



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

"Evaluación de seguridad en sistemas implementados con patrones de seguridad"

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

PRESENTA:

OLGA VILLAGRAN VELASCO

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jorge Luis Ortega Arjona
Facultad de Ciencias

Ciudad Universitaria, CDMX a Noviembre 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice general

| | |
|---|----------|
| Resumen | IX |
| Agradecimientos | XI |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Contexto | 1 |
| 1.2. Problema | 2 |
| 1.3. Hipótesis | 3 |
| 1.4. Aproximación | 3 |
| 1.5. Contribuciones | 3 |
| 1.6. Estructura de la tesis | 4 |
| 2. Antecedentes | 7 |
| 2.1. Seguridad de la información | 7 |
| 2.2. Amenazas a sistemas de información | 11 |
| 2.2.1. Modelos basados en técnicas de ataque | 11 |
| 2.2.2. Modelo basados en el impacto de las amenazas | 12 |
| 2.3. Seguridad en la etapa de diseño de un sistema | 14 |
| 2.4. Patrones de seguridad | 15 |
| 2.5. Medición de la seguridad como propiedad de un sistema | 20 |
| 2.5.1. Medición de la seguridad con la implementación patrones de seguridad | 22 |
| 2.6. Resumen | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 3. Trabajo Relacionado | 25 |
| 3.1. Evaluar el grado de seguridad de un sistema construido usando patrones de seguridad | 25 |
| 3.2. Hacia una revisión cuantitativa de la seguridad en arquitecturas de software | 28 |
| 3.3. Uso de patrones de seguridad en combinación con métricas de seguridad . | 30 |
| 3.4. Resumen | 32 |
| | |
| 4. Evaluación de seguridad en sistemas implementados con patrones de seguridad | 33 |
| 4.1. Descripción general del método | 33 |
| 4.2. Previos requeridos | 36 |
| 4.2.1. Requisitos de seguridad | 36 |
| 4.2.2. Casos de uso | 36 |
| 4.2.3. Patrones de seguridad | 36 |
| 4.3. Modelado de amenazas | 37 |
| 4.4. Método de evaluación de seguridad | 38 |
| 4.5. Resultado de la evaluación | 41 |
| 4.6. Resumen | 42 |
| | |
| 5. Caso de estudio del método propuesto | 43 |
| 5.1. Caso de estudio: Un sistema financiero básico | 43 |
| 5.2. Previos requeridos | 51 |
| 5.2.1. Requisitos de seguridad | 51 |
| 5.2.2. Casos de uso | 51 |
| 5.2.3. Patrones de seguridad | 52 |
| 5.3. Modelado de amenazas | 54 |
| 5.4. Evaluación de seguridad del sistema | 60 |
| 5.5. Resultado de la evaluación | 61 |
| 5.6. Resumen | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 6. Conclusiones | 63 |
| 6.1. Resumen | 63 |
| 6.2. Contribuciones | 64 |
| 6.3. Trabajo futuro | 65 |
| Apéndice | 69 |
| A. Listado de patrones de seguridad | 69 |
| Bibliografía | 70 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| 2.1. Triángulo de objetivos de seguridad <i>CIA</i> | 8 |
| 2.2. Diagramas sobre el patrón Autenticador | 20 |
| 3.1. Iteraciones <i>Twin peaks</i> | 27 |
| 3.2. Descomposición de objetivos con patrones | 29 |
| 3.3. Gráfica de dependencias | 31 |
| 4.1. Diagrama de bloques de la evaluación propuesta. | 34 |
| 4.2. Indicador del nivel de seguridad. | 41 |
| 5.1. Casos de uso del sistema financiero. | 44 |
| 5.2. Diagrama de actividades: Abrir cuenta | 45 |
| 5.3. Diagrama de actividades: Cerrar cuenta | 46 |
| 5.4. Diagrama de actividades: Crear y llevar a cabo orden de comercio | 47 |
| 5.5. Diagrama de actividades: Auditoría de ordenes de comercio | 48 |
| 5.6. Diagrama de clases de sistema financiero | 49 |
| 5.7. Diagrama de clases con patrones de seguridad identificados. | 53 |
| 5.8. Diagrama de actividades de mal uso en abrir cuenta | 54 |
| 5.9. Diagrama de actividades de mal uso en cerrar cuenta | 55 |
| 5.10. Diagrama de actividades de mal uso en crear y llevar a cabo orden de comercio | 56 |
| 5.11. Diagrama de actividades de mal uso en auditoría de ordenes de comercio | 57 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| 2.1. Listado de políticas de seguridad típicas | 16 |
| 2.2. Clasificación de patrones de seguridad | 18 |
| 2.3. Resumen del patrón de seguridad Autenticador | 19 |
| 4.1. Plantilla de actividades de mal uso | 37 |
| 4.2. Plantilla de datos impacto de amenazas | 39 |
| 4.3. Plantilla de datos requisitos de seguridad satisfechos | 40 |
| 5.1. Resultado de amenazas | 58 |
| 5.2. Peso de las amenazas mitigadas | 60 |
| 5.3. Peso de los requerimientos satisfechos | 61 |

Resumen

La seguridad de la información involucra una serie de procesos, herramientas y métodos que al ser implementados en conjunto o individualmente mitigan el daño ocasionado por una amenaza. Poco a poco se da mayor importancia a agregar seguridad en cada una de las etapas del desarrollo de un sistema, utilizando elementos que provean soluciones efectivas y probadas. No obstante, medir qué tan seguro es un sistema es un tema controversial debido a la carencia de evaluaciones cuantitativas.

Los patrones de seguridad proporcionan una solución probada desde la fase de diseño ante un problema recurrente que coloca a un sistema ante ciertas amenazas. Pero, ¿cómo evaluar la seguridad de un sistema? y ¿qué elementos son importantes para dicha evaluación?

En este trabajo, se define un método de evaluación de la seguridad sobre un sistema informático previamente construido usando patrones de seguridad. La evaluación propuesta contempla que la seguridad, además de mitigar amenazas, también requiere de satisfacer requisitos de seguridad y políticas de seguridad. Con esto, se pretende otorgar un valor para conocer el nivel de seguridad de dicho sistema.

Agradecimientos

"La disciplina es la parte más importante del éxito."

Truman Capote

A mis padres por ser un pilar importante en mi vida, a mi hermana por siempre estar a mi lado, a mi esposo por apoyarme incondicionalmente. Al resto de mi familia por siempre apoyar mis proyectos y a mi tío Gelasio por ser un ejemplo a seguir.

A mi director de tesis el Dr. Jorge Luis Ortega Arjona por brindarme sus conocimientos y tiempo durante el desarrollo de mi tesis. Por sus enseñanzas, consejos y apoyo que agradezco.

A la UNAM por permitirme adquirir los conocimientos y experiencias necesarias para concluir un posgrado, por abrir sus puertas a la enseñanza que me ha ayudado a crecer académicamente.

A mis profesores que contribuyeron a concluir mi posgrado con sus enseñanzas y su pasión por otorgar el conocimiento que ellos poseen. A Juan, Daniel, Eduardo, Miguel, Raúl y el resto de mis compañeros del posgrado con los cuales viví experiencias inolvidables y de los que siempre llevaré una enseñanza y recuerdo.

A CONACyT porque desde el inicio de mi maestría me otorgó una beca que me sirvió para concluir con mis estudios de maestría.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

La información es un activo estratégico para las empresas. La existencia de vulnerabilidades en los sistemas que comprometan la información pone en riesgo el éxito de la empresa. La seguridad de la información se enfoca en preservar la confidencialidad, integridad y disponibilidad a los datos de un sistema. Debido a la importancia de la información, se crea la rama de la tecnología denominada seguridad informática, encargada de hacer que se cumplan los principios de la seguridad de la información, minimizando los riesgos físicos o lógicos a los que esté expuesto el sistema [1, 2, 3].

El área de seguridad de la información se considera inmadura. Uno de los aspectos en los que falta profundizar son los problemas de seguridad asociados al desarrollo de un sistema. Como consecuencia se carece de evaluaciones objetivas donde se indique qué tan seguros son los sistemas desarrollados.

Investigaciones recientes se enfocan en generar evaluaciones que indiquen cuán seguro es el sistema que se está desarrollando y corregir posibles vulnerabilidades durante las etapas del ciclo de vida de software [4, 5, 6].

Contar con evaluaciones en seguridad de la información ayuda a la toma de decisiones relacionadas con dicho activo, ya que el resultado de una evaluación revela la condición de

un sistema o la magnitud de un fenómeno ocurrido, lo que permite tomar alguna acción. Entre las razones por las cuales evaluar la seguridad de la información es importante se encuentra principalmente la económica, debido a que se estima una pérdida de entre el 1% al 5% de la empresa posterior a un ciberataque [7, 5, 8].

Además de las cuestiones económicas que conlleva medir la seguridad de la información, existe la parte tecnológica en el desarrollo de los sistemas. Como dijo Lord Kelvin “*Si no puedes medirlo, no podrás mejorarlo*”. La existencia de evaluaciones en esta área también contribuye mejorar las tecnologías con las que se desarrollan. Tener una evaluación que indique cuán seguro es el sistema apoya a que los investigadores y desarrolladores de la tecnología mejoren sus productos.

Específicamente, durante la etapa de diseño intervienen los patrones de seguridad, los cuales describen una solución en forma de guías y reglas sobre un problema de seguridad que está asociado a un activo, los patrones de seguridad son una herramienta para diseñar sistemas más seguros. Existe una gran variedad de patrones de seguridad como la colección mostrada en [9].

Se sabe que la seguridad es un tema subjetivo, tornando complejo querer evaluarlo. No obstante, esta complejidad no ha sido obstáculo para que exista una amplia variedad de estudios enfocados a mejorar el conocimiento que se tiene sobre este tema y de cómo estructurar una evaluación objetiva. Para abordar el problema, primero se debe formalizar el objetivo a alcanzar y las propiedades del sistema. Posteriormente, se procede a utilizar herramientas formales y automáticas para evaluar la seguridad (las herramientas para evaluar la seguridad deben extrapolarse a cualquier sistema) [7].

1.2. Problema

El amplio uso de sistemas de información y el acelerado desarrollo de estos da poco tiempo a identificar y aplicar recursos hacia la seguridad de la información, por ende es necesario identificar un método de evaluación de la seguridad en estos sistemas sin

importar que estos sean básicos o robustos.

La evaluación debe proporcionar un parámetro que ayude a los diseñadores y desarrolladores a mejorar los productos de software a los que se quiere proporcionar seguridad.

1.3. Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo es:

Se puede evaluar la seguridad de un sistema de forma sistemática de tal manera que se proporcione una métrica la cual indique bajo cierto criterio si es seguro o no, si previamente se sabe que ha sido construido usando patrones de seguridad.

1.4. Aproximación

Mediante el análisis de los elementos inherentes a un sistema como los diagramas UML, requisitos de seguridad y políticas de seguridad, el presente trabajo presenta un método para evaluar la seguridad de los sistemas de información que previamente han sido construidos con patrones de seguridad. Se realiza la evaluación de un sistema que consiste en aplicar el método presentado y se proporciona un valor que indica cuán seguro puede ser considerado.

Todas las amenazas obtenidas por cada caso de uso son consideradas para el presente trabajo como el total de amenazas a las que está expuesto el sistema. Por ello, es importante usar métodos de enumeración sistemáticos que garanticen la identificación de las amenazas importantes.

1.5. Contribuciones

Las contribuciones del presente trabajo son :

-
- Proporcionar una evaluación sistemática que contribuya a definir un nivel de seguridad de un sistema ya creado.
 - La evaluación contempla que los requisitos y políticas de seguridad también son una parte importante de la evaluación de seguridad de cualquier sistema.
 - El análisis de un sistema utilizando esta evaluación apoyaría a diseñadores y desarrolladores en conocer cuál es la cobertura de amenazas, requisitos de seguridad y políticas de seguridad del sistema para aplicar acciones de ser necesario.

1.6. Estructura de la tesis

El presente trabajo se estructura en capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación:

Capítulo 2 **Antecedentes**

Aquí se presentan los conceptos básicos necesarios para entender el objetivo de la tesis y sus contribuciones, explicando de manera detallada por qué la hipótesis presentada. Primero, se describe la importancia de proteger la información manipulada por un sistema informático. Después, se describe cómo se encuentra inmersa la seguridad en el diseño de un sistema, donde se explica cómo los patrones de seguridad ayudan a prevenir ataques conocidos. Se da una descripción breve de los patrones de seguridad y finalmente, se muestran las mediciones relacionadas con la seguridad de los sistemas y las mediciones de seguridad sobre sistemas.

Capítulo 3 **Trabajo relacionado**

En este capítulo, se describe el trabajo relacionado a las evaluaciones asociadas con sistemas que implementan patrones de seguridad. Primero, se presenta el artículo titulado “*Measuring the level of security introduced by security pattern*”. En el cual presenta una metodología para comparar dos sistemas

sobre el nivel de seguridad que les otorgan los patrones de seguridad al ser aplicados. Posteriormente, se presenta el artículo titulado “*Towards a quantitative assessment of security in software architectures*”, donde el principal objetivo es proporcionar un valor cuantitativo sobre el nivel de seguridad de un sistema mediante el uso de árboles de requisitos. Finalmente, se presenta el artículo titulado “*Using security patterns to combine security metrics*”. En este trabajo, se enfocan en seleccionar las métricas correctas relacionadas a los patrones de seguridad y cómo interpretar sus resultados.

Capítulo 4 **Evaluación de seguridad al implementar patrones de seguridad**

En esta parte de la tesis se presenta de forma general los elementos necesarios para la evaluación propuesta, así como las características que se deben considerar y cómo se debe manipular la información previa requerida. De manera más detallada, en las subsecciones se presenta la propuesta de evaluación y cómo interpretar los resultados obtenidos.

Capítulo 5 **Caso de estudio del método propuesto**

En este capítulo se utiliza como ejemplo un sistema financiero básico sobre el cual se aplica el método descrito en el Capítulo 4.

Capítulo 6 **Conclusiones**

Luego de presentar el método de evaluación, se discuten y analizan los resultados obtenidos en la tesis. Además, se proponen trabajos futuros que den continuidad al trabajo presentado.

Capítulo 2

Antecedentes

El objetivo de este capítulo es introducir los conceptos de: 1) la seguridad de la información y su importancia; 2) cómo se involucra la seguridad en la fase de diseño de un sistema; 3) qué son los patrones de seguridad y 4) los métodos de medición de seguridad que existen, haciendo énfasis en los que se refieren a patrones de seguridad.

2.1. Seguridad de la información

La seguridad de la información tiene el propósito de proteger la información, dado a que la información forma parte de los activos de cualquier organización [10].

La Ley Federal de Seguridad de la Información (FISMA por sus siglas en inglés) define tres objetivos de seguridad, tanto para la información como para sistemas de información [11, 12]:

Confidencialidad . Mantener restricciones sobre el acceso y revelación de información.

Este término incluye dos conceptos:

- Confidencialidad de datos: Asegurar que la información privada o confidencial no está revelada ante individuos no autorizados.
- Privacidad: Asegurar que la información revelada a los individuos sea relacionada con éste.

Integridad . Prevenir la modificación o destrucción de la información, incluyendo el no repudio de la información y autenticación. Este término incluye dos conceptos:

- Integridad de datos: Asegurar que la información y los programas cambian únicamente por una solicitud autorizada o específica.
- Integridad del sistema: Asegurar que un sistema modifica su funcionamiento por cambios autorizados, libre de un cambio no autorizado.

Disponibilidad . Asegurar el acceso y uso de la información siempre y cuando sea autorizado, es decir, que el sistema trabaja apropiadamente y no existe una denegación de servicio a usuarios autorizados.

Proteger la información implica generar controles que preserven la integridad, disponibilidad y confidencialidad de los datos, éstos tres conceptos son conocidos como el triángulo CIA (*Confidentiality, Integrity and Availability*). No obstante, existen otras definiciones como la presentada en ISO/IEC 13335 que abarca además del triángulo CIA los objetivos de Responsabilidad, Autenticidad y Fiabilidad [13].

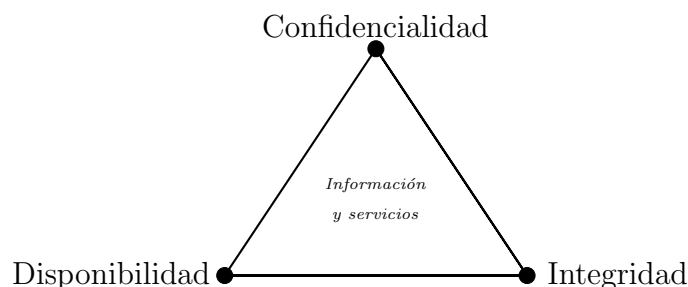


Figura 2.1. *Triángulo de objetivos de seguridad CIA [11].*

En [14] se definen cinco categorías en las que se extrapolan los objetivos de negocio en objetivos de seguridad, como se muestra a continuación:

- **Seguridad con prioridad alta.** Determina qué es lo que significa *disponibilidad* para el negocio.
- **Seguridad persistente.** Relacionada con el término de *integridad*, que incluye la retención o destrucción de la información de acuerdo con las políticas y objetivos de negocio.

-
- **Calidad de la información.** Relacionada con la *integridad*, que incluye precisión, relevancia y consistencia de los repositorios.
 - **Control de acceso.** Se asegura que lo referente a la *confidencialidad* (protección de la información) sea clara para el negocio.
 - **Seguridad técnica.** Cubre la parte de arquitectura de los sistemas de información y el impacto de éstos sobre el negocio.

