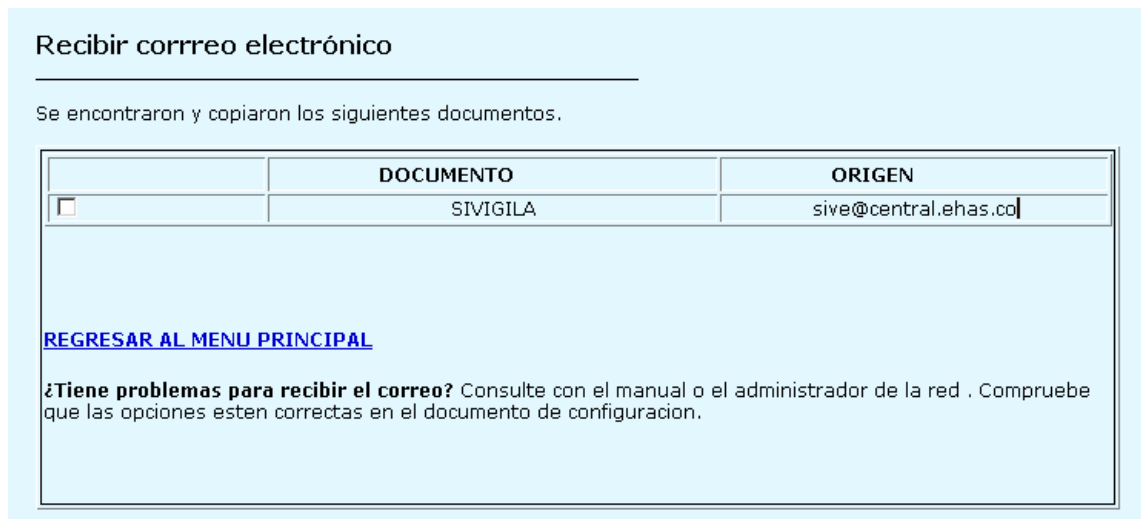


- Este caso de uso inicia cuando el Epidemiólogo selecciona la opción RECIBIR DOCUMENTOS del menú principal, como aparece en la Figura 5-15:



**Figura 5-15.** Interfaz Menú Principal

- El sistema verifica las opciones de configuración y conexión.
- El sistema se conecta al cliente de correo electrónico y guarda los registros encontrados.
- El sistema presenta la ventana con los registros encontrados como se muestra en la Figura 5-16:



**Figura 5-16.** Interfaz Recibir correo electrónico

**Flujos de excepción:**

- E1. No es posible la conexión.
  - El sistema presenta el mensaje de error en la conexión y despliega el error ocurrido.
  - El Epidemiólogo presiona el botón de aceptar

- El sistema presenta el menú principal
- E2. No es posible guardar el registro.
  - El sistema presenta el mensaje de error al guardar registro.
  - El Epidemiólogo presiona el botón de aceptar
  - El sistema presenta el menú principal.

#### 5.3.3.4 Caso de uso Actualizar Base De Datos.

**Actores:** Epidemiólogo

**Propósito:** Insertar la información de los registros almacenada localmente a la Base de datos del sistema.

**Resumen:** El Epidemiólogo selecciona el registro que desea insertar en la base de datos. El sistema verifica el contenido del registro y lo inserta en la base de datos. El sistema despliega un mensaje de confirmación.

**Tipo:** Primario, abstracto

**Referencias cruzadas:** Buscar registros enviados

**Precondiciones:**

El Epidemiólogo debe haber buscado registros enviados anteriormente.

Los Registros enviados deben haber sido almacenados en una carpeta correctamente.

**Flujo principal:**

- Este caso de uso inicia cuando el Epidemiólogo selecciona del menú principal (ver Figura 5-15) la opción: SELECCIONAR DOCUMENTO PARA IMPORTAR A BASE DE DATOS.
- El sistema presenta la ventana de selección de registro a ingresar (ver Figura 5-17)
- El Epidemiólogo selecciona el registro que desea ingresar a la base de datos. Como se muestra en la figura:

Importar documento.

---

Seleccione el documento para importar a la Base de Datos:

Registro ENO

Importar

---

[REGRESAR AL MENU PRINCIPAL](#)

**Figura 5-17.** Interfaz importar documento

- Si selecciona Importar: Subflujo S1: Importar a base de datos.
- Si selecciona Regresar: Subflujo S2: Retornar menú principal.

**Subflujos:**

- S1: Importar a base de datos.
  - El sistema verifica la información a ingresar.
  - El sistema ingresa la información a la base de datos.
  - El sistema presenta la confirmación del evento.
- S2: Retornar menú principal:
  - El Epidemiólogo presiona en REGRESAR
  - El sistema presenta el menú principal

**Flujos de excepción:**

- E1: Registro incorrecto.
  - El sistema despliega mensaje de información incorrecta.
  - El Epidemiólogo presiona aceptar.
  - El sistema regresa al menú principal.

**5.3.3.5 Caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA.**

**Actores:** Epidemiólogo

**Propósito:** Generar el consolidado definido por los formatos de SIVIGILA con la información almacenada en la base de datos.

**Resumen:** El Epidemiólogo solicita ver un consolidado de SIVIGILA. El sistema busca los metadatos pertenecientes a SIVIGILA. El sistema busca la información a colocar en el consolidado según los metadatos. El sistema presenta el consolidado.

**Tipo:** Primario, abstracto

**Referencias cruzadas:** Seleccionar registro.

**Precondiciones:**

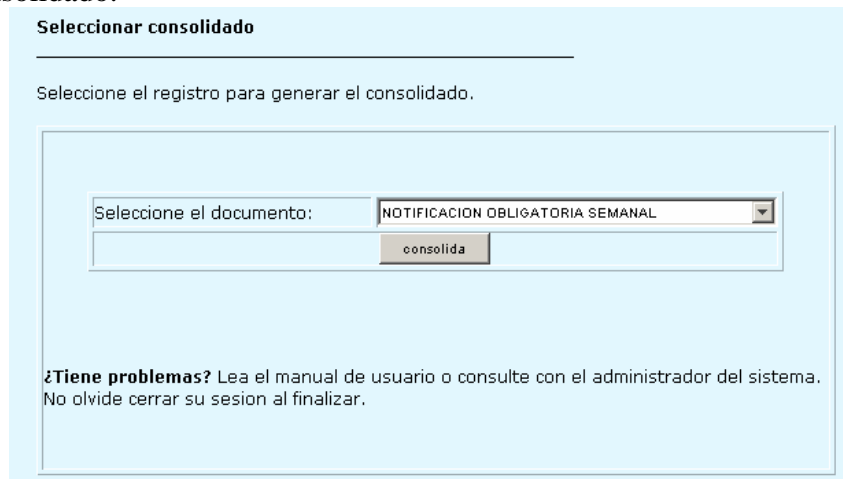
El sistema debe tener la siguiente información:

Metadatos: Estructura (Titulo, descripción, fecha, campos de selección y de texto) y tipo de información a incluir en el consolidado.

Información en la base de datos sobre los registros ingresados.

**Flujo principal:**

- Este caso de uso comienza cuando el Epidemiólogo selecciona la opción GENERAR CONSOLIDADOS del menú principal (Figura 5-15).
- El sistema presenta la ventana Seleccionar Registros (Figura 5-18).
- El Epidemiólogo selecciona un registro sobre el cual quiere hacer el consolidado.



**Figura 5-18.** Interfaz seleccionar consolidado

- El sistema verifica la información referente a este consolidado.
- El sistema presenta el consolidado.

**Subflujos:**

**Flujos de excepción:**

- E1: Registro incorrecto.
  - El sistema presenta el mensaje de error en el registro.
  - El Epidemiólogo presiona aceptar.
  - El sistema regresa al menú principal.

**5.3.3.6 Caso de uso enviar formulario.**

**Actores:** Coordinador VE

**Propósito:** Enviar el documento que describe un formulario de recolección de información epidemiológica a la herramienta cliente.

**Resumen:** El Coordinador solicita enviar un nuevo formulario. El sistema despliega una lista con los formularios disponibles en la bandeja de salida. El Coordinador selecciona el formulario a enviar. El sistema busca el documento de configuración y envía el formulario por correo electrónico según esta configuración. El sistema confirma el envío.

**Tipo:** Primario

**Referencias cruzadas:**

**Precondiciones:**

El sistema debe tener la siguiente información:

- Metadatos: Estructura (Titulo, descripción, fecha, campos de selección y de texto) y tipo de información a incluir en el formulario.
- Documento de configuración para opciones de correo electrónico.

**Flujo principal:**

- Este caso de uso comienza cuando el Coordinador selecciona la opción enviar formulario del menú principal (Figura 5-15).
- El sistema busca el documento configurar\_envio y lista los documentos posibles a enviar y sus destinos.
- El sistema presenta la interfaz Enviar Formulario (Figura 5-19) .
- El sistema presenta la ventana Enviar Formulario.
- El Coordinador selecciona un formulario de la bandeja de salida para enviar.
- El sistema obtiene las opciones de envío a través del documento de configuración.
- El sistema envía el formulario.
- El sistema confirma el envío.

