



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

"Diseño de un Framework para la planificación de tareas preemptive  
en sistemas embebidos heterogéneos"

TESIS

*QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:*

MAESTRO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

*PRESENTA:*

José Antonio Ayala Barbosa

*DIRECTOR DE TESIS:*

Dr. Paul Erick Méndez Monroy

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas

Ciudad Universitaria, CDMX a Septiembre 2020



# Índice general

<b>Resumen</b> . . . . .	<b>IX</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
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
<b>2. Antecedentes</b>	<b>7</b>
2.1. ¿Qué son los sistemas en tiempo real ? . . . . .	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 al implementar patrones de seguridad . . . . .	22
2.6. Resumen . . . . .	23

---

<b>3. Trabajo Relacionado</b>	<b>25</b>
3.1. Evaluar el grado de seguridad de un sistema construido usando patrones de seguridad . . . . .	25
3.2. Evaluación cuantitativa de la seguridad en arquitecturas de software . . . . .	27
3.3. Uso de patrones de seguridad en combinación con métricas de seguridad . . . . .	29
3.4. Resumen . . . . .	31
<b>4. Evaluación de seguridad en sistemas implementados con patrones de seguridad</b>	<b>33</b>
4.1. Descripción general del método . . . . .	33
4.2. Modelado de amenazas . . . . .	37
4.3. Método de evaluación de seguridad . . . . .	39
4.4. Resultado de la evaluación . . . . .	43
4.5. Resumen . . . . .	45
<b>5. Caso de estudio del método propuesto</b>	<b>47</b>
5.1. Previos requeridos . . . . .	47
5.1.1. Requisitos de seguridad . . . . .	47
5.1.2. Casos de uso . . . . .	48
5.1.3. Patrones de seguridad . . . . .	49
5.2. Modelado de amenazas . . . . .	52
5.3. Evaluación de seguridad del sistema . . . . .	54
5.4. Resultado de la evaluación . . . . .	58
5.5. Resumen . . . . .	58
<b>6. Conclusiones</b>	<b>61</b>
6.1. Resumen . . . . .	61
6.2. Contribuciones . . . . .	62
6.3. Trabajo futuro . . . . .	63

---

Apéndice	67
----------	----

Bibliografía	67
--------------	----



# Índice de Figuras

2.1. Triángulo de objetivos de seguridad <i>CIA</i> [? ] . . . . .	8
2.2. Diagramas sobre el patrón <b>Autenticador</b> [? ] . . . . .	21
3.1. Iteraciones <i>Twin peaks</i> obtenida de [? ] . . . . .	27
3.2. Descomposición de objetivos con patrones obtenida de [? ] . . . . .	29
3.3. Gráfica de dependencias obtenida de [? ] . . . . .	30
4.1. Diagrama a bloques. . . . .	34
4.2. Caso de uso: Auditoría de ordenes de comercio . . . . .	36
4.3. Diagrama con actividades de mal uso . . . . .	40
4.4. Indicador del nivel de seguridad. . . . .	44
5.1. Casos de uso del sistema financiero. . . . .	49
5.2. Diagramas de actividades parte 1 . . . . .	50
5.3. Diagramas de actividades parte 2 . . . . .	50
5.4. Diagrama de clases de sistema financiero . . . . .	51
5.5. Diagrama de actividades de mal uso en abrir cuenta . . . . .	55
5.6. Diagrama de actividades de mal uso en cerrar cuenta . . . . .	55
5.7. Diagrama de actividades de mal uso en crear y llevar a cabo orden de comercio	56
5.8. 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 obtenida de [?] . . . . .	18
2.3. Resumen del patrón de seguridad <b>Autenticador</b> [?] . . . . .	20
4.1. Resumen auditoría de órdenes de comercio . . . . .	35
4.2. Plantilla de actividades de mal uso . . . . .	38
4.3. Resultado de amenazas Auditoría de órdenes de comercio . . . . .	39
4.4. Plantilla de datos impacto de amenazas . . . . .	41
4.5. Impacto de las amenazas . . . . .	41
4.6. Plantilla de datos requisitos de seguridad satisfechos . . . . .	42
4.7. Requisitos de seguridad satisfechos . . . . .	43
5.1. Resultado de amenazas . . . . .	52
5.2. Peso de las amenazas mitigadas . . . . .	57
5.3. Peso de los requerimientos satisfechos . . . . .	58



# 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 en peligro de sufrir 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.



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Contexto

AAAAAAaAAAAA

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 [? ? ? ].

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. Los patrones de seguridad son una herramienta para diseñar sistemas más seguros [? ? ? ].

---

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 % la empresa posterior a un ciberataque [? ? ? ].

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. Existe una gran variedad de patrones de seguridad como la colección mostrada en [? ].

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) [? ].

## 1.2. Problema

El problema abordado en esta tesis es evaluar la seguridad de un sistema ya creado, específicamente los sistemas que desde el diseño fueron construidos utilizando patrones de seguridad

---

como un conjunto.

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.

### 1.5. Contribuciones

El objetivo principal del presente trabajo es proporcionar una evaluación que contribuya a definir un nivel de seguridad de un sistema que utiliza patrones de seguridad y considerar 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 métricas asociadas con sistemas que usan 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 planteado 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) sistemas en tiempo real; 2) tipos de ejecución de tareas; 3) el algoritmo por defecto de los sistemas en tiempo real; 4) sistemas embebidos heterogéneos; 5) arquitecturas de hardware y software de tarjetas gráficas; y 6) cómputo de propósito general en unidades de procesamiento de gráficos.

### 2.1. ¿Qué son los sistemas en tiempo real ?

Los sistemas en tiempo real son sistemas de cómputo cuyas tareas deben actuar dentro de limitaciones de tiempo precisas ante eventos en su entorno. Por lo que el comportamiento del sistema depende, no solo del resultado del cálculo, sino también del momento (tiempo) en que se produce [1]

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

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 [? ? ]:

**Confidencialidad** . Mantener restricciones sobre el acceso y revelación de información. Este término incluye dos conceptos:

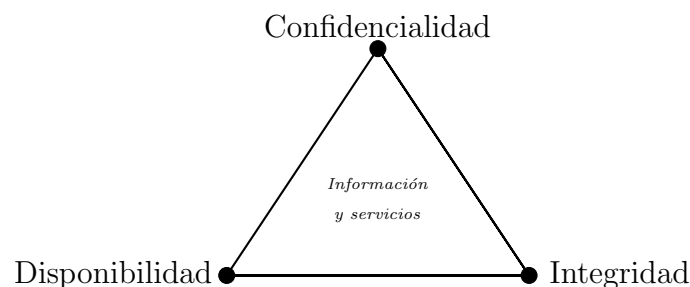
- 
- Confidencialidad de datos: Asegurar que la información privada o confidencial no está revelada ante individuos no autorizados.
  - Privacidad: Asegurar que la información revelada a los individuos sea relacionada con éste.

**Integridad** . Prevenir de 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 [? ].



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

En [? ] 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 [? ]:

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 [? ? ]:

- 
- **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 [? ]:

- **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 información, 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 [? ? ].

## 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 [? ].

Actualmente existen métodos 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 métodos son basados en técnicas de ataque y basados en el impacto de las amenazas [? ? ].

### 2.2.1. Modelos basados en técnicas de ataque

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

- **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 [? ].

- **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 cuáles amenazas afectarían al sistema que se va a desarrollar.

### Descripción del modelo *Misuse activities*

En el artículo “*Eliciting security requirements through misuse activities*” [?] 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 uso<sup>1</sup> 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.

---

<sup>1</sup>Los 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 [? ].

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 [? ]. Un sistema al cual no se le haga una revisión de seguridad desde la etapa de diseño podría presentar los siguientes problemas [? ]:

- Exposición de la información o exhibir la postura de seguridad de la empresa.
- En una auditoria, 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 [? ]:

- 
- **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 NIST (*National Institute of Standards and Technology* por sus siglas en inglés) en el 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 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 [? ]:

*“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 problema

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

#	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 deber 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

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 [? ].

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 [? ]:

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 [? ]:

- 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 se muestra una recopilación de las clasificaciones más utilizadas por los investigadores [? ].

Un listado con algunos patrones de seguridad incluidos en las clasificaciones mostradas La lista a continuación muestra algunos patrones de seguridad incluidos en la clasificación anterior.

#### **Propósito [? ? ]**

- **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.*

---

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

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

- **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 [?] ].

- **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, Path-name Canonicalization, Input Validation y RAII (Resource Acquisition Is Initialization)*

Objetivos de seguridad [?] ].

- 
- **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*

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 [? ].

**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.

---

## 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* [?] /

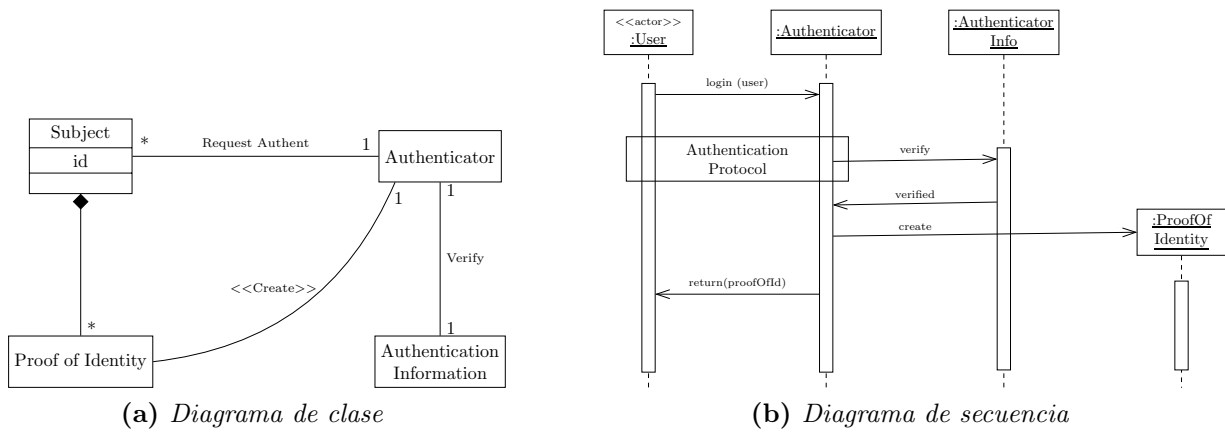
Característica	Descripción
Descripción	El patrón <b>Autenticador</b> permite verificar que el sujeto que intenta acceder al sistema es quien dice ser.
Contexto	Sistemas computacionales que contienen recursos que se vuelven valiosos ya que incluyen información sobre planes sobre el negocio, reportes médicos, 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: <b>Flexibilidad:</b> Muchos usuarios requieren acceso al sistema y en varias unidades del sistema existen diferentes datos importantes. <b>Confiabilidad:</b> Necesitamos autenticar usuarios de manera confiable y segura, es decir, utilizar un protocolo robusto y una manera de proteger los resultados de la autenticación. <b>Modificación:</b> Si la autenticación necesita ser modificada frecuentemente, esta se convierte en un problema. <b>Frecuencia:</b> 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 estos.

## 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 *Zählen und Messen*, la cual dice [? ]:





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

*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 [?] ]:

- Una propiedad o atributo que representa al objeto a ser medido.
- Un estándar que involucra comparar dos objetos entre sí y su relación entre estos 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 esta a la medición del software y aún más a la seguridad sobre este, ya que la seguridad no es una propiedad física, la única forma de medirla es de manera indirecta a través de sus componentes inherentes [?] ].

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 [? ? ].

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 [? ]:

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 se enfoca 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 al implementar 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 metodologías que ejemplifican ambos tipos de evaluaciones a los patrones de seguridad:

1. En [?] se muestra una metodología que evalúa el nivel de seguridad que proporcionan los patrones de seguridad a la arquitectura de un sistema. Esta metodología 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 [?] se muestra una metodología 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. Esta metodología 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 software y las amenazas a las que están expuestos los sistemas. Se hace un 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 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*” [?] 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  $T_{ik}$ , es decir,  $T_i \rightarrow T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ij}$ , para detener  $T_i$  es suficiente con detener alguna de los  $T_{ij}$ . Los patrones de seguridad describen qué ataques pueden detener, dado que el método propuesto por [?] 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  $SC = \frac{TN}{T}$ .

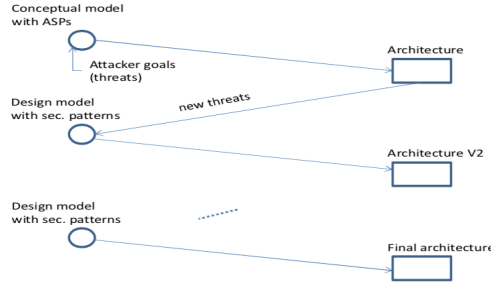
El proceso para evaluar la seguridad de un sistema consiste en:

- 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 es el 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 [? ].

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. Evaluación cuantitativa de la seguridad en arquitecturas de software

En el artículo “*Towards a quantitative assessment of security in software architectures*” [?] 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 [? ]:

1. **Mapeo de amenazas con los objetivos de seguridad.** Haciendo uso de la metodología STRIDE de Microsoft, se seleccionan las amenazas que estén 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 consiste en realizar dos sistemas utilizando el mismo conjunto de requisitos pero con una estrategia diferente para la selección de los patrones de seguridad en cada sistema. El primero se enfocó en seleccionar un conjunto de patrones de seguridad que cubriera lo mínimo pero suficiente los requisitos y el segundo se enfocó 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.

La metodología 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 un 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.



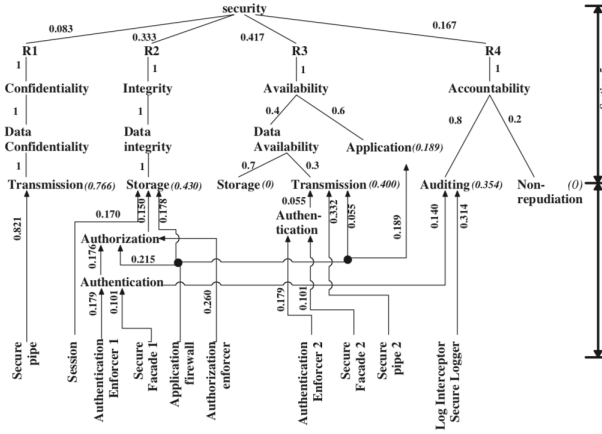


Figura 3.2. Descomposición de objetivos con patrones obtenida de [? ].

