

Análisis de la monitorización de medios de comunicación social como proceso para agilizar la vigilancia de rumores usando Dinámica de Sistemas

Eduardo Anel Caballero-Espinosa

Maestría en Ciencias de Tecnología de Información y Comunicación

Universidad Tecnológica de Panamá

eduardo.caballero@utp.ac.pa

Sérgio Crespo C. S. Pinto

Departamento de Computación, Instituto de Ciencia y Tecnología

Universidade Federal Fluminense (UFF)

screspo@id.uff.br

Humberto R. Álvarez A.

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad Tecnológica de Panamá

humberto.alvarez@utp.ac.pa

Nilda Yangüez Cervantes

Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

Universidad Tecnológica de Panamá

nilda.yanguez@utp.ac.pa

Resumen – Este artículo presenta la dinámica de sistemas como una herramienta de gran utilidad para el análisis del problema durante la obtención de requisitos para un proyecto de software. En el trabajo analizamos el escenario de la vigilancia de rumores sobre enfermedades infecciosas en medios de comunicación social desde una perspectiva de dinámica de sistemas. Además, analizamos la inserción de la monitorización de medios de comunicación social (MMCS) como una propuesta para agilizar la vigilancia de rumores en el Departamento Nacional de Epidemiología (DNE) del Ministerio de Salud de Panamá (MINSA).

Como una primera aproximación, el modelo está delimitado a la enfermedad del Dengue y a publicaciones en Twitter relacionadas con la enfermedad del Dengue. La metodología de trabajo consiste en una revisión de la literatura, la implementación del método COMPRAM para la definición de problemas sociales y dinámica de sistemas para el modelado del dominio del problema.

Como resultado de la dinámica de sistemas, el diagrama de ciclo causal ilustra las relaciones entre las variables de cuatro escenarios: salud pública, propagación del dengue y alerta sanitaria, medios de comunicación social y la solución

tecnológica que será evaluada. Además, el análisis teórico de nuestro modelo explica por qué la MMCS contribuye positivamente con las autoridades de salud pública en el caso de un brote de una enfermedad infecciosa. Finalmente, los resultados del análisis del problema serán utilizados como insumos en la siguiente actividad de la gestión de requerimientos, la especificación de requisitos.

Palabras claves— Dinámica de Sistemas, dominio del problema, método COMPRAM, obtención de requisitos.

Abstract— This article presents system dynamics as a useful tool for the problem analysis during the requirement elicitation for a software project. We analyzed the rumor surveillance scenario on infectious disease in social media from a system dynamics perspective. In addition, we analyzed the introduction of social media monitoring (SMM) as a proposal to enhance the rumors surveillance in the National Epidemiology Department (DNE) of the Ministry of Health (MINSA).

As a first approach, the model is delimited to Dengue disease and Twitter posts related to Dengue disease. The methodology for this research consists of a literature review, the COMPRAM method implementation for defining social problems and system dynamics for problem domain modeling. As a system dynamics result, the causal loop diagram illustrates the relationships among the variables of four scenarios, such as: public health, the spread of dengue and health alert, social media and technology solution that will be evaluated. In addition, the theoretical analysis of our model explains why the SMM contributes positively to public health authorities in case of an infectious disease outbreak. Finally, the results of the problem analysis will be used as inputs for the next step of managing software requirements, requirements specification.

Keywords— COMPRAM method, problem domain, requirements elicitation, system dynamics.

Tipo de artículo: Original

Fecha de recepción: 1 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 19 de noviembre de 2014

1. Introducción

La Ingeniería de Software (IS) es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable

al desarrollo, operación y mantenimiento de software; es decir, la aplicación de la ingeniería al software [1]. En el contexto de la IS, un proceso no es una prescripción rígida sino un enfoque adaptable que permite al equipo de software buscar y elegir el conjunto apropiado de acciones y tareas para el trabajo [1].

A pesar de esa flexibilidad, los equipos de desarrollo de software centran su atención en las etapas de desarrollo e implementación inmediata, esto se debe a la presión ejercida por las restricciones de tiempo y presupuesto. En consecuencia, hay una mínima inversión de tiempo en comprender y analizar el problema real de un negocio, las necesidades de los usuarios e interesados, de ahora en adelante *stakeholders*, y la naturaleza del entorno en el que sus aplicaciones deben madurar [2].

La meta del análisis del problema es ganar un mejor entendimiento del problema a resolver previo a la especificación de requerimientos o al desarrollo de cualquier componente del software [2]. También, esta actividad busca reducir los factores de riesgos futuros relacionados a la gestión de requisitos y a la definición del alcance del proyecto. Estudios revelan que estos factores de riesgo son causas principales en el fracaso de proyectos de software [5, 6, 9, 10, 11]. No obstante, estos estudios no indican cuál es el origen de estos factores, pero no es difícil deducir que el origen es un deficiente o pobre análisis del problema [12].

La dinámica de sistemas es una metodología para el estudio y manejo de sistemas complejos que podemos encontrar en entorno de negocios y sistemas sociales [13, 14]. Además, la dinámica de sistemas proporciona una dirección práctica a la solución de un problema. El objetivo del artículo es analizar desde la perspectiva de dinámica de sistemas los escenarios de salud pública, propagación del dengue y alerta sanitaria, medios de comunicación social y la MMCS como proceso propuesto para agilizar la vigilancia de rumores [16].