**Enviar correo electrónico**

Compruebe el documento de configuración para el envío de documentos, seleccione el documento a enviar.

Seleccione el documento:	CALENDARIOEPIDEMIOLOGICO.xml
Seleccione los correos de destino:	
<input type="checkbox"/>	jafigueroa@unicauca.edu.co
<input type="checkbox"/>	jorgefigueroa19@hotmail.com
<input type="checkbox"/>	sive@co.ehas.org
<input type="checkbox"/>	dchavez@pucp.edu.pe
<input type="checkbox"/>	careyangeles@yahoo.es
<input type="button" value="Enviar documento"/>	

[REGRESAR AL MENU PRINCIPAL](#)

**Figura 5-19.** Interfaz Enviar\_Formulario

**Subflujos:**

**Flujos de excepción:**

- E1: Fallo en envío.
  - El sistema presenta el mensaje de error.
  - El Coordinador presiona aceptar.
  - El sistema guarda el formulario en la bandeja de salida.
  - El sistema regresa al menú principal.

**5.3.3.7 Caso de uso Crear nuevo formulario.**

**Actores:** Coordinador VE

**Propósito:** Crear un documento que describe la estructura y tipo de información de un nuevo formulario. Este documento contiene: Título del formulario, fecha de creación, nombre de la tabla en la base de datos, descripción, nombre del archivo, nombre de los campos, tipo de campos (edición de texto o selección de lista), tipo de información a colocar en cada campo.

**Resumen:** El Coordinador solicita crear un nuevo formulario. El sistema muestra las opciones para crear un formulario. El Coordinador rellena los campos solicitados para el nuevo formulario. El sistema guarda el documento que describe el nuevo formulario creado.

**Tipo:** Primario

**Referencias cruzadas:** Modificar formulario, Eliminar formulario.

**Precondiciones:**

El sistema debe tener la siguiente información:

- Documentos XMLSchemas que definen la estructura de los formularios.
- Base de datos creada.

**Flujo principal:**

- Este caso de uso comienza cuando el Coordinador selecciona la opción Editar Formulario del menú principal (Figura 5-15)
- El sistema presenta la ventana Nuevo\_Formulario con la estructura del nuevo formulario a crear (Ver Figura 5-20).
- El Coordinador llena los campos con la información del nuevo formulario.
- El sistema guarda esta información en la base de datos y crea un documento de metadato para el formulario creado.
- El sistema presenta la ventana de confirmación.

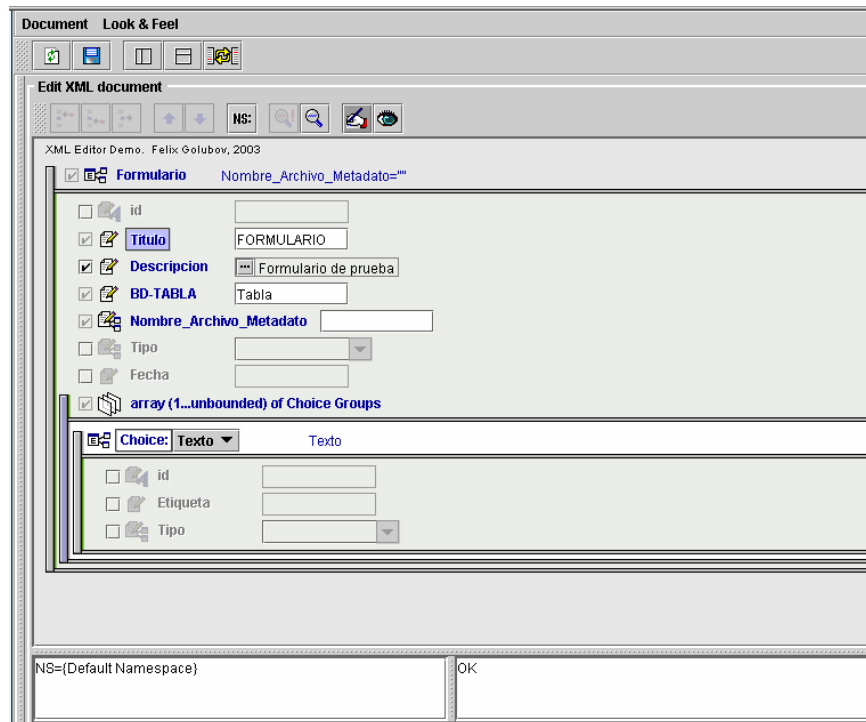


Figura 5-20. Interfaz Crear nuevo Formulario

### Subflujos:

#### Flujos de excepción:

- E1: Nombre de formulario existente.
  - El Coordinador guarda el formulario creado.
  - El sistema presenta el mensaje de error: Este nombre ya existe en otro formulario.
  - El sistema regresa a la ventana Nuevo\_Formulario con los datos introducidos por el Coordinador.
- E2: Campo no introducido.
  - El Coordinador guarda el formulario creado.
  - El sistema presenta el mensaje de error: Se deben llenar todos los campos obligatorios.
  - El sistema regresa a la ventana Nuevo\_Formulario con los datos introducidos por el Coordinador.
- E3: Formato no valido.
  - El Coordinador guarda el formulario creado.
  - El sistema presenta el mensaje de error: El dato que introdujo no es valido.
  - El sistema regresa a la ventana Nuevo\_Formulario con los datos introducidos por el Coordinador.

### 5.3.3.8 Caso de uso identificarse en el sistema.

**Actores:** Usuario (Personal de salud, Coordinador VE, Epidemiólogo, administrador).

**Propósito:** Identificarse como usuario registrado del sistema, indica al sistema si el usuario tiene permiso para acceder y los privilegios que tiene sobre el sistema.

**Resumen:** El usuario inicia la aplicación. El sistema presenta la interfaz de ingreso al sistema como es presentada en la Figura 5-21. El usuario introduce el nombre de usuario y contraseña respectivos. El sistema verifica el permiso del usuario para la utilización de la aplicación.

**Tipo:** Primario

**Referencias cruzadas:** Ninguna

**Precondiciones:** Ninguna

Por favor, identifíquese

---

Para acceder a esta parte del site, necesita identificarse usando su nombre y contraseña.

**Nombre del Usuario**

**Contraseña**

Recuerda mi nombre.

¿Olvidó su Contraseña? [Pulse aquí](#) para que se la enviemos por mail.

¿Tiene problemas en la identificación? Asegúrese que tiene activados los cookies en su navegador. No olvide salir o reiniciar su navegador cuando lo haya hecho.

No olvide de cerrar su sesión o de salir de su navegador cuando haya terminado.

**Figura 5-21.** Interfaz Ingreso al sistema

#### Flujo principal:

- Este caso de uso comienza cuando usuario inicia la aplicación, el sistema despliega la ventana Identificarse.
- El usuario introduce su nombre de usuario y contraseña respectivos.
- El sistema comprueba en su base de datos la información ingresada por el usuario.
- Si la información es valida: Subflujo S1: Presentar Menu Principal.
- Si la información no es valida: Flujo de excepción : E1: Usuario Invalido

#### Subflujos:

- S1: Presentar menú principal.
  - El sistema verifica la información a ingresar.
  - El sistema ingresa la información a la base de datos.
  - El sistema presenta la confirmación del evento.

#### Flujos de excepción:

- E1: Usuario invalido.

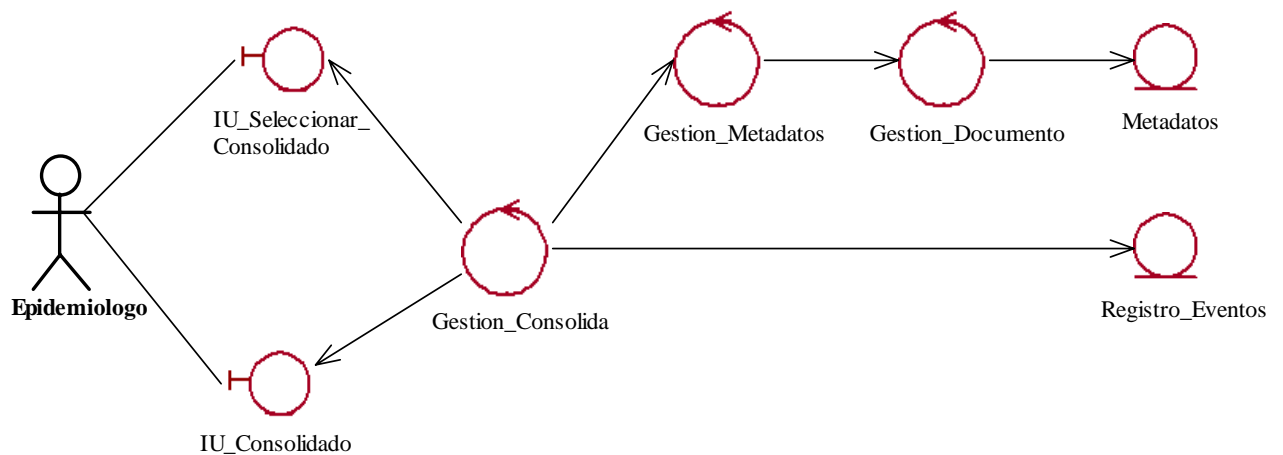
- El sistema despliega la ventana de error: Nombre de usuario o contraseña inválidos.
- El usuario presiona Aceptar.
- El sistema presenta la ventana Identificarse.