Proteger la información es de importancia para una organización, por ejemplo [15]:

1. **Proteger la funcionalidad de la organización.** Tiene un impacto en términos de negocio y dinero, ya que podría afectar su funcionalidad.
2. **Permitir que las aplicaciones funcionen de forma segura.** Cuando la operación de la organización depende directamente de las aplicaciones, su impacto radica en que la organización provea del servicio que ofrece de manera correcta y eficiente.
3. **Proteger los datos que la organización recolecta y utiliza.** Si los datos no están protegidos, una organización pierde prestigio ante sus clientes, ya que no brindan garantía de que la información está siendo almacenada o manipulada de manera correcta.
4. **Salvaguarda los bienes tecnológicos de la organización.** Los bienes tecnológicos apoyan a que una organización crezca y consiga sus objetivos. Por esto, es de importancia que se salvaguarden.

Para proteger la información se requieren políticas adecuadas. Las políticas de seguridad de la información son un conjunto de criterios descritos en un documento, que sirven para proteger los sistemas y asegurar la información sensible de una organización. Los documentos sobre este tipo se dividen en políticas, estándares, procedimientos, bases y guías, las cuales se detallan a continuación [10, 16]:

- **Las políticas de seguridad de la información** son emitidas para cubrir las expectativas sobre seguridad en los sistemas y ambientes de los usuarios. Se dividen en cuatro niveles:

-
1. Organizacional
 2. Programa de seguridad
 3. Usuarios
 4. Sistema y control

- **Los estándares de seguridad de la información** son requisitos más detallados que abordan la selección de metodologías, técnicas y equipos, especificando algún elemento de las políticas de seguridad. Tienen como característica ser obligatorios para todos dentro de la organización.
- **Las guías** también son requisitos detallados, con la diferencia de que no son obligatorios para la organización, más bien son sugerencias de seguridad.
- **Las bases o puntos de referencia** son los controles de seguridad mínimos que debe cumplir la organización. Detallan los equipos, aplicaciones, configuraciones o actividades relacionados con el control de seguridad en la organización.
- **Los procedimientos** son instrucciones paso a paso de cómo implementar los controles de seguridad definidos en las cuatro políticas anteriores. Principalmente definen el quién y cómo de la aplicación de la seguridad.

La seguridad de la información se divide en las siguientes áreas [17]:

- **Evitar riesgos.** Identifica el valor y riesgo de cada componente de un sistema, incluyendo estrategias para minimizar daños.
- **Disuasión.** Involucra directamente al personal de una empresa, intenta persuadir a éstos antes de realizar una acción que perjudique a un sistema.
- **Prevención.** Son los procedimientos que se efectúan para determinar qué necesita protección, quién debe tener accesos y quién es responsable de ciertas actividades para mantener un sistema seguro.
- **Detección.** Aquí se aplican medidas para detectar y reconocer actividades que estén poniendo en riesgo al sistema.
- **Recuperación.** Posterior a un ataque, el área de recuperación se enfoca en devolver al sistema a un estado estable. Esto se realiza mediante respaldos de informa-

ción, funciones para legitimar a los usuarios que van a acceder de nuevo al sistema, etc.

Dado que un sistema de información crea, procesa, almacena, transmite y/o destruye información, se considera que es seguro si está preparado para minimizar amenazas que comprometan la integridad, confidencialidad y acceso de este recurso. Pensar que un sistema es absolutamente seguro no es completamente correcto, ya que la existencia de amenazas no contempladas siempre está latente [18, 19].

2.2. Amenazas a sistemas de información

Se denomina amenaza en los sistemas de información a cualquier acción que dañe o comprometa un recurso como hardware, software, bases de datos, datos, archivos o la red física del sistema. Para que un sistema sea propenso a amenazas, debe existir una vulnerabilidad que se interpreta como una debilidad en el diseño o en el desarrollo del sistema [20].

Actualmente, existen modelos que clasifican las amenazas bajo ciertos criterios. Las clasificaciones permiten identificar y entender las características de las amenazas con el objetivo de proteger a los recursos de una organización. Las dos principales clases en las que se dividen estos modelos son basados en técnicas de ataque y basados en el impacto de las amenazas [21, 22].

2.2.1. Modelos basados en técnicas de ataque

En esta clasificación se identifican las amenazas a través de especificaciones [22].

- **Análisis paso a paso.** Este modelo organiza las amenazas en: 1) amenazas de red, 2) amenazas de host y servidor y 3) amenazas de aplicación. La forma en la que se realiza la clasificación es posible cubrir todas las amenazas, aunque su debilidad es que no provee esquema de clasificación mutuamente exclusiva, por ejemplo, un ataque de DoS (*Denial of Service*) afecta tanto a servidores como a la red.

-
- **Modelo híbrido.** Considera tres criterios principales: 1) frecuencia de la amenaza, 2) área donde la amenaza se focaliza y 3) origen de la amenaza. En particular, esta clasificación se considera dinámica, por ejemplo, una amenaza que tiene una frecuencia alta de aparición puede generar pocas pérdidas, o una amenaza que se origine fuera de la organización es más probable que dañe más que una interna.
 - **Modelo piramidal.** Se basa en tres factores que identifican las amenazas de alto riesgo en los sistemas de información que son: 1) ¿cuánto sabe el atacante sobre el sistema?, 2) área crítica y 3) pérdidas. Esta clasificación permite identificar las partes vulnerables del sistema y las áreas críticas donde puede afectar una amenaza. Una desventaja es que no incluye el impacto de la amenaza.

2.2.2. Modelo basados en el impacto de las amenazas

Los modelos basados en vulnerabilidades o impacto de las amenazas son clasificaciones que agrupan las amenazas del mismo tipo, de las que son más relevantes en impacto y más conocidas [22].

- **STRIDE.** STRIDE son las siglas de *Spoofing, Tampering, Repudiation, Information Disclosure, Denial of Service, Elevation of Privilege*. Es una clasificación que contempla tanto amenazas de red, host y aplicación. Una de las características de este modelo es que a cada amenaza le asigna una propiedad de seguridad que es violada y donde impacta.
- **Modelo ISO.** El ISO 7498-2 hace una clasificación en cinco grupos: 1) destrucción de información y/o recursos, 2) modificación de la información, 3) pérdida de información y/o recursos, 4) exposición de información y 5) interrupción de servicios. Este modelo presenta una clasificación mutuamente exclusiva, aunque no cubre las consecuencias de todos los ataques.
- **Misuse activities.** Es un modelo para identificar amenazas en el sistema. Utilizan diagramas de actividades diseñados en UML, sobre los que se plasman las actividades desde el punto de vista de un actor hostil.

La gran ventaja de estos modelos de clasificación es que desde la fase de diseño se consigue saber las amenazas a las que está expuesto el sistema que se va a desarrollar.

Descripción del modelo *Misuse activities*

En el artículo “*Eliciting security requirements through misuse activities*” [23] se propone la obtención de un modelo de amenazas utilizando *misuse activities*. Una de las características de este modelo es que se enfoca en las amenazas relacionadas directamente con las actividades del sistema desde la fase de diseño. A continuación, se describe cómo obtener el modelo de amenazas en un sistema. Este modelo parte de diagramas de caso de uso¹ en UML, de los cuales se obtiene el diagrama o los diagramas de actividades del sistema que se está diseñando. Sobre el diagrama de actividades se realiza un análisis para descubrir las amenazas relacionadas con las actividades que ejecuta el sistema (este proceso se hace con cada caso de uso del sistema). En este análisis hay tres aspectos que se consideran:

1. **Escenarios del sistema.** Se deben encontrar todos los posibles escenarios del sistema de los casos de uso, inclusive se debe contemplar el análisis de secuencias de casos de uso. El análisis de los diagramas de actividades permite identificar las amenazas en el flujo del negocio.
2. **Atributos de seguridad.** Cada actividad del diagrama de actividades es analizada con respecto a los objetivos de seguridad.
3. **Origen de la amenaza.** Para cada actividad se analiza de donde proviene el ataque:
 - Atacante interno autorizado: Persona que tiene acceso al sistema y tiene los permisos para realizar la actividad analizada.
 - Atacante interno no autorizado: Persona que pertenece a la empresa, pero no tiene permiso para realizar la actividad analizada.
 - Atacante externo: Persona ajena a la empresa y no tiene permiso de realizar la actividad analizada.

¹Los diagramas de secuencia complementan la descripción textual de los diagramas de caso de uso, por lo tanto no son indispensables para el modelado.

Para analizar cada actividad se debe pensar en “*qué mal uso se puede realizar en <actividad> por <origen de amenaza> que compromete el <objetivo de seguridad> del <dato a proteger>*”. Cada posible amenaza se plasma en una plantilla (definida en el artículo) que proporciona un panorama de las amenazas a las que está expuesto el sistema.

2.3. Seguridad en la etapa de diseño de un sistema

En la etapa de diseño se define la arquitectura de software o hardware, componentes, módulos, interfaces y datos de un sistema que en conjunto satisfacen requerimientos específicos [24].

Al realizar un nuevo sistema (o una mejora a uno existente), se espera provea un beneficio. La mayoría de los sistemas contienen procesos confidenciales o información sensible de la empresa. Por lo tanto, para mantener una postura de seguridad se deben tomar en cuenta las técnicas de seguridad preventivas que eliminen las incertidumbres del comportamiento del sistema en fases posteriores [25]. Un sistema al cual no se le haga una revisión de seguridad desde la etapa de diseño podría presentar los siguientes problemas [25]:

- Exposición de la información o exhibir la postura de seguridad de la empresa.
- En una auditoría, la falta de controles de seguridad en un sistema se convertiría en una evaluación negativa.
- Tomar una medida correctiva ante un problema de seguridad en un sistema ya desarrollado se torna perjudicial para la empresa, principalmente por el costo que conlleva la reparación del problema (en términos de recursos y tiempo) y la dificultad de implementarla (una ingeniería inversa de seguridad se extrapola a un sistema inseguro).

Existen guías que incluyen seguridad en el diseño de un sistema. Éstas se expresan en forma de buenas prácticas, principios, políticas, reglas, regulaciones y estándares. El objetivo de las guías es saber qué tan seguro es el diseño de un sistema. Las dos principales se describen a continuación [26]:

-
- **Principios de diseño de seguridad.** Los principios de diseño de seguridad son reglas probadas para incrementar la seguridad de un sistema, las cuales son aplicadas a problemas específicos. Son identificados durante la etapa de análisis mediante modelado de amenazas. Utilizar estos principios proporciona la ventaja que al identificar una debilidad en el diseño del sistema se pueden tomar decisiones con respecto a la arquitectura e implementación.
 - **Patrones de seguridad.** Los patrones de seguridad son una solución a un problema de seguridad recurrente, que alienta al rehuso efectivo para construcción de sistemas más robustos. Estos ayudan a manejar un solo requerimiento que es la seguridad de un sistema.

Para incluir la seguridad en el diseño deben existir requisitos de seguridad. El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (*NIST* por sus siglas en inglés) en el documento FIPS 200, muestra un listado de los requisitos de seguridad mínimos que se deben considerar para cualquier sistema de información al que se le quiera incluir seguridad. Al igual que en el FIPS 200, Eduardo B. Fernández [27] ha realizado un listado típico de requisitos de seguridad, los cuales se muestran en la Tabla 2.1

Las políticas de seguridad de una empresa también son considerados como requisitos de seguridad de un sistema o pueden agregarse dichas políticas a un listado ya existente. Eso depende del diseño del sistema.

2.4. Patrones de seguridad

La definición que Fernández da sobre los patrones de seguridad es [9]:

“Un Patrón de Seguridad describe la solución a un problema de seguridad recurrente que se genere dentro de un contexto específico y provee un esquema de solución genérico.”

Una de las razones por las cuales los patrones de seguridad son exitosos es que dan una solución que puede ser usada en diferentes situaciones y adaptada para resolver un

Tabla 2.1. *Listado de políticas de seguridad típicas [27]*

| # | Política | Descripción |
|-----|--|--|
| P1 | Sistemas abiertos/cerrados | En los sistemas cerrados nadie puede acceder a los recursos a menos que tenga acceso explícito; en los sistemas abiertos todos tienen acceso a menos que exista negación explícita. |
| P2 | Privilegios mínimos | Personas o entidades son autorizadas a acceder a los recursos para realizar solo sus funciones. |
| P3 | Autorización | Reglas explícitas deben usarse para quién puede usar qué recursos y cómo. |
| P4 | Obligación | El acceso a los recursos se da únicamente si se ejecutan acciones antes o después de otorgar el acceso. |
| P5 | Separación de responsabilidades | Funciones críticas deben asignarse a más de una persona o sistema. |
| P6 | Auditoria e Inicio de sesión | Define como examinar y auditar los logs de acceso al sistema. Incluye cuánto tiempo deben almacenarse los logs y cada cuánto se debe examinar. |
| P7 | Autenticación de transacciones | Cualquier intercambio de información debe ser autenticada por ambos lados. |
| P8 | Control centralizado / descentralizado | En sistemas descentralizados cada unidad o división tienen sus propios administradores y autoridades para definir políticas internas que no violen las políticas globales de la empresa. |
| P9 | Propiedad y administración | Separar la administración de los datos con el uso de éstos. |
| P10 | Responsabilidad individual | Personas o procesos deben ser identificados de manera única y sus acciones deben ser registradas y revisadas. |
| P11 | Roles | Cada rol tiene diferentes privilegios sobre los datos que correspondan con las actividades que realizan. |
| P12 | Control de acceso dependiente de los datos | Controlar el acceso a datos nombrados y a clases nombradas incluyendo sus instancias. |
| P13 | Control de acceso dependiente del contenido | El acceso a los datos depende del registro solicitado. |
| P14 | Control de acceso dependiente del contexto | El acceso a los datos depende en qué otra información se está solicitando. |
| P15 | Control de acceso dependiente de la historia | Se debe considerar todas o un conjunto de las solicitudes anteriores para otorgar el acceso. |
| P16 | Otorgar o denegar privilegios | Un usuario que tenga los derechos puede otorgar o quitar derechos a su discreción. |
| P17 | Obligaciones | Un usuario obtiene privilegios sobre el sistema pero no puede otorgarlos a otros. |
| P18 | Privilegios multinivel | Los usuarios son clasificados en niveles y sus privilegios dependen del nivel. |
| P19 | Verificación del origen de la información | Verificar de dónde procede la información |

problema nuevo dentro del mismo contexto. Capturan la solución y su relación con el problema planteado de manera rápida y accesible. Cabe resaltar que un patrón de seguridad se encuentra directamente relacionado con la amenaza y no con la vulnerabilidad [9].

Lo que diferencia a los patrones de seguridad de los patrones tradicionales es el contexto en que se desenvuelven. Los patrones de seguridad tienen una estructura que se compone de los siguientes elementos esenciales: 1) Nombre, 2) Contexto, 3) Problema y 4) Solución. Las características de estos elementos se describen a continuación [9]:

-
1. **Nombre.** Es el nombre descriptivo del patrón de seguridad.
 2. **Contexto.** Describe el ambiente y las condiciones en las que el problema de seguridad está ocurriendo.
 3. **Problema.** Éste se presenta cuando el sistema de software se encuentra en una situación de vulnerabilidad, siendo esta vulnerabilidad una puerta que de motivo a ataques. El problema abarca todos los niveles en la arquitectura del sistema de software.
 4. **Solución.** Está fuertemente ligada con el contexto. Se diseña para uno o más niveles de la arquitectura del sistema de software y también puede abarcar procesos. La solución estará enfocada según el contexto a la prevención, detección o reacción a un ataque o posible vulnerabilidad.

Algunas de las ventajas del uso de patrones de seguridad en el desarrollo de sistemas son [9]:

- Encapsulan el conocimiento básico de seguridad de una forma estructurada y entendible.
- Ayudan a mejorar la integración de la seguridad en los sistemas y empresas.
- Con su uso se extiende la seguridad a todos los niveles de la arquitectura de un sistema.

Clasificar los patrones de seguridad sirve para una selección e identificación más adecuada y precisa. Actualmente se han identificado varias clasificaciones con base en criterios o atributos de los patrones. La Tabla 2.2 muestra una recopilación de las clasificaciones más utilizadas por los investigadores [28], un listado con algunos patrones de seguridad incluidos en las clasificaciones se encuentran en el Apéndice A.

Independientemente de la clasificación a la que pertenezcan, los patrones de seguridad entran en alguna de las cinco relaciones inter-patrones: *dependencia*, *beneficios*, *alternativa*, *perjudiciales* y *en conflicto*, que muestran el impacto que tiene aplicar un patrón A junto con un patrón B [29]:

Dependencia. Si el patrón A depende del patrón B, entonces es necesario el patrón B para la correcta funcionalidad de A.

Beneficios. Si el patrón A se beneficia del patrón B, entonces implementar el patrón B incrementa el valor del patrón A.

Alternativa. Los patrones A y B tienen funcionalidad similar, aunque no son idénticos.

Perjudiciales. El patrón A se ve perjudicado al implementar el patrón B. Al ser implementados estos patrones se debe verificar que no existan dichos errores en el desarrollo.

En conflicto. El patrón A entra en conflicto con el patrón B, generando inconsistencias. Este caso se da cuando se implementan dos patrones para resolver el mismo problema.