El artículo está organizado de la siguiente manera: La sección 2 contiene el marco teórico sobre la dinámica de sistemas, la ingeniería de software en la solución de problemas y el análisis de problemas durante la gestión de requisitos. En la sección 3 se define la metodología de trabajo: definición del problema, definición de variables, formulación de hipótesis, elaboración del diagrama causal, evaluación del modelo y análisis de resultados. Finalmente, la sección 4 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2. Marco Teórico

2.1 La dinámica de sistemas como metodología para el análisis de problemas

La dinámica de sistemas combina la teoría, los métodos y la filosofía para analizar el comportamiento de los sistemas. Además, muestra cómo van cambiando los elementos del sistema a través del tiempo. La dinámica de sistemas como metodología permite desarrollar simuladores que apoyan a la comprensión de la complejidad y formular mejores políticas que serán implementadas en un sistema [13, 14]. También, este enfoque apoya a la adaptación para un aprendizaje acelerado sobre los sistemas.

Un modelo de dinámica de sistemas es una estructura de políticas en interacción. Las políticas son las reglas que determinan la toma de decisiones, estas representan las causas de una acción y no son solamente una norma formal escrita [13, 14].

Un proyecto de dinámica de sistemas comienza con un problema que requiere una solución, o puede iniciar con un comportamiento indeseable que hay que corregir o evitar [13]. El contexto o dominio del problema se establece a través del enfoque de estudio de casos y entrevistas con los involucrados.

Como segundo paso, la metodología de dinámica de sistemas plantea la elaboración de una hipótesis dinámica [13]. Esta hipótesis se presenta a través de un diagrama de ciclo causal (DCC). Los

DCC capturan e ilustran la estructura básica de realimentación que explica el sistema o fenómeno bajo estudio, identifican los mapas mentales de las personas u organizaciones, y sirven de guía para la elaboración y comprensión de los modelos.

Finalmente, el modelo de simulación (flujos y niveles) se construye a partir del DCC que, a su vez, genera decisiones [13].

2.2 La Ingeniería de Software y la solución de problemas

Los ingenieros buscan una solución adecuada a un problema, a menudo mediante ensayo y error, evaluando alternativas en forma empírica con recursos limitados y con conocimiento incompleto [3]. En su forma más simple, el método de la ingeniería incluye cinco pasos: formular el problema, analizar el problema, buscar soluciones, decidir cuál es la solución adecuada y especificar la solución [3].

La Ingeniería de Software es la aplicación de la ingeniería al software y no es algorítmica [1, 3]. La ingeniería de software requiere de experimentación, la reutilización de patrones y la evolución creciente del sistema computacional hacia una solución que sea aceptable para el cliente. El desarrollo de software incluye, por lo general, cinco actividades: obtención de requerimientos, análisis, diseño del sistema, diseño de objetos e implementación [1, 3].

Durante la obtención de requerimientos y el análisis, los ingenieros de software formulan el problema con el cliente y construyen el modelo del dominio de problema [3]. A modo de analogía, la obtención de requerimientos y el análisis corresponden a la formulación y análisis del problema en el método de ingeniería.

2.3 Análisis de problemas durante la gestión de requisitos en Ingeniería de Software

Un problema, según [2, 12], se puede definir como, "...la diferencia entre las cosas tal como se

perciben y las cosas como se desean.”

Otra definición de problema es la que ofrece [15],
 “...discrepancia entre la situación real o próxima y la situación futura deseada y/o la falta de conocimiento y/o la falta de know-how.”

Basados en ambas definiciones, si los usuarios perciben algo como un problema entonces surgen interrogantes como, ¿Es un problema real? ¿Es algo digno de resolver? Algunas veces, la solución más simple es revisar los procesos de negocios en lugar de un nuevo sistema. Según experiencias, cambiar la percepción del usuario sobre el problema permite generar soluciones de alta calidad, rápidas y más baratas. Para los analistas de problemas es importante explorar las alternativas existentes antes de crear un nuevo sistema como la solución final [2].

La meta del análisis del problema es obtener una mejor comprensión del problema antes de iniciar con la especificación de un requisito o desarrollo de algún componente del software. Los pasos específicos para lograr esta meta están descritos en la tabla 1 [2].

Tabla 1. Pasos para el análisis de problemas

#	Paso	Tarea
1	Obtener un acuerdo sobre la definición del problema.	Describir el problema. Identificar los stakeholders afectados por el problema. Describir el impacto sobre los stakeholders y actividades del negocio. Indicar la solución propuesta y beneficios.
2	Comprender las causas fundamentales (el problema detrás del problema).	Implementar técnicas para ganar un mayor entendimiento de las causas del problema.
3	Identificar los stakeholders y los usuarios.	Conocer los usuarios del sistema, el cliente o comprador, afectados por las salidas del sistema evaluador y aprobador del sistema, otros usuarios internos o externos, encargado de mantenimiento y otros.
4	Definir las fronteras de la solución.	Describir el entorno que contiene la solución del sistema. Dividir el mundo en dos: el sistema y las cosas que interactúan con el sistema (actores: usuarios u otro sistema).
5	Identificar las limitaciones impuestas a la solución.	Identificar la fuente de la restricción, describir la restricción y mencionar la base lógica o justificación.