## 5.4 Modelo de Análisis

A continuación se presenta a manera de ilustración el modelo de las clases de análisis para el caso de uso: “consultar consolidado SIVIGILA”. La descripción de todos los casos de uso se realiza en el anexo A.

### 5.4.1.1 Realización de Casos de Uso

**Diagrama de clases de análisis caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA.**

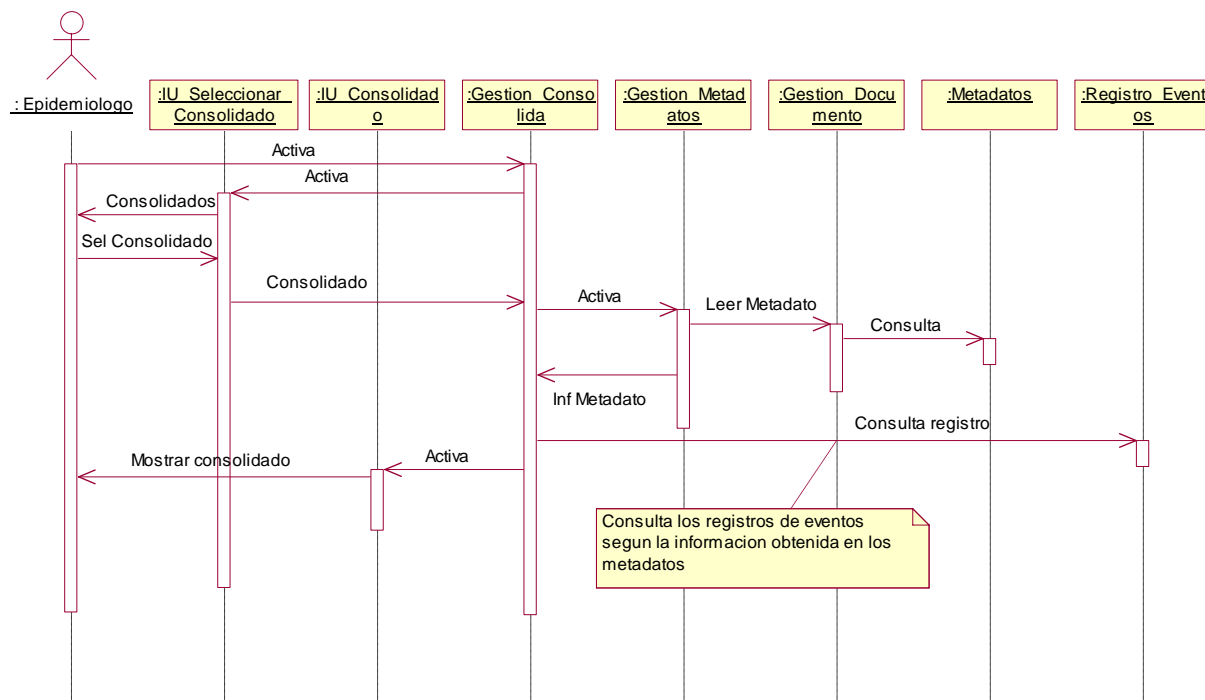


**Figura 5-22.** Diagrama de clases caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA.

El Epidemiólogo solicita ver un consolidado de SIVIGILA a través de la clase de Frontera IU\_Seleccionar\_Consolidado. El sistema a través de la clase Gestión\_Metadatos y Gestión\_Documento busca los metadatos pertenecientes al reporte SIVIGILA. El sistema busca la información a colocar en el consolidado en la clase de Entidad Registro\_Eventos. El sistema presenta el consolidado mediante la clase de Interfaz IU\_Consolidado.

**Diagrama de secuencia caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA.**





**Figura 5-23.** Diagrama de secuencia caso de uso Consultar Consolidado SIVIGILA.

## 5.5 El modelo de Diseño

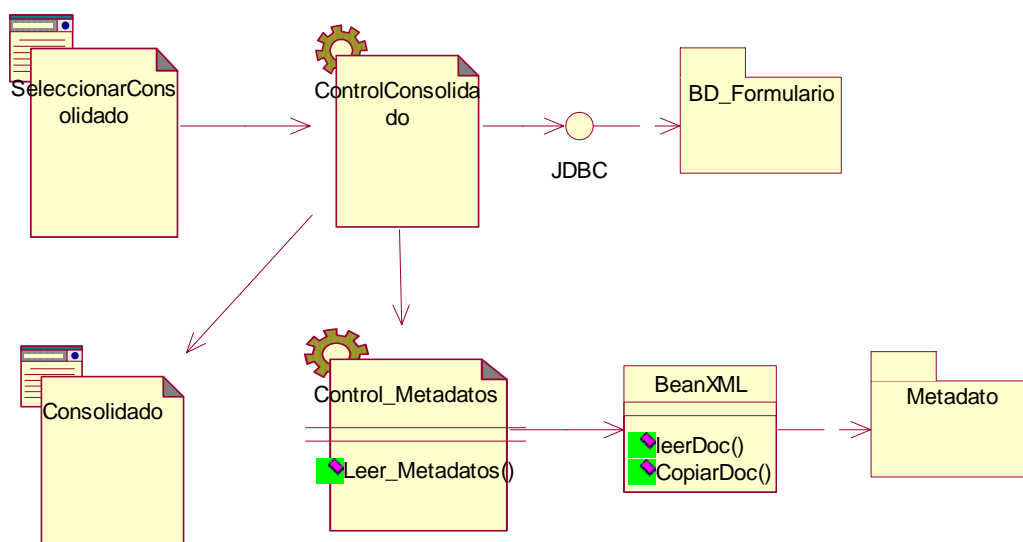
### 5.5.1 Requisitos no funcionales del sistema

Debido a las limitaciones de las redes de comunicaciones en zonas rurales de Latinoamérica, manifestándose principalmente escasez de accesos a Internet y en muchos casos aún de líneas telefónicas en los establecimientos de salud aislados, se hizo necesario considerar las restricciones de ancho de banda al momento de diseñar la arquitectura de la aplicación. Para tener una aplicación independiente del ancho de banda, y considerando que lo que se transmite entre el cliente y el servidor son archivos XML, se utiliza como medio de transporte de información el servicio de correo electrónico. Esta característica hacen a la aplicación ideal para la infraestructura de comunicaciones que se está implantando en el proyecto EHAS donde existe una red heterogénea con enlaces HF, VHF, WiFi y últimamente Wimax los cuales operan con diferentes anchos de banda. Para adaptarse a esta situación se diseñó una plataforma que gestiona la información epidemiológica a través de una aplicación Web (Herramienta Servidor) y realiza la recolección de información por medio de una aplicación de escritorio desarrollada en Java (Herramienta Cliente), la cual utiliza como medio de comunicación correo electrónico, esto permite a la herramienta cliente realizar su función de recolección de información sin necesidad de tener una conexión permanente con la herramienta Web o un servidor de aplicaciones. Esto es lo que comúnmente se conoce como una aplicación “Web-enabled”.

Para facilitar el transporte presentación de la información se usan documentos XML como repositorio de datos en el cliente y MetaDatos XML para mantener portable la estructura de la información dando flexibilidad a la aplicación. El sistema cuenta con una herramienta gestor de formularios o metadatos, basada en un editor XML, esta herramienta se integró a la aplicación Web, para que el personal de salud encargado pueda crear y modificar sus propios formularios de recolección de información epidemiológica definiendo únicamente el nombre de los campos y el tipo de datos a recolectar ya que la estructura de estos se encuentra predefinida en el editor XML por medio de documentos XMLSchema. El documento XML generado por el gestor de formularios es enviado a través de la red de comunicaciones, por medio de correo electrónico, a la herramienta cliente en cada puesto de salud del municipio para generar dinámicamente el formulario de recolección. Esta funcionalidad es implementada debido al constante cambio, por parte de los organismos reguladores en salud, de los formatos de recolección de información y para permitir al personal del sector recolectar diferentes tipos de datos para vigilancia epidemiológica adaptados a las necesidades de cada región.

### 5.5.2 Diagrama de Clases de Diseño

Los requisitos funcionales obtenidos del modelo de análisis de la sección anterior y representada en los paquetes de análisis, y los anteriores requisitos no funcionales obtenidos de la captura de las necesidades de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública en zonas rurales, son combinados y representados en las clases de diseño. Igual que en la sección anterior, se presenta a manera de ilustración el modelo de clases de diseño para el caso de uso: “consultar consolidado SIVIGILA.