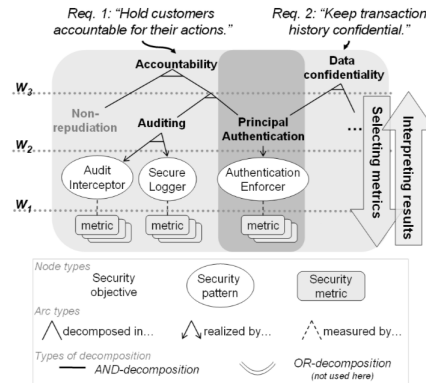
### 3.3. Uso de patrones de seguridad en combinación con métricas de seguridad

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” [? ], 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. La metodología consiste en 3 pasos [? ]:

1. **Definición de patrones de seguridad a partir de los objetivos.** Esta metodología 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 [? ].

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 los 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 una metodología que consiste en medir qué extensión de una arquitectura está protegida con respecto a las amenazas de seguridad más relevantes. La metodología 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 una metodología que permite elegir los patrones de seguridad con respecto a los objetivos de seguridad y las métricas que evaluarán a los patrones. La metodología 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

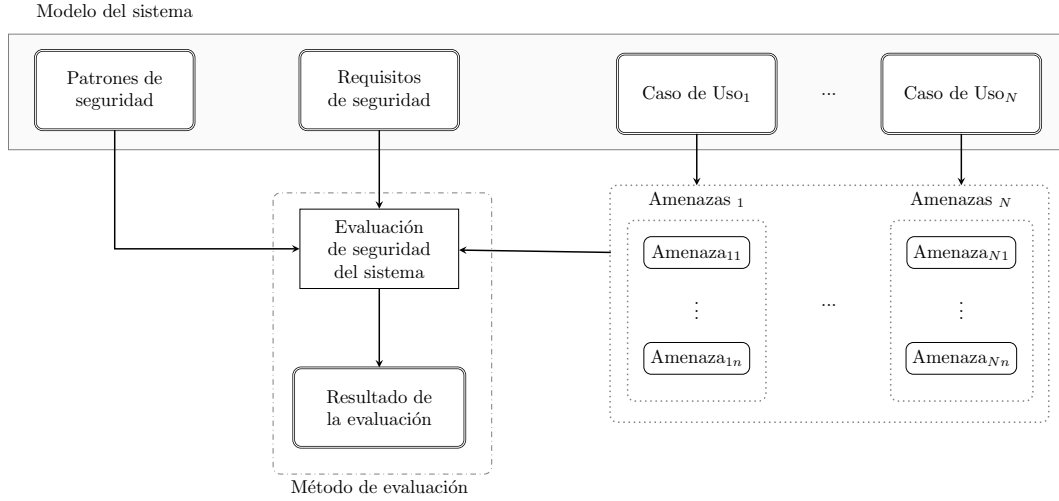
El objetivo principal de este capítulo es describir una extensión del método propuesto por [?] que permita evaluar la seguridad de un sistema que ha sido construido usando patrones de seguridad. En la primera sección se describe a grandes rasgos los elementos necesarios para realizar la evaluación. En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

Cada sección es ejemplificada utilizando el caso de uso de un sistema financiero básico denominado *Auditoría de órdenes de comercio*.

### 4.1. Descripción general del método

En la Figura 4.1 se muestra el diagrama a 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 que son en los que se enfoca

el desarrollo de este trabajo.



**Figura 4.1.** Diagrama a bloques.

## 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 varios requisitos de seguridad, obtenidos de un listado de políticas de seguridad, políticas internas de la empresa o políticas gubernamentales.

Cada requisito de seguridad tiene una prioridad diferente para la empresa, usando dos niveles:

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

Por ejemplo, los requisitos de seguridad correspondientes a *Auditoría de órdenes de comercio*.

- *Req<sub>1</sub>.* Se debe tener registro de todos los inicios de sesión realizados por el auditor (*prioridad baja*).

- *Req<sub>2</sub>*. Se deben registrar todas las acciones realizadas por el auditor (*prioridad alta*).
- *Req<sub>3</sub>*. El auditor solo puede leer la información de ordenes (asignadas a él) (*prioridad alta*).

- **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.

La Tabla 4.1 muestra el resumen de la documentación correspondiente al caso de uso *Auditoría de órdenes de comercio*.

**Tabla 4.1.** *Resumen auditoría de órdenes de comercio*

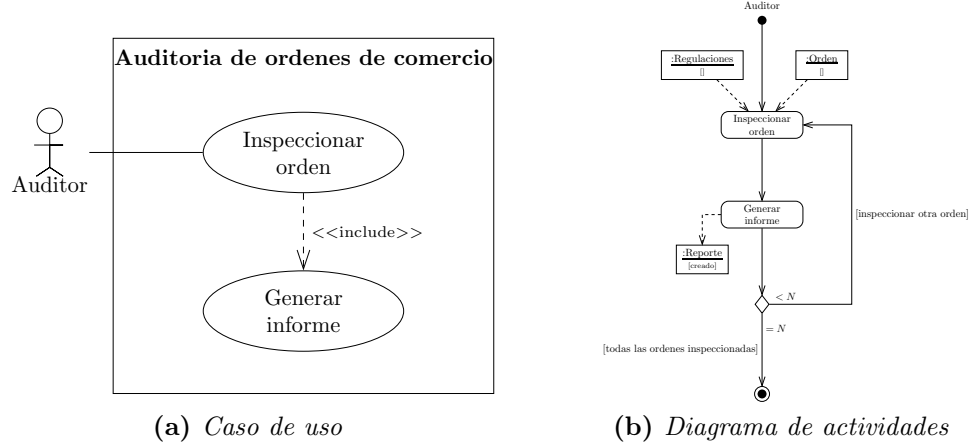
CU-5	Auditoría de órdenes de comercio	
Pre-condición	El auditor debe tener un listado de órdenes de comercio ya finalizadas.	
Descripción	El sistema debe comportarse como se describe en el siguiente caso de uso cuando el auditor solicite inspeccionar una orden.	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El auditor solicita al sistema realizar la inspección de una orden de comercio.
	2	El auditor inspecciona la orden de comercio con respecto a las regulaciones gubernamentales y de la empresa.
	3	El auditor genera un informe tomando en cuenta el análisis realizado a la orden de comercio.
Post-condición	El auditor genera el informe de la orden de comercio.	
Excepciones	Paso	Acción
	4	El auditor de tener más ordenes de comercio asignadas a él repetirá los pasos del 1 al 3.
Comentarios	El auditor solo puede revisar las ordenes de comercio asignadas a él.	

La Figura 4.2 muestra los diagramas correspondiente al caso de uso *Auditoría de órdenes de comercio*.

- **Patrones de seguridad.** Los patrones de seguridad son los que han sido implementados en el sistema y que provienen de algún catálogo pre-especificado.

A continuación se indican los patrones correspondientes al caso de uso *Auditoría de órdenes de comercio*:

- *Pat<sub>1</sub>*: Role-based access control



**Figura 4.2.** *Caso de uso: Auditoría de ordenes de comercio*

- $Pat_2$ : Authenticator
- $Pat_3$ : Security logger and auditor

En este previo requerido se pueden encontrar de la misma manera patrones de regulación y roles<sup>1</sup>.

## 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.

<sup>1</sup>Los patrones de regulación se encuentran en desarrollo, por lo que para ciertos sistemas deben escribirse patrones para completar los diagramas, es decir, hace falta contar con un catálogo de patrones de regulación como catálogo de patrones de seguridad.



---

## 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 evitar 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. Modelado de amenazas

Para el método propuesto, se ha agregado una columna a la tabla creada en [? ]. 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 nos 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 de el contexto en el que se implemente; es decir, obtener la información de cuenta de un usuario de banco es diferente a obtener los tuits de un usuario en un foro.

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 4.2 muestra la plantilla de actividades de mal uso con los datos requeridos del análisis de amenazas<sup>2</sup>.

**Tabla 4.2.** *Plantilla de actividades de mal uso*

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

Se realiza el análisis de amenazas utilizando el método de [?] con las modificaciones descritas anteriormente para el caso de uso *Auditoría de órdenes de comercio* y utilizando el diagrama de actividades mostrado en la Figura 4.2b.

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>” como se muestra a continuación:

- ¿Qué mal uso se puede realizar en *Inspeccionar Orden* por el *Auditor* que compromete la *Responsabilidad* sobre el *Informe*?: Negar haber inspeccionado una orden.
- ¿Qué mal uso se puede realizar en *Inspeccionar Orden* por *Auditor* que compromete la *Confidencialidad* de la *Orden*? : Copiar la información de la orden para otros usos e inspeccionar órdenes no asignadas a él.
- ¿Qué mal uso se puede realizar después de haber *Inspeccionado todas las ordenes* por el *Auditor/Impostor* que compromete la *Responsabilidad* sobre el *Informe*?: Enviar información a una persona externa a la empresa.

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

- ¿Qué mal uso se puede realizar en *Generar Informe* por el *Auditor/Impostor* que compromete la *Responsabilidad* del *Informe*? : Ignorar los requerimientos gubernamentales o de la empresa.
- ¿Qué mal uso se puede realizar en *Generar Informe* por el *Atacante externo* que compromete la *Confidencialidad* del *Informe*? : Leer la información del informe generado.

Con el análisis anterior se llena la tabla modificada de actividades de mal uso, identificando el impacto que tiene cada una en la empresa como se muestra en la Tabla 4.3, también se puede visualizar este análisis de una forma gráfica como se muestra en la Figura 4.3.

**Tabla 4.3.** Resultado de amenazas Auditoría de órdenes de comercio

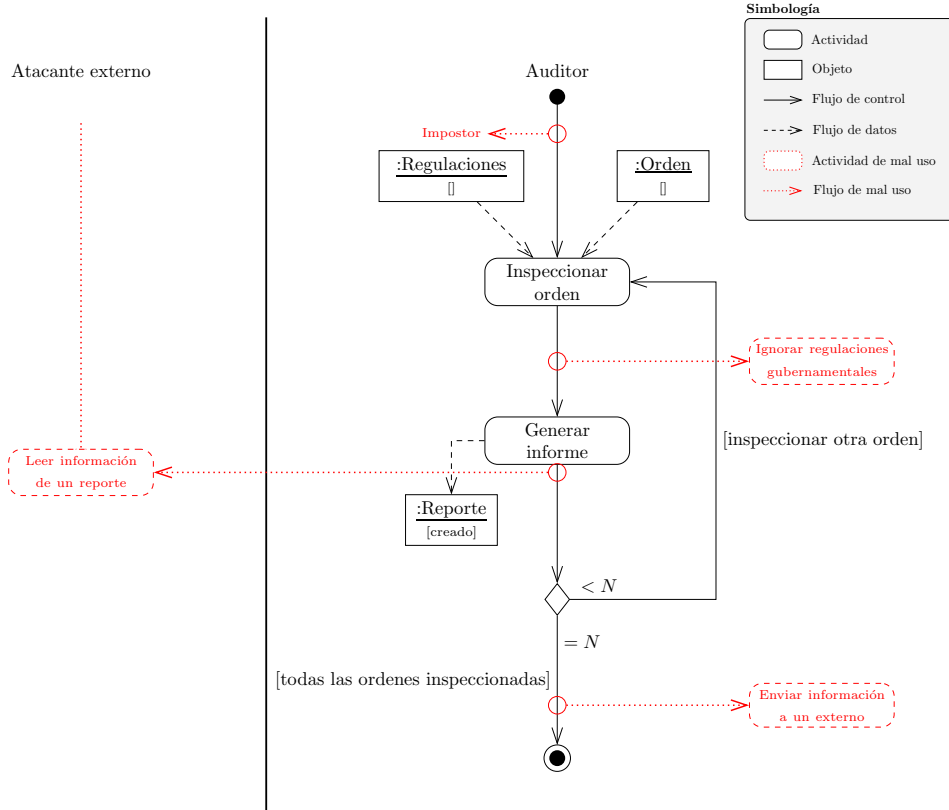
Actor	Actividad	#	Atri. seg.	Impacto	Origen ataque	Descripción	Activo
Auditor	Inspeccionar Orden	T <sub>11</sub>	R	Bajo	InA	Negar haber inspeccionado una orden de compra	Orden
		T <sub>12</sub>	C	Alto	InA/InN	Copiar información de ordenes para otros usos	Orden
Auditor	Generar Informe	T <sub>21</sub>	R	Alto	InA	Ignorar los reglamentos gubernamentales o de la empresa aplicables a una orden al generar un informe	Informe
		T <sub>22</sub>	R	Alto	InA	Enviar información de los informes a una persona externa	Informe
		T <sub>23</sub>	C	Medio	Ext	Leer información sobre los informes generados	Informe

### 4.3. 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:

- 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<sup>3</sup>, si no existe al menos un patrón que mitigue la amenaza se asigna un valor de  $v_p = 0$  indicando que dicha amenaza persiste.

<sup>3</sup>Este valor no indica que la amenaza desaparece.



**Figura 4.3.** Diagrama con actividades de mal uso

- 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,  $\alpha$  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:

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

Donde,  $w_{ame}$  es peso mitigado para el sistema,  $\alpha_i$  es el peso de cada amenaza y  $v_{p_i}$  es el valor de patrón asignado a la amenaza  $\alpha_i$ .

La Tabla 4.4 muestra la plantilla de impacto de amenazas con la información obtenida del paso anterior.

**Tabla 4.4.** *Plantilla de datos impacto de amenazas*

Amenaza	Patrón(es)	$\alpha$	$v_p$	$w_{ame}$

Usando el caso de uso de *Auditoría de ordenes de comercio* y la información obtenida en la Tabla 4.3 se procede a llenar la tabla del impacto de amenazas como se muestra en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5.** *Impacto de las amenazas*

Amenaza	Patrón(es)	$\alpha$	$v_p$	$w_{ame}$
T <sub>11</sub>	Pat <sub>3</sub>	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{\frac{1}{5} \cdot 1 + \frac{3}{5} \cdot 1 + \frac{3}{5} \cdot 1 + \frac{3}{5} \cdot 1 + \frac{2}{5} \cdot 1}{\frac{12}{5}} = 1$
T <sub>12</sub>	Pat <sub>1</sub>	$\frac{3}{5}$	1	
T <sub>21</sub>	Pat <sub>3</sub>	$\frac{3}{5}$	1	
T <sub>22</sub>	Pat <sub>1</sub>	$\frac{3}{5}$	1	
T <sub>23</sub>	Pat <sub>2</sub>	$\frac{2}{5}$	1	

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 una. 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.

- 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,  $\mu$  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:

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

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

La Tabla 4.6 muestra la plantilla de los requisitos de seguridad satisfechos con la información obtenida del paso anterior.

**Tabla 4.6.** *Plantilla de datos requisitos de seguridad satisfechos*

Requisito	Patrón(es)	$\mu$	$v_p$	$w_{req}$

Usando el caso de uso de *Auditoría de ordenes de comercio* y la información sobre

los requisitos de seguridad se procede a llenar la tabla de requisitos de seguridad atendidos como se muestra en la Tabla 4.7.

**Tabla 4.7.** *Requisitos de seguridad satisfechos*

Requisito	Patrón(es)	$\mu$	$v_p$	$w_{req}$
Req <sub>1</sub>	Pat <sub>3</sub>	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{\frac{1}{4} \cdot 1 + \frac{2}{4} \cdot 1 + \frac{1}{4} \cdot 1 + \frac{2}{4} \cdot 1}{\frac{6}{4}} = 1$
Req <sub>2</sub>	Pat <sub>3</sub>	$\frac{2}{4}$	1	
Req <sub>3</sub>	Pat <sub>1</sub>	$\frac{1}{4}$	1	
Req <sub>4</sub>	Pat <sub>1</sub>	$\frac{2}{4}$	1	

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. 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 sin perder seguridad.

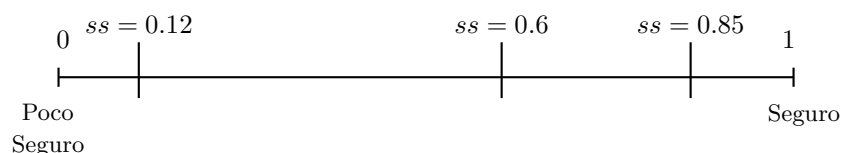
## 4.4. Resultado de la evaluación

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 4.4 se muestra una representación de 3 casos en los que el valor  $ss$  puede tener una interpretación diferente.



**Figura 4.4.** *Indicador del nivel de seguridad.*

- 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.

Con los datos obtenidos de la Tabla 4.5 y la Tabla 4.7 se puede obtener el valor  $ss$  del caso de uso *Auditoría de ordenes de comercio* dando como resultado:

$$ss = 1 \cdot 1 = 1$$



---

Del cual se puede interpretar que todas las amenazas identificadas están siendo mitigadas y todos los requisitos de seguridad están siendo satisfechos.

## 4.5. 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. En cada etapa se presenta como ejemplo uno de los casos de uso de un sistema financiero básico.



# Capítulo 5

## Caso de estudio del método propuesto

En este capítulo se desarrolla la evaluación de seguridad de un sistema financiero 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 definen 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. Previos requeridos

#### 5.1.1. Requisitos de seguridad

Los requisitos de seguridad proporcionados son:

Req<sub>1</sub>: Registrar todos los inicios de sesión realizados por el auditor. *prioridad=Baja*

Req<sub>2</sub>: Registrar todas las acciones realizadas por el auditor, gerente, agente y cliente. *prioridad=Alta*

Req<sub>3</sub>: El auditor solo puede leer la información de las ordenes (asignadas a él). *prioridad=Alta*

Req<sub>4</sub>: El gerente solo puede abrir, cerrar y administrar cuentas (asignadas a él). *prioridad=Alta*

- 
- Req<sub>5</sub>: El agente solo puede actualizar una cuenta hasta que se haya cerrado una orden de comercio. *prioridad=Alta*
- Req<sub>6</sub>: El gerente no puede modificar la información crediticia de un cliente. *prioridad=Alta*
- Req<sub>7</sub>: La información proporcionada por el cliente debe cifrarse antes de su transmisión al sistema. *prioridad=Media*
- Req<sub>8</sub>: La información sobre las cuentas debe estar cifrada en la base de datos. *prioridad=Alta*
- Req<sub>9</sub>: La información sobre las ordenes de comercio debe estar cifrada en la base de datos. *prioridad=Alta*
- Req<sub>10</sub>: Contar con un firewall con las reglas necesarias para evitar ataques DoS. *prioridad=Media*
- Req<sub>11</sub>: Las acciones sobre una cuenta deben estar previamente autorizadas por el cliente. *prioridad=Alta*

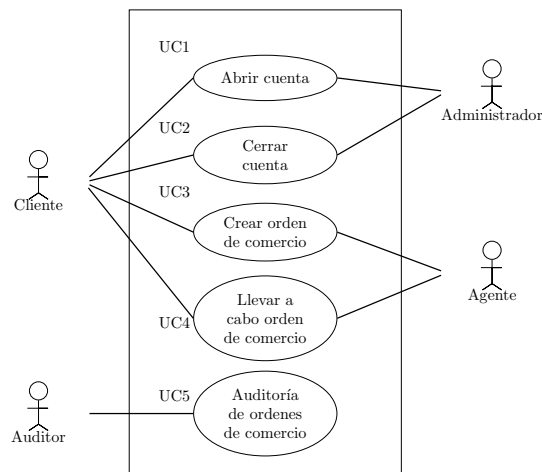
Las políticas de seguridad proporcionadas son:

- Pol<sub>1</sub>: Se debe monitorear, controlar y proteger las comunicaciones de la organización (i.e., la información transmitida y recibida por sistemas de información). *prioridad=Alta*
- Pol<sub>2</sub>: Se deben establecer, mantener e implementar planes para respuestas de emergencia, backups y recuperación de desastres a los sistemas de información. *prioridad=Alta*
- Pol<sub>3</sub>: Se debe identificar, reportar y corregir errores de información y de sistemas de información de manera oportuna. *prioridad=Media*
- Pol<sub>4</sub>: Se debe identificar a usuarios, procesos y dispositivos de los sistemas de información e identificar las identidades de cada uno. *prioridad=Alta*
- Pol<sub>5</sub>: 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. *prioridad=Media*

### 5.1.2. Casos de uso

En la Figura 5.1 se muestra los casos de uso del sistema financiero a analizar. Cada caso de uso cuenta con su respectivo diagrama de actividades, mostrados a continuación:

- 
- CU<sub>1</sub>: Abrir cuenta *Open Account*, diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.2a
- CU<sub>2</sub>: Cerrar cuenta *Close Account*, diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.2b
- CU<sub>3</sub>: Crear orden de comercio *Receive Trade Order*, diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.3a
- CU<sub>4</sub>: Llevar a cabo orden de comercio *Perform Trade*, diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.3a
- CU<sub>5</sub>: Auditoría de ordenes de comercio *Check Trade Info*, diagrama de actividades mostrado en la Figura 5.3b



**Figura 5.1.** Casos de uso del sistema financiero.

### 5.1.3. Patrones de seguridad

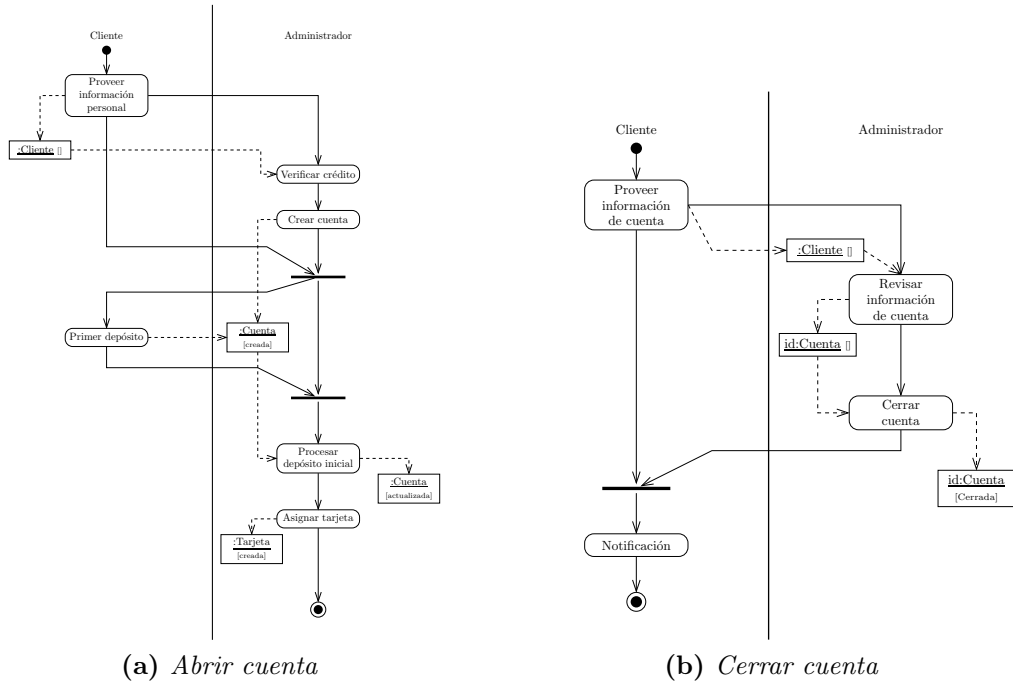
La información sobre los patrones de seguridad, patrones de regulación y roles son identificados en el diagrama de clases proporcionado del sistema se muestran de color en la Figura 5.4.

Los patrones de seguridad aplicados al sistema identificados son:

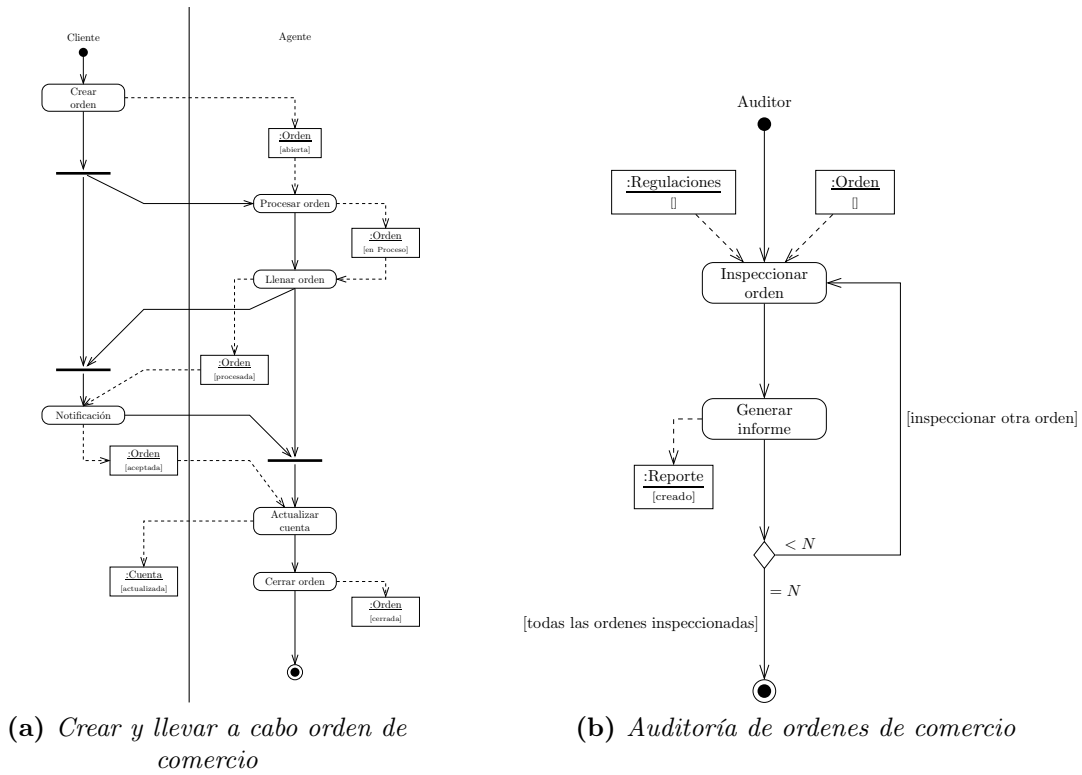
Pat<sub>1</sub>: *Security logger and auditor*

Pat<sub>2</sub>: *Role-based access control*

Pat<sub>3</sub>: *Authenticator*



**Figura 5.2.** Diagramas de actividades parte 1



**Figura 5.3.** Diagramas de actividades parte 2



Pat<sub>4</sub>: *TX Authentication*

Los patrones de regulación identificados en el sistema son:

Reg<sub>1</sub>: Realizar auditorías en intervalos específicos.

## 5.2. Modelado de amenazas

El análisis de las amenazas sobre los diagramas de actividades se muestra en la Tabla 5.1. Los diagramas de actividades de mal uso donde se puede observar de manera gráfica el análisis realizado se muestra en las Figuras 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8.

**Tabla 5.1.** *Resultado de amenazas*

Actor	Actividad	#	Atri Seg	Impacto	Origen ataque	Descripción	Activo
Abrir cuenta							
Cliente	Proveer in- formación personal	T <sub>11</sub>	R	Bajo	InA	Negar haber abierto una cuenta	Cuenta
		T <sub>12</sub>	D	Bajo	Ext	Realizar multiples solicitudes de apertura de cuenta	-
		T <sub>13</sub>	C	Alto	InN/Ext	Leer la información del cliente transmitida por la red	Cliente
		T <sub>14</sub>	I	Bajo	InA	Provee información inválida (financiera, dirección, etc.)	Cliente
		T <sub>15</sub>	I	Medio	InA	Provee información de otra persona (nombre, dirección, etc.)	Cliente
Gerente	Verificar historial crediticio	T <sub>21</sub>	D	Bajo	InA	Negar haber modificado la información credi- ticia de un cliente	Cliente
		T <sub>22</sub>	C	Alto	InA	Recolectar información personal del cliente pa- ra distribuirlo ilegalmente	Cliente
		T <sub>23</sub>	C	Alto	InN/Ext	Leer la información del cliente transmitida por la red	Cliente
		T <sub>24</sub>	C	Bajo	Ext	Recolectar información de manera ilegal	Cliente
Continúa en la siguiente página							



Continúa desde la página previa							
Actor	Actividad	#	Atri Seg	Impacto	Origen ataque	Descripción	Activo
		T <sub>25</sub>	I	Alto	InA	Cambiar la información crediticia de un cliente	Cliente
Gerente	Crear cuenta	T <sub>31</sub>	R	Bajo	InA	Negar haber creado una cuenta falsa	Cuenta
		T <sub>32</sub>	C	Alto	InA	Recolectar información de cuentas para distri- buirla ilegalmente	Cuenta
		T <sub>33</sub>	C	Medio	InN/Ext	Leer la información de las cuentas	Cuenta
		T <sub>34</sub>	I	Alto	InA	Crear una cuenta falsa	Cuenta
Cliente	Depósito inicial		-	-	-		-
Gerente	Expedir tarjeta	T <sub>51</sub>	I	Alto	InA	Autorizar una tarjeta falsa	Tarjeta
Cliente	Transferir dinero	T <sub>61</sub>	R	Medio	InA	Negar haber autorizado una transferencia	Cuenta
		T <sub>62</sub>	D	Bajo	Ext	Inundar a la aplicación de solicitudes de trans- ferencia	-
		T <sub>63</sub>	C	Bajo	InN/Ext	Leer la información sobre las transferencias del cliente	Cuenta
		T <sub>64</sub>	I	Alto	Ext	Transferir dinero entre cuentas de manera ile- gal	Cuenta
Cerrar cuenta							
Cliente	Proveer in- formación personal	T <sub>71</sub>	R	Bajo	InA	Negar haber solicitado la cancelación de una cuenta	Cuenta
		T <sub>72</sub>	R	Medio	InN/Ext	Proveer información falsa para solicitar una cancelación de cuenta	Cuenta
Gerente	Revisar cuenta	T <sub>81</sub>	C	Alto	InN/Ext	Leer la información de la cuenta transmitida por la red	Cuenta
Gerente	Cerrar cuenta	T <sub>91</sub>	I	Medio	InA	No cerrar adecuadamente una cuenta para usos ilegales	Cuenta
Crear y procesar orden de comercio							
Cliente	Crear orden	T <sub>101</sub>	I	Medio	InA/Ext	Crear una orden de comercio con información falsa	Orden
		T <sub>102</sub>	R	Bajo	InA	Negar haber creado una orden de comercio	Orden
		T <sub>103</sub>	C	Alto	InN/Ext	Leer la información de una orden de comercio transmitida por la red	Orden
Agente	Procesar orden	T <sub>111</sub>	I	Alto	InA	Modificar la información de una orden de co- mercio	Orden
		T <sub>112</sub>	R	Alto	InA	Ignorar los reglamentos gubernamentales o de la empresa para procesar una orden	Orden
		T <sub>113</sub>	R	Bajo	InN	Negar haber procesado una orden de comercio	Orden
Continúa en la siguiente página							

Continúa desde la página previa							
Actor	Actividad	#	Atri Seg	Impacto	Origen ataque	Descripción	Activo
Agente	Llevar a cabo orden de comercio	T <sub>12<sub>1</sub></sub>	I	Alto	InA	Modificar la información de una orden de comercio	Orden
Cliente	Confirmación	-	-	-	-		-
Agente	Actualizar cuenta	T <sub>14<sub>1</sub></sub>	I	Alto	InA/Ext	Transferir el dinero de una orden de comercio a una cuenta de manera ilegal	Cuenta
Agente	Cerrar orden	T <sub>15<sub>1</sub></sub>	C	Medio	InA	Distribuir información de una orden de comercio de manera ilegal	Orden
		T <sub>15<sub>2</sub></sub>	C	Medio	InN/Ext	Leer la información de una orden de comercio	Orden
Auditoría de ordenes de comercio							
Auditor	Inspeccionar orden	T <sub>16<sub>1</sub></sub>	R	Bajo	InA	Negar haber inspeccionado una orden de comercio	Orden
		T <sub>16<sub>2</sub></sub>	C	Alto	InA/InN	Copiar información de ordenes para otros usos	Orden
Auditor	Generar informe	T <sub>17<sub>1</sub></sub>	R	Alto	InA	Ignorar los reglamentos gubernamentales o de la empresa aplicables a una orden al generar el informe	Informe
		T <sub>17<sub>2</sub></sub>	R	Medio	InA/InN	Enviar la información de los informes a una persona externa	Informe
		T <sub>17<sub>3</sub></sub>	C	Alto	Ext	Leer la información sobre los informes generados	Informe

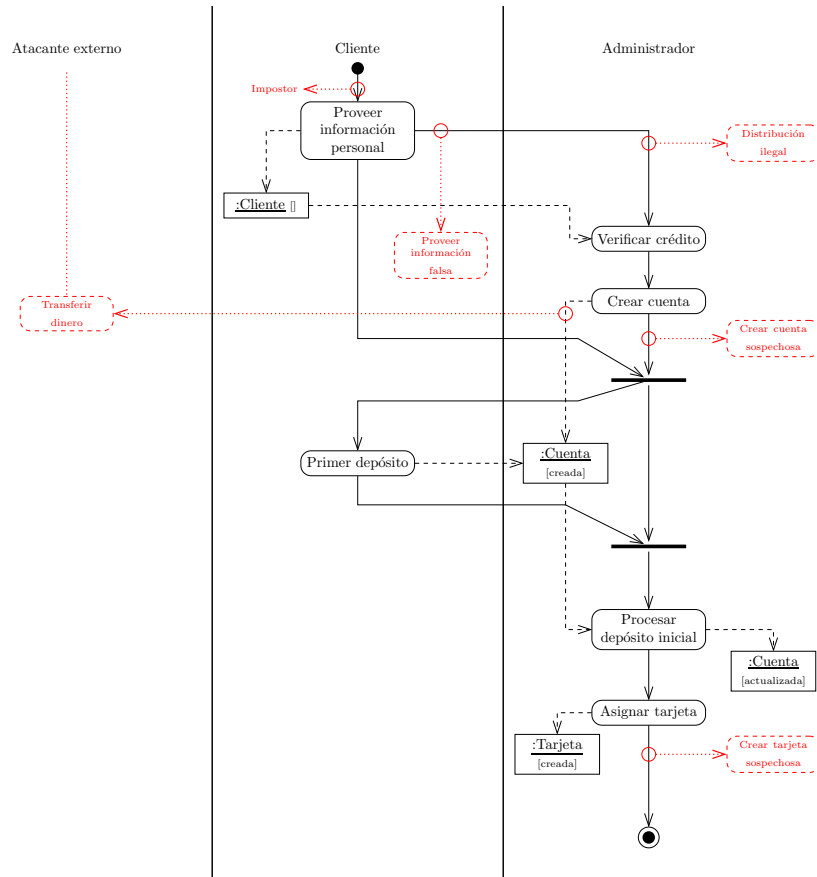
### 5.3. Evaluación de seguridad del sistema

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.

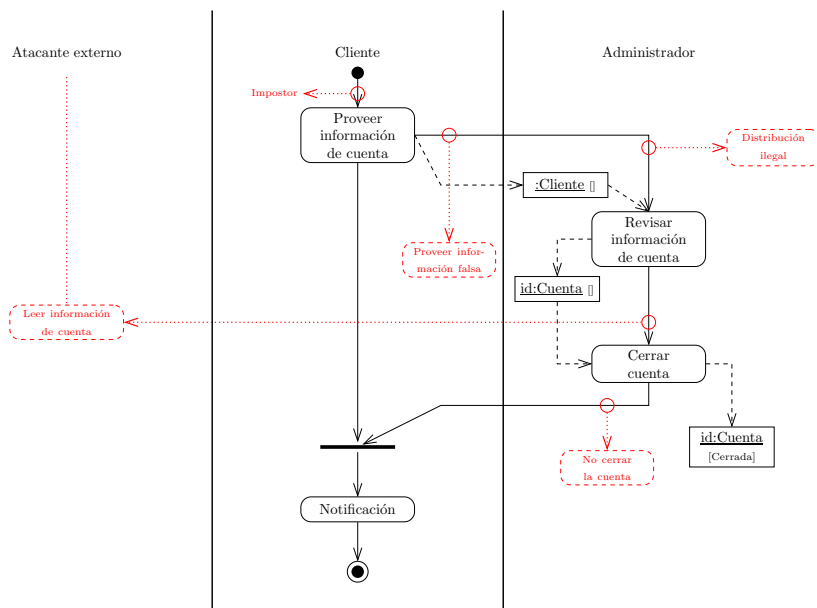
Paso 2: Encontrar el peso de los requerimientos de seguridad  $w_{req}$  con la información de los requisitos de seguridad y políticas de seguridad encontrados en los previos requeridos. Plasmando la información como se muestra en la Tabla 5.3

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

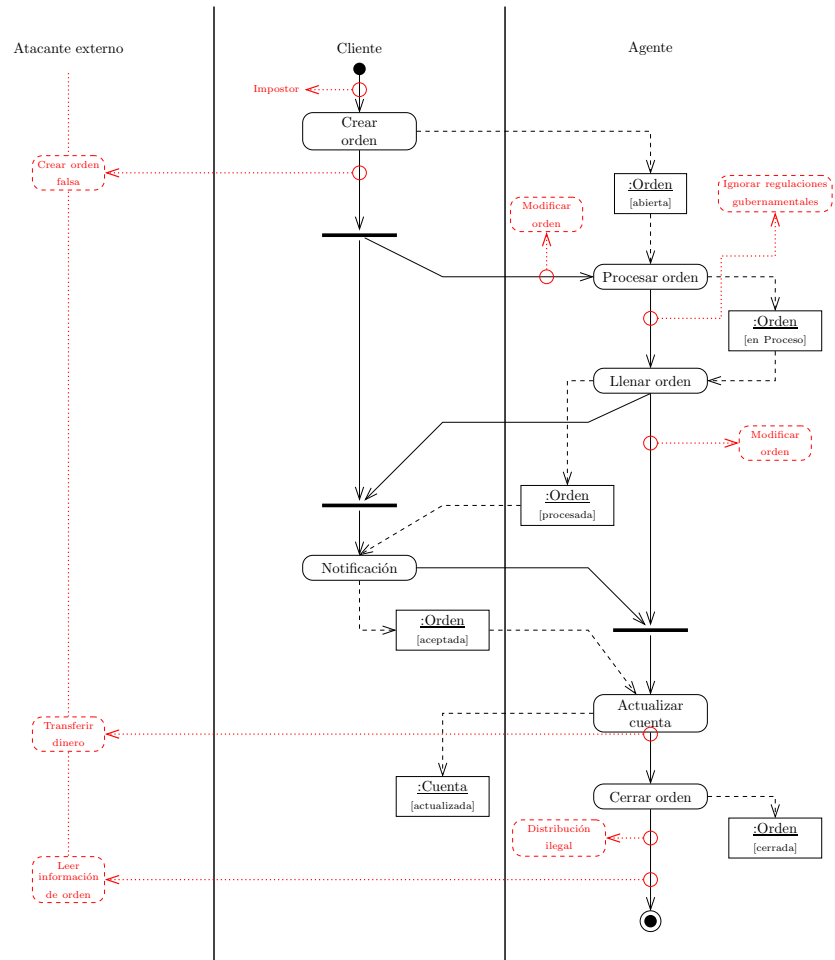
$$ss = 0.82 \cdot 0.54 = 0.44$$



**Figura 5.5.** Diagrama de actividades de mal uso en abrir cuenta



**Figura 5.6.** Diagrama de actividades de mal uso en cerrar cuenta



**Figura 5.7.** Diagrama de actividades de mal uso en crear y llevar a cabo orden de comercio



**Tabla 5.3.** *Peso de los requerimientos satisfechos*

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

## 5.4. 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.

## 5.5. 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 muestra

---

la información del sistema como diagramas UML, requisitos de seguridad y políticas de seguridad. Con la información obtenida de la primera 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 nos 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.

---

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.

El resultado obtenido en el Capítulo 5 muestra que la hipótesis presentada sí es viable. 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 contempla además de las amenazas a las que un sistema está expuesto, los requisitos y políticas de seguridad.
- Se identifica de manera sistemática las amenazas de seguridad a las que está expuesto el sistema agregando un parámetro de impacto de cada una y se indica cuales de ellas están mitigadas por al menos un patrón de seguridad.
- Se indica cuales de los requisitos y políticas de seguridad están siendo atendidos por patrones de seguridad tomando en cuenta el parámetro de prioridad de cada uno.
- El valor  $ss$  muestra el nivel de seguridad del sistema con respecto a las amenazas mitigadas y los requisitos y políticas de seguridad atendidas. Pero además, las variables  $w_{ame}$  y  $w_{req}$  pueden ser utilizadas por los diseñadores para identificar en qué parte del sistema se tiene un menor nivel de seguridad.

- 
- El método de evaluación propuesto puede ser aplicado en sistemas que no han sido contruidos utilizando métodos orientados a objetos, puesto que aún es posible identificar los casos de uso.

## 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.
- Se puede utilizar otra forma de enumeración de amenazas antes de pasar a la fase de identificación de los patrones que las mitigan, si es que se requiriera una manera particular de enumerarlas.
- La métrica presentada es aplicable para sistemas contruidos con patrones de seguridad, una mejora para verificar su eficiencia es aplicarla a todas las etapas del ciclo de vida del sistema.



# Anexos



# Bibliografía

- [1] Butazzo, G. C. (2011). *Hard real-time computing systems: predictable scheduling algorithms and applications*. Springer Science Business Media.