





Systematic Review of Literature on Applicable Patterns in the modeling of Smart Contracts

Oscar Carlos Medina, Ing. , Marcelo Martín Marciszack, Dr. , Ana María Strub, Esp., Karen Della Mea, José Ignacio Nájera Gilbert and Alfonso Govela Thomae, M.A.A.S.
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Argentina, {omedina, marciszack, astrub}@frc.utn.edu.ar, karendellamea18@gmail.com, JoseNajeraGibert@gmail.com, alfonsogovela@mac.com

Abstract– The incorporation of patterns to the Conceptual Model of Smart Contracts would allow the reuse of knowledge and experience from successful use cases in decentralized applications. Smart Contracts and decentralized applications are computer systems that use Blockchain technologies. Objective: The objective of this document is to carry out a systematic review of the literature in the field of Software Engineering to characterize the state of the art on patterns that can be applied in the modeling of Smart Contracts, identifying gaps and opportunities for future research. . Method: A systematic review was carried out in order to find the primary studies in the existing literature, which were then classified and analyzed according to different criteria. A subjective evaluation was also carried out highlighting the most important ideas and experiences identified. Results: 43 primary studies of interest were found, published between January 2013 and December 2022. In general, they are associated with recently implemented Smart Contract use cases, providing empirical evidence of the impact of the use of patterns. Conclusions: It was possible to identify the following most relevant types of patterns that were applied until 2022 in the modeling of Smart Contracts: design, architecture, business, security and data. The research in which this work is framed, considers these findings as a starting point to develop a method of application of business patterns in the modeling of Smart Contract systems, to facilitate their construction with a higher level of quality.

Keywords— Patterns, Modeling, Smart Contract, Blockchain, SRL.

Revisión Sistemática de Literatura sobre Patrones aplicables en el modelado de Contratos Inteligentes

Oscar Carlos Medina, Ing. , Marcelo Martín Marciszack, Dr. , Ana María Strub, Esp., Karen Della Mea, José Ignacio Nájera Gilbert and Alfonso Govela Thomae, M.A.A.S.
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Argentina, {omedina, marciszack, astrub}@frc.utn.edu.ar, karendellamea18@gmail.com, JoseNajeraGibert@gmail.com, alfonsogovela@mac.com

Resumen– *La incorporación de patrones al Modelo Conceptual de Contratos Inteligentes permitiría reutilizar el conocimiento y experiencia de los casos de uso exitosos en aplicaciones descentralizadas. Contratos Inteligentes y aplicaciones descentralizadas son sistemas informáticos que utilizan tecnologías Blockchain. Objetivo: El objetivo de este documento es llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura en el campo la Ingeniería de Software para caracterizar el estado del arte sobre patrones que se puedan aplicar en el modelado de Contratos Inteligentes, identificando vacíos y oportunidades para futuras investigaciones. Método: Se realizó una revisión sistemática con el fin de encontrar los estudios primarios en la literatura existente, que luego se clasificaron y analizaron de acuerdo con distintos criterios. También se llevó a cabo una evaluación subjetiva resaltando las ideas y experiencias más importantes identificadas. Resultados: Se encontró 43 estudios primarios de interés, publicados entre enero de 2013 y diciembre de 2022. En general, se presentan asociados a casos de uso de Contratos Inteligentes de reciente implementación, proporcionando evidencia empírica del impacto del uso de patrones. Conclusiones: Se pudo identificar los siguientes tipos de patrones más relevantes que se aplicaron hasta el 2022 en el modelado de Contratos Inteligentes: de diseño, de arquitectura, de negocio, de seguridad y de datos. La investigación en la que se enmarca el presente trabajo, considera estos hallazgos como punto de partida para elaborar un método de aplicación de patrones de negocio en el modelado de sistemas de Contratos Inteligentes, para que facilite su construcción con mayor nivel de calidad.*

Palabras claves— *Patrones, Modelado, Contrato Inteligente, Blockchain, RSL.*

I. INTRODUCCIÓN

El Modelado Conceptual de un sistema tiene como objetivo identificar y explicar los conceptos significativos en un dominio de problema, identificando los atributos y las asociaciones existentes entre ellos. Según Sommerville, el Modelo Conceptual del sistema se realiza en las primeras actividades del “Proceso Unificado Racional” de desarrollo de software: modelado de negocios, elicitación de requerimientos, análisis y diseño [1].