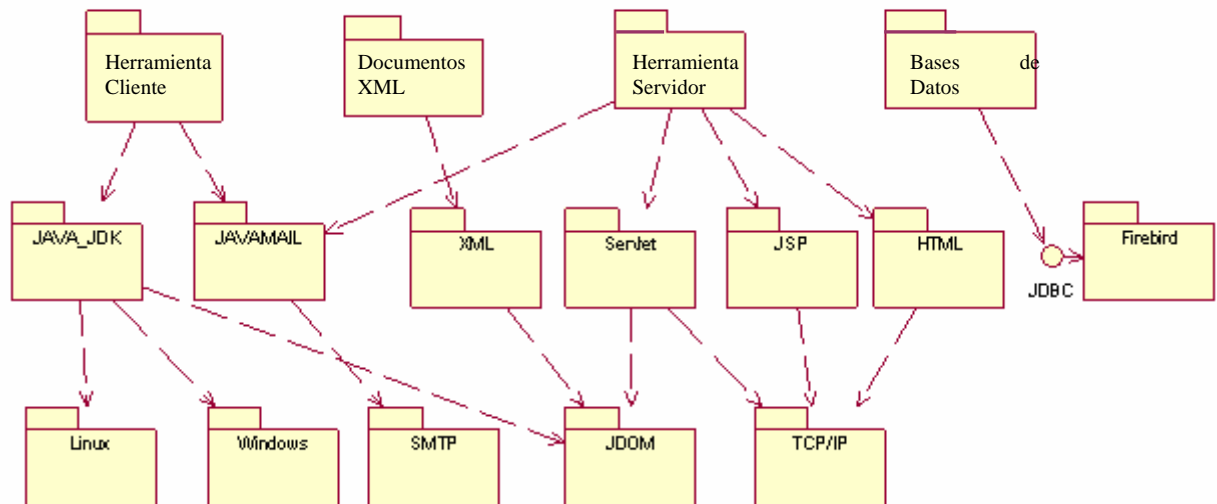
**Figura 5-24.** Diagrama de clases de implementación para el caso de uso consultar consolidado SIVIGILA

Este diagrama muestra como se implementan las clases de análisis. Se inicia cuando se selecciona un consolidado desde la ventana Seleccionar\_Consolidado. Las clases de control ControlConsolidado y ControlMetadatos son implementadas como Servlets y

Beans en Java, los cuales se encargan de interpretar el documento XML de metadatos e ingresar la información a la base de datos a través de la Clase BD\_Formulario. La clase de entidad: Metadatos son documentos XML almacenados en el servidor.

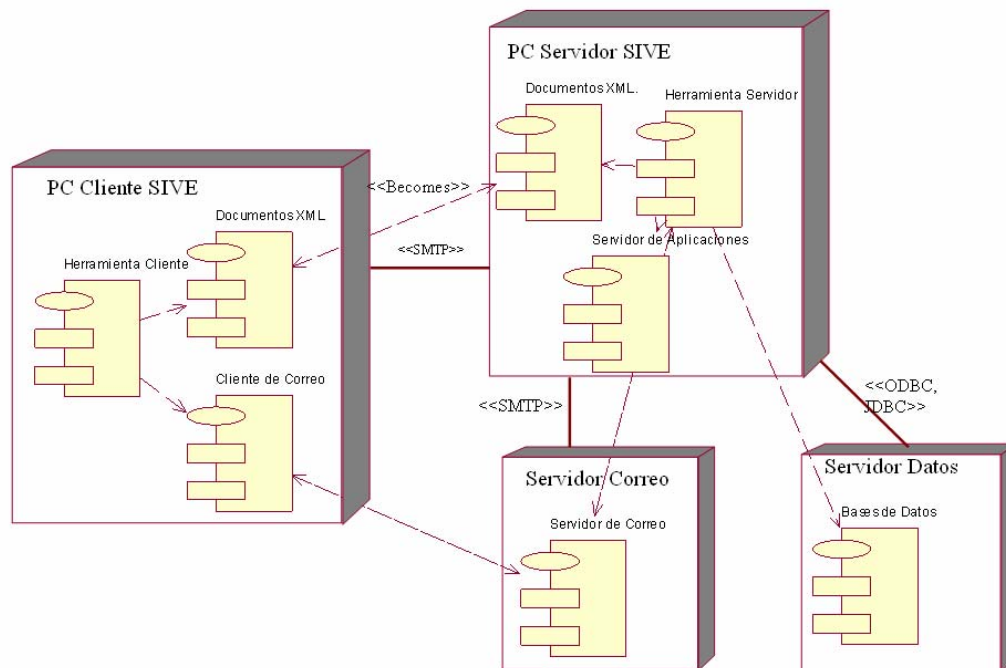
### 5.5.3 Diagrama de paquetes de diseño

Los principales paquetes diseñados para la aplicación y que agrupan las clases de diseño son Herramienta Cliente, Documentos XML, Herramienta Servidor y Bases de Datos. Los paquetes del entorno de programación son principalmente Java y Javamail como API para el manejo de correo electrónico, como base de datos se tienen documentos XML, manejados por medio del API de JDOM. La plataforma sobre la cual se implementa es Windows o Linux, usando como protocolo transporte SMTP. Para el desarrollo de la herramienta Web Servidor se usan paquetes de JSP, HTML, Servlets y JDBC como API de conexión a la base de datos Firebird, para el transporte de información también se usa el API de Javamail, esta herramienta esta disponible al usuario a través de TCP/IP y HTTP.



**Figura 5-25.** Diagrama general de paquetes de diseño

### 5.5.4 Diagrama de Implantación



**Figura 5-26.** Diagrama de Implantación

Para la herramienta Cliente (PC\_Cliente) se requiere de un computador con una configuración hardware básica, no se necesita gran capacidad de memoria o procesamiento ya que se trata de una aplicación liviana, la información es almacenada en documentos XML, los cuales son accedidos a través del API de JDOM. Los documentos XML aparecen tanto en el PC cliente como en el PC Servidor porque se están actualizando constantemente de un lado a otro. Esto se demuestra mediante una relación de dependencia con el estereotipo `<<becomes>>`. La aplicación cliente corre sobre cualquier plataforma ya sea Windows o Linux, solo se requiere instalar la máquina virtual de Java. Para la comunicación con la aplicación Web (PC\_Servidor) se utiliza SMTP.

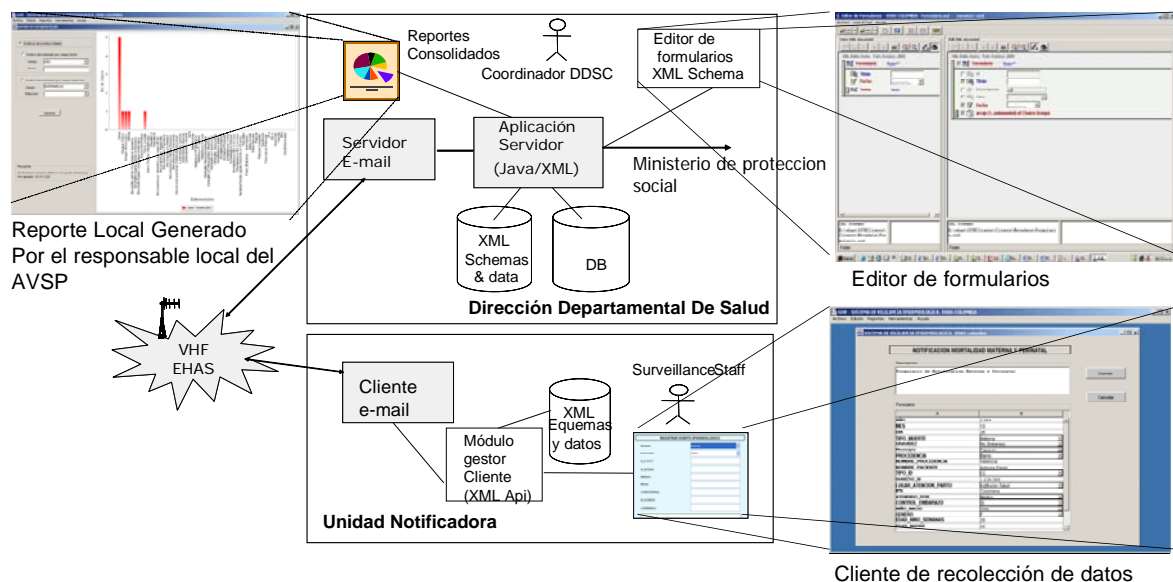
Para la Herramienta Servidor (PC\_Servidor) se requiere de un computador con una configuración hardware de servidor ya que sobre este se instalan el servidor de aplicaciones que controla los Servlets y JSPs además del manejo de documentos XML. En este mismo equipo o en un computador diferente está el Servidor de correo electrónico, el cual se encarga de comunicarse con los clientes. Así mismo podemos tener implementada la base de datos en el mismo equipo u otro diferente como se representa en la Figura.

## 5.6 Conclusiones

Para concluir este capítulo y con el objetivo de tener una idea general del funcionamiento de la aplicación se describe a continuación de manera informal el funcionamiento de la aplicación. La arquitectura de la aplicación desarrollada se

presenta en la Figura 5-27. En el Centro de Salud u Hospital, el Coordinador del AVSP rellena semanalmente a través de un formulario Web un reporte con los eventos epidemiológicos registrados en su zona. Este reporte viaja hacia el Servidor de la DDSC usando la Red EHAS- En su destino, el sistema almacena la información de todos los Centros de Salud y Hospitales de Primer nivel (Unidades notificadoras) en una Base de Datos. Con esta información el encargado de la Sección de Vigilancia Epidemiológica genera un reporte consolidado SIVIGILA que será enviado el Ministerio de protección social donde será ingresado al sistema nacional de Salud Pública. El Coordinador del AVSP en la DDSC puede obtener otros reportes más detallados, que le permitan planificar la atención en salud Pública de todo el Departamento. A nivel local, el coordinador de vigilancia epidemiológica puede consultar la Base de datos de eventos epidemiológicos y generar reportes locales que son usados en los COVE locales.