3. Metodología

La metodología diseñada para el estudio está fundamentada en el método COMPRAM [15] y dinámica de sistemas. A continuación detallamos las acciones a ejecutar:

- Revisar la literatura de la teoría de sistemas complejos, dinámica de sistemas, vigilancia e investigación de rumores en salud pública, la enfermedad infecciosa del dengue y MMCS.
- Adquirir información sobre los mecanismos utilizados por el MINSA para la vigilancia de rumores sobre enfermedades infecciosas.
- Definir el problema.
- Definir las variables y sus relaciones.
- Formular las hipótesis: Hipótesis dinámica e hipótesis para los ciclos de realimentación.
- Elaborar el diagrama de ciclo causal (DCC).
- Evaluar el modelo: Comprobar las hipótesis con el diagrama de ciclo causal.
- Analizar los resultados de la evaluación del modelo.
- Obtener los datos para el análisis del problema en Ingeniería de Software, según la tabla 1.

A continuación procederemos a implementar la metodología para el desarrollo de la investigación.

3.1 Definición del problema

Un equipo de investigación conformado por un estudiante y docentes de la maestría científica en Tecnología de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), en colaboración con la Universidade Federal Fluminense (UFF), realizó una reunión de trabajo con el personal del MINSA para conocer sus necesidades en tecnologías de la información y comunicación (TICs). El personal del MINSA indicó que carecen de una herramienta informática para monitorizar las publicaciones sobre la enfermedad del dengue en Twitter. Esta tarea forma parte del proceso de vigilancia de rumores.

En consecuencia, el equipo de investigación formuló un proyecto de investigación como trabajo

de grado con el objetivo de agilizar la vigilancia de rumores sobre enfermedades infecciosas en los medios de comunicación social. Específicamente, la propuesta consiste en el desarrollo de una arquitectura de software basada en web semántica para la MMCS y capturar las publicaciones sobre el dengue en Twitter.

3.2 Definición de Variables

Como ingenieros de software estamos conscientes de la complejidad de nuestro entorno de trabajo. Por lo tanto, se requiere ampliar el conocimiento sobre el dominio del problema y comprender con mayor precisión el ambiente en el que va a operar la solución tecnológica propuesta para el MINSA.

Para este análisis hemos planteado un modelo con cuatro escenarios en constante cambio con interdependencia [17]. En primer lugar, el escenario de salud pública que involucra conceptos vinculados a la vigilancia e investigación de rumores sobre enfermedades infecciosas. El segundo escenario consiste en la propagación del dengue y la alerta sanitaria. El tercer escenario trata sobre los medios de comunicación social, que por su diversidad, ha sido limitado a la interacción entre los usuarios de la red social de Twitter y a la publicación de información sobre el dengue. Finalmente, el cuarto escenario es la solución tecnológica para la MMCS.

Desde una perspectiva de dinámica de sistemas, la definición de variables y sus relaciones brindan una descripción básica y comprensible de los ciclos de realimentación o relaciones causa-efecto del modelo. No obstante, desde la perspectiva de Ingeniería de Software, esta actividad facilita al ingeniero de requisitos la identificación de los siguientes elementos: los *stakeholders*, el impacto del problema, el impacto de la solución, las fronteras y delimitadores de la solución.

La definición de variables ha sido agrupada por escenario para una mejor comprensión del modelo.

3.2.1 Salud Pública

Eventos confirmados: Casos confirmados de dengue en un paciente, criaderos potenciales, proliferación y presencia de mosquitos.

- Caso confirmado en paciente: Un caso sospechoso probable que es corroborado por laboratorio [28].
- Casos confirmados de criaderos, proliferación y presencia de mosquitos: Casos verificados mediante inspección e identificación de criaderos potenciales con/sin larvas y presencia del mosquito *Aedes Aegypti in situ*.

La variable “eventos confirmados” registra la cantidad de casos verificados por las autoridades de salud en un período determinado y ejerce un balance sobre los reportes no oficiales. Además, contribuye a la preparación y respuesta rápida por parte de las entidades de salud pública.

Investigación de rumores: Procedimiento exhaustivo y estandarizado de búsqueda de información complementaria sobre casos y condiciones relacionadas a eventos de alertas o emergencias [30, 31, 32]. Como segunda variable de observación, las entidades de salud pública investigan los eventos presentados en el “reporte no oficial”.

Preparación y respuesta: Conjunto de acciones que tienen el propósito de disminuir la desinformación o malentendidos en los ciudadanos, informar a los funcionarios de salud pública sobre posibles brotes de enfermedades, promover la preparación y respuesta rápida por las entidades de salud pública [16].

Reportes no oficiales: Registros de eventos no confirmados vinculados a la enfermedad infecciosa del dengue. Circunscrito a nuestro estudio, un reporte no oficial es un conjunto de microblogs filtrados.