Tabla 2.2. *Clasificación de patrones de seguridad obtenida de [28]*

| Clasificación | Atributos |
|-----------------------------|-------------------|
| Propósito | Estructural |
| | De procedimiento |
| | Ambiente |
| | Para creación |
| | Genéricos |
| Ciclo de vida del sistema | Arquitectónico |
| | Requisitos |
| | Diseño |
| | Análisis |
| | Implementación |
| Objetivos de seguridad | Confidencialidad |
| | Integridad |
| | Responsabilidad |
| | Autenticación |
| | Disponibilidad |
| | Control de acceso |
| | Identificación |
| | No repudio |
| Transmisión de datos segura | |

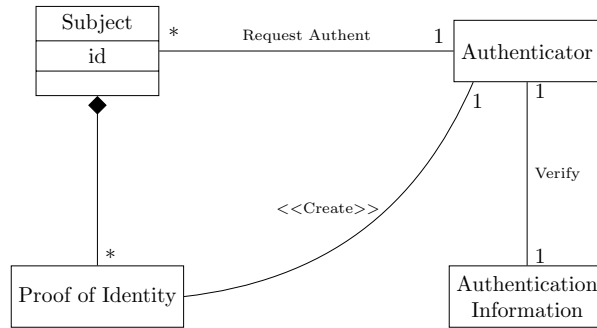
Ejemplo

Un resumen del Patrón de Seguridad **Autenticador** (*Authenticator*) se muestra en la Tabla 2.3:

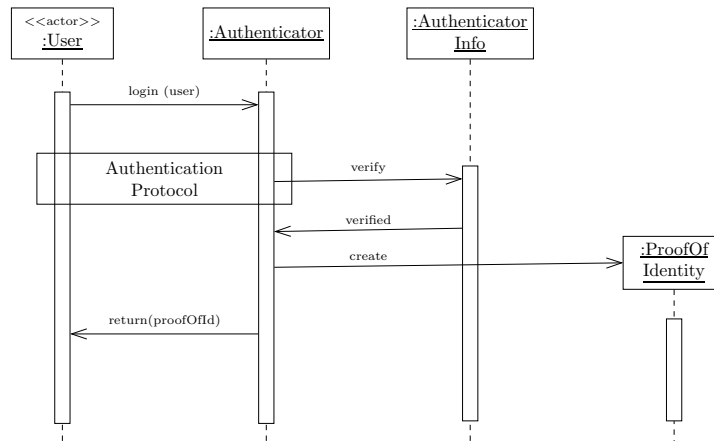
Tabla 2.3. Resumen del patrón de seguridad *Autenticador* [30]

| Característica | Descripción |
|----------------|--|
| Descripción | El patrón Autenticador permite verificar que el sujeto que intenta acceder al sistema es quien dice ser. |
| Contexto | Sistemas computacionales que contienen recursos que se vuelven valiosos ya que incluyen información sobre planes sobre el negocio, reportes médicos, etc. Solo se requiere que sujetos autorizados para entrar al sistema lo hagan. |
| Problema | ¿Cómo podemos prevenir que impostores entren a nuestro sistema? Un atacante puede intentar suplantar la identidad de un usuario legítimo para tener acceso a sus recursos. Esto es riesgoso si el usuario suplantado tiene un nivel alto de privilegios al sistema. ¿Cómo verificar que un usuario intentado acceder al sistema es legítimo? La solución a este problema debe contemplar también: Flexibilidad: Muchos usuarios requieren acceso al sistema y en varias unidades del sistema existen diferentes datos importantes. Confiabilidad: Necesitamos autenticar usuarios de manera confiable y segura, es decir, utilizar un protocolo robusto y una manera de proteger los resultados de la autenticación. Modificación: Si la autenticación necesita ser modificada frecuentemente, esta se convierte en un problema. Frecuencia: Se debe evitar que los sujetos se autenticuen con frecuencia. |
| Solución | Utilizar un punto de acceso para recibir todas las interacciones entre sujetos y el sistema, aplicar el protocolo para verificar la identidad del sujeto. El protocolo será simple o complejo dependiendo de las necesidades de la aplicación. |

En la Figura 2.2 se muestran los diagramas correspondientes al patrón anterior. La implementación del patrón contempla que existe un sistema centralizado, donde el sistema operativo controla la creación de sesiones en respuesta a una petición del sujeto (usuario). El usuario autenticado tiene permitido el acceso a los recursos de acuerdo a los derechos que tenga sobre éstos.



(a) Diagrama de clase



(b) Diagrama de secuencia

Figura 2.2. Diagramas sobre el patrón *Autenticador* [30]

2.5. Medición de la seguridad como propiedad de un sistema

Una de las definiciones más utilizadas para medición es la propuesta por Hermann von Helmholtz en su trabajo denominado *Contando y midiendo*, el cual dice [31]:

Es la relación especial que puede existir entre los atributos de dos objetos y la cual designaremos con el nombre de igualdad [...]

Axioma I: Si dos magnitudes son iguales con una tercera, entonces todas ellas son iguales

Una medición determina [32]:

-
- Una propiedad o atributo que representa al objeto a ser medido.
 - Un estándar que involucra comparar dos objetos entre sí y su relación entre éstos basándose en la propiedad.
 - Un procedimiento por el cual se colocan dos objetos bajo las mismas condiciones con el objetivo de observar el resultado y ser capaz de establecer si existe o no una ocurrencia de la relación.

Dado que la definición anterior se enfoca a medir propiedades físicas de los objetos, se requiere una adaptación de ésta a la medición del software, y aún más, a la seguridad sobre éste, ya que la seguridad no es una propiedad física. La única forma de medirla es de manera indirecta a través de sus componentes inherentes [32].

Una métrica tiene como objetivo proporcionar un valor escalar que describe una propiedad del sistema. En este caso particular, la propiedad analizada es la seguridad de un sistema. Las métricas de seguridad definidas y usadas en la práctica son relativas, debido a que la seguridad es una propiedad que depende de percepciones. Los resultados obtenidos de utilizar una métrica de seguridad ayudan a la toma de decisiones en varios aspectos de seguridad, que van desde el diseño de una arquitectura, hasta la valoración de la eficiencia y eficacia de las operaciones de seguridad que está ejecutando el sistema [5, 33].

Los principales usos de las métricas de seguridad se pueden incluir en las siguientes categorías:

- **Soporte estratégico.** Brindar garantía de seguridad en un sistema, apoya en la toma de decisiones tales como asignación de recursos, planeación y selección de productos y servicios.
- **Garantía de calidad.** Para minimizar vulnerabilidades en el sistema.
- **Supervisión táctica.** Conocer el estado de un sistema con respecto a la seguridad apoyándose en el control y manejo de riesgos.

Las métricas en seguridad de software se dividen en cuatro categorías [34]:

-
1. Seguridad desde la perspectiva de ingeniería. Esta categoría se enfoca en verificar procesos.
 2. Seguridad desde la perspectiva de negocio. Esta categoría a su vez se divide en nivel organizacional y nivel técnico. El primero se enfoca en los riesgos económicos de mantenimiento y/o procesos y el segundo en asegurar al sistema.
 3. Seguridad desde la perspectiva de las características. En esta categoría se basan las métricas según la característica de seguridad a analizar.
 4. Seguridad desde la perspectiva del sistema. Se enfoca en la parte técnica del sistema, dividiéndose en tres niveles: 1) métricas a nivel sistema, 2) métricas a nivel diseño y 3) métricas a nivel código.

2.5.1. Medición de la seguridad con la implementación patrones de seguridad

Las investigaciones sobre medición del nivel de seguridad que proporcionan los patrones de seguridad se dividen en evaluaciones cuantitativas y cualitativas. Hay evaluaciones que toman de base cómo los patrones de seguridad atienden los objetivos de la seguridad de la información (Confidencialidad, Integridad y Disponibilidad); otras que se enfocan en identificar las amenazas que los patrones de seguridad resuelven.

A continuación se muestran dos métodos que ejemplifican ambos tipos de evaluaciones a los patrones de seguridad:

1. En [35] se muestra un método que evalúa el nivel de seguridad que proporcionan los patrones de seguridad a la arquitectura de un sistema. Este método selecciona un conjunto de patrones que cumplan cierto objetivo de seguridad de la arquitectura. Posterior a eso, se les da un peso de acuerdo a la amenaza que mitigan y con eso obtener un valor que indique sobre las amenazas cuán segura es la arquitectura.
2. En [36] se muestra un método para evaluar las características de los patrones de seguridad para verificar el nivel de seguridad que otorgan. La selección de los patrones que analiza se basan en tres criterios: 1) si es una guía para construir

software seguro, 2) si contemplan hoyos de seguridad de software y 3) los ataques que mitigan. Este método contribuye a la selección del conjunto de patrones que mejor otorguen seguridad a un sistema determinado de manera cualitativa.

2.6. Resumen

En este capítulo se presenta una breve introducción a la seguridad de la información, la importancia de incluirla en los sistemas de información y las amenazas a las que están expuestos. Se hace énfasis en la inclusión de la seguridad en la etapa de diseño de un sistema, donde se explica que utilizar guías para proporcionar un nivel de seguridad a un sistema en diseño disminuye las posibilidades de una amenaza al sistema ya implementado.

Se menciona que, los patrones de seguridad (al ser parte de las guías para incluir seguridad en el diseño de un sistema), realmente otorgan un nivel de seguridad debido a la experiencia que involucra la solución propuesta ante ciertas amenazas. También, se aborda la clasificación de los patrones y las actuales definiciones de medición de la seguridad como un atributo y la importancia para mejorar la seguridad en los sistemas.

Capítulo 3

Trabajo Relacionado

Este capítulo presenta los trabajos relacionados con el tema de esta tesis. Se analizan los artículos: 1) evaluar el grado de seguridad de un sistema construido usando patrones de seguridad (*Evaluating the degree of security of a system built using security patterns*), 2) evaluación cuantitativa de la seguridad en arquitecturas de software (*Towards a quantitative assessment of security in software architectures*) y 3) uso de patrones de seguridad en combinación con métricas de seguridad (*Using security patterns to combine security metrics*).

3.1. Evaluar el grado de seguridad de un sistema construido usando patrones de seguridad

Dentro de la variedad de métodos para construir sistemas seguros no se explica cómo evaluar la seguridad de los productos finales. A pesar de que la definición de seguridad no es del todo clara para los sistemas de información, existen pocas métricas aceptadas pero que son complicadas de aplicar. El artículo “*Evaluating the degree of security of a system built using security patterns*” [37] propone una métrica utilizando una aproximación de búsqueda de amenazas en sistemas que han sido construido utilizando patrones.

Tomando como definición de la seguridad de sistemas como la habilidad de proteger a

los activos ante ataques internos o externos, el método define un listado de amenazas y verifica cuales amenazas están siendo mitigadas por al menos un patrón de seguridad. La métrica consiste en la cantidad de amenazas que están atendidas por un patrón de seguridad.

Una amenaza T_i usa una secuencia de pasos de ataque T_{ik} donde i es la amenaza y k es alguno de los pasos para completar el ataque, es decir, $T_i \rightarrow T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ij}$. Para detener T_i , es suficiente con detener alguno de los pasos T_{ij} . Los patrones de seguridad describen qué ataques pueden detener. Dado que el método propuesto por [37] contempla que el sistema ha sido previamente construido con patrones de seguridad, se sabe que hay un conjunto de pasos de ataque que están siendo mitigados. Contabilizando el número de amenazas mitigadas TN y conociendo el número total de amenazas identificadas T , la métrica de seguridad SC se define como $SC = \frac{TN}{T}$.

El proceso para evaluar la seguridad de un sistema consiste en:

- Enumerar las amenazas basándose en las metas del atacante (parte de la metodología de desarrollo).
- Elegir las amenazas de acuerdo a probabilidad o impacto de ocurrencia.
- Determinar SC con todas o las amenazas más importantes.

La obtención de las amenazas del sistema se deriva durante las etapas de obtención de requisitos y diseño del desarrollo de software, donde se analiza cada actividad dentro del diagrama de actividades de un caso de uso, observando cómo podría un atacante cumplir sus metas.

Se propone una manera de refinar la métrica SC utilizando la aproximación *Twin peaks*, que se refiere a una forma iterativa de construir arquitecturas de software. El método de enumeración de amenazas comienza por un modelo de seguridad conceptual donde los patrones de seguridad han sido agregados al modelo funcional (obtenido de los requisitos funcionales del sistema). Entonces se analiza cada caso de uso para generar el diagrama de actividades, que revela las amenazas como metas del atacante e identifica los activos a proteger.

Utilizando *Twin peaks*, se produce una nueva arquitectura en cada ciclo, es decir, cada ciclo contempla los mismos casos de uso pero a mayor detalle, considerando nuevos elementos como se muestra en la Figura 3.1.

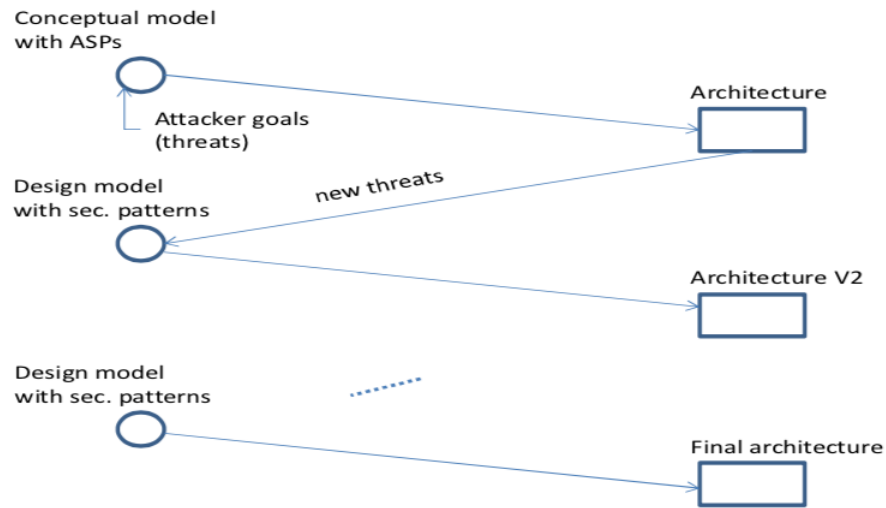


Figura 3.1. Iteraciones *Twin peaks* obtenida de [37].

La métrica propuesta realiza la enumeración de las amenazas como parte de la metodología de desarrollo del software, donde cada ataque es descrito como un patrón de mal uso, pero no hay forma de mostrar que todos los patrones de mal uso relevantes para el sistema han sido considerados. Una ventaja es que, al identificar los patrones de seguridad aplicados al sistema se identifica a un gran número de patrones de mal uso mitigados.

La métrica presentada utiliza un método de enumeración de amenazas específico. No obstante, puede aplicarse a sistemas que tengan una enumeración de amenazas obtenidas de métodos diferentes. Cabe resaltar que la enumeración solo contempla cierto número de amenazas dentro de las etapas del ciclo de vida del desarrollo del sistema o en las iteraciones de *Twin Peaks*.

3.2. Hacia una revisión cuantitativa de la seguridad en arquitecturas de software

En el artículo “*Towards a quantitative assessment of security in software architectures*” [35] se propone una aproximación para evaluar la seguridad en arquitecturas de software basadas en patrones. En particular, los patrones de seguridad se utilizan para medir que extensión de una arquitectura está protegida con respecto a las amenazas de seguridad más relevantes.

Esta metodología se divide en 4 partes [35]:

1. **Mapeo de amenazas con los objetivos de seguridad.** Haciendo uso del modelo STRIDE de Microsoft, se seleccionan las amenazas que están relacionadas con el modelado del software. Cada amenaza es organizada en árboles de amenaza y descompuesto a lo más en tres niveles.
2. **Clasificación de las amenazas de acuerdo a su severidad.** Dado que cada amenaza tiene un grado de severidad diferente, se recurre a una clasificación otorgándoles pesos a cada amenaza para diferenciarlos. Cada peso está determinado por el nivel de riesgo definido en la DREAD de Microsoft.
3. **Determinación de la protección ante una amenaza.** Para determinar el nivel de protección que otorga un patrón de seguridad ante una amenaza, se asocian las amenazas a los objetivos de seguridad a los que el patrón contribuye.
4. **Cálculo de la cobertura de seguridad.** El cálculo se realiza por rama en el árbol de amenazas. Las hojas del árbol representarán el valor de protección que otorgan los patrones de seguridad para un requisito

A cada arista del árbol de requerimientos se le asignan pesos. Estos pesos reflejan el impacto a cada requisito de manera individual, calificando la pérdida monetaria si es que el requisito de seguridad falla.

La parte experimental del artículo consiste en realizar dos sistemas utilizando el mismo conjunto de requisitos, pero con una estrategia diferente para la selección de los patro-

nes de seguridad en cada sistema. El primero se enfoca en seleccionar un conjunto de patrones de seguridad que cubriera lo mínimo (pero suficiente) los requisitos y el segundo se enfoca en proporcionar la mejor solución de seguridad, sin importar el costo de implementación. La Figura 3.2 muestra la descomposición de los objetivos con patrones del ejemplo utilizado en este artículo.

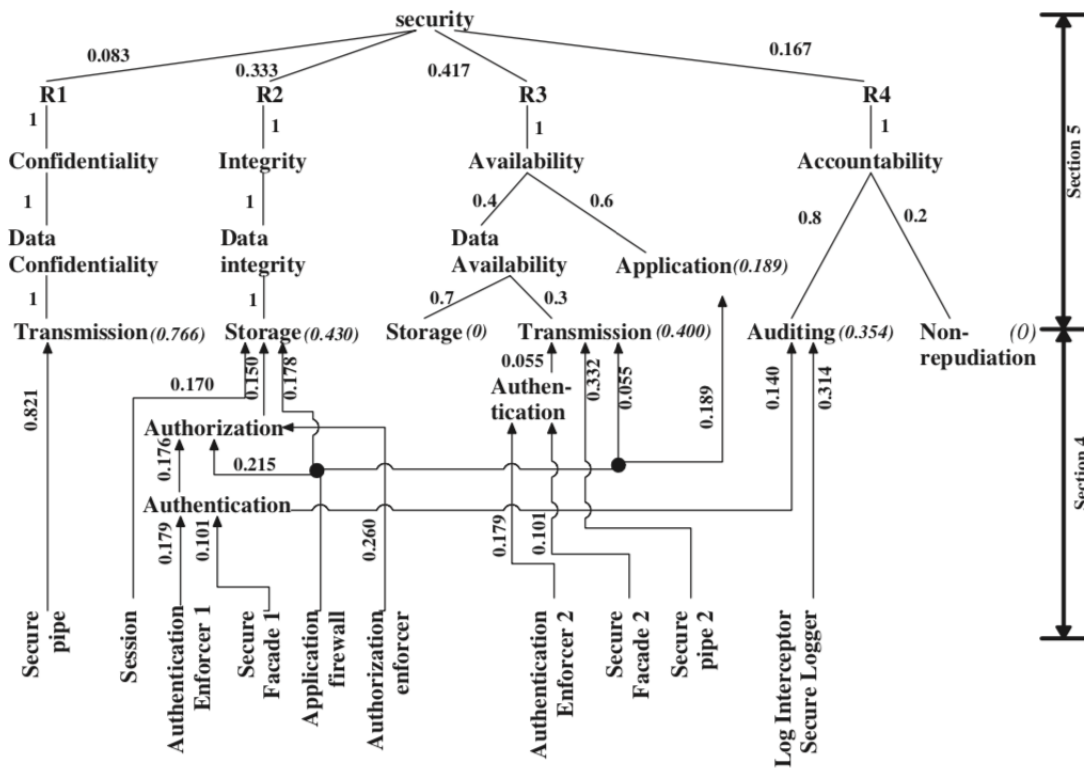


Figura 3.2. Descomposición de objetivos con patrones obtenida de [35].

La aproximación propuesta es aplicada a un alto nivel de abstracción del diseño de software para encontrar posibles errores lo más rápido posible. Tanto el uso de árboles de objetivos de seguridad y amenazas dan un panorama debido a que las amenazas están en constante cambio. Se hace énfasis en los niveles de seguridad para los requerimientos, ya que fueron asignados de manera empírica por la experiencia de los autores, además de utilizar STRIDE como el conjunto de amenazas base de la evaluación.

3.3. Uso de patrones de seguridad en combinación con métricas de seguridad

Uno de los problemas analizados en la evaluación de los patrones de seguridad es la correcta selección de métricas para la medición de seguridad y su interpretación. En el artículo titulado “*Using security patterns to combine security metrics*” [38] se propone un método que al evaluar la correcta selección de los patrones de seguridad sobre un sistema se obtiene un indicador de si estos consiguen atender un objetivo de seguridad. El método consiste en 3 pasos [38]:

1. **Definición de patrones de seguridad a partir de los objetivos.** Este método considera que existen requisitos de seguridad, los cuales deben ser extrapolados a uno o más objetivos de seguridad. Un vez que se tienen especificados los objetivos, se buscan los patrones de seguridad que contribuirán al cumplimiento de cada objetivo.
2. **Selección de métricas.** El proceso de selección de métricas va implícito en la selección del Patrón de Seguridad. Cabe resaltar que los resultados de las métricas son relevantes para los objetivos de seguridad. Los autores proponen el uso de gráficas de dependencias, las cuales facilitan la selección de métricas y dichas gráficas son construidas en la etapa de diseño. Para cada requerimiento de seguridad se define una gráfica de dependencia. Cada gráfica consiste en tres capas:
 - Objetivos de alto nivel. Aquí se identifica la relación entre diferentes objetivos de seguridad.
 - Objetivo de seguridad resuelto por un patrón. Uno o más patrones de seguridad pueden colaborar para resolver un objetivo de seguridad. En esta capa, se describe si existe esa relación o no.
 - Métricas de patrones de seguridad. En esta última capa, son agregadas las métricas a los patrones que se están evaluando.
3. **Interpretación de resultados.** Los resultados obtenidos de las métricas son interpretados en el contexto del patrón de seguridad a los que están asociados. Con

ellos se comprueba si el Patrón de Seguridad está siendo correctamente implementado. Si un resultado no es el deseado, se puede recurrir a la gráfica de dependencia para localizar qué patrón de seguridad no está siendo bien aplicado y corregirlo. Un ejemplo de una gráfica de dependencias se muestra en la Figura 3.3, donde a los patrones de seguridad son relacionados con las métricas correspondientes; también se tiene que más de un patrón pueden resolver una característica de seguridad como *Audit Interceptor* y *Secure Logger* a la Auditoría.

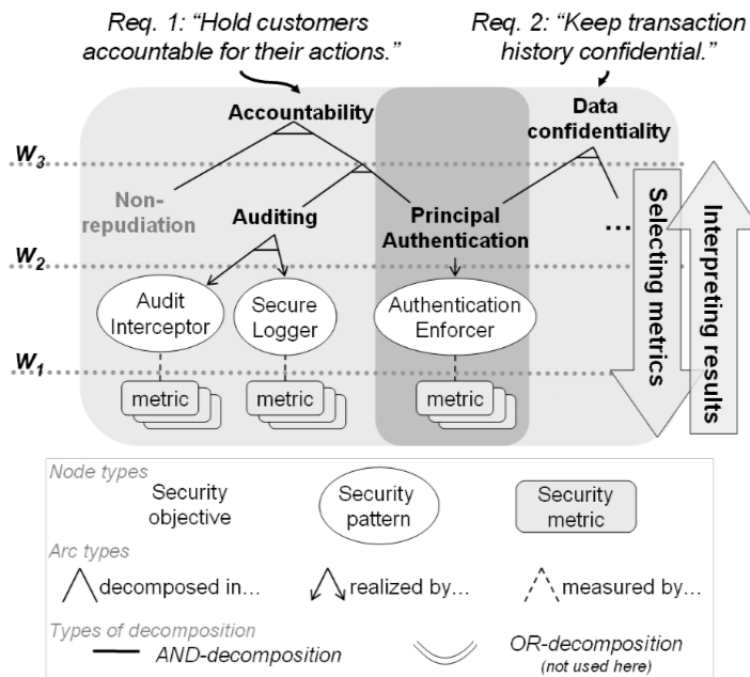


Figura 3.3. Gráfica de dependencias obtenida de [38].

La solución en este trabajo pretende hacer una integración fácil de las métricas y su asociación con los patrones de seguridad, dicha asociación permite obtener un estado del nivel de seguridad del sistema a través de sus objetivos de seguridad. En particular, la solución toma en cuenta las métricas sobre lo que debería hacer el sistema sin tratar de detectar ataques específicos.

3.4. Resumen

En este capítulo se presenta el resumen de tres trabajos relacionados con la evaluación de sistemas que han implementado patrones de seguridad. El primer trabajo presenta una métrica de seguridad denominada SC la cual contabiliza el total de amenazas mitigadas por patrones de seguridad entre el total de amenazas. Una de las mejoras que propone es utilizar la aproximación *Twin peaks* que produce una nueva arquitectura en cada ciclo contemplando los mismos casos de uso pero a mayor detalle.

El segundo trabajo presenta un método que consiste en medir qué extensión de una arquitectura está protegida con respecto a las amenazas de seguridad más relevantes. El método consiste en cuatro partes: 1) mapeo de las amenazas con los objetivos de seguridad, 2) clasificación de las amenazas de acuerdo a su severidad, 3) determinación de la protección ante una amenaza y 4) cálculo de la cobertura de seguridad.

Por último, el tercer trabajo presenta un método de que permite elegir los patrones de seguridad con respecto a los objetivos de seguridad y las métricas que evaluarán a los patrones. El método se divide en tres fases que son: 1) definición de los patrones de seguridad a partir de los objetivos de seguridad, 2) selección de métricas e 3) interpretación de resultados. Este trabajo tiene como objetivo integrar las métricas a la evaluación de un sistema que está utilizando los patrones de seguridad.

Capítulo 4

Evaluación de seguridad en sistemas implementados con patrones de seguridad

El objetivo principal de este capítulo es describir la extensión del método propuesto en [37] que permita evaluar la seguridad de un sistema que ha sido construido usando patrones de seguridad. En la primera sección se describe, a grandes rasgos, los elementos necesarios para realizar la evaluación. En las secciones posteriores se detalla cómo procesar los previos requeridos, cómo identificar las amenazas, la evaluación propuesta y la interpretación del resultado obtenido.

4.1. Descripción general del método

En la Figura 4.1 se muestra el diagrama de bloques que representa los elementos de la evaluación propuesta. Se describen a grandes rasgos cada elemento, siendo los tres primeros bloques (requisitos de seguridad, patrones de seguridad y casos de uso) los elementos obtenidos del sistema a evaluar que denominaremos previos requeridos; el elemento de amenazas, y por último, los elementos evaluación de seguridad y resultado son en los que se enfoca el desarrollo de este trabajo.

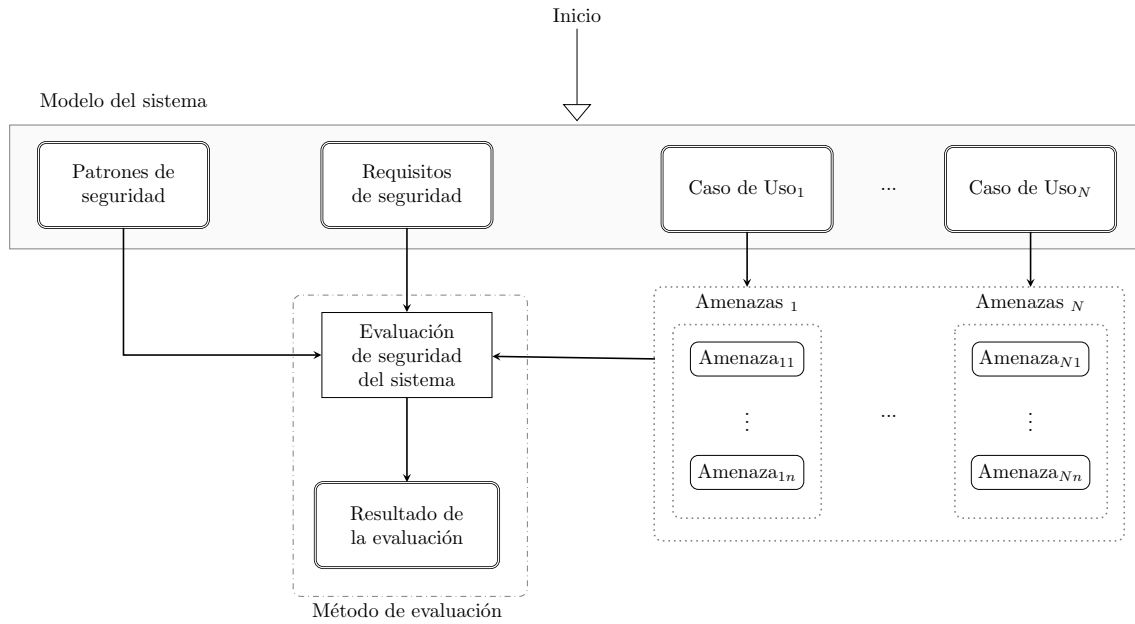


Figura 4.1. Diagrama de bloques de la evaluación propuesta.

Previos requeridos

Dado que el presente trabajo se enfoca en evaluar un sistema construido utilizando patrones de seguridad en el diseño, los previos requeridos son obtenidos tanto del modelo UML como de la documentación que exista sobre el sistema.

- **Requisitos de seguridad.** Se considera que el sistema tiene más de un requisito de seguridad.
- **Casos de uso.** Los casos de uso definen las posibles interacciones de usuarios con el sistema e indican las actividades y la información que se está manipulando en el sistema que se ha desarrollado. De los casos de uso es posible obtener los diagramas de actividades (en caso de que no se cuenten con ellos) que son necesarios para aplicar la evaluación.
- **Patrones de seguridad.** Los patrones de seguridad son los que han sido implementados en el sistema y de los cuales se tiene registro en el diseño.

Modelado de amenazas

Una vez que contamos con los previos requeridos, se procede a hacer el análisis de amenazas a las que está expuesto el sistema. Para este proceso, por cada caso de uso se obtiene el conjunto de amenazas.

Todas las amenazas obtenidas por cada caso de uso son consideradas para el presente trabajo como el total de amenazas a las que está expuesto el sistema. Por ello, es importante usar métodos de enumeración sistemáticos que garanticen la identificación de las amenazas importantes.

Evaluación de seguridad del sistema

La evaluación de seguridad conjunta tanto los requisitos de seguridad (que son las metas de seguridad que se han planteado para el sistema) como las amenazas a las que está expuesto el sistema que se ha desarrollado. Dado que el sistema fue construido utilizando patrones de seguridad, estos mitigarán ciertas amenazas proporcionando un nivel de seguridad al mismo.

La evaluación contempla que no todas las amenazas tienen el mismo impacto en el sistema y por ello se puede prescindir de mitigar las de menor impacto.

Resultado de la evaluación: métrica de seguridad

Una vez aplicado el método de evaluación al sistema, se obtiene un valor, el cual indica qué tan seguro es el sistema ante las amenazas identificadas considerándolo como el resultado de la evaluación. Se da una interpretación a los diferentes posibles resultados, que van desde no hacer nada más a agregar nuevas defensas.

4.2. Previos requeridos

4.2.1. Requisitos de seguridad

Los requisitos de seguridad pueden ser obtenidos tanto de un listado de políticas de seguridad, políticas internas de la empresa o políticas gubernamentales. Para el presente trabajo se asigna a cada requisito de seguridad (independientemente de su origen) una prioridad usando tres niveles:

- **Baja.** Cubrir el requisito de seguridad es poco deseable.
- **Media.** Cubrir el requisito de seguridad es deseable.
- **Alta.** Cubrir el requisito de seguridad es imprescindible.

La prioridad asignada a cada requisito de seguridad depende del interés de la empresa sobre cada uno.

4.2.2. Casos de uso

Para la evaluación son requeridos como mínimo los diagramas de caso de uso del sistema, utilizando estos diagramas se obtienen los diagramas de actividades (en caso de no contar con ellos en el diseño). Los diagramas de actividades son necesarios para el modelado de amenazas descrito en la Sección 4.3 del presente capítulo.

4.2.3. Patrones de seguridad

Los patrones de seguridad implementados en un diseño se visualizan como un paquete o como un conjunto de elementos dentro de los diagramas. Para el presente trabajo es indiferente la manera en la que están especificados los patrones de seguridad, basta con visualizar los patrones de seguridad incluidos en el diseño y los elementos que cada uno protege.

En este previo requerido se pueden encontrar de la misma manera patrones de regulación y roles¹.

¹Los patrones de regulación se encuentran en desarrollo, por lo que para ciertos sistemas deben

4.3. Modelado de amenazas

Para el método propuesto, se ha agregado una columna a la tabla creada en [23]. La columna **Impacto** define el impacto que tiene dicha amenaza en el sistema a criterio de la empresa, usando tres niveles:

- **Bajo.** La amenaza de existir genera un riesgo insignificante para la empresa.
- **Medio.** La amenaza tiene un impacto en la empresa pero no es crítica.
- **Alto.** La amenaza es considerada de alto impacto para la empresa y crítica.

Este nuevo criterio permite dar un peso diferente a las amenazas a las que está expuesto el sistema. Una determinada amenaza puede ser de mayor impacto para un sistema que para otro dependiendo del contexto en el que se implemente.

Las amenazas son obtenidas por cada caso de uso del sistema, por lo tanto, en la columna # de la tabla se coloca como abreviatura T_{ca} , donde la **T** proviene de la palabra en inglés *Threat*, **c** es el número de actividad analizada y **a** es el número de amenaza dentro de la actividad.

La Tabla 4.1 muestra la plantilla de actividades de mal uso con los datos requeridos del análisis de amenazas².

Tabla 4.1. *Plantilla de actividades de mal uso*

| Actor | Actividad | # | Atri. seg. | Impacto | Origen ataque | Descripción | Activo |
|-------|-----------|---|------------|---------|---------------|-------------|--------|
| | | | | | | | |

Para comenzar con la búsqueda de amenazas, existen tres posibles atacantes u origen de la amenaza (Interno autorizado, Interno no autorizado, Externo no autorizado) y por cada actividad se considera “¿*Qué mal uso se puede realizar en <actividad> por el <origen de amenaza> que compromete el <atributo de seguridad> del <dato a proteger>*”.

escribirse patrones para completar los diagramas, es decir, hace falta contar con un catálogo de patrones de regulación como catálogo de patrones de seguridad.

²Atri. seg. es la abreviatura dada a Atributo de Seguridad/Objetivo de Seguridad en el presente trabajo.

4.4. Método de evaluación de seguridad

Paso 1: Se debe encontrar el peso de las amenazas mitigadas sobre el sistema, representado como w_{ame} . Para este paso se cuenta con tres fases:

- a) Se relaciona cada patrón de seguridad con la amenaza que mitiga, si el patrón mitiga más de una amenaza debe replicarse en cada una. En caso de existir al menos un patrón se asigna un valor de $v_p = 1$ que indica que existe una mitigación de la amenaza, si no existe al menos un patrón que mitigue la amenaza se asigna un valor de $v_p = 0$ indicando que dicha amenaza persiste ³.
- b) Esta siguiente fase nos permite conocer el impacto de las amenazas sobre el sistema. Para esta fase a cada nivel de impacto se le asigna un valor: **Bajo=1, Medio=2, Alto=3**.

Cada amenaza tiene un valor de impacto en el sistema como:

$$\alpha = \frac{imp}{M}$$

donde, α es el peso de la amenaza; imp es el impacto de la amenaza y M es el número total de amenazas identificadas.

- c) Por último, para obtener los pesos de las amenazas mitigadas se utiliza:

$$w_{ame} = \frac{\sum_{i=1}^M \alpha_i \cdot v_{p_i}}{\sum_{i=1}^M \alpha_i} \quad (0 \leq w_{ame} \leq 1)$$

conde, w_{ame} es peso mitigado para el sistema, α_i es el peso de cada amenaza y v_{p_i} es el valor de patrón asignado a la amenaza α_i .

La Tabla 4.2 muestra la plantilla de impacto de amenazas con la información obtenida del paso anterior.

³Cuando el valor de v_p es 1 no indica que la amenaza desaparece por completo. El valor que pueda

Tabla 4.2. *Plantilla de datos impacto de amenazas*

| Amenaza | Patrón(es) | α | v_p | w_{ame} |
|---------|------------|----------|-------|-----------|
| | | | | |

Paso 2: Se debe contar con el peso de los requerimientos de seguridad satisfechos en el sistema tanto por patrones de seguridad como patrones de regulación o roles, representado como w_{req} . Para esto se cuenta con las siguientes fases:

- a) Se relaciona cada patrón de seguridad, patrón de regulación o rol con el requisito de seguridad que atiende, si el patrón o rol atiende más de un requisito de seguridad debe replicarse en cada uno. En caso de existir al menos un patrón se asigna un valor de $v_p = 1$ que indica que el requisito de seguridad es satisfecho, si no existe al menos un patrón se asigna un valor de $v_p = 0$ indicando que no ha sido atendido ⁴.
- b) Conociendo la prioridad que tiene cada requisito de seguridad para la empresa se obtiene el peso de cada uno asignando un valor a cada prioridad: **Baja=1,Media=2 Alta=3.**

Cada requisito de seguridad tendrá una prioridad en el sistema como:

$$\mu = \frac{prio}{N}$$

donde, μ es el importancia del requisito de seguridad en el sistema, $prio$ es la prioridad y N es el número total de requisitos de seguridad proporcionados.

- c) Por último, para obtener el peso de todos los requisitos de seguridad satisfechos se utiliza:

obtener v_p es para indicar si existe o no un patrón que mitigue la amenaza.

⁴El valor que pueda obtener v_p es para indicar si existe o no un patrón que atienda al requisito o política de seguridad.

$$w_{req} = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_j \cdot v_{p_j}}{\sum_{j=1}^N \mu_j} \quad (0 \leq w_{req} \leq 1)$$

donde w_{req} es peso de los requisitos de seguridad atendidos en el sistema, μ_j es la importancia de cada requisito de seguridad y v_{p_j} es el valor de patrón asignado al requisito o política μ_j .

La Tabla 4.3 muestra la plantilla de los requisitos de seguridad satisfechos con la información obtenida del paso anterior.

Tabla 4.3. *Plantilla de datos requisitos de seguridad satisfechos*

| Requisito | Patrón(es) | μ | v_p | w_{req} |
|-----------|------------|-------|-------|-----------|
| | | | | |

Paso 3: Se obtiene el total de la seguridad del sistema, definido como :

$$ss = w_{ame} \cdot w_{req}$$

donde, w_{ame} son las amenazas mitigadas por los patrones de seguridad en el sistema y w_{req} son los requisitos de seguridad satisfechos por los patrones de seguridad identificados en el sistema ⁵. La multiplicación de ambos pesos indican el nivel de seguridad del sistema ss ; es decir, definen una métrica que combina seguridad y políticas de la empresa.

El valor obtenido también puede ayudar a analizar la seguridad del sistemas y observar dónde es necesario hacer mejoras para incrementar la seguridad del mismo o identificar si existen elementos seguridad que hacen ineficiente al sistema de los cuales se puede prescindir.

⁵Ambos valores son adimensionales

4.5. Resultado de la evaluación

En esta sección se explica la interpretación que debe darse al valor numérico denominado ss obtenido en la sección anterior. El valor de seguridad del sistema ss debe encontrarse en el rango de 0 a 1. Si se encuentra cercano al 1 (uno) indica que el sistema está completamente o casi seguro ante las amenazas identificadas y se han satisfecho todos los requisitos de seguridad; en caso contrario, si el valor ss está cercano al 0 (cero) indica que el sistema es propenso a cualquier amenaza y que los requisitos de seguridad no están siendo satisfechos.

En la Figura 4.2 se muestra una representación de 3 casos en los que el valor ss puede tener una interpretación diferente.

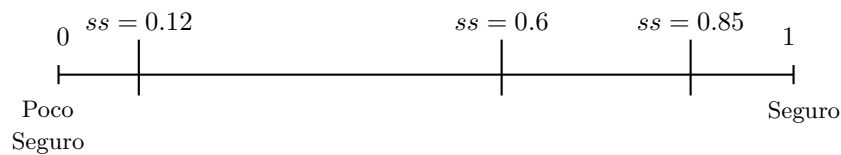


Figura 4.2. *Indicador del nivel de seguridad.*

Se proponen los siguientes rangos en el caso general:

- Cuando el valor $0.7 < ss \leq 1$: Al encontrarse dentro de este rango, la interpretación que se da es que al menos para cierta cantidad de amenazas el sistema se encuentra protegido y los requisitos de seguridad están siendo satisfechos. En particular, dentro de este rango el valor de ss al ser 1 indica que el sistema está protegido para las amenazas identificadas; pero pueden existir amenazas no identificadas.
- Cuando el valor $0.3 < ss \leq 0.7$: Si el valor ss se encuentra dentro de este rango, se puede considerar que el sistema está protegido pero la posibilidad de que exista una amenaza es mayor y que los requisitos de seguridad no están siendo satisfechos por completo.
- Cuando el valor $0 < ss \leq 0.3$: En el caso de que ss se encuentre en este rango, el sistema es muy propenso a amenazas. Cabe resaltar que dentro de este rango el valor de ss puede estar muy cerca de 0 pero no igual debido a que se considera que

ha sido construido utilizando patrones de seguridad, si es este el caso, el sistema es vulnerable. La sugerencia en este caso es que el sistema debe reforzarse.

4.6. Resumen

En este capítulo se muestran las etapas del método de evaluación propuesto. Primero, se presenta la parte de los previos requeridos que son los requisitos de seguridad, los patrones de seguridad utilizados para construir el sistema y los casos de uso del sistema. Una vez teniendo los previos requeridos se obtiene el listado de amenazas, con el listado anterior se realiza el impacto de las amenazas y posteriormente se obtienen los requerimientos de seguridad atendidos por los patrones. Se muestra como realizar la evaluación y la interpretación del resultado obtenido.

Capítulo 5

Caso de estudio del método propuesto

En este capítulo se desarrolla la evaluación de seguridad completa de un sistema financiero como ejemplo¹ utilizando el método propuesto en el capítulo anterior. El objetivo es mostrar cómo aplicar el método a un sistema para obtener el nivel de seguridad del mismo. En la primera sección se da la descripción del sistema, en la sección siguiente se especifican los previos requeridos, en la sección posterior se realiza el análisis de las amenazas y en las siguientes secciones se detalla la aplicación del método propuesto al ejemplo.

5.1. Caso de estudio: Un sistema financiero básico

El ejemplo es un sistema financiero que consta de cuatro vistas, dependiendo del actor que esté usando el sistema se visualiza una diferente. Los actores se listan a continuación:

- Cliente
- Administrador
- Agente
- Auditor

¹Los diagramas UML y la información relacionada al ejemplo mostrado en este capítulo se desarrolló bajo la supervisión del Dr. Eduardo B. Fernández en *Florida Atlantic University*.

Cada actor tiene tareas designadas dependiendo al rol asignado en el sistema, en la Figura 5.1 se muestra los casos de uso del sistema financiero ejemplo. Como parte del diseño también se tienen los diagramas de actividades correspondientes en las Figuras 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5 y el diagrama de clases asociado en la Figura 5.6.

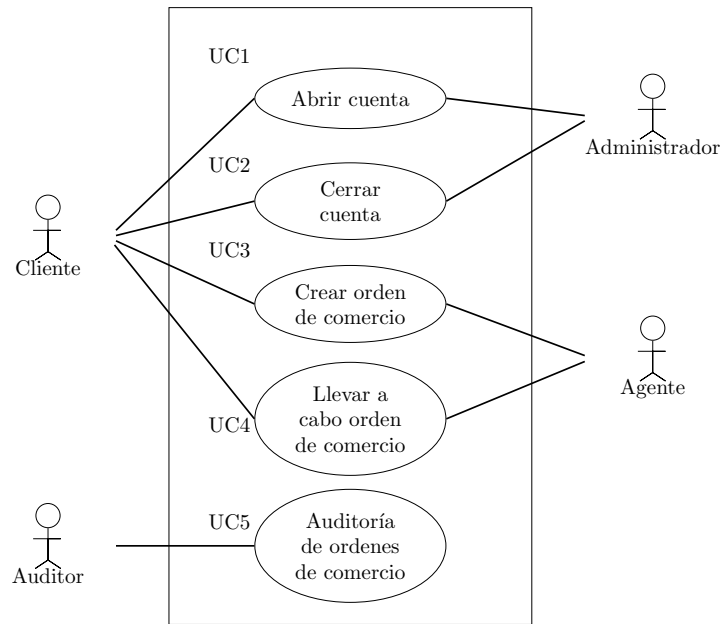


Figura 5.1. Casos de uso del sistema financiero.

CU₁: Abrir cuenta (*Open Account*), diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.2

CU₂: Cerrar cuenta (*Close Account*), diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.3

CU₃: Crear orden de comercio (*Receive Trade Order*), diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.4

CU₄: Llevar a cabo orden de comercio (*Perform Trade*), diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.4

CU₅: Auditoría de ordenes de comercio (*Check Trade Info*), diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.5

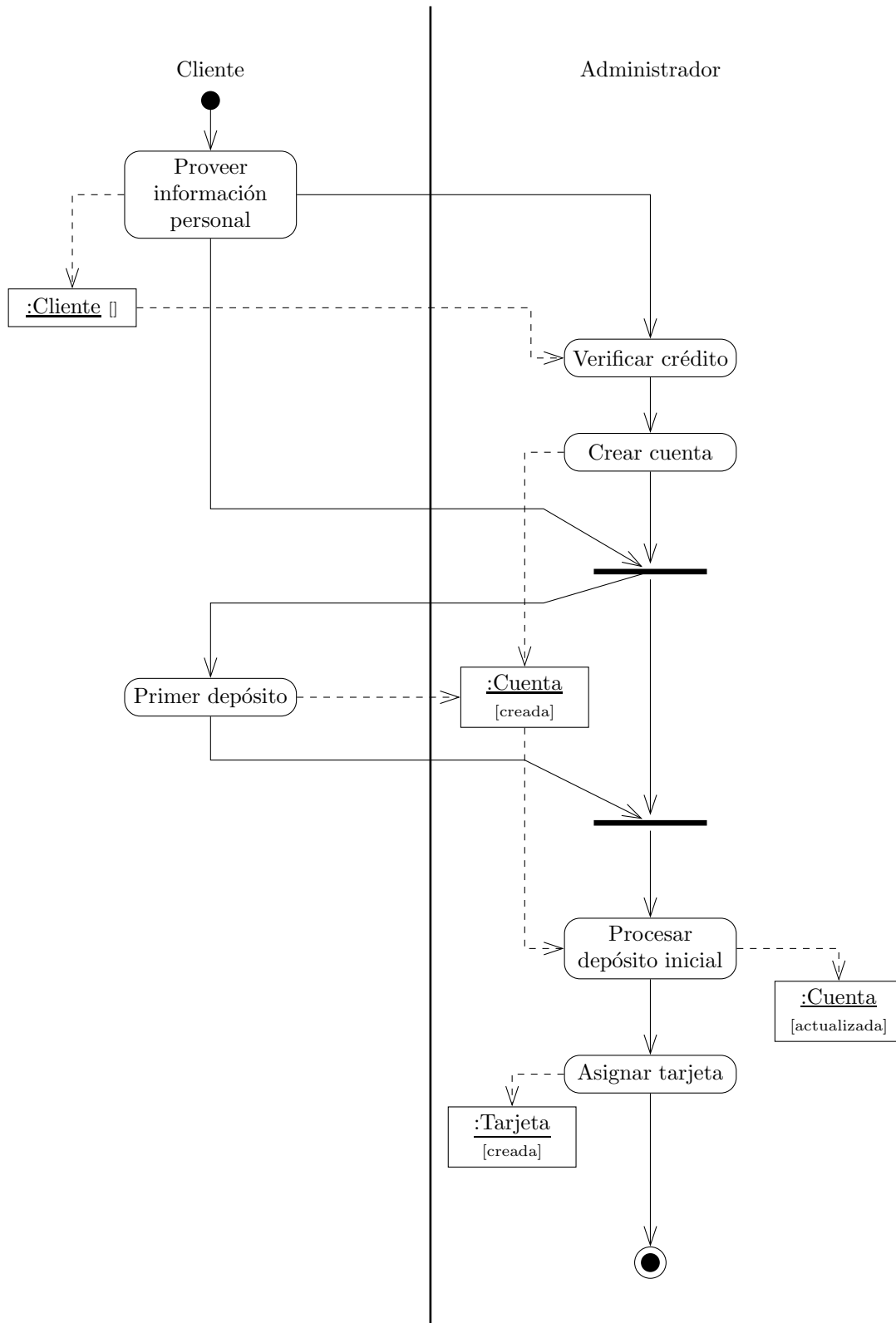


Figura 5.2. Diagrama de actividades: Abrir cuenta

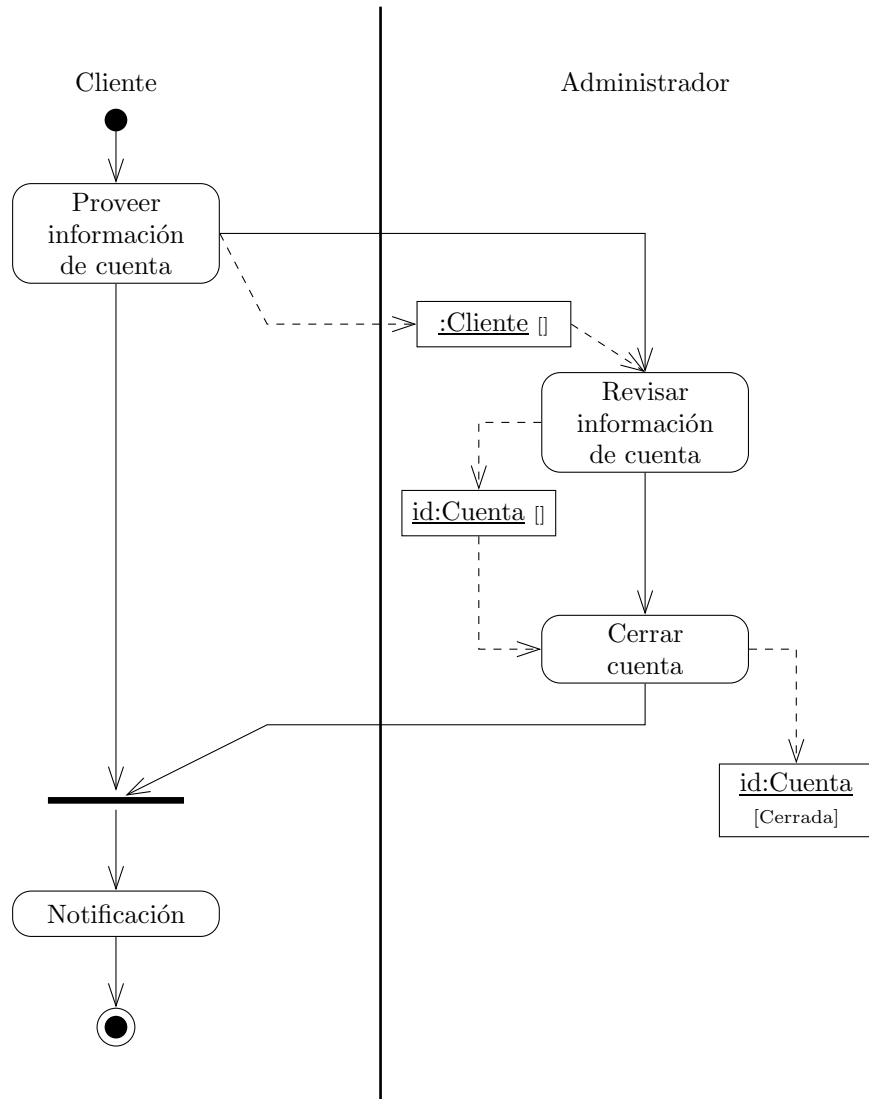


Figura 5.3. Diagrama de actividades: Cerrar cuenta

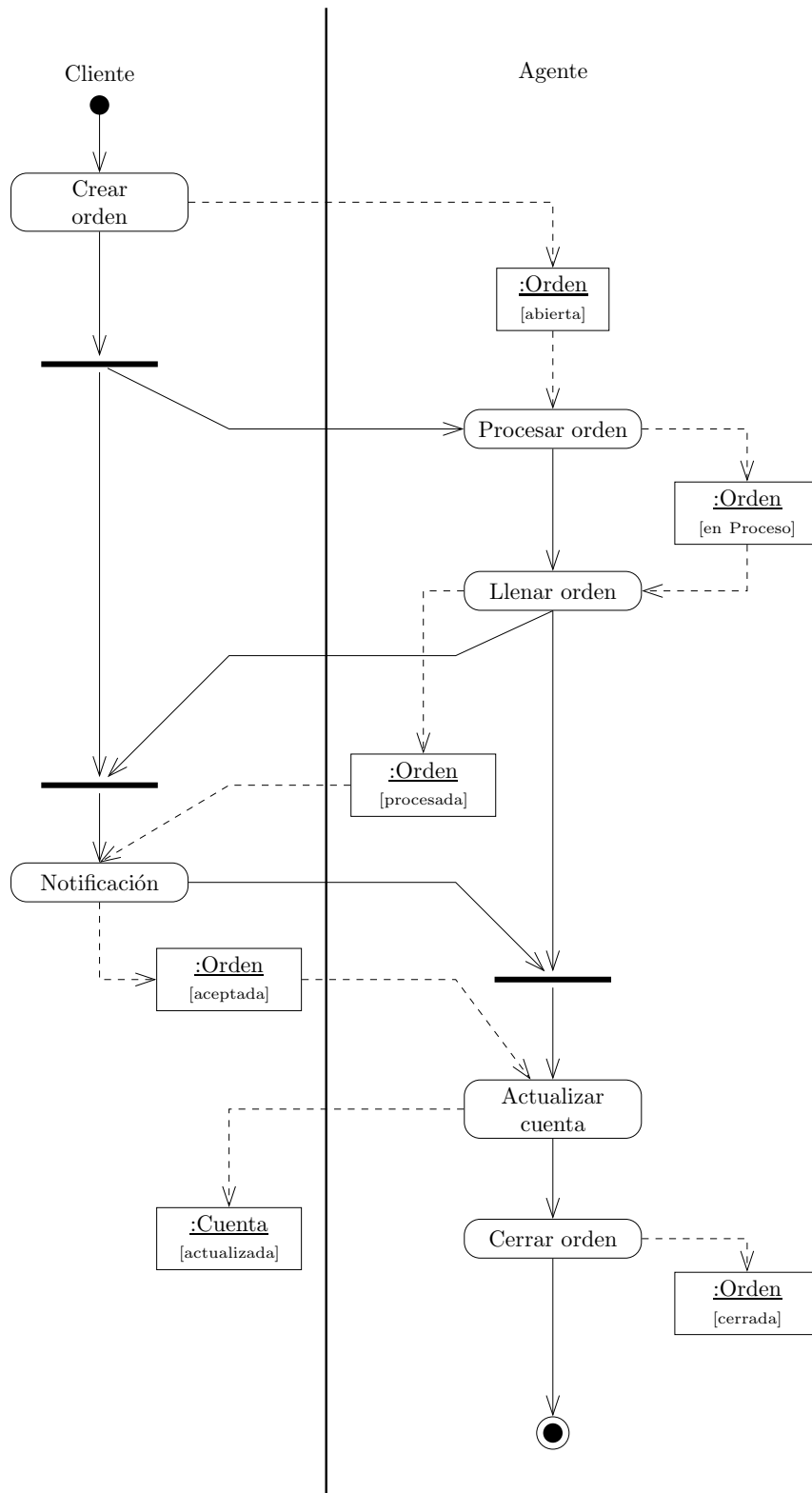


Figura 5.4. Diagrama de actividades: Crear y llevar a cabo orden de comercio

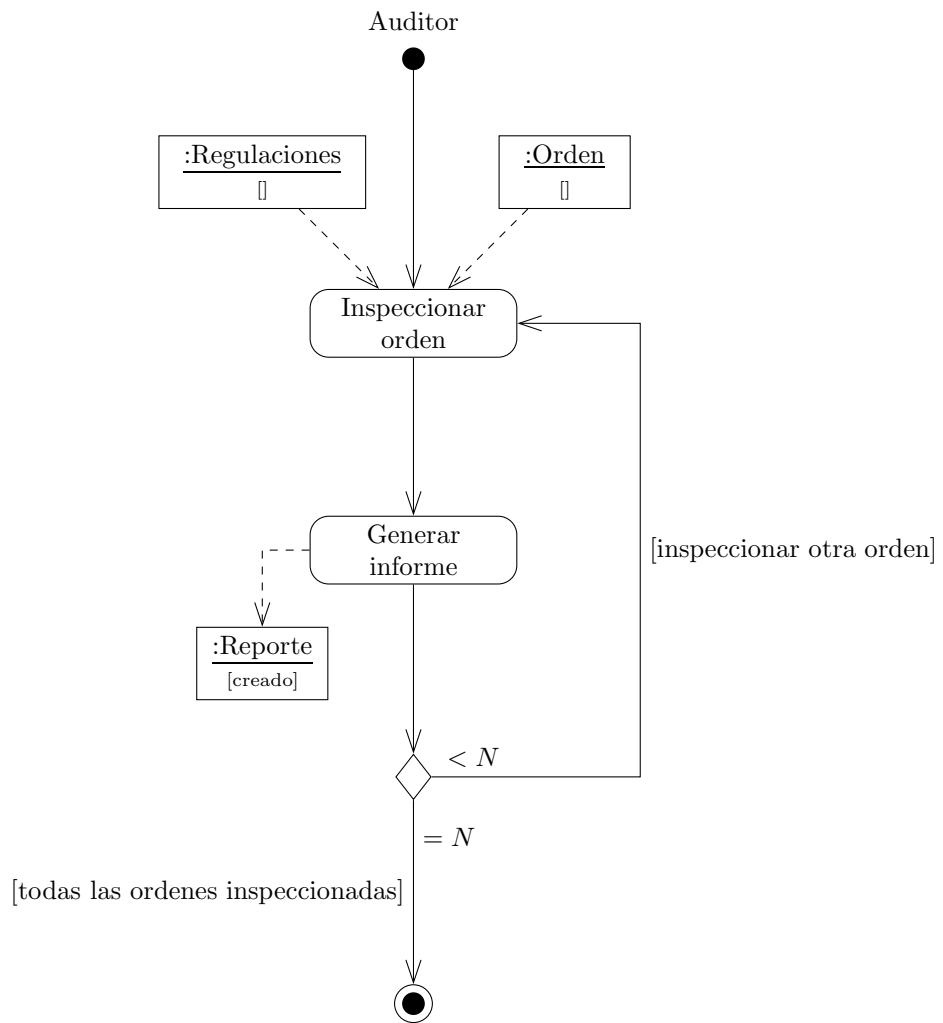


Figura 5.5. Diagrama de actividades: Auditoría de ordenes de comercio

Otra información proporcionada del sistema son las políticas y requisitos de seguridad que debe cumplir, los cuales se listan a continuación:

Requisitos de seguridad

- Req₁: Registrar todos los inicios de sesión realizados por el auditor.
- Req₂: Registrar todas las acciones realizadas por el auditor, gerente, agente y cliente.
- Req₃: El auditor solo puede leer la información de las ordenes (asignadas a él).
- Req₄: El gerente solo puede abrir, cerrar y administrar cuentas (asignadas a él).
- Req₅: El agente solo puede actualizar una cuenta hasta que se haya cerrado una orden de comercio.
- Req₆: El gerente no puede modificar la información crediticia de un cliente.
- Req₇: La información proporcionada por el cliente debe cifrarse antes de su transmisión al sistema.
- Req₈: La información sobre las cuentas debe estar cifrada en la base de datos.
- Req₉: La información sobre las ordenes de comercio debe estar cifrada en la base de datos.
- Req₁₀: Contar con un firewall con las reglas necesarias para evitar ataques DoS.
- Req₁₁: Las acciones sobre una cuenta deben estar previamente autorizadas por el cliente.

Políticas de seguridad

- Pol₁: Se debe monitorear, controlar y proteger las comunicaciones de la organización (i.e., la información transmitida y recibida por sistemas de información).
- Pol₂: Se deben establecer, mantener e implementar planes para respuestas de emergencia, *backups* y recuperación de desastres a los sistemas de información.
- Pol₃: Se debe identificar, reportar y corregir errores de información y de sistemas de información de manera oportuna.
- Pol₄: Se debe identificar a usuarios, procesos y dispositivos de los sistemas de información e identificar las identidades de cada uno.
- Pol₅: Se debe crear, proteger y mantener los registros de las auditorías realizadas a los sistemas de información en caso de que exista alguna actividad inapropiada o no autorizada (deben realizarse de forma periódica).

5.2. Previos requeridos

5.2.1. Requisitos de seguridad

A cada requisito de seguridad y política de seguridad se le asigna un nivel de prioridad dependiendo de la consideración de la empresa, para el ejemplo son los siguientes:

Req₁: *prioridad=Baja*

Req₂: *prioridad=Alta*

Req₃: *prioridad=Alta*

Req₄: *prioridad=Alta*

Req₅: *prioridad=Alta*

Req₆: *prioridad=Alta*

Req₇: *prioridad=Media*

Req₈: *prioridad=Alta*

Req₉: *prioridad=Alta*

Req₁₀: *prioridad=Media*

Req₁₁: *prioridad=Alta*

Pol₁: *prioridad=Alta*

Pol₂: *prioridad=Alta*

Pol₃: *prioridad=Media*

Pol₄: *prioridad=Alta*

Pol₅: *prioridad=Media*

5.2.2. Casos de uso

Dado que la información del sistema contiene los diagramas de actividades correspondientes a los casos de uso, este previo requerido está completo utilizando los diagramas de las Figuras 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5.

5.2.3. Patrones de seguridad

Utilizando el diagrama de clases del sistema se buscaron los paquetes de patrones de seguridad y patrones de regulación que fueron implementados. Se marcaron a color² para su mejor identificación y se muestran en la Figura 5.7. Los patrones de seguridad identificados cuentan con su respectiva descripción en el catálogo de [30], a continuación se listan:

Patrones de seguridad

Pat₁: *Security logger and auditor*

Pat₂: *Role-based access control*

Pat₃: *Authenticator*

Pat₄: *TX Authentication*

Patrones de regulación

Reg₁: Realizar auditorías en intervalos específicos.

²O sombreados si el formato de impresión es a escala de grises.

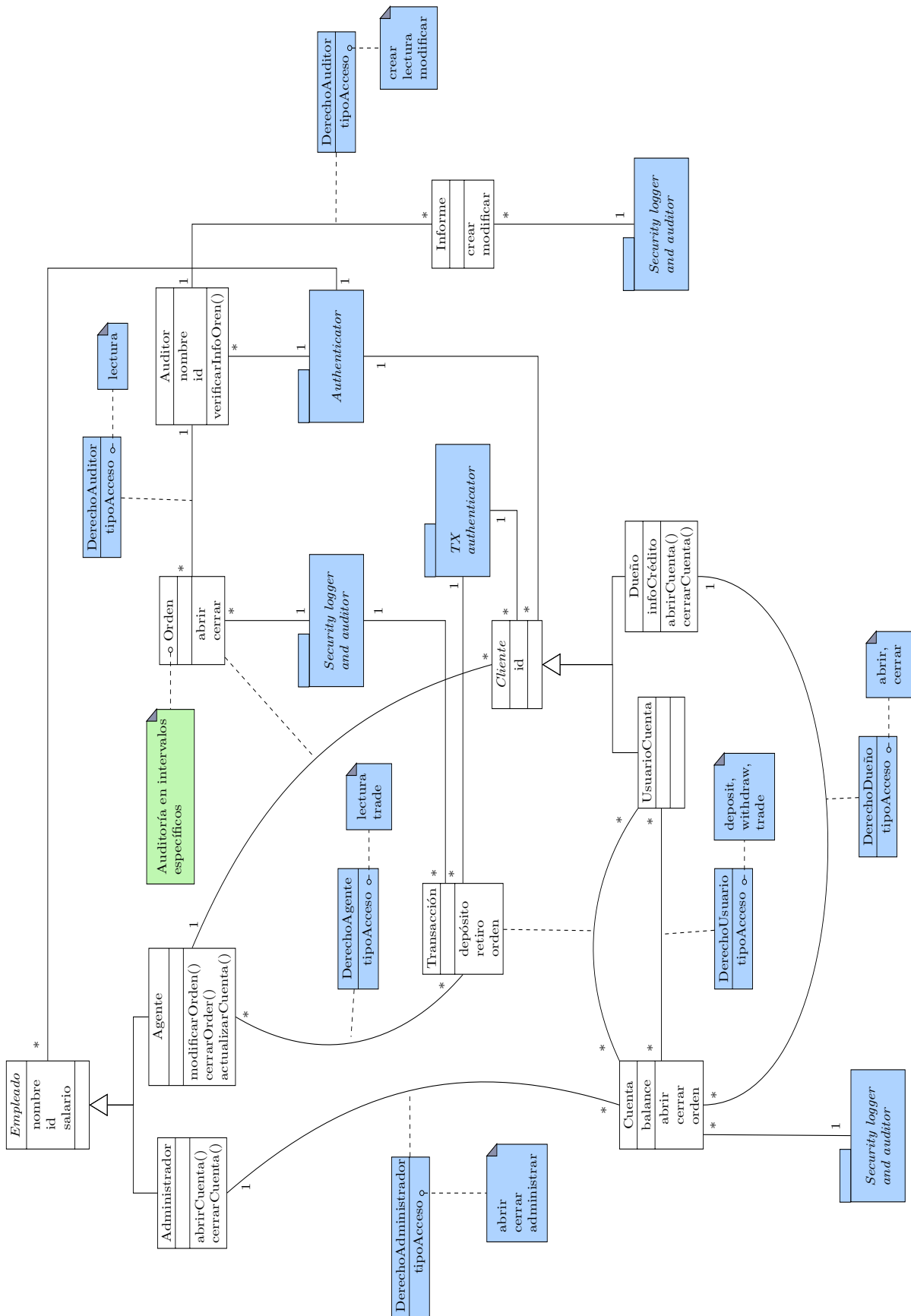


Figura 5.7. Diagrama de clases con patrones de seguridad identificados.

5.3. Modelado de amenazas

Por cada diagrama de actividades se realiza la identificación de posibles amenazas, las cuales son agregadas en forma de actividades de mal uso (*Misuse activities*) generando así los diagramas de actividades de mal uso. En las Figuras 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11 se muestran los diagramas actividades de mal uso identificados.

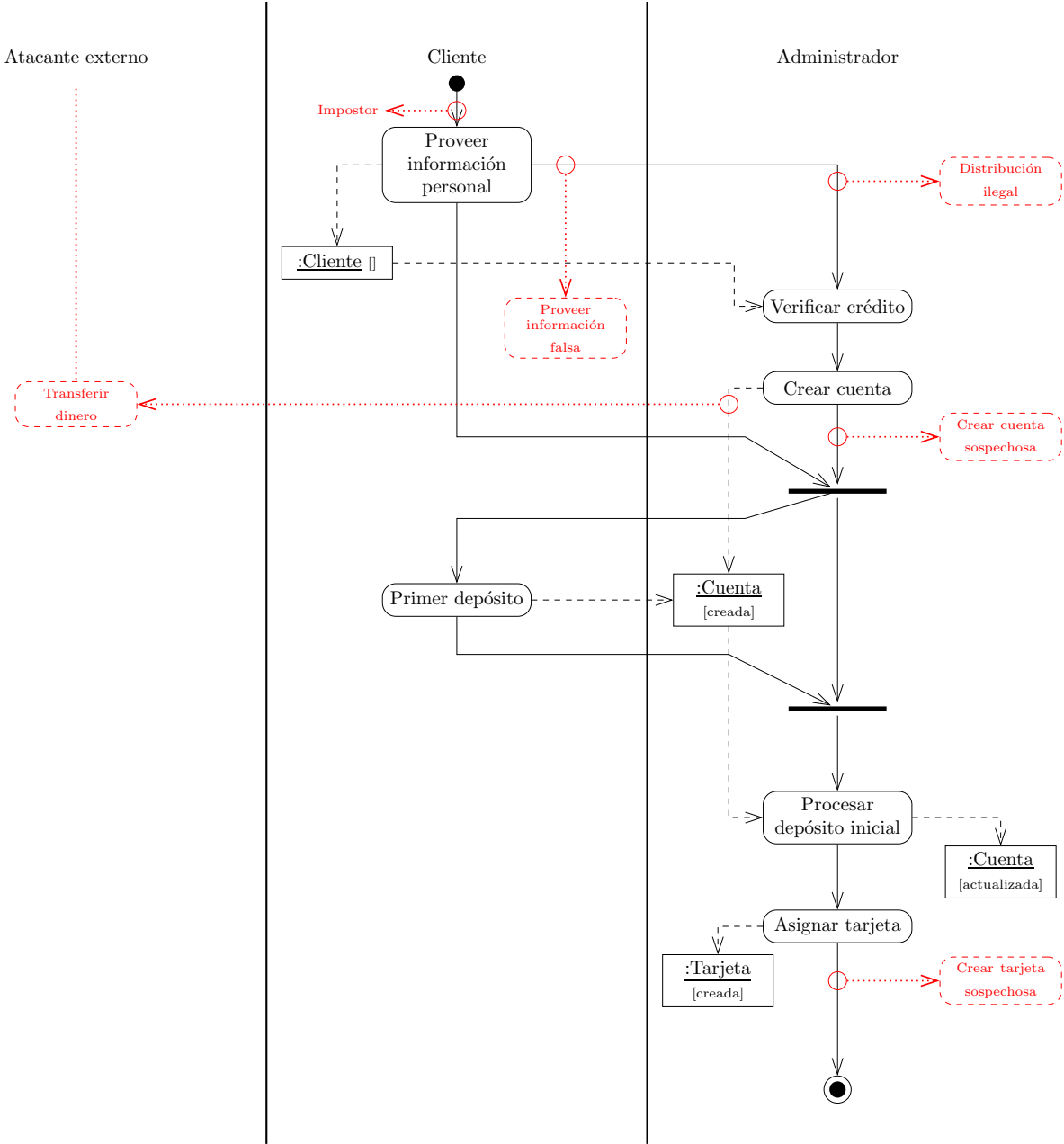


Figura 5.8. Diagrama de actividades de mal uso en abrir cuenta

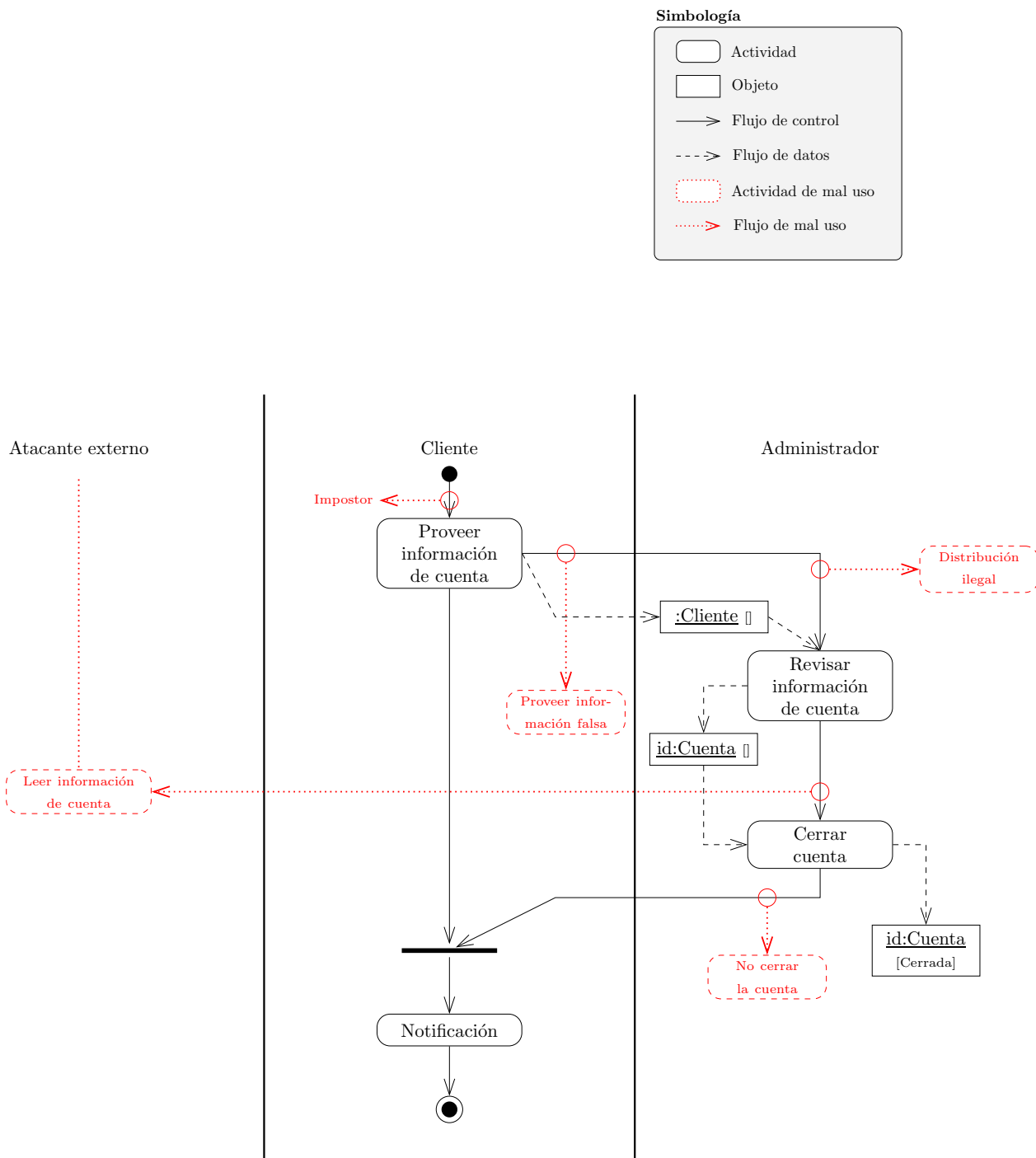


Figura 5.9. Diagrama de actividades de mal uso en cerrar cuenta

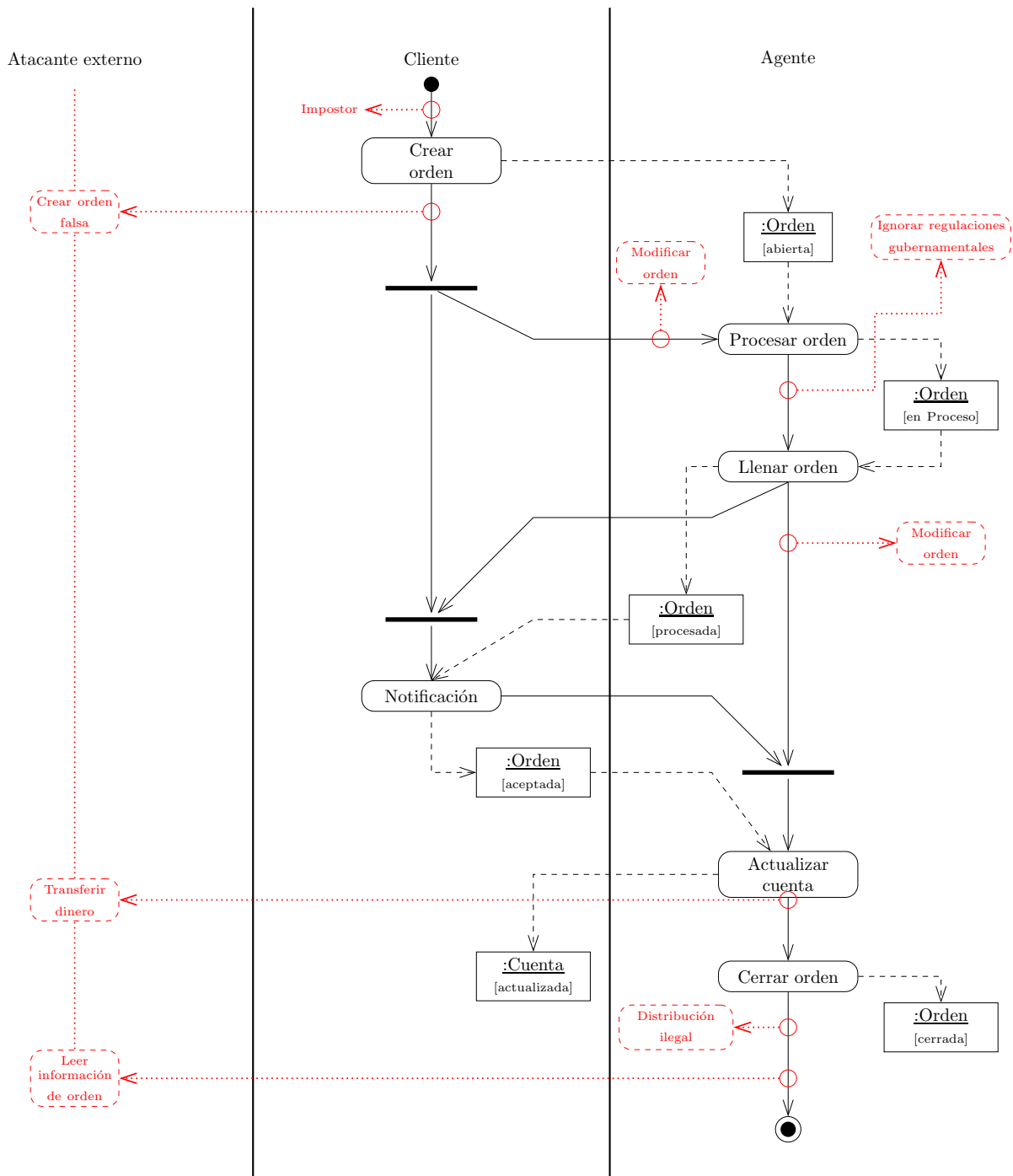


Figura 5.10. Diagrama de actividades de mal uso en crear y llevar a cabo orden de comercio

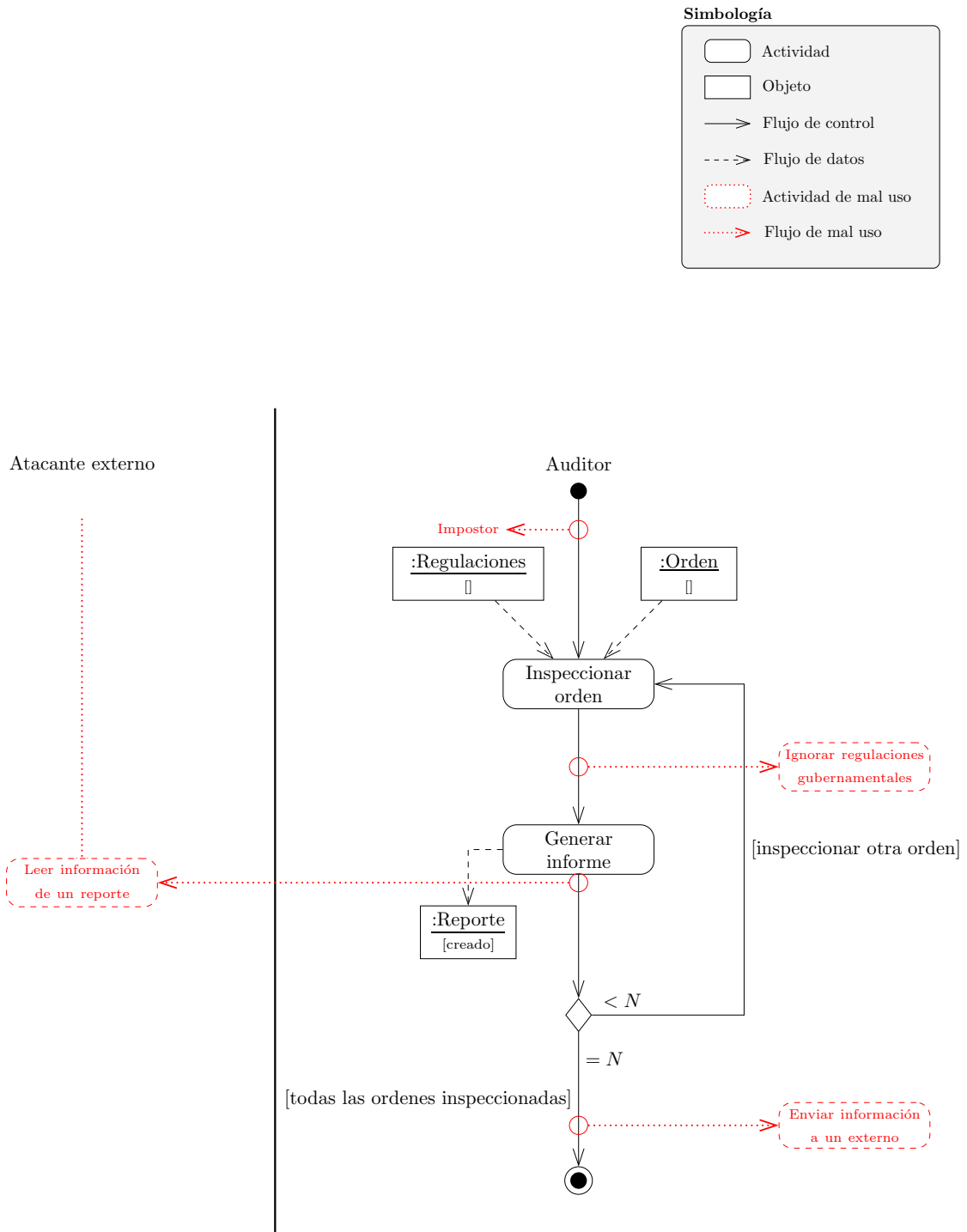


Figura 5.11. Diagrama de actividades de mal uso en auditoría de ordenes de comercio

Posterior a la identificación de las amenazas se realiza análisis de las mismas como se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. *Resultado de amenazas*

| Actor | Actividad | # | Atri Seg | Impacto | Origen ataque | Descripción | Activo |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------|---------|---------------|---|---------|
| <i>Abrir cuenta</i> | | | | | | | |
| Cliente | Proveer información personal | T ₁₁ | R | Bajo | InA | Negar haber abierto una cuenta | Cuenta |
| | | T ₁₂ | D | Bajo | Ext | Realizar multiples solicitudes de apertura de cuenta | - |
| | | T ₁₃ | C | Alto | InN/Ext | Leer la información del cliente transmitida por la red | Cliente |
| | | T ₁₄ | I | Bajo | InA | Provee información inválida (financiera, dirección, etc.) | Cliente |
| | | T ₁₅ | I | Medio | InA | Provee información de otra persona (nombre, dirección, etc.) | Cliente |
| Gerente | Verificar historial crediticio | T ₂₁ | D | Bajo | InA | Negar haber modificado la información crediticia de un cliente | Cliente |
| | | T ₂₂ | C | Alto | InA | Recolectar información personal del cliente para distribuirlo ilegalmente | Cliente |
| | | T ₂₃ | C | Alto | InN/Ext | Leer la información del cliente transmitida por la red | Cliente |
| | | T ₂₄ | C | Bajo | Ext | Recolectar información de manera ilegal | Cliente |
| | | T ₂₅ | I | Alto | InA | Cambiar la información crediticia de un cliente | Cliente |
| Gerente | Crear cuenta | T ₃₁ | R | Bajo | InA | Negar haber creado una cuenta falsa | Cuenta |
| | | T ₃₂ | C | Alto | InA | Recolectar información de cuentas para distribuirla ilegalmente | Cuenta |
| | | T ₃₃ | C | Medio | InN/Ext | Leer la información de las cuentas | Cuenta |
| | | T ₃₄ | I | Alto | InA | Crear una cuenta falsa | Cuenta |
| Cliente | Depósito inicial | | - | - | - | - | |
| Gerente | Expedir tarjeta | T ₅₁ | I | Alto | InA | Autorizar una tarjeta falsa | Tarjeta |
| Cliente | Transferir dinero | T ₆₁ | R | Medio | InA | Negar haber autorizado una transferencia | Cuenta |
| | | T ₆₂ | D | Bajo | Ext | Inundar a la aplicación de solicitudes de transferencia | - |
| Continúa en la siguiente página | | | | | | | |

| Continúa desde la página previa | | | | | | | |
|---|---------------------------------|------------------|----------|---------|---------------|--|---------|
| Actor | Actividad | # | Atri Seg | Impacto | Origen ataque | Descripción | Activo |
| | | T ₆₃ | C | Bajo | InN/Ext | Leer la información sobre las transferencias del cliente | Cuenta |
| | | T ₆₄ | I | Alto | Ext | Transferir dinero entre cuentas de manera ilegal | Cuenta |
| <i>Cerrar cuenta</i> | | | | | | | |
| Cliente | Proveer información personal | T ₇₁ | R | Bajo | InA | Negar haber solicitado la cancelación de una cuenta | Cuenta |
| | | T ₇₂ | R | Medio | InN/Ext | Proveer información falsa para solicitar una cancelación de cuenta | Cuenta |
| Gerente | Revisar cuenta | T ₈₁ | C | Alto | InN/Ext | Leer la información de la cuenta transmitida por la red | Cuenta |
| Gerente | Cerrar cuenta | T ₉₁ | I | Medio | InA | No cerrar adecuadamente una cuenta para usos ilegales | Cuenta |
| <i>Crear y procesar orden de comercio</i> | | | | | | | |
| Cliente | Crear orden | T ₁₀₁ | I | Medio | InA/Ext | Crear una orden de comercio con información falsa | Orden |
| | | T ₁₀₂ | R | Bajo | InA | Negar haber creado una orden de comercio | Orden |
| | | T ₁₀₃ | C | Alto | InN/Ext | Leer la información de una orden de comercio transmitida por la red | Orden |
| Agente | Procesar orden | T ₁₁₁ | I | Alto | InA | Modificar la información de una orden de comercio | Orden |
| | | T ₁₁₂ | R | Alto | InA | Ignorar los reglamentos gubernamentales o de la empresa para procesar una orden | Orden |
| | | T ₁₁₃ | R | Bajo | InN | Negar haber procesado una orden de comercio | Orden |
| Agente | Llevar a cabo orden de comercio | T ₁₂₁ | I | Alto | InA | Modificar la información de una orden de comercio | Orden |
| Cliente | Confirmación | - | - | - | - | | - |
| Agente | Actualizar cuenta | T ₁₄₁ | I | Alto | InA/Ext | Transferir el dinero de una orden de comercio a una cuenta de manera ilegal | Cuenta |
| Agente | Cerrar orden | T ₁₅₁ | C | Medio | InA | Distribuir información de una orden de comercio de manera ilegal | Orden |
| | | T ₁₅₂ | C | Medio | InN/Ext | Leer la información de una orden de comercio | Orden |
| <i>Auditoría de ordenes de comercio</i> | | | | | | | |
| Auditor | Inspeccionar orden | T ₁₆₁ | R | Bajo | InA | Negar haber inspeccionado una orden de comercio | Orden |
| | | T ₁₆₂ | C | Alto | InA/InN | Copiar información de ordenes para otros usos | Orden |
| Auditor | Generar informe | T ₁₇₁ | R | Alto | InA | Ignorar los reglamentos gubernamentales o de la empresa aplicables a una orden al generar el informe | Informe |
| Continúa en la siguiente página | | | | | | | |

| Actor | Actividad | # | Atri Seg | Impacto | Origen ataque | Descripción | Activo |
|-------|-----------|-----------------------------|----------|---------|---------------|---|---------|
| | | T _{17₂} | R | Medio | InA/InN | Enviar la información de los informes a una persona externa | Informe |
| | | T _{17₃} | C | Alto | Ext | Leer la información sobre los informes generados | Informe |

5.4. Evaluación de seguridad del sistema

Paso 1: Encontrar el peso de las amenazas del sistema w_{ame} con la información contenida en la Tabla 5.2 plasmando la información como se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. *Peso de las amenazas mitigadas*

| Amenaza | Patrón(es) | α | v_p | w_{ame} | Amenaza | Patrón(es) | α | v_p | w_{ame} |
|----------------------------|--|----------------|-------|-----------|-----------------------------|--|----------------|-------|-----------|
| T _{1₁} | Pat ₁ ,Pat ₂ | $\frac{1}{37}$ | 1 | | T _{7₁} | Pat ₂ ,Pat ₃ ,Pat ₄ | $\frac{1}{37}$ | 1 | |
| T _{1₂} | | $\frac{1}{37}$ | 0 | | T _{7₂} | Pat ₂ | $\frac{2}{37}$ | 1 | |
| T _{1₃} | | $\frac{3}{37}$ | 0 | | T _{8₁} | | $\frac{3}{37}$ | 0 | |
| T _{1₄} | Pat ₂ | $\frac{1}{37}$ | 1 | | T _{9₁} | Pat ₃ | $\frac{2}{37}$ | 1 | |
| T _{1₅} | Pat ₂ | $\frac{2}{37}$ | 1 | | T _{10₁} | Pat ₂ ,Pat ₃ | $\frac{2}{37}$ | 1 | |
| T _{2₁} | Pat ₁ ,Pat ₂ | $\frac{1}{37}$ | 1 | | T _{10₂} | Pat ₃ | $\frac{1}{37}$ | 1 | |
| T _{2₂} | Pat ₁ | $\frac{3}{37}$ | 1 | | T _{10₃} | | $\frac{3}{37}$ | 0 | |
| T _{2₃} | | $\frac{3}{37}$ | 0 | | T _{11₁} | Pat ₁ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |
| T _{2₄} | Pat ₂ | $\frac{1}{37}$ | 1 | | T _{11₂} | Pat ₂ ,Pat ₃ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |
| T _{2₅} | Pat ₁ | $\frac{3}{37}$ | 1 | | T _{11₃} | Pat ₃ | $\frac{1}{37}$ | 1 | |
| T _{3₁} | Pat ₂ ,Pat ₃ | $\frac{1}{37}$ | 1 | | T _{12₁} | Pat ₁ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |
| T _{3₂} | Pat ₃ | $\frac{3}{37}$ | 1 | | T _{14₁} | Pat ₂ ,Pat ₃ ,Pat ₄ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |
| T _{3₃} | Pat ₂ | $\frac{2}{37}$ | 1 | | T _{15₁} | Pat ₁ ,Pat ₂ | $\frac{2}{37}$ | 1 | |
| T _{3₄} | Pat ₃ | $\frac{3}{37}$ | 1 | | T _{15₂} | Pat ₂ | $\frac{2}{37}$ | 1 | |
| T _{5₁} | Pat ₃ | $\frac{3}{37}$ | 1 | | T _{16₁} | Pat ₃ | $\frac{1}{37}$ | 1 | |
| T _{6₁} | Pat ₂ ,Pat ₃ ,Pat ₄ | $\frac{2}{37}$ | 1 | | T _{16₂} | Pat ₁ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |
| T _{6₂} | | $\frac{1}{37}$ | 0 | | T _{17₁} | Pat ₃ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |
| T _{6₃} | Pat ₂ | $\frac{1}{37}$ | 1 | | T _{17₂} | Pat ₁ | $\frac{2}{37}$ | 1 | |
| T _{6₄} | Pat ₄ | $\frac{3}{37}$ | 1 | | T _{17₃} | Pat ₂ | $\frac{3}{37}$ | 1 | |

$$\frac{67}{37} = \frac{61}{81} = 0.82$$

Paso 2: Encontrar el peso de los requerimientos de seguridad w_{req} con la información de

los requisitos de seguridad y políticas de seguridad encontrados en los previos requeridos. Plasmando la información como se muestra en la Tabla 5.3

Tabla 5.3. *Peso de los requerimientos satisfechos*

| Requisito | Patrón(es) | μ | v_p | w_{req} |
|-------------------|-------------------------------------|----------------|-------|--|
| Req ₁ | Pat ₁ | $\frac{1}{16}$ | 1 | $\frac{23}{42} = \frac{23}{42} = 0.54$ |
| Req ₂ | Pat ₁ | $\frac{3}{16}$ | 1 | |
| Req ₃ | Pat ₂ | $\frac{3}{16}$ | 1 | |
| Req ₄ | Pat ₂ | $\frac{3}{16}$ | 1 | |
| Req ₅ | | $\frac{3}{16}$ | 0 | |
| Req ₆ | Pat ₂ | $\frac{3}{16}$ | 1 | |
| Req ₇ | | $\frac{2}{16}$ | 0 | |
| Req ₈ | | $\frac{3}{16}$ | 0 | |
| Req ₉ | | $\frac{3}{16}$ | 0 | |
| Req ₁₀ | | $\frac{2}{16}$ | 0 | |
| Req ₁₁ | Pat ₄ | $\frac{3}{16}$ | 1 | |
| Pol ₁ | | $\frac{3}{16}$ | 0 | |
| Pol ₂ | | $\frac{3}{16}$ | 0 | |
| Pol ₃ | Pat ₂ | $\frac{2}{16}$ | 1 | |
| Pol ₄ | Pat ₃ | $\frac{3}{16}$ | 1 | |
| Pol ₅ | Pat ₂ , Reg ₁ | $\frac{2}{16}$ | 1 | |

Paso 3: Obtener el valor de la seguridad del sistema con los valores obtenidos del paso anterior.

$$ss = 0.82 \cdot 0.54 = 0.44$$

5.5. Resultado de la evaluación

Considerando el criterio mostrado en la sección 4.4, el valor obtenido $ss = 0.44$ indica que el sistema no se encuentra protegido ante todas las amenazas identificadas y los

requisitos de seguridad y/o políticas de seguridad no están siendo satisfechas de manera adecuada.

Utilizando los valores w_{ame} y w_{req} se identifica la parte del sistema que requiere mejoras. Tomando los valores del ejemplo desarrollado se observa que la parte del sistema que requiere una revisión más exhaustiva por parte de los diseñadores del mismo es la implementación de patrones de seguridad para satisfacer los requisitos de seguridad y políticas de seguridad que se tienen contempladas.

5.6. Resumen

En este capítulo se presenta la evaluación de seguridad de un sistema financiero básico que ejemplifique el método propuesto en el Capítulo 4. En la primera sección se resume el sistema ejemplo, en la sección siguiente se muestra la información del sistema como diagramas UML, requisitos de seguridad y políticas de seguridad. Con la información obtenida de la segunda sección, en las secciones posteriores se realiza el análisis de amenazas, la obtención del peso de las amenazas, la obtención del peso de los requisitos de seguridad y por último el resultado de la evaluación.

La métrica presentada en el presente trabajo muestra la evaluación de seguridad de un sistema que ha sido construido usando patrones de seguridad, analizando la aplicación del método con el ejemplo presentado en este capítulo se plantea la posibilidad de aplicar el método a sistemas que no han sido construidos desde su diseño con patrones de seguridad.

Capítulo 6

Conclusiones

Este capítulo presenta un resumen del trabajo propuesto, las conclusiones a partir de los resultados obtenidos en el Capítulo 5, las contribuciones del trabajo realizado y el trabajo futuro.

6.1. Resumen

De acuerdo a lo descrito en el presente trabajo, se da una solución al problema planteado en el Capítulo 1 a través de la evaluación mostrada en el Capítulo 4. A continuación se hace un análisis de los elementos utilizados para llegar a dicha solución.

Partiendo de la hipótesis presentada en el Capítulo 1:

Se puede evaluar la seguridad de un sistema de forma sistemática de tal manera que se proporcione una métrica la cual indique bajo cierto criterio si es seguro o no, si previamente se sabe que ha sido construido usando patrones de seguridad.

Los elementos inherentes que componen un sistema indican qué es lo que realiza el sistema y qué necesita el sistema en cuestiones de seguridad. Utilizando estos elementos, en efecto, se puede realizar una evaluación sistemática independientemente de si el sistema es básico o robusto.

La evaluación considera desde el principio que los sistemas sobre los cuales se hace el análisis de seguridad han sido previamente construidos utilizando patrones de seguridad dado que son un elemento que proporciona seguridad desde la etapa de diseño del sistema y es una buena práctica en dado caso de requerir una actualización de seguridad en el sistema.

Realizando un análisis de dichos elementos inherentes de un sistema, se consigue identificar las amenazas y conociendo los patrones de seguridad que han sido utilizados en la construcción del sistema se puede definir cuáles de dichas amenazas están siendo mitigadas. Con esto, se define una métrica que indica ante que amenazas está protegido el sistema y cuales requisitos y políticas están siendo atendidas a través de los patrones de seguridad.

En efecto, utilizando los elementos inherentes de un sistema se puede obtener una evaluación de la seguridad de manera sistemática e identificando cierto criterio se obtiene una métrica que indique si el sistema es seguro o no. Este indicador le proporciona a los diseñadores y desarrolladores de un sistema un panorama de las amenazas que están y no siendo consideradas, los requisitos y políticas de seguridad que están y no siendo atendidas para que, en caso de ser necesario se apliquen soluciones.

6.2. Contribuciones

Las contribuciones del presente trabajo son:

- La evaluación de seguridad propuesta ha sido desarrollada para realizarse de manera sistemática, tanto en la enumeración de los requisitos y políticas de seguridad como de las amenazas, esto con el objetivo de que pueda ser aplicada tanto para sistemas básicos como robustos dado que se utilizan elementos inherentes propios del sistema.
- Como parte de la evaluación propuesta, se han contemplado los requisitos y políticas de seguridad dentro de los previos requeridos. Estos elementos inherentes

del sistema son considerados parte importante de la evaluación, puesto que es lo que debe cumplir el sistema con respecto a una perspectiva de diseño y de requisitos a nivel empresa o gubernamentales. Estos elementos son considerados parte importante para la evaluación de seguridad de un sistema.

- Los rangos proporcionados en la evaluación son para el análisis del resultado obtenido, el parámetro obtenido es un indicador para los diseñadores y desarrolladores de cuál es el nivel de seguridad del sistema que se está evaluando. Con los valores w_{ame} y w_{req} se puede identificar de manera más precisa cuál es el nivel de las amenazas mitigadas y los requisitos de seguridad atendidos por los patrones de seguridad y aplicar acciones en caso de considerarse necesarias.

6.3. Trabajo futuro

A continuación se muestran algunos temas de trabajos futuros:

- Evaluar la seguridad de un sistema sin que se conozca que previamente se han utilizado patrones de seguridad en su diseño, utilizando la aproximación de *security tactics* se puede identificar a través del código del sistema los patrones de seguridad que han sido implementados y posterior a esto poder utilizar la evaluación presentada.
- En la parte de modelado de amenazas del método propuesto, se puede utilizar otra forma de enumeración de amenazas antes de pasar a la fase de identificación de los patrones que las mitigan.
- La métrica presentada es aplicable para sistemas construidos con patrones de seguridad, una mejora para verificar su eficiencia es aplicarla a todas las etapas del ciclo de vida del sistema.

Apéndices

Apéndice A

Listado de patrones de seguridad

Propósito [39, 40]

- **Estructural.** *Account Lockout, Authenticated Session, Client Data Storage, Client Input Filters, Encrypted Storage, Minefield, Network Address Blacklist, Partitioned Application, Password Authentication, Password Propagation, Secure Assertion, Server Sandbox y Trusted Proxy.*
- **De procedimiento.** *Build the Server from the Ground Up, Choose the Right Stuff, Document the Security Goals, Document the Server Configuration, Enroll by Validating Out of Brand, Enroll using Third-party Validation, Enroll with a Pre-Existing Shared Secret, Enroll without Validation, Log for Audit, Patch Proactively, Red Team the Design, Share Responsibility for Security y Test on Staging Server.*
- **Ambiente.** *Limited View y Full View with Errors*
- **De creación.** *Session*

Ciclo de vida del sistema [41].

- **Arquitectónico.** *Distrustful Decomposition, PrivSep (Privilege separation) y Defer to Kernel*
- **Diseño.** *Secure Factory, Secure Strategy Factory, Secure Builder Factory, Secure Chain of Responsibility, Secure State Machine y Secure Visitor*

-
- **Implementación.** *Secure Logger, Clear Sensitive Information, Secure Directory, Pathname Canonicalization, Input Validation y RAII (Resource Acquisition Is Initialization)*

Objetivos de seguridad [29].

- **Confidencialidad.** *Controlled Access y Secure Data Transmission*
- **Integridad.** *Checkpointed System, Comparator-Checked Fault-tolerant System, Input Guard, Output Guard, Secure Access Layer, Controlled Object Factory, Controlled Process Creator, Server Sandbox*
- **Responsabilidad.** *Replicated System, Session Failover, Session Timeout, Load Balancer, Reverse Proxy*
- **Autenticación y No repudio.** *SAP (Single Access Point) y Check Point*
- **Disponibilidad.** *Secure Logger y Audit Interceptor*
- **Control de acceso.** *Authentication enforcer, Authorization Enforcer, Container-Managed Security, Secure Service Facade, Application Firewall, Demilitarized Zone, Firewall y Single Access Point*
- **Identificación.** *Credential tokenizer, Security Context, Session y Subject Descriptor*
- **Transmisión de datos.** *Obfuscated Transfer Object, Security Association, Secure Message Router y Secure pipe*

Bibliografía

- [1] IEEE, *SWEBOK*. IEEE, 2014.
- [2] J. Wylder, *Strategic information security*. Auerbach publications, 2003.
- [3] G. B. Urbina, *Introducción a la Seguridad informática*. Grupo editorial Patria, primera edición ed., 2016.
- [4] R. Ortiz, J. Garzás, and E. Fernández, “Analysis of application of security patterns to build secure systems,” *CAiSE*, pp. 652–659, 2011.
- [5] V. Varadharajan, “Measuring security,” *IEEE COMPUTER AND RELIABILITY SOCIETIES*, pp. 60–65, Junio 2011.
- [6] H. Jahankhani, D. L. W, G. Me, and F. Leonhardt, *Handbook of electronic security and digital forensics*. World Scientific, 2010.
- [7] A. Atzeni and A. Lioy, “Why to adopt a security metric? a brief survey,” Enero 2006.
- [8] W. K. Brotby and G. Hinson, *Pragmatic security metrics: Applying metametrics to information security*. 978-1-4398-8153-8, Boca Raton, FL: CRC Press, Noviembre 2013.
- [9] M. Schumacher, E. B. Fernandez, D. Hybertson, F. Buschmann, and P. Sommerland, *Security Patterns: Integrating security and systems Engineering*. Wiley, 2006.
- [10] T. Peltier, *Information Security Policies, Procedures, and Standards: Guidelines for Effective Information Security Management*. CRC Press, 2016.

-
- [11] W. Stallings, *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Prentice Hall, 2011.
- [12] N. I. of Standards and Technology, *Standards for Security Categorization of Federal Information and Information Systems*. NIST, Febrero 2004.
- [13] S. R. Vallabhaneni, *Wiley CIAexcecl Exam Review 2019*. Jonh Wiley and Sons, Inc., 2019.
- [14] V. Aceituno, “Open information security managment maturity model (o-ism3),” Tech. Rep. 2.0, The Open Group, Septiembre 2017.
- [15] M. E. Whitman and H. J. Mattord, *Principles of Information Security*. Course Technology, cuarta edición ed., 2012.
- [16] D. J. Landoll, *Information Security Policies, Procedures, and Standars A Practitioner’s Reference*. CRC Press, 2017.
- [17] S. Jacobs, *Engineering Information Security: The Application of Systems Engineering Concepts to Achieve Information Assurance*. IEEE Press Series on Information and Communication Networks Security, Wiley, 2015.
- [18] J. J. Nombela, *Seguridad informática*. Paraninfo, 1997.
- [19] D. Russel, G. T. G. Sr, and R. Lehtinen, *Computer Security Basics*. O’Reilly Media, second edition ed., 1991.
- [20] D. Kim and M. G. Solomon, *Fundamentals of Information System Security*. Information Systems Security and Assurance Series, Jones and Bartlett Learning, third edition ed., 2018.
- [21] M. Jouini, L. B. A. Rabai, and A. B. Aissa, “Classification of security threats in information systems,” *5th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies*, pp. 489–496, 2014.

-
- [22] B. Gupta, D. Agrawal, and S. Yamaguchi, *Handbook of Research on Modern Cryptographic Solutions for Computer and Cyber Security*. Advances in Information Security, Privacy, and Ethics, IGI Global, 2016.
- [23] F. A. Braz, E. B. Fernandez, and M. VanHilst, “Eliciting security requirements through misuse activities,” IEEE, 2008.
- [24] M. H. Weik, *system design*, pp. 1717–1717. Boston, MA: Springer US, 2001.
- [25] I. V. Bazavan and I. Lim, *Information Security Cost Management*. Auerbach publications, 2007.
- [26] S. F. Mjolsnes, *A Multidisciplinary Introduction to Information Security*. Discrete Mathematics and its Applications, CRC Press, 2012.
- [27] E. B. Fernández, “Políticas de seguridad.” En comunicación con Eduardo B. Fernández, Marzo 2019.
- [28] P. Ponde, S. Shirwaikar, and C. Kreiner, “An analytical study of security patterns,” *EuroPLoP*, p. 26, 2016.
- [29] R. Scandariato, W. Joosen, K. Yskout, and T. Heyman, “A system of security patterns,” *Report CW 469*, 2006.
- [30] E. B. Fernandez, *Security Patterns in practice: Designing secure architectures using software patterns*. Wiley, 2013.
- [31] H. L. F. von Helmholtz, *Zählen und Messen erkenntnisstheoretisch betrachtet*. Verlag nicht ermittelbar, 1887.
- [32] J. Zalewski, S. Drager, W. McKeever, and A. J. Kornecki, “Measuring security: A challenge for the generation,” *Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, vol. 3, pp. 131–140, 2014.
- [33] W. Jansen, “Directions in security metrics research,” in *Computer Security*, National Institute of Standards and Technology, Abril 2009.

-
- [34] M. Saarela, “Measuring software security from the design of software,” Master’s thesis, University of Turku, Febrero 2016.
- [35] A. Yautsiukhin, R. Scandariato, T. Heyman, F. Massacci, and W. Joosen, “Towards a quantitative assessment of security in software architectures,”
- [36] S. T. Halkidis, A. Chatzigeorgiou, and G. Stephanides, “A qualitative analysis of software security patterns,” *ELSEVIER*, no. 25, pp. 379–392, 2006.
- [37] E. B. Fernandez, N. Yoshioka, and H. Washizaki, “Evaluating the degree of security of a system built using security patterns,” *Association for Computing Machinery*, 2018.
- [38] T. Heyman, R. Scandariato, C. Huygens, and W. Joosen, “Using security patterns to combine security metrics,” *Third International Conference on Availability, Reliability and Security*, 2008.
- [39] B. H. C. S. Konrad, L. A. Campbell, and R. Wassermann, “Using security patterns to model and analyze security requirements,” *IEEE Workshop on Requirements for High Assurance Systems*, 2003.
- [40] D. M. Kienzle, M. C. Elder, D. Tyree, and J. Edwards-hewitt, “Security patterns repository, version 1.0,” 2006.
- [41] P. H. Meland and J. Jensen, “Secure software design in practice,” *IEEE*, 2008.