Una funcionalidad novedosa fue agregada en las últimas versiones de la aplicación que permite al coordinador del SVSP de la DDSC diseñar los formularios Web que se le mostrarán al Coordinador de AVSP en las unidades notificadoras. Esto es posible porque además de la información rellena en los formularios, se envía a través de la red la estructura de los datos (información de cómo deben aparecer los formularios web) almacenada en unos documentos XML de estructura: XMLSchemas. De esta forma el Coordinador de VE en la DDSC, diseña el formulario web con un Editor XMLSchema (Similar a un Editor de páginas web), y su diseño se actualiza automáticamente en la interfaz web (A través de un nuevo modulo desarrollado en XML llamado gestor de Estructura). De esta forma, si el ministerio de protección social solicita nuevos datos o modifica la estructura de los mismos, este cambio será transparente en la aplicación del Centro de Salud.



**Figura 5-27.** Arquitectura de la aplicación

La aplicación está desarrollada totalmente en Java. El cliente es una aplicación de escritorio que usa interfaces Java Swing. La información es almacenada en documentos XML y la estructura mediante XML Esquemas. El API JDOM de java gestiona los documentos XML. El servidor está desarrollado con Servlets y JSPs que gestionan de igual forma los XMLSchemas y documentos XML mediante el API JDOM. La base de datos está implementada en FireBird, un potente gestor de bases de datos relacional. El

editor de formularios ha sido adaptado de un Editor java de formularios de código libre. El editor permite a través de una interfaz gráfica generar formularios web y un XMLmetadata que describe la estructura de dicho formulario.

# Capítulo 6: Contribuciones, Conclusiones y Líneas Futuras

## 6.1 Contribuciones

Esta tesis aborda principalmente el problema de la complejidad en el diseño de Sistemas de Información en Salud cuando los equipos de desarrollo software tienen poca experiencia en el dominio. Las arquitecturas de referencia se proponen como una alternativa para soportar el trabajo de los analistas y diseñadores de Sistemas de Información cuando modelan sistemas complejos como los sistemas de salud donde los procesos de la organización son muy particulares del dominio de aplicación. En el proceso de buscar una solución adecuada a este problema se encontraron diferentes contribuciones que se describen a continuación, organizadas según los objetivos específicos de la tesis:

### 6.1.1 Caracterizar los Sistemas de Información para vigilancia en Salud Pública en zonas rurales.

La caracterización de los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública se abordó principalmente en los capítulos 2: Caracterización de los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública y capítulo 4: La arquitectura genérica para los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.

En el capítulo 2 se llevó a cabo una revisión exhaustiva del dominio de los Sistemas de Información vigilancia en salud pública. Se revisaron los principales conceptos y funcionalidades y tipos de Sistemas de Información (Sistemas de alertas tempranas, vigilancia de laboratorios, vigilancia centinela, vigilancia especializada, notificación obligatoria, vigilancia internacional, etc). Se aportó al estado del arte, mediante una clasificación de estos sistemas según unas características definidas (el nivel jerárquico en el sistema de salud, el tipo de programa en salud pública, el procedimiento de vigilancia, y el tipo de tecnología de información y comunicaciones).

En el capítulo 4 se abarca la vista de la organización en la descripción de la arquitectura genérica para los Sistemas de Información para vigilancia en salud pública usando como referencia la caracterización obtenida en el capítulo 2.

### 6.1.2 Definir una Arquitectura de Sistemas de Información (ISA) según las vistas de RM-ODP

Soportados en la revisión previa del estado del arte, se encontró que para diseñar arquitecturas de Sistemas de Información distribuidos la mejor alternativa era usar RM-

ODP y MDA. Esta aproximación permitió hacer una contribución que no estaba planteada desde el inicio y que, aunque requirió gran parte del tiempo dedicado a este trabajo, abre una línea de investigación importante y deja mucho trabajo futuro por desarrollar. Este trabajo se describe en el capítulo 3: Hacia una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud Pública.

Para definir la arquitectura deseada era necesario encontrar una metodología que guiase en el diseño de tal arquitectura. Además de esto, el problema no era diseñar una arquitectura de un sistema final, el problema era diseñar una arquitectura genérica para un conjunto de Sistemas de Información que comparten una característica especial: soportar los procesos de una organización en salud cuyo “negocio” es la vigilancia de la salud en poblaciones. El aporte principal en el capítulo 3 es la formalización del proceso de diseño de una arquitectura de referencia para Sistemas de Información en Salud aunque en general este procedimiento, tal como está descrito en este capítulo, se puede aplicar al diseño de arquitecturas de referencia para cualquier tipo sistema de información con características de distribución y basado en componentes. Esto debido a que la primera fase de la metodología consiste en un análisis de la organización objetivo, su estructura objetivos, alcance y restricciones. Este proceso aplica a cualquier sistema informático que soporte los procesos de una organización, aunque los modelos resultantes sean dependientes del dominio del sistema de información que se está diseñando. Debido a lo anterior, los modelos resultantes de la metodología propuesta en este capítulo aplican sólo a arquitecturas de referencia para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública, aunque como se ha mencionado el proceso de diseño aplicaría a cualquier sistema de información.

En el capítulo 4 y en el capítulo 5 se diseña, con base en la metodología planteada en el capítulo 3, la arquitectura genérica para Sistemas de Información deseada. La arquitectura resultante es en sí misma una contribución en el área de la informática para salud. No existen arquitecturas de referencia para el diseño de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública. La mayoría de sistemas han sido desarrollados desde cero, de acuerdo a las características especiales de la organización objetivo. Existen otras arquitecturas para el diseño de Sistemas de Información en Salud, pero la mayoría de ellas están enfocadas en el desarrollo de Sistemas de Información hospitalarios y para procesos clínicos (*Health care information systems*). Existen actualmente algunos esfuerzos de estandarización y propuestas de modelos de referencia para salud pública, principalmente en EE UU, pero están enfocados específicamente al nivel de la información y no consideran particularmente los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública.

### **6.1.3 Validar la arquitectura con el desarrollo de una aplicación para soportar los procesos del Sistema de Vigilancia en Salud Pública**

Los resultados y contribuciones en este objetivo están descritos en el capítulo 5 y en el Anexo A en la descripción de las vistas de la ingeniería y la tecnología. De la arquitectura de referencia se obtienen unos modelos para entender el ámbito y contexto del sistema de información, los procesos de la organización y el dominio del sistema. Estos modelos sirven de soporte para diseñadores software en el modelado de los casos de uso de la organización y los casos de uso de la aplicación. Los modelos de dominio resultantes son un insumo importante para el diseño del modelo de información de la vigilancia en Salud pública.



Otro de los aportes importantes en el proceso de validar la arquitectura mediante el diseño de una herramienta de vigilancia epidemiológica en un contexto real, fue el haber obtenido una arquitectura para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública en países en vías de desarrollo donde existen limitaciones de ancho de banda en las redes de comunicaciones en zonas rurales. Para tener una aplicación independiente del ancho de banda, se utiliza como medio de transporte de información el servicio de correo electrónico. Esta característica hacen a la aplicación ideal para la infraestructura de comunicaciones que se está implantando en el proyecto EHAS donde existe una red heterogénea con enlaces HF, VHF, WiFi y últimamente Wimax los cuales operan con diferentes anchos de banda. Para adaptarse a esta situación se diseñó una plataforma que gestiona la información epidemiológica a través de una aplicación Web (Herramienta Servidor) y realiza la recolección de información por medio de una aplicación de escritorio desarrollada en Java (Herramienta Cliente), la cual utiliza como medio de comunicación correo electrónico, esto permite a la herramienta cliente realizar su función de recolección de información sin necesidad de tener una conexión permanente con la herramienta Web o un servidor de aplicaciones. Esto es lo que comúnmente se conoce como una aplicación “Web-enabled”.

## **6.2 Conclusiones**

A partir de las contribuciones descritas en la sección anterior, así como del análisis del estado del arte y desarrollo de la tesis en general, se han logrado extraer las siguientes conclusiones:

### **6.2.1 Capítulo 2. Caracterización de los Sistemas de Vigilancia en Salud Pública**

El marco conceptual desarrollado en este capítulo fue fundamental para el diseño de la arquitectura de referencia para Sistemas de Información para vigilancia en salud pública. Los conceptos, funcionalidades, tipos de Sistemas de Información y la taxonomía definida fueron la base para definir el modelo de la organización en la arquitectura de referencia para los Sistemas de Vigilancia. Esta caracterización aportó los elementos necesarios para la generalización de la arquitectura, así como permite definir el ámbito y alcance de cualquier sistema de información para vigilancia en salud pública.

Del análisis de los principales sistemas de alertas tempranas se encontró que la mayoría de ellos responden a funcionalidades similares aunque orientados a diferentes tipos de enfermedades (Sistemas Verticales y horizontales): enfermedades infecciosas, VIH, Bioterrorismo. Así mismo seleccionando los resultados que contenían una descripción técnica detallada de los Sistemas de Información, se pudo determinar que la mayoría de los sistemas son sistemas Cliente/Servidor de nivel 4 donde se captura información a través de interfaces web, y se almacena en una base de datos para la obtención de reportes. En general cada administración de salud desarrolla sus propios Sistemas de Vigilancia de acuerdo a sus necesidades. La capacidad de integración e interoperabilidad es una característica que apenas se está considerando. Las redes de comunicación sobre las cuales funcionan la gran mayoría estos sistemas es Internet. Con

respecto al nivel jerárquico se encuentran sistemas en todos los niveles, siendo más comunes los sistemas nacionales de alertas tempranas que se nutren de una red de sistemas regionales y que a su vez forman parte de una red global de vigilancia en Salud Pública.

### **6.2.2 Capítulo 3. Hacia una arquitectura genérica para Sistemas de Vigilancia**

En este capítulo se describió una metodología para el diseño una arquitectura genérica para Sistemas de Información en Salud. El diseño de la metodología se hizo de manera rigurosa, a través de la definición de un marco de desarrollo (RM-ODP), un proceso de desarrollo (MDA) y una guía metodológica formal (RUP). El marco metodológico (RM-ODP como marco conceptual, MDA como proceso de desarrollo y RUP una guía metodológica formal) es a nuestro juicio el más adecuado para diseñar una arquitectura de referencia para Sistemas de Información y que fue utilizada específicamente para un sistema de vigilancia en salud pública.

Para tener una visión más completa, tanto de los requerimientos funcionales de la organización como de los requisitos tecnológicos, se utilizó como referencia el modelo OSI de referencia abierto para el procesamiento distribuido abierto RM-ODP. Sin embargo se encontró que RM-ODP por si solo no era suficiente para diseñar una arquitectura genérica. RM-ODP debía estar soportado en un proceso de desarrollo para lo cual se usaron los conceptos básicos de la Arquitectura Basada en Modelos (en inglés *Model Driven Architecture MDA*). MDA fue seleccionada por ser una tecnología que asegura la reusabilidad de la arquitectura. La separación en modelos de MDA la hacen una muy buena aproximación para articular los modelos resultantes del análisis por vistas de RM-ODP. MDA Sin embargo el problema metodológico continuaba. La especificación de MDA sólo proporcionaba una estrategia general a seguir en el desarrollo de software, pero no definía ni técnicas a utilizar, ni fases del proceso, ni ningún tipo de guía metodológica. Para suplir esta deficiencia, fue necesario buscar un proceso de desarrollo software compatible con MDA para obtener los modelos propuestos en las vistas anteriores de RM-ODP. El proceso de desarrollo seleccionado fue el Proceso Unificado de Desarrollo de Rational (*Rational Unified Process RUP*).

### **6.2.3 Capítulo 4. La arquitectura genérica para Sistemas de Vigilancia**

La arquitectura diseñada es una arquitectura de referencia para construir cualquier sistema de vigilancia en salud pública. La vista fundamental para una arquitectura de referencia para Sistemas de Información es la vista de la organización. A partir de esta vista, se puede avanzar en las vistas de la información y la computación obteniendo una arquitectura del sistema independiente de la plataforma. En consecuencia se separó la descripción de la arquitectura en una descripción genérica de los procesos de la organización (Vista organizacional), una descripción menos genética limitada a los Sistemas de Vigilancia de alertas tempranas según el sistema de salud colombiano (vistas de al organización y la computación) y una descripción arquitectónica específica de la plataforma de aplicación que corresponde a la implementación de la arquitectura independiente de la plataforma construida según al arquitectura de componentes de Java (Java Enterprise Edition J2EE ) y la implementación en Java y XML (Extensible Markup Lenguaje) que corresponde a las vistas de la ingeniería y la tecnología.

En este capítulo se describe la vista de la organización de la arquitectura de referencia para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública. En el Capítulo 5 se describen las vistas de la información y la computación derivadas la vista de la organización y una descripción general de las vistas de la ingeniería y la tecnología para un sistema de información específico. En el anexo A se describen en detalle estas dos últimas vistas, a través de la descripción de los modelos UML del sistema de información para vigilancia epidemiológica finalmente desarrollado.

La vista de la organización en la arquitectura permite disminuir el tiempo de desarrollo de Sistemas de Información finales, al facilitar la obtención de los flujos de trabajo de *Modelado de la organización, captura de requisitos y análisis* de Sistemas de Información para vigilancia en Salud Pública. Esta vista genera un modelo de referencia para entender el ámbito y contexto del sistema de información, los procesos de la organización y el dominio del sistema. Así mismo es soporte para diseñadores software en el diseño los casos de uso, identificación de usuarios y el diseño del modelo de información de cualquier sistema de vigilancia en Salud pública. Es de gran ayuda especialmente cuando el equipo de desarrollo software no está familiarizado con el dominio de la salud pública. Estas características permiten alcanzar lo que se conoce como alineación de los procesos de la organización con la tecnología (en inglés, *Business and IT alignment*).

La vista de la organización diseñada separa- *a través de casos de uso*- las funcionalidades esenciales de un sistema de vigilancia en salud pública definidas en el Capítulo 2. Esta separación es clara en los casos de uso: *monitoreo de eventos epidemiológicos* y *monitoreo de estados de salud*. El primero define la funcionalidad de la mayoría de Sistemas de Vigilancia en Salud Pública: la vigilancia de brotes epidemiológicos y enfermedades de notificación obligatoria- *como es el caso de SIVIGILA el sistema que valida la arquitectura descrita en el capítulo 5*-. El segundo define funcionalidades que no todos los Sistemas de Vigilancia cubren, pero que la mayoría pretenden o deberían cubrir. Esto permite que el modelo se adapte a las necesidades de cualquier sistema de vigilancia.

#### **6.2.4 Capítulo 5. Una arquitectura de Sistemas de Información para vigilancia en salud pública en zonas rurales**

En este capítulo se desarrollan las vistas restantes de RM-ODP vistas de la información, computación, ingeniería y tecnología. El sistema de información para describir estas vistas es el sistema SIVIGILA en el Departamento del Cauca. El sistema de Información SIVIGILA es un sistema de vigilancia de alertas tempranas para la notificación de enfermedades obligatorias. Para el desarrollo de las vistas RM-ODP restantes se desarrollan los flujos de trabajo RUP definidos en el capítulo 3. Cómo el ámbito de la arquitectura para las vistas de la información y la computación se redujo a un sistema específico de vigilancia (SIVIGILA) es necesario repetir el flujo de trabajo del modelo de la organización para este sistema específico. Para este nuevo modelo de la organización se hace un refinamiento del modelo genérico definido en el capítulo anterior y siguiendo la misma metodología propuesta.

En las fases de la metodología propuestas en el capítulo 3, primero se hace una especialización del modelo de referencia definido en el capítulo 4. El procedimiento

recomendado a seguir es que los analistas de sistemas estudien el modelo de referencia antes de iniciar la captura de requisitos para tener una visión mas clara y completa del sistema. Posteriormente se inicia la captura de requisitos de la manera tradicional a través entrevistas y recolección de información específica de la organización. Finalmente se construye el modelo de la organización siguiendo los pasos de la metodología y reutilizando artefactos del modelo de referencia. Este mecanismo de reusabilidad es bastante sencillo pero muy útil. El proceso de análisis siguiendo este procedimiento facilitó el modelado de la organización objetivo y se obtuvo como resultado final un sistema de vigilancia abierto, basado en componentes y adaptable a otros sistemas de salud en el marco del proyecto EHAS.

### **6.3 Líneas futuras**

Este trabajo ha sido posible gracias a la experiencia de más de 5 años del Grupo de Ingeniería Telemática en el desarrollo de Sistemas de Información para salud y especialmente a los proyectos desarrollados en el marco del programa EHAS en Colombia. El desarrollo de este tipo de sistemas ha resultado complejo debido principalmente al desconocimiento de dominio de aplicación y se ha demostrado que a nivel del análisis y diseño de este tipo de sistemas hay una cantidad de aspectos en los que es posible aportar desde el punto de vista de la aplicación de las TIC. De este trabajo se pueden mencionar algunas:

-La caracterización de los Sistemas de Información para vigilancia aunque fue completa, es posible hacerla más exhaustiva. El análisis se limitó a los principales Sistemas de Vigilancia de alertas tempranas. Es deseable considerar otras características menos generales como el modelo de la organización, modelo de información, su arquitectura de componentes, estrategias de interoperabilidad, tecnología, características de las redes de comunicación, etc. Una buena aproximación es utilizar el marco de referencia RM-ODP con sus 5 vistas para hacer esta evaluación arquitectónica.

-Es deseable establecer, desde el punto de vista de las arquitecturas, en qué medida es posible reutilizar todo el conocimiento generado en los últimos 20 años en el área de Sistemas de Información en Salud (aquellas orientadas a sistemas clínicos y tratamiento de pacientes que han derivado en estándares ISO, ANSI, CEN, HL7, etc) en el diseño de Sistemas de Información para salud pública. Este conocimiento podría dar valor a nuestra arquitectura de referencia para Sistemas de Vigilancia en Salud Pública en caso de que sea poco reutilizable en el contexto de Sistemas de Vigilancia, o por el contrario permitiría establecer en que grado se pueden reutilizar las arquitecturas existentes en el caso de que exista tal grado de reutilización. Este conocimiento permitiría también abordar la interoperabilidad de Sistemas de Información para salud clínicos, con los Sistemas de Información para salud pública. Esta línea de trabajo es abordada actualmente en mi tesis de doctorado

-La metodología para el diseño de arquitecturas de referencia considera la arquitectura de Sistemas de Información en forma completa a través de las cinco vistas RM-ODP: organización, información, computacional, ingeniería y tecnología. Sin embargo, por ser una aproximación independiente de la plataforma, se tienen que abordar de manera genérica las vistas de la organización, información, computacional. Es posible ir mucho

más allá y profundizar en la metodología para abarcar las vistas de ingeniería y tecnología desde el punto de vista del diseño de arquitecturas de referencia. Establecer arquitecturas de referencia para la arquitectura dependiente de la tecnología (vistas de la ingeniería y tecnología) es un trabajo bastante complejo y que involucra el trabajo en el área de arquitecturas software. Las familias software pueden ser una alternativa para abordar este problema desde una aproximación muy completa. También es posible revisar el trabajo en componentes software, patrones de diseño, transformaciones automáticas de MDA, etc.



## Bibliografía

- [1] . Ambler S.W and. Constantine L.L The Unified Process Inception Phase: Best Practices in Implementing the UP, , CMP Books, 2000.
- [2] . Buckingham et al. Information Systems Education: Recommendations and Implementation, CPU, Cambridge. 1987.
- [3] . Global Public Health Intelligence Network (GPHIN). Consultado 29 de Abril de 2005 Disponible en: [http://www.phac-aspc.gc.ca/media/nr-rp/2004/2004\\_gphin-rmispbk\\_e.html](http://www.phac-aspc.gc.ca/media/nr-rp/2004/2004_gphin-rmispbk_e.html).
- [4] . The Laboratory Response Network. Partners in Preparedness Consultado 03 de Mayo de 2005. Disponible en: <http://www.bt.cdc.gov/lrn/>.
- [5] Rendón A., Martínez A., Dulcey M. F., Seoane J., Shoemaker R. G., Villarroel V., López D. M., Simó J.. "Rural Telemedicine Infrastructure and Services in the Department of Cauca, Colombia". *Telemed J E Health*. 2005 Aug;11(4):451-9.
- [6] Vallecillo A.. "RM-ODP: The ISO Reference Model for Open Distributed Processing". DINTEL Edition on Software Engineering. No. 3. ISBN: 84-931933-2-1, pp. 69-99. March 2001.
- [7] Brown A. W., Conallen J., An introduction to model-driven architecture. Part III: How MDA affects the iterative development process. IBM Rational. 2005. Consultado Junio 15 de 2005. Disponible en: <http://www-128.ibm.com/developerworks/rational/library/may05/brown/>.
- [8] Ambler S.W , Nalbone J. and Vizdos M. The Enterprise Unified Process: Extending the Rational Unified Process. Prentice Hall. 2005
- [9] Vasconcelos A, Marques-Pereira C, Sousa P, Tribolet J.M.: Open Issues on Information System Architecture Research Domain: The Vision. *ICEIS (3) 2004*: 273-282
- [10] Anido L- Contribución a la definición de Arquitecturas Distribuidas para Sistemas de Aprendizaje Basados en Ordenador utilizando CORBA. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Telemática. Universidad de Vigo. España. 2001
- [11] ANSI. American National Standards Institute. <http://www.ansi.org/>
- [12] Arita, I.; Nakane, M.; Kojima, K.; Yoshihara, N. et al. Role of a sentinel surveillance system in the context of global surveillance of infectious diseases. *Lancet Infect Dis*. 2004 Mar;4(3):171-7
- [13] Ashimoto et al. Detection of epidemics in their early stage through infectious disease surveillance. *Int. J. Epidemiol*. 2000;29:905-910
- [14] Blobel B.. Analysis, Design and Implementation for Secure and Interoperable Distributed Health Information Systems. IOS Press, 2002.
- [15] Bass L, Clement P. Software Architecture In Practice. Ed. Addison-Wesley. 1998.
- [16] Benigeri M, Brodeur J.M: L'utilisation des technologies de l'information et des communications (TIC) en santé publique- *Canadian Journal of Public Health* 2001 ; 92 :313-16
- [17] Bioterrorism Preparedness and Response: Use of Information Technologies and Decision Support Systems. Summary, Evidence Report/Technology Assessment: Number 59, July 2002. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville MD. Disponible en: <http://www.ahrq.gov/clinic/epcsums/bioitsum.htm> consultada 05 de mayo de 2005

- [18] Boletines Epidemiológicos SIVIGILA. Ministerio de la Protección Social e Instituto Nacional de Salud de Colombia. Consultado 18 Abril de 2005 Disponible en: <http://www.col.ops-oms.org/situacion/vigilancia.asp> (2005)
- [19] CDC. Centers for Disease Control. CDC Surveillance Update. Atlanta, Georgia. January 1988.
- [20] CDC. NEDSS Base System Fact Sheet. Centers for Disease Control and Prevention Atlanta, GA. Consultado 05 de mayo de 2005. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nedss/BaseSystem/index.html>
- [21] CDC PHCDM. Public Health Conceptual Data Model (PHCDM). Consultado 05 de mayo de 2005. Disponible en <http://www.cdc.gov/od/hissb/docs/phcdm.htm>
- [22] CEN Technical Committee 251. Medical Informatics—Vocabulary. Approved European Standard in Healthcare Informatics ENV 12017, CEN Committee of European Normalization, 1995
- [23] CEN/TC 251. European Standardization of Health Informatics European Committee for Standardization. Consultado 05 de mayo de 2005. Disponible en : <http://www.centc251.org/>
- [24] Checkland, P.: Systems Thinking, Systems Practice. John Wiley Sons. New York, 1993
- [25] Choi BCK. Perspectives on Epidemiologic Surveillance in the 21st Century. *Chronic Diseases in Canada*. 2000; 19(4).
- [26] Concha-Eastman, A, Espitia V, Espinosa R et al. Epidemiology of homicides in Cali, Colombia, 1993-1998: six years of a population-based model. *Rev Panam Salud Publica*, 2002, 12(4): 230-239.
- [27] Corrales J, Figueroa A, León C. SIGSA – Vigilancia Epidemiológica soportada en un Sistema de Información Geográfica. V Encuentro de Investigación de Tecnologías de la Información Aplicadas a la Solución de Problemas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2004. v.1. p.1 – 175
- [28] Decreto 6 de 1999 por el cual se reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Publica en Colombia. Ministerio de Salud. República de Colombia, Ministerio de la Protección Social. Bogotá. Consultado. Enero de 2005. Disponible en: [http://www.disaster-info.net/desplazados/documentos/sdsvalle/Capitulo3\\_2.htm](http://www.disaster-info.net/desplazados/documentos/sdsvalle/Capitulo3_2.htm)
- [29] En 13606 “Electronic Health Record Communication” CEN/TC 251. European Standardization of Health Informatics European Committee for Standardization
- [30] Eriksson H.E and Penker M. Business Modeling with UML: Business Patterns at Work, OMG Press, Wiley Computer Publishing. 2000.
- [31] Espino JU et al. The RODS Open Source Project: removing a barrier to syndromic surveillance. *Medinfo*. 2004;11(Pt 2):1192-6.
- [32] Figueroa J. A, Vidal M. Modelo para la definición, recolección y entrega de información en un sistema de información para vigilancia epidemiológica. Trabajo de Grado. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca, Popayán, 2003.
- [33] Freedman M, Leed J. The National Vital statistics System. In P. O’Carroll, W. Yasnoff, M.E.Ward, L. Ripp, and E. Martin (Eds) *Public Health Informatics and Information Systems*. Springer-Verlag, 2002.
- [34] Friede, H.L. Blum, and M. McDonald, “Public Health Informatics: How Information Age Technology Can Strengthen Public Health,” *Annual Review of Public Health* 16 (1995); 239–252.
- [35] Fu-Chiang et al. Technical Description of RODS: A Real-time Public Health Surveillance System *J Am Med Inform Assoc*. 2003 September; 10 (5): 399–408
- [36] Garlan D. et al., Architectural Mismatch. Why It’s Hard to Build Systems Out of Existing Parts, *Proceedings 17th International Conference on Software Engineering*, Seattle, WA, April 23-30 1995, pp.170-185
- [37] Gilchrist MJ. A national laboratory network for bioterrorism: evolution from a prototype network of laboratorios performing routine surveillance. *Mil Med* 2000;165(7 Suppl 2):28-31.



- [38] Hasselbring W. Technical opinion: On defining computer science terminology Communications of the ACM. Volume 42, Number 2 (1999), Pages 88-91
- [39] HL7. Health Level 7. <http://www.hl7.org/>
- [40] Jacobson I, Booch G. and Rumbaugh J.. "The Unified Software Development Process". Addison-Wesley. 1998
- [41] ISO/IEC 10746-1, 2, 3, 4 | ITU-T Recommendation X.901, X.902, X.903, X.904. "Open Distributed Processing - Reference Model". OMG, 1995-98.
- [42] Rumbaugh J., Booch G., Jacobsen I., "The Unified Modeling Language Reference Manual," Second Edition, Addison-Wesley, 2004.
- [43] Mukerji J, Millar J (Eds) MDA Guide V1.0.1. Object management Group. Document --omg/03-06-01. 2003
- [44] Kahl-Martin C. Fundamentos de epidemiología. Madrid, Diaz Santos, 1999.
- [45] Anido L., Rodríguez J., Caeiro M. and Santos J. M.. High-level brokerage services for the e-learning domain .Computer Standards & Interfaces, Volume 25, Issue 4, August 2003, Pages 303-327
- [46] Langmuir A.D. The surveillance of communicable diseases of national importance. N Engl J Med 1963;268:182–92.
- [47] Levy D. Reportable diseases. Medline Plus Medical Encyclopedia. Consultado 22 Abril de 2000. Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/aboutmedlineplus.html>
- [48] Lewis, P. J. Information Systems Development: Systems Thinking in the Field of Information Systems, London: Pitman Publishing. 1994.
- [49] Lineamientos para la formulación y ejecución de los planes estratégicos y operativos del PAB 2004 – 2007 y de los recursos asignados para salud pública. República de Colombia, Ministerio de la Protección Social. Bogotá. Consultado. Enero de 2005. Disponible en: URL: <http://www.paho.org/English/AD/DPC/CD/imci-aiapi.htm>
- [50] López D.M., Dulcey M.F., Rendón A., Holguín A., Shoemaker R.G, Bohórquez F. "EHAS: Una Plataforma Integral para la Prestación de Tele-servicios a Comunidades Rurales". RCT-OnLine, Revista Colombiana de Telecomunicaciones, ISSN 1692-1585, Edición No. 10, Diciembre 17 de 2003.
- [51] López D.M., Fernández M., Figueroa J, Rendón, A., Llamas M. XML as a technology to support the Information Management in Public Health Administrations. Technology and Health Care (ISSN 0928-7329) (Accepted for publication), 2005
- [52] Madoff LC. ProMED-mail: an early warning system for emerging diseases. Clin Infect Dis. 2004 Jul 15;39(2):227-32
- [53] Rik M, Rijsenbrij D, Truijens O, and Goedvolk H, Redefining Business – IT Alignment Through a Unified Framework, White Paper, May 2000. Consultado Junio 15 de 2005. Disponible en: <http://home.hetnet.nl/~daan.rijsenbrij/uvacap/alignment/index.html>
- [54] Marshall C. Enterprise Modeling with UML, Addison Wesley. 2000
- [55] Martínez A, López D.M, Sáez A., Seoane J., Rendón A., Shoemaker R. G, Fernández I, Improving Epidemiologic Surveillance and Health Promoter Training in Rural Latin America through ICT . Telemed J E Health. 2005 Aug;11(4):468-76.
- [56] Martínez A. Evaluación de Impacto del uso de tecnologías apropiadas de comunicación para el personal sanitario rural de países en desarrollo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 2003.
- [57] Martínez A., Villarroel V., Seoane J., Del Pozo F. "A study of a rural telemedicine system in the Amazon region of Peru". Journal of Telemedicine and Telecare. August 2004, 10(4):219-225.
- [58] Martínez-Navarro. Vigilancia Epidemiológica. Madrid, McGraw-Hill Interamericana, 2004
- [59] Mellor S.J. and Clark A.N. and Futagami, T. Model-driven development – Guest editor's introduction. IEEE Software, 20(5):14-18, Sept.-Oct. 2003.
- [60] Mostashari F, Kuldorff M, Hartman JJ, Miller JR, Kulasekera V. Dead bird clusters as an early warning system for West Nile virus activity. Emerg Infect Dis. 2003 Jun;9(6):641-6.

- [61] Muñoz J, Pelechado v. MDA a Debate. I Taller sobre Desarrollo de Software Dirigido por Modelos, MDA y Aplicaciones (DSDM), Málaga (Spain). November 2004. pp. 1 - 12
- [62] Object Management Group, "UML 2.0 Superstructure Specification", OMG Adopted Formal Specification formal/05-07-04, 2005. Consultado Noviembre de 2005. Disponible en: <http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>
- [63] OMG Unified Modeling Language Specification version 1.5. Formal Specification of the Object Management Group, Inc. March , 2003
- [64] OpenEHR Foundation. Consultado 05 de mayo de 2005. Disponible en <http://www.openehr.org>
- [65] P. O'Carroll, W. Yasnoff, M.E.Ward, L. Ripp, and E. Martin. Public Health Informatics and Information Systems. Springer-Verlag, 2002.
- [66] Kruchten P. "The Rational Unified Process. An Introduction". Second Edition. Addison Wesley. 2000.
- [67] Plummer A. Information systems methodology for building theory in health informatics: the argument for a structured approach to case study research. HICSS-34'01 IEEE Computer Society Press, 10 pp.
- [68] Principles of Epidemiology. Second Edition. An Introduction to Applied Epidemiology and Biostatistics. Atlanta, Georgia, U.S. department of health and human services. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2003
- [69] Rendón A. Desarrollo de Sistemas Informáticos Usando UML y RUP. Una Visión General. Universidad del Cauca. Agosto de 2004. Consultado Junio 20 de 2005. Disponible en: <ftp://jano.unicauca.edu.co/cursos/Especializacion/ApliServicios/docs/UML-RUP-doc.pdf>
- [70] Rosen G. A. History of Public Health. Baltimore MD: John Hopkins University Press;1993:184-192
- [71] SIVIGILA. Dirección Seccional de Salud de Antioquia República de Colombia, Consultado Abril 22 de 2005. Disponible en: <http://www.dssa.gov.co/html/inciden.htm>
- [72] Susser E, Bresnahan M. Origins of epidemiology. Ann N Y Acad Sci. 2001 Dec;954:6-18.
- [73] Kudrass T. Describing Architectures Using RM-ODP. Proc. of the 8th OOPSLA Workshop on Behavioral Semantics, Denver, Co., Nov. 1999.
- [74] Thacker SB, Berkelman RL. Public health surveillance in the United States. Epidemiol Rev 1988;10:164-90
- [75] Thaker S: Surveillance . EnField Epidemiology. GreggM (Edd). New Cork, Oxford University Press, 1996.
- [76] The Euphin, the telematics support for public health in the EU Eur J Public Health, Sep 2003; 13: 114 - 115.
- [77] The World Health Report 2004. Changing the History. Geneva, World Health Organization, 2004.
- [78] Tissot, Florence, and Wes C. An Integrated Enterprise Modeling Environment, P. Bernus, K. Mertins, G. Schmidt (Eds.), Handbook on Architectures of Information Systems, Springer, 1998
- [79] Tones K., Green J. . Health promotion: planning and strategies. London: Sage. 2004
- [80] Tracker S, Stroup D: Public Health Surveillance. Applied Epidemiology. Brownson R, Pettiti D (Eds). New York , Oxford University Press, 1992.
- [81] WHO (2003). Essential Public Health Functions. A Three-country Study in the Western Pacific Region WPRO Nonserial Publication. WHO Press. 2003
- [82] WHO (World Health Organization). Health Systems Glossary. European Observatory on Health Care Systems. On Line. Consultado. Junio de 2004. Disponible en: <http://www.euro.who.int/observatory/Glossary/Toppage>
- [83] WHO (World Health Organization).. About CCR. World Health Organization. Consultado Abril 22 de 2005.Disponible en <http://www.who.int/csr/about/en/index.html>
- [84] Wittenborn EL. A History of the Illinois Department of Public Health 1962-1967, Springfield, IL: Illinois Department of Public Health;1978.

- [85] WOODALL J. P. Global surveillance of emerging diseases: the ProMED-mail perspective. *Cad. Saúde Pública*, 2001, vol.17 suppl, p.147-154.
- [86] World Bank Group. Public health surveillance toolkit. Consultado el 20 Abril de 2005. Disponible en: <http://survtoolkit.worldbank.org>
- [87] World Health Organization. The surveillance of communicable diseases. *WHO Chronicle* 1968;22:439-444.
- [88] Nagase Y, Hashimoto D and Sato M. "Applying Model-Driven Development to Business Systems using RM-ODP and EDOC". IEEE Workshop on ODP for Enterprise Computing (WODPEC 2004). IEEE Computer Society. 2004
- [89] Zachman J, A Framework for Information System Architecture, *IBM System Journal* Vol.26 N° 3, p.276 – 292. 1987
- [90] Zijden S., Goedvolk H. and Rijsenbrij D.. Architecture: Enabling Business and IT Alignment in Information System Development. 2000. Consultado Junio 15 de 2005. Disponible en: <http://home.hetnet.nl/~daan.rijsenbrij/arch/publ/artarc05.doc>