3.2.2 Propagación del dengue y alerta sanitaria

Alerta Sanitaria: Actividades de la OMS ante epidemias que tienen por objetivo contener las amenazas para la salud pública mundial

que representan las enfermedades infecciosas emergentes, las epidemias y los agentes infecciosos resistentes a los medicamentos. Ejemplo: Examinar los rumores que surgen y hacer un seguimiento de ellos [23, 24]. Esta variable registra las alertas sanitarias emitidas por el MINSA, producto de la epidemia o casos de dengue que superen el promedio de personas infectadas por año [25, 26].

Criaderos del Mosquito *Aedes Aegypti*: Lugar propicio para la cría del mosquito *Aedes Aegypti*, ejemplos: recipientes desechados con agua limpia (por ejemplo, llantas, recipientes de alimentos y bebidas), drenajes y alcantarillas, vehículos abandonados, oquedades de árboles y rocas [8]. El propósito de esta variable es referenciar los puntos geográficos con mayor índice de contaminación por desperdicios que contribuyan a la proliferación del mosquito *Aedes Aegypti*.

Población con dengue con/sin signos de alarmas: Cantidad de personas que fueron diagnosticadas o que desarrollaron la enfermedad del dengue con/sin signos de alerta en un periodo de tiempo específico [7, 8].

Población con dengue grave: Personas que fueron diagnosticadas o que desarrollaron la enfermedad del dengue grave en un periodo de tiempo específico [7, 8].

Proliferación y presencia del mosquito *Aedes Aegypti*: Multiplicación abundante y presencia del mosquito *Aedes Aegypti* debido a las condiciones favorables del entorno. Esta variable en particular, mide la capacidad de reproducción del mosquito *Aedes Aegypti* en Panamá.

Riesgo de Infección: Probabilidad de que una enfermedad ocurra. El riesgo mide el número de nuevos casos que desarrollan una enfermedad entre las personas de una población en riesgo sobre un periodo de tiempo específico [35]. El riesgo de infección está influenciado por las personas infectadas con la enfermedad del dengue, proliferación y presencia del mosquito *Aedes Aegypti*.

Total de Casos de Dengue: Total de personas que fueron diagnosticadas o que desarrollaron la enfermedad del dengue con/sin signos de alerta y dengue grave en un periodo de tiempo específico.

3.2.3 Redes Sociales

Divulgación de rumores en Twitter: Divulgar, según [27], consiste en publicar, extender, poner al alcance del público algo. En el contexto de la investigación, divulgar un rumor en Twitter significa: "publicar o poner al alcance del público en tiempo real, eventos vinculados a la enfermedad del dengue utilizando la red social Twitter". Este proceso se convierte en una de las tres variables importantes del modelo porque describe la función principal de la red social Twitter: diseminar información en tiempo real. Donde, los rumores sobre la enfermedad del dengue y la interacción entre los usuarios generan tráfico en la web mediante los microblogs generados (tweets).

Incertidumbre en la Población- Se define como la imperfección en el conocimiento sobre el estado o los procesos de la naturaleza [29]. La incertidumbre en la población es el resultado o producto de la desinformación general durante una emergencia o situación de crisis.

Microblogs generados: Conjunto de microblogs publicados por los usuarios de Twitter a nivel mundial. En términos estadísticos, los microblogs generados representan el espacio muestral.

Rumores sobre la enfermedad del Dengue: Comentarios espontáneos no confirmados provenientes de la comunidad, sus líderes o a través de los medios masivos de comunicación o redes sociales, asociados a la aparición de casos o muertes no percibidas anteriormente [30]. En nuestro caso, la definición incluye casos relacionados con criaderos potenciales, proliferación y presencia de mosquitos *Aedes Aegypti*.

Usuarios de la Red Social Twitter: Subconjunto de usuarios de redes sociales que implementan la red social Twitter para divulgar rumores sobre la enfermedad infecciosa del dengue.

3.2.4 Solución Tecnológica

Arquitectura de Software basada en Agentes de Software y Ontología: Ambas variables conforman los componentes estándares de la Web Semántica [18] y serán implementados en el diseño y desarrollo de la arquitectura de software.

Un Agente de Software es una entidad de software que, basándose en su propio conocimiento, realiza un conjunto de operaciones para satisfacer las necesidades de un usuario o de otro programa, ya sea de manera autónoma o mediante una solicitud del usuario o programa [19]. Una Ontología es la especificación de una conceptualización [20, 21, 22]. En el contexto de conocimiento distribuido, una ontología es una descripción explícita y formal de una conceptualización compartida.

Marco legal: Conjunto de leyes, convenios, acuerdos, planes estratégicos u otros documentos en cuyo contenido, existe referencia que respalda el desarrollo e implementación de una solución tecnológica en el sector de salud pública. Ejemplos: PENCYT 2010-2014 de SENACYT [33] y el Marco Estratégico para la Prevención de Enfermedades Infecciosas del CDC [34].

Microblogs significativos: Subconjunto de microblogs resultantes de la MMCS para la adquisición de datos. En términos estadísticos, los microblogs filtrados son los eventos esperados.

Monitorización de Medios Comunicación Social: Proceso que permite conocer el contenido en las redes sociales, blogs, foros, microbloggings y Wikis [4]. Este proceso abarca dos subprocesos: adquisición de datos y análisis de datos. El monitoreo de medios sociales es la tercera variable que describe el funcionamiento de la solución a la problemática existente en el MINSa. El proceso tiene como entrada un conjunto de microblogs generados por usuarios de la red social Twitter y la salida es un subconjunto de microblogs filtrados según las restricciones establecidas.

La siguiente sección consiste en la formulación de la hipótesis dinámica e hipótesis para los ciclos de realimentación del modelo.

3.3 Formulación de la hipótesis dinámica e hipótesis de los ciclos de realimentación

La hipótesis dinámica plantea una forma de internalizar cómo la MMCS genera información útil a partir de los microblogs de Twitter para que el personal del MINSa inicie con la investigación de rumores. Finalmente, las acciones derivadas de la investigación de rumores buscan determinar la veracidad esos rumores publicados en Twitter y reducir la incertidumbre en la población a través de una respuesta rápida.

Con el propósito de analizar detalladamente el modelo, cuatro hipótesis han sido formuladas para los ciclos de realimentación R2, R3, B1 y B2, ver tabla 2. Es importante indicar que R1 no requiere una hipótesis porque es un proceso verificado [36].

Tabla 2. Hipótesis para los ciclos de realimentación

#	Hipótesis
1	La red social Twitter es una fuente constante de rumores sobre eventos relacionados a enfermedad infecciosa del dengue en Panamá
2	Una solución tecnológica para la vigilancia de rumores en medios sociales, agiliza la recopilación de rumores divulgados sobre la enfermedad del dengue en la red social Twitter.
3	La investigación de rumores es beneficiada con los reportes no oficiales provenientes del monitoreo de medios sociales.
4	La preparación y respuesta rápida de las entidades de salud pública contribuye a la eliminación de criaderos del mosquito Aedes Aegypti en la comunidad.

La siguiente sección presenta el desarrollo del diagrama de ciclo causal y la interacción entre las variables.

3.4 Elaboración del Diagrama de Ciclo Causal (DCC)

Un DCC debe ‘contar’ una historia para que el modelador y los espectadores la entiendan. Cuando el DCC no es comprensible, esto indica que el diagrama ha sido desarrollado de una forma inadecuada. Por lo tanto, el DCC debe ser muy transparente. Debido a la diversidad de conceptos

involucrados en el estudio, el DCC será analizado por ciclos de realimentación.

La figura 1 presenta el DCC o hipótesis dinámica con las relaciones causa-efecto entre las variables. Este modelo ilustra detalladamente el entorno de trabajo y el impacto al incluir la MMCS. También, el DCC facilita la interpretación cualitativa para cada ciclo de realimentación.

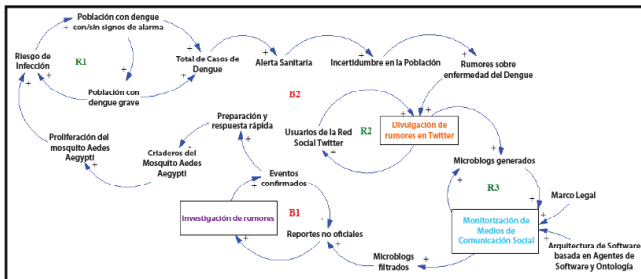


Figura 1. Diagrama de ciclo causal o hipótesis dinámica.

3.5 Evaluación del modelo

Un sistema complejo es aquel que cuenta con ciclos múltiples. Esto quiere decir que el sistema debe contar con más de tres ciclos realimentadores. Estos ciclos pueden ser positivos o negativos; los positivos o autorreforzadores son los que generan el proceso de crecimiento; los negativos o autocorrectivos son los que buscan regular el sistema o generar un balance para conseguir el objetivo. Entonces, el entorno de trabajo modelado con el DCC es un sistema complejo porque tiene cinco ciclos realimentadores. Finalmente, el DCC o hipótesis dinámica consta de cinco ciclos: tres de ellos son autorreforzadores y dos son autocorrectivos.

A continuación examinamos cada ciclo en paralelo con la comprobación de las hipótesis.

3.5.1 Ciclos de autorreforzamiento y comprobación de hipótesis

El primer ciclo -R1- indica que a mayor cantidad de personas con la enfermedad del dengue (con/sin signos de alarma o grave), aunado a la proliferación y presencia del mosquito *Aedes Aegypti*, entonces el riesgo de infección incrementa y la alerta sanitaria

se mantiene activada. A pesar de que R1 no tiene hipótesis, este ciclo fue incluido para profundizar en el proceso de propagación de la enfermedad y su relación con los demás escenarios.

El segundo ciclo de -R2-, ver figura 2, muestra que la activación de una alerta sanitaria provoca incertidumbre en la población y esto conlleva a la generación de rumores entre la población. Considerando que en Centroamérica, el 28 % de los usuarios de las redes sociales usan el Smartphone como medio de conexión a Internet y que en Panamá existen 270,000 usuarios de Twitter [37, 38], podemos indicar que la interacción en esta red social puede ser más fuerte y contribuir a la divulgación de esos rumores, incrementando la generación de contenido en Twitter -tweets y retweets-. Este ciclo también permite deducir que la cantidad de publicaciones diarias y la frecuencia de las publicaciones presentan un comportamiento impredecible. Por lo tanto, la hipótesis 1 es demostrada en el ciclo R2.

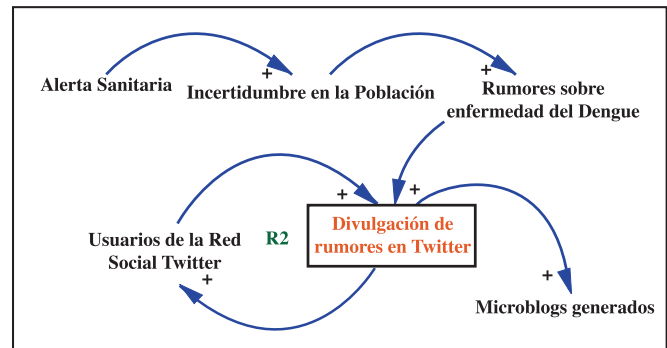


Figura 2. Ciclo de reforzamiento R2.

El ciclo -R3- representa la capacidad de la MMCS como un proceso que se ajusta a la necesidad del MINSA. Este ciclo indica que, a mayor cantidad de tweets generados por los usuarios de Twitter y el uso de una arquitectura de software basada en web semántica, incrementa la obtención de tweets significativos para la generación de reportes no oficiales con rumores sobre el Dengue, ver figura 3. Además, un marco legal que impulse y propicie

el desarrollo de la propuesta es fundamental. Finalmente, la hipótesis 2 se cumple porque la solución puede agilizar la vigilancia de rumores.

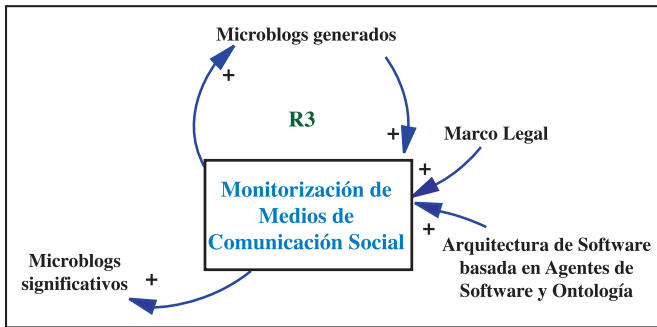


Figura 3. Ciclo de reforzamiento R3.

3.5.2 Ciclos de balance o autocorrectivo y comprobación de hipótesis

El ciclo -B1-, ver figura 4, indica que las autoridades de salud pública obtendrán reportes no oficiales con rumores sobre el Dengue para determinar su veracidad a través de la investigación de rumores, incidiendo positivamente en la preparación y repuesta rápida ante criaderos o casos de dengue. En consecuencia, estas acciones deben disminuir: la proliferación y presencia del mosquito, el riesgo de infección y la incertidumbre en la población. De esta manera, la hipótesis 3 queda demostrada.



Figura 4. Ciclo de balance B1.

Por último, el segundo ciclo de balance -B2- presenta el balance general del modelo, ver figura 5, donde el incremento de los eventos confirmados incide positivamente en la preparación y repuestas

rápida de las autoridades de salud. Como caso ilustrativo, si el MINSA recibe un reporte con rumores sobre criaderos del mosquito *Aedes Aegypti* entonces una de las acciones que debe ejecutarse es la eliminación de esos criaderos porque disminuye: la proliferación y presencia del mosquito, el riesgo de infección, la incertidumbre y la generación de rumores. Por lo tanto, la hipótesis 4 queda demostrada.

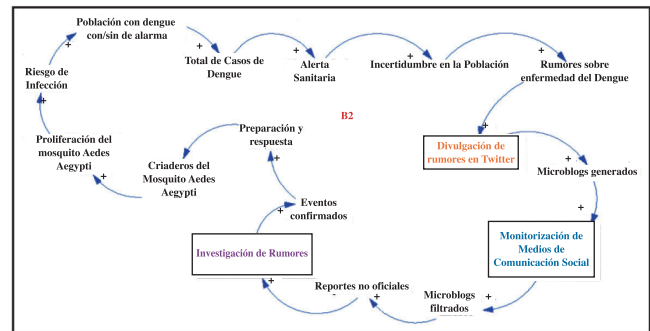


Figura 5. Ciclo de balance B2.

3.6 Análisis de los resultados

Basados en la hipótesis dinámica y análisis teórico de los ciclos de realimentación por escenario, podemos indicar que la MMCS debe:

- Disminuir el tiempo de adquisición de datos desde Twitter,
- Automatizar la generación de reportes no oficiales, y
- Agilizar la investigación de los rumores reportados.

También, el modelo ha permitido confirmar que la MMCS puede ser de gran utilidad en la vigilancia de rumores sobre enfermedades infecciosas, como es el caso del dengue.

No obstante, la MMCS como propuesta para atender la necesidad del MINSA, también requiere de otros criterios para que la vigilancia de rumores sea más efectiva. Los criterios han sido agrupados por escenario.

- Salud Pública: Definir metas para la vigilancia de rumores como parte de un sistema de alerta en el que cada rumor amerite una investigación

para determinar su veracidad.

- **Redes Sociales:** Proponer políticas que promuevan y regulen el uso de redes sociales en la divulgación de información sobre enfermedades infecciosas durante una alerta sanitaria.
- **Solución Tecnológica:** Delegar responsabilidades para la MMCS y gestión de una base de datos de rumores.

En cuanto al análisis del problema desde la perspectiva de gestión de requisitos, la Tabla 3 presenta los datos preliminares obtenidos de la evaluación del DCC.

Tabla 3. Resultados del análisis del problema

Elementos	Descripción		
Afectados	Analistas del Departamento de Epidemiología del MINSA		
Impacto del problema	El método actual para la vigilancia de rumores en Internet no es factible con el buscador de Google. El analista debe procesar manualmente un gran volumen de información generada diariamente en la web. Esto incluye las publicaciones.		
Solución	La MMCS con una arquitectura de software basada en componentes de web semántica.		
Beneficios de la solución	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir el tiempo en el proceso de adquisición de datos • Automatizar de la generación de reportes no oficiales. • Agilizar el inicio de la investigación. 		
Interesados (Stakeholders)	<ul style="list-style-type: none"> • MINSA - Departamento de Epidemiología • ICGES - Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico 		
Beneficiarios	Directos: Analistas de datos de la sección de Vigilancia Epidemiológica del MINSA Indirectos: Población Panameña		
Fronteras de la solución	Usuarios finales: Analistas de datos de la sección de Vigilancia Epidemiológica del MINSA Función de los actores: Búsqueda, clasificación, almacenamiento de tweets y generación de reporte. Entrada del sistema: Palabras claves para la búsqueda de twitter y clasificar tweets en la base de datos Salida del sistema: Reporte de rumores (Tweets clasificados)		
Delimitadores	Fuente	Restricción	Explicación
	Entorno	Enfermedad del dengue	Alerta sanitaria en Panamá debido a los altos índices de infestación recientes.
	Entorno	Red social de Twitter	Generador y proveedor de datos
	Sistemas	Busqueda de datos MySQL	Compatibilidad con la base de datos del Sistema de Información para la Vigilancia Epidemiológica del MINSA (SISVIB)

4. Conclusiones y trabajos futuros

La Dinámica de Sistemas es una metodología científica estructurada para comprender el comportamiento de un sistema y la interacción entre sus variables. El modelado del entorno de trabajo y el análisis del impacto de la MMCS para agilizar la vigilancia de rumores, han permitido generar criterios a nivel operativo y administrativo como aporte para las bases de la salud pública en Panamá.

Considerando que los resultados de este estudio preliminar son interpretativos, la MMCS puede disminuir el tiempo de adquisición de datos desde Twitter, automatizar la generación de reportes no oficiales y agilizar la investigación de rumores. Todos estos beneficios impactan positivamente en la preparación y respuesta rápida del MINSA durante una crisis sanitaria debido a una enfermedad infecciosa.

Además, la dinámica de sistemas contribuyó significativamente en el análisis del problema desde la perspectiva de gestión de requisitos y a la comprensión del entorno en el que interactuará la arquitectura de software como herramienta para la MMCS.

Como trabajo futuro, sugerimos desarrollar un Diagrama de Flujos y Niveles para simular numéricamente el modelo desarrollado [39]. Además, sugerimos utilizar los datos de la simulación para sustentar cuantitativamente las proyecciones futuras sobre los beneficios e impacto de implementar la MMCS en la vigilancia de rumores.

Reconocimiento

Este trabajo fue desarrollado durante el programa de Maestría Científica en Tecnologías de la Información y Comunicación, con el financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT) y la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Referencias Bibliográficas

- [1] Pressman, R. S (2010) Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico (7maEd.). McGraw-Hill: España.
- [2] Leffingwell, D., & Widrig, D. (2003). Managing software requirements: a use case approach. Pearson Education.
- [3] Bruegge, B., Dutoit, A. H., Hirales, R. G., López, M. R. C., & González, M. A. D. (2002). Ingeniería del software orientado a objetos. Pearson Educación.
- [4] Johansson, F., Brynielsson, J., & Quijano, M. N. (2012, August). Estimating citizen alertness in crises using social media monitoring and analysis. In Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC), 2012 European (pp. 189-196). IEEE.
- [5] El Emam, K., & Koru, A. G. (2008). A replicated survey of IT software project failures. *Software, IEEE*, 25(5), 84-90.
- [6] May, L. J. (1998). Major causes of software project failures. *CrossTalk: The Journal of Defense Software Engineering*, 11(6), 9-12.
- [7] Organización Panamericana de la Salud (OPS)/ Organización Mundial de la Salud (OMS), "DENGUE - Guías de atención para enfermos en la región de las Américas", La Paz, Bolivia, 2010. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=264&Itemid=363. Última revisión: 12 de diciembre de 2013
- [8] Organización Mundial de la Salud (OMS), "DENGUE - GUÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO, TRATAMIENTO, PREVENCIÓN Y CONTROL", La Paz, Bolivia, 2009. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=264&Itemid=363. Última revisión: 12 de diciembre de 2013
- [9] Wallace, L., & Keil, M. (2004). Software project risks and their effect on outcomes. *Communications of the ACM*, 47(4), 68-73.
- [10] Jones, C. (2006). Social and technical reasons for software project failures. STSC Cr0ssTalk June.
- [11] Keil, M., Cule, P. E., Lyytinen, K., & Schmidt, R. C. (1998). A framework for identifying software project risks. *Communications of the ACM*, 41(11), 76-83.
- [12] Mingers, J. (2014). Taming hard problems with soft OR. The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS) will hold exams for its Certified Analytics Professional program according to the following schedule.
- [13] Forrester, J. W. Diseñando el futuro, 15 de diciembre de 1998, conferencia en la Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- [14] Senge Peter, M. (1990). La quinta disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente. Granica.
- [15] DeTombe, D.J. (1994) Defining complex interdisciplinary societal problems. A theoretical study for constructing a cooperative problem analyzing method: the method COMPRAM. Amsterdam: Thesis publishers Amsterdam (thesis), 439 pp. ISBN 90 5170 302-3
- [16] Samaan, G., Patel, M., Olowokure, B., Roces, M. C., & Oshitani, H. (2005). Rumor surveillance and avian influenza H5N1. *Emerging infectious diseases*, 11(3).
- [17] Lichtenstein, B. M. B. (2000). Emergence as a process of self-organizing-New assumptions and insights from the study of non-linear dynamic systems. *Journal of Organizational Change Management*, 13(6), 526-544.
- [18] Peis, E., Herrera-Viedma, E., Hassan, Y., & Herrera, J. C. (2003). Ontologías, metadatos y agentes: recuperación "semántica" de la información.
- [19] Hípola, P., & Vargas, B. (2005). Agentes Inteligentes: Definición y Tipología. *Revista Internacional Científica y Profesional*.
- [20] Gruber, T. (1993). What is an Ontology.
- [21] Gaona, A. B. A. UN PASEO POR LOS FUNDAMENTOS DE LAS ONTOLOGÍAS.
- [22] Moreno, D. A., Acevedo, J. F., & Giraldo, G. L. (2011). Una ontología para la representación de conceptos de diseño de software. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 8(3), 103-110.
- [23] OMS. (2006). "Trabajar en pro de la salud". Disponible en: http://www.who.int/about/brochure_es.pdf. Último acceso: 04/15/2014
- [24] OMS. (2001). "Seguridad sanitaria mundial: alerta y respuesta ante epidemias". Disponible en: http://apps.who.int/gb/archive/s/s_wha54.html. Último acceso: 04/15/2014
- [25] Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J. S., & Morse, S. A. (2005). *Microbiología médica de Jawetz, Melnick e Adelberg*. McGraw Hill Brasil.
- [26] Prescott, L. M. H. (2004). *Microbiología*, Lansing M. Prescott, John P. Harley, Donald A. Klein.
- [27] Real Academia Española de la Lengua, (2001). "Diccionario de la Lengua Española". 22.ª edición. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/>. Última revisión: 15 de noviembre de 2001
- [28] OPS-OMS, Colombia. "Módulo de Vigilancia Epidemiológica", Disponible en: <http://www.col.ops-oms.org/Municipios/defcasos.htm>. Último acceso: 04/26/2014
- [29] Caddy, J. F., & Mahon, R. (1996). Puntos de referencia para la ordenación pesquera (Vol. 347). Food & Agriculture Org. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v8400s/v8400s05.htm#TopOfPage>
- [30] OPS-Campus Virtual de Salud Pública. (2011). "Funciones esenciales de Salud Pública - Estrategias claves en salud pública". Disponible en: http://cursos.campusvirtualsp.org/pluginfile.php/32591/mod_resource/content/0/Modulo_4_Estrategias/Material_principal/vigilancia_de_la_salud_publica.pdf
- [31] Western, K. A. (1982). Vigilancia epidemiológica con posterioridad a los desastres naturales (Vol. 420). Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <http://helid.digicollection.org/es/d/J062/4.4.1.html>
- [32] LOCAL, G. P. E. N. (2002). Vigilancia epidemiológica sanitaria en situaciones de desastre. Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <http://helid.digicollection.org/en/d/Js2922s/5.html>
- [33] Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, "Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2010-2014 (PENCIYT)", 2010
- [34] CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (2011), "A CDC FRAMEWORK FOR PREVENTING INFECTIOUS DISEASES - Sustaining the Essentials and Innovating for the Future", Disponible en: <http://www.cdc.gov/oid/docs/ID-Framework.pdf>

- [35] Aschengrau, A., & Seage, G. (2013). *Essentials of epidemiology in public health*. Jones & Bartlett Publishers.
- [36] Henchal, E. A., & Putnak, J. R. (1990). The dengue viruses. *Clinical microbiology reviews*, 3(4), 376-396. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC358169/?tool=pmcentrez>
- [37] iLifebelt, "Estudio de Redes Sociales en Centroamérica 2013", disponible en: <http://ilifebelt.com/estudios-rsca/>, Última revisión: septiembre 2013
- [38] Datos estadísticos de las Redes Sociales en Panamá 2013, Disponible en: <http://www.latamclick.com/2014/01/datos-estadisticos-de-las-redes-sociales-panama-2013.html>, Última revisión: septiembre 2013
- [39] Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world* (Vol. 19). Boston: Irwin/McGraw-Hill.