Se plantea incorporar en la actividad de Modelado Conceptual, esquemas predeterminados de análisis y diseño, para optimizar la definición inicial de un nuevo sistema, formalizando dicha definición, facilitando la validación de los requerimientos funcionales y reutilizando el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores “encapsulado” en soluciones de análisis y diseño concretas denominadas Patrones.

Éstas fueron tipificadas en otras implementaciones exitosas anteriores, resuelven el mismo problema y pueden adaptarse al

contexto del modelo que se está desarrollando. Los patrones no tienen solamente el alcance de una plantilla de sitio web, o un listado de sugerencias de diseño, sino que son soluciones de análisis y diseño concretas que servirían como guía de la etapa de construcción inicial de todo sistema con un nivel de calidad probado.

A partir del Modelado de Negocio es factible una derivación de la arquitectura de software que les da soporte en el marco de la metodología MDD (Model Driven Development). El MDD utiliza modelos diagramáticos que se van transformando en las distintas etapas de construcción de un sistema. “MDD es la evolución natural de la ingeniería de software basada en modelos enriquecida mediante el agregado de transformaciones automáticas entre modelos” remarcan Pons et al. [2].

Existen publicaciones anteriores de los investigadores del presente proyecto [3-5] que desarrollan un modelo de análisis para la incorporación de patrones en el Modelo Conceptual de sistemas de información.

Actualmente, dentro los sistemas de información se destacan las aplicaciones descentralizadas basadas en tecnologías Blockchain. Blockchain es una tecnología de bases de datos descentralizada en la cual los registros allí almacenados no están sujetos a una autoridad central que pueda decidir sobre la eliminación o modificación de ningún registro.

Blockchain nace como una tecnología de libros de registro digitalizado y descentralizado, introducida por Satoshi Nakamoto en un documento publicado en 2008 llamado “Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico de igual a igual” [6]. A fines de 2013, Vitalik Buterin comenzó el desarrollo de una nueva red Blockchain denominada Ethereum [7]. Esta plataforma se fijó como horizonte construir un sistema que permitiese crear Contratos Inteligentes sobre una red Blockchain, ya sea pública o privada. Contrato inteligente es un conjunto de algoritmos u operaciones informáticas que tienen como principal atractivo la eliminación de intermediarios para simplificar procesos, pero también para verificar su verdadero cumplimiento [8].

La investigación, donde se enmarca el presente trabajo, se propone continuar los mencionados trabajos elaborando un método de aplicación de patrones de negocio en el modelado de sistemas de Contratos Inteligentes basados en tecnología Blockchain.

Para poder elaborar esta propuesta es necesario en primera instancia conocer qué patrones se pueden utilizar en el Modelado Conceptual de Contratos Inteligentes. Con este fin los autores utilizan el método de investigación denominado

RSL, acrónimo de Revisión Sistemática de la Literatura. Este método es parte de la disciplina ISBE, Ingeniería de Software Basada en Evidencias que busca evaluar e interpretar toda la evidencia empírica disponible en relación a preguntas de investigación particulares o un fenómeno de interés [9-10].

Una RSL es un estudio empírico secundario que tiene la finalidad de brindar una aproximación global sobre un tema de interés, las investigaciones y sus resultados publicados en un período de tiempo. Cuando se descubre que existe poca evidencia o que el tema a tratar es muy amplio, se recomienda utilizar RSL, pues servirán como punto de partida, siempre y cuando se realicen con rigor [11]. La RSL permite graficar la evidencia de un dominio a un alto nivel de granularidad. También posibilita la identificación de grupos y “desiertos” de evidencia para dirigir el foco de futuras revisiones sistemáticas, y detectar áreas donde conducir más estudios primarios. La RSL no está basado solamente en evidencia empírica.

El presente artículo detalla cada una de las etapas de un trabajo de RSL sobre patrones que se puedan aplicar en el modelado de Contratos Inteligentes. La RSL tiene tres fases: planificación, ejecución y reporte. En primer lugar, se planifica la revisión, fundamentando el tema, especificando la estrategia de búsqueda, diseñando el proceso de extracción de datos y el de síntesis. En el segundo apartado se ejecuta la RSL y se muestran los resultados. Finalmente se exponen las conclusiones y referencias del trabajo.

II. PLANIFICACIÓN DE LA REVISIÓN

El propósito de este estudio es determinar el estado del arte, específicamente en los patrones dentro del modelado de Contratos Inteligentes, analizando la documentación existente, identificando así posibles oportunidades para futuras investigaciones. A partir de esto, la principal pregunta que motiva este estudio es:

¿Cuál es el estado del arte de patrones dentro del modelado de Contratos Inteligentes?

A continuación, en este apartado se describirán: los fundamentos, la estrategia de búsqueda, el proceso de extracción de datos y el proceso de síntesis de este protocolo; especificando las preguntas de investigación que motivan este mapeo.

A. Fundamentos

Existe un modelo de Ingeniería de Software que posibilita la descripción genérica de un proceso de manera simple, precisa y estandarizada que permite aprovechar el conocimiento acumulado previamente y se llama Patrón.

El concepto de patrón fue formulado inicialmente por el arquitecto Christopher Alexander quien lo expone en sus libros “A pattern language” [12] y “The Timeless Way of Building” [13]. En ellos define “cada patrón es una regla de tres partes, que expresa una relación entre un cierto contexto, un problema y una solución” [12].

Otro de los conceptos fundacionales que se desarrolla en estas publicaciones es el de Catálogo de Patrones, que es un

conjunto de patrones del mismo dominio del problema. Si bien la intención de Alexander era crear un método estructurado para poner la arquitectura al alcance de personas no especializadas profesionalmente en la materia, lo asertivo de sus conceptos permitieron que puedan extrapolarse quince años después al ámbito del desarrollo de software orientado a objetos.

Por consiguiente, esta idea de patrón es aprovechada en el diseño de software por Gamma, Helm, Johnson, y Vissides, quienes publican la obra más importante sobre este tema: “Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software” [14], acorde al paradigma de la programación orientada a objetos.

A partir de la difusión de este libro se propusieron patrones para las distintas fases del desarrollo de software creando tipos específicos para cada una de ellas, como es el caso de patrones que modelan procesos de negocios.

Los patrones ayudan a aprovechar la experiencia colectiva de software especializado, donde los ingenieros representan la experiencia existente y probada en el desarrollo de sistemas. Según Eriksson y Penker, cada patrón se ocupa de un problema específico y recurrente en el diseño o implementación de un sistema de software [15]. Dichos autores afirman que los Patrones de Modelado de Negocio permiten obtener los recursos del modelo, organizaciones, objetivos, procesos y normas de la empresa.

Esta investigación está guiada por preguntas que buscan proporcionar una visión específica de los aspectos relevantes sobre patrones en el modelado de Contratos Inteligentes. Las preguntas de investigación de esta revisión sistemática se detallan a continuación:

RQ1: ¿Qué tipos de patrón pueden aplicarse el modelado de Contratos Inteligentes?

RQ2: ¿Qué tipos de patrón se emplearon en los trabajos existentes acerca del modelado de Contratos Inteligentes?

RQ3: ¿En qué casos reales se implementaron patrones en el modelado de Contratos Inteligentes?

El término “Tipos de patrones” presupone que ya existe una clasificación en el estado del arte de patrones desde el enfoque de la Ingeniería de Software. Se identificó que existe un consenso sobre los tipos de patrones que son desarrollados por distintos autores. Se destacan las agrupaciones que realizan Presman y Sommerville.

Pressman [16] define una variedad de patrones que abarcan un conjunto de aplicaciones significativo y cubren aspectos de abstracciones, los cuales se mencionan a continuación:

- Patrones de análisis: son grupos de conceptos que representan en conjunto un modelo de negocios relevante dentro de un dominio de aplicación.
- Patrones de procesos: permiten representar soluciones de proceso del problema en el contexto del desarrollo del software.
- Patrones de arquitectura: se utilizan para describir aspectos fundamentales de la arquitectura de un

sistema de software, identificando subsistemas con sus responsabilidades, y estableciendo reglas para definir relaciones entre ellos.

- Patrones de diseño: se encuentran relacionados al desarrollo de componentes y su comunicación dentro de un sistema.
- Patrones de datos: se emplean en el modelado de estructuras de datos.
- Patrones de diseño de interfaces: para resolver problemas de interfaz del usuario se implementan como solución de características específicas de usuarios finales.
- Patrones de aplicaciones web: se emplean para solucionar problemas que surgen de la creación de aplicaciones web usando varios de los patrones mencionados anteriormente.

Sommerville [1] también clasifica los patrones de acuerdo a fines específicos: patrones de diseño orientados a objetos [14], patrones de usabilidad [17], patrones de arquitectura [18], de seguridad [19], entre otros.

Además, Eriksson y Penker [15] distinguen tres tipos de patrones en relación a los problemas que abordan:

- Patrones de negocio: abordan problemas del dominio organizacional, cómo definir y relacionar procesos y reglas de negocios, visiones y objetivos corporativos
- Patrones de arquitectura: se ocupan de problemas del diseño arquitectónico de los sistemas de información.
- Patrones de diseño: se utilizan para situaciones en las que el análisis ya está descrito, y se enfocan en producir soluciones técnicas flexibles y adaptables.

Los patrones de negocio poseen el mayor nivel de abstracción permitiendo trabajar con procesos de negocio y se clasifican en tres categorías:

- Patrones de metas u objetivos.
- Patrones de procesos.
- Patrones de recursos y reglas.

Cabe destacar que cada pregunta que se ha definido para la RSL tiene un objetivo específico, que, en su conjunto colaboran con el objetivo general de esta investigación.

A continuación, en la Tabla I, se especifica la motivación de cada una de las preguntas definidas:

TABLA I
Motivación de cada pregunta de investigación.

PREGUNTA	MOTIVACIÓN
RQ 1	Explorar el abanico de posibilidades que presentan los patrones como modelos de reusabilidad para utilizarse en el Modelado Conceptual de Contratos Inteligentes.
RQ 2	Indagar los tipos de patrones empleados en la fase de modelado de Contratos Inteligentes.
RQ 3	Conocer los casos reales en que se hayan aplicado patrones en el modelado de Contratos Inteligentes ya implementados.

B. Estrategia de búsqueda

El mapeo sistemático de la literatura se realizará utilizando las siguientes bases de datos bibliográficas:

- IEEE (IEE Xplore)
- ACM (Association for Computing Machinery)
- IOP (IOPscience)
- ScienceDirect

También se trabajó con otros dos buscadores:

- Google académico
- OMPI (WIPO, base de datos global de propiedad intelectual)

El motivo por el que se eligieron estas bases de datos para desarrollar la RSL, es porque se considera a estos buscadores de bibliografía científica, como los principales dentro de la temática en la que estamos trabajando. Las RSL se efectúan mediante una metodología adecuada para lograr una estrategia de búsqueda de manera eficiente. Se han realizado enfoques de análisis sobre cada base de datos para extraer de la forma más óptima los documentos de interés para validar el uso de patrones en la elaboración de modelos conceptuales de Contratos Inteligentes. Por esta razón, mediante el correcto conocimiento de las herramientas de búsqueda se pudieron obtener los documentos de interés para el posterior proceso de síntesis.

La búsqueda será realizada en los metadatos título, resumen y palabras claves.

Para definir que artículos deben incluirse, o no, se definieron criterios de inclusión y exclusión que se detallan a continuación.

Los criterios de inclusión son:

1. Estudios desde enero de 2013 hasta diciembre de 2022. Se toma como inicio de la búsqueda el año en que se creó la plataforma Ethereum que permite implementar el concepto de Contrato Inteligente.
2. Estudios en idioma inglés;
3. Estudios relacionados con la cadena de búsqueda definida;
4. Sólo se tendrán en cuenta los siguientes tipos de documentos:
 - a) Artículos de revistas
 - b) Workshops
 - c) Documentos de conferencias
 - d) Contribuciones de talleres industriales / profesionales
 - e) Contribuciones de conferencias industriales / profesionales

Los criterios de exclusión son:

1. Documentos que no se centren en la Ingeniería de Software o Ciencias de la Computación.
2. Documentos que no se centren en patrones en el Modelado Conceptual.
3. Documentos disponibles solo en forma de “abstracts” o presentaciones de PowerPoint
4. Blogs personales o páginas web.
5. Documentos duplicados.

- Documentos que carecen de una adecuada aplicabilidad sobre el uso de patrones y fundamentación científica.

Los términos seleccionados para definir la cadena de búsqueda son: “pattern”, “model”, “smart contract” y “blockchain” lo que permite adicionalmente ser encontrado por términos como “patterns”, “smart contracts”, “modeling” y “modelling”. Los términos se combinaron de la manera más conveniente para maximizar la cantidad de documentos encontrados por buscador.

C. Proceso de extracción de datos

Se diseñó un formulario para la extracción de datos, con el objetivo de facilitar la actividad de sintetizar los datos recogidos. Cada uno de los trabajos fue clasificado en varias categorías, facilitado por el diseño del instrumento. Los datos que se recopilaron por cada publicación son los siguientes:

- Título de la publicación.
- Año de publicación: El año en que se publicó el documento. Este campo se encuentra relacionado con uno de los criterios de inclusión definidos. Aunque no está relacionado con ningún RQ, aporta resultados adicionales.
- Buscador.
- Patrones: Tipo de patrones referenciados en el documento en su idioma original.
- Es de interés: Indica si el documento es de interés para la RSL si los patrones referenciados han sido usado en un caso real en la industria del software. Esto está relacionado a RQ1 y RQ3.
- Tipo de patrón equivalente: El tipo de patrón al que hace referencia el documento, de acuerdo con las clasificaciones desarrolladas en la sección 2.1 Fundamentos. Este dato podría asumir los siguientes valores: Patrones de diseño, creacionales, estructurales, comportamiento, negocios, procesos, reglas, objetivos, análisis, arquitectura, escenario, datos, seguridad y otros, consignado en este caso el tipo que trata el documento. Esto está relacionado a RQ2.

D. Proceso de síntesis

Para el proceso de análisis y síntesis de los artículos seleccionados vamos a tener en cuenta la naturaleza cualitativa y cuantitativa de las preguntas de investigación. Este proceso de síntesis se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Extracción de datos, revisando y detallada y cuidadosamente los artículos, observando la existencia de patrones no incluidos en la postulación.
- Codificación sistemática de datos, identificando categorías y resultados en todo el conjunto de datos.
- Completar tablas y gráficos de análisis propuestos con los datos codificados.

- Encontrar otras temáticas no analizadas en las preguntas formuladas de la investigación.
- Verificar la fiabilidad de la síntesis y que las preguntas formuladas se encuentren contempladas en los resultados obtenidos.

III. EJECUCIÓN DE LA RSL

Se realizó una búsqueda sistemática en los cinco buscadores de bibliotecas electrónicas más reconocidos en Ingeniería de Software. Se empleó un rango de fecha para la búsqueda entre enero de 2013 y diciembre de 2022 inclusive. Para cada buscador se construyó una cadena nativa de búsqueda, las que se observan en Tabla II:

TABLA II
Cadenas de búsqueda según el buscador.

Buscador	Cadena de búsqueda
IEEE	("All Metadata":Smart Contract) AND ("All Metadata":pattern) AND ("All Metadata":model) Filters Applied: 2013 – 2022 Subscribed Content
ACM	[Keywords: pattern] AND [Keywords: smart contract] AND [Publication Date: (01/01/2013 TO *)]
IOP	Search for: "pattern model blockchain" Date published: Anytime Publication type: Journal, Article Open access only
ScienceDirect	Search in: Title, abstract Keywords: pattern model smart contract Filters Applied: 2013 – 2022
Google académico	Search allintitle: pattern blockchain Filters Applied: 2013 – 2022
OMPI	FP:(smart contract and pattern) Languages: English

Al ejecutar las cadenas de búsqueda en cada buscador, se encontró un total de doscientos siete (207) documentos. Se leyeron los documentos, para realizar un filtro de interés específico, respecto del tema de la investigación. Como resultado de la lectura, se realizó una selección minuciosa que redujo la cantidad a cuarenta y tres (43) documentos de interés para el tema de la investigación, con la distribución que se muestra en Tabla III y en la Figura 1.

TABLA III
Documentos encontrados y documentos de interés por buscador.

Buscador	Cantidad de documentos encontrados	Cantidad de documentos de interés
IEEE	46	14
ACM	35	5
IOP	39	3
ScienceDirect	16	2
Google académico	52	15
OMPI	19	4
Total	207	43

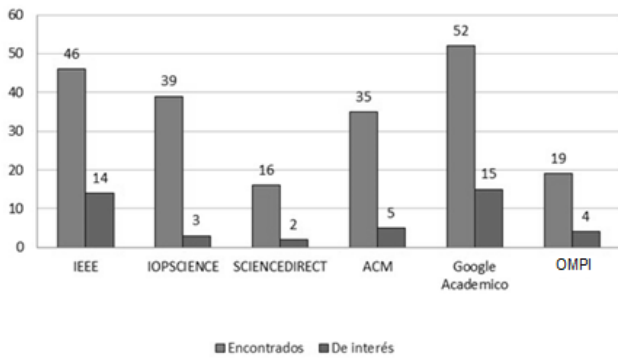


Fig. 1. Gráfico comparativo entre documentos encontrados y documentos de interés por buscador.

Los documentos que resultaron de interés para el objetivo de este trabajo presentaron la distribución temporal que se observa en Figura 2:

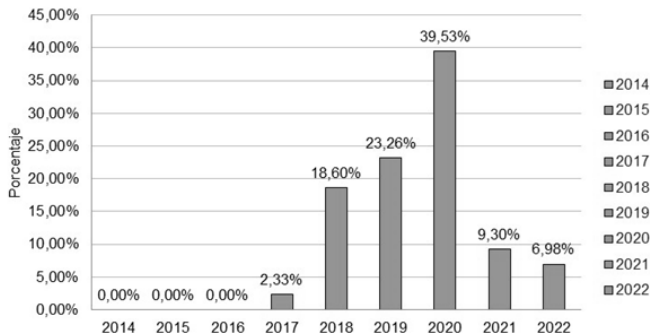


Fig. 2. Distribución temporal de los documentos de interés.

En función de esta investigación y su temática, los buscadores rindieron en forma disímil en el resultado de documentos de interés encontrados, siendo su distribución la que se detalla en la Tabla 4. Es de destacar que, tomando todas las búsquedas como un conjunto unificado de documentos encontrados por todos los buscadores, el porcentaje de documentos de interés para el objetivo de investigación representa en un 20,77 %.

TABLA IV

Porcentaje de documentos de interés encontrados en cada buscador respecto del total de documentos del mismo buscador.

Buscador	Porcentaje de documentos de interés
IEEE	30,43 %
ACM	14,29 %
IOP	7,69 %
ScienceDirect	12,50 %
Google académico	28,85 %
OMPI	21,05 %
Sobre el total	20,77 %

La relevancia de cada buscador respecto de los demás indica que en dos buscadores se obtuvo la mayor cantidad de documentos de interés del extracto que resultó de la búsqueda: IEEE Xplore de la IEEE y Google académico. De IEEE el

porcentaje alcanza un 32,6 % y de Google académico 34,9 % respectivamente, con una sumatoria de 67,5 % entre ambos del total. La mencionada distribución se puede ver a continuación en la Figura 3.

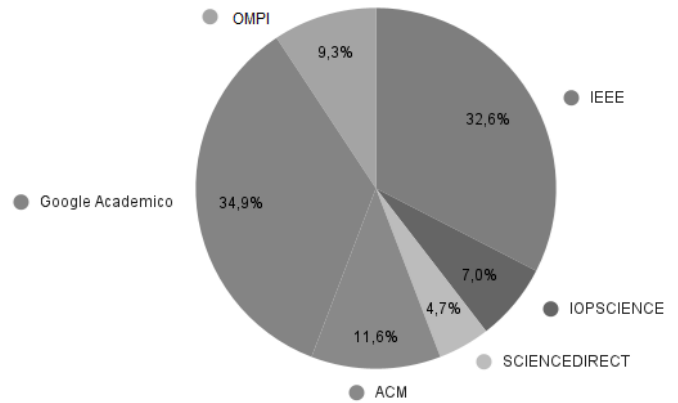


Fig. 3. Porcentaje de documentos de interés por buscador.

Finalmente, el análisis de los documentos encontrados y clasificados de interés permitió identificar los tipos de patrones que tratan en su narrativa, describiendo distintas propuestas de uso en el modelado de Contratos Inteligentes.

Los tipos de patrón que se mencionan en los documentos de interés son los siguientes:

- design pattern
- code patterns
- co-occurrence patterns
- high average-utility pattern
- specification patterns
- architectural patterns
- distributed pattern
- event pattern
- MVC architecture pattern
- off-chain data storage pattern
- pattern collection
- regular event pattern
- transaction pattern
- activity pattern
- behavioral patterns
- error patterns
- essential patterns
- model patterns
- pattern proof of integrity
- product pattern
- touristic itinerary pattern
- security pattern

- on/offchain smart-contract binding for confidential contract enforcement pattern
- patterns for data migration

A los fines de unificar criterios, con la intención interpretar con mayor asertividad el resultado de la búsqueda, se propone reunir por Grupo o Supertipo a cada tipo de patrón listado. Se les asigna como Supertipo aquellos tipos de patrón que efectivamente fueron llamados con el mismo nombre en el desarrollo de los documentos, tal es el caso de patrones de análisis, diseño, escenario, negocios y arquitectura.

A continuación, se agrupa el resto de los tipos de patrón unificando por los criterios de clasificación más consensuados en la bibliografía como se desarrolló en la sección 2.1 Fundamentos de este trabajo.

Por ejemplo, “code patterns” son patrones de diseño de código como los definidos por Gamma et al. [14], distributed patterns” son patrones de arquitectura distribuidos [18] para el monitoreo de eventos y “patterns for data migration” son patrones de datos ya mencionados anteriormente [15]. En cuanto a los tipos de patrones “transaction pattern”, “activity pattern”, “model patterns” y otros, son casos particulares de patrones de procesos para aplicaciones descentralizadas, según lo especificado por Eriksson y Penker [18]; por lo que también son subtipo de patrones de negocio. Adicionalmente se realizó un hallazgo interesante del uso de patrones de eventos, que son patrones de arquitectura orientada a eventos, tanto en artículos científicos como en patentes, y por distintos autores, para el modelado de Contratos Inteligentes [20-21].

De la clasificación de los documentos de interés por Grupo / Supertipo de Patrón se obtiene la distribución que se detalla en la Tabla V:

TABLA V
Distribución de documentos de interés según el tipo de patrón.

Tipo de patrón	Grupo / Supertipo de patrón	Cantidad de documentos
design pattern	de diseño	11
code patterns	de diseño	3
co-occurrence patterns	de diseño	1
high average-utility pattern	de diseño	1
specification patterns	de diseño	1
architectural patterns	de arquitectura	3
distributed pattern	de arquitectura	3
event pattern	de arquitectura	1
MVC architecture pattern	de arquitectura	1
off-chain data storage pattern	de arquitectura	1
pattern collection	de arquitectura	2
regular event pattern	de arquitectura	3
transaction pattern	de arquitectura	1
activity pattern	de negocio	1
behavioral patterns	de negocio	1
error patterns	de negocio	1
essential patterns	de negocio	1
model patterns	de negocio	1
pattern proof of integrity	de negocio	1
product pattern	de negocio	1
touristic itinerary pattern	de negocio	1
security pattern	de seguridad	1

on/offchain smart-contract binding for confidential contract enforcement pattern	de seguridad	1
patterns for data migration	de datos	1
Total de documentos de interés		43

De esta manera, se puede colegir como resultante de la RSL que algunos de los tipos de patrón que se pueden aplicar en el modelado de Contratos Inteligentes son los siguientes:

- Patrones de diseño
- Patrones de arquitectura
- Patrones de negocio
- Patrones de seguridad
- Patrones de datos

Esta RSL realiza una aproximación inicial al estado del arte que fundamente la propuesta de un modelo de análisis para la aplicación de patrones de negocio en el modelado de sistemas de información que utilizan tecnologías Blockchain. Como apéndice de este trabajo, se publica en el sitio web del Centro de Investigación donde se radica el presente proyecto, el listado de documentos de interés seleccionados y los documentos de trabajo de la RSL [22].

IV. CONCLUSIONES

Como resultado de la RSL, se encontró cuarenta y tres (43) estudios primarios de interés, publicados entre enero de 2013 y diciembre de 2022.

En esta revisión sistemática hay coincidencias en los tipos de patrones que estaban identificados en la clasificación previa a la ejecución de la RSL, pero también aparecieron tipos nuevos lo que llevaría a una revisión más detallada de esta bibliografía para indagar si aplican al Modelado Conceptual o a otra etapa del desarrollo de software.

Se pudo identificar los tipos de patrones más relevantes que se aplican en el modelado de Contratos Inteligentes son los patrones de diseño, de arquitectura, de diseño, de seguridad y de datos. Se pudo observar que se destaca el uso de patrones de diseño y de arquitectura en el modelado de Contratos Inteligentes, que se considera consistente con la caracterización de sus principales componentes: aplicación de software y red de información. Además, los patrones de diseño son los primeros patrones definidos en Ingeniería de Software. Por otro lado, el uso de los primeros patrones de negocio es un hallazgo alentador para el objetivo del proyecto de investigación, debido a que se utilizaron para la descripción de procesos de negocio que dieron soporte a los Contratos Inteligentes implementados.

Se observa una popularidad creciente del tema desde el año 2017 al 2020, la cual disminuyó en los dos últimos años. Esto señala un interés variable en la problemática planteada y una oportunidad para profundizar el estudio de otros tipos de patrones más específicos para Contratos Inteligentes. En cuanto a los buscadores, se debe resaltar que el 67,5 % de los documentos encontrados se hallan indexados en las bases de

datos IEEE Xplore de la IEEE y Google académico, lo que se explica por la especialización de IEEE en temas de ciberseguridad y la actualización automática de publicaciones del buscador académico de Google.

Respecto de los repositorios de búsqueda seleccionados para realizar el trabajo, se puede decir que algunos sin dudas se destacan, por la versatilidad con la que se puede realizar la exploración, y repetir el intento con total naturalidad, sin encontrar mayores dificultades. Pero otros requerirán de una tarea menos sistémica, con mayor elaboración manual y de búsqueda uno a uno dentro de resultados, como desventaja para realizar búsquedas fuertemente acotadas. Esta situación se vincula como causa de la selección de solamente el 20,77% de documentos de interés sobre el total de documentos encontrados.

En cuanto a los trabajos futuros del proyecto de investigación vigente, se definirán conceptos esenciales y aspectos relacionados a la elaboración de patrones de negocio que se emplean en el desarrollo de software con la información analizada de la RSL. Se evaluarán las características básicas de los patrones de negocio identificados, a través de su grado de representación, completitud en su definición, facilidad de implementación y métricas de calidad. Con ellos, se formalizará una heurística de asociación a cada problemática de Contratos Inteligentes, denominadas casos de uso.

Luego, se seleccionarán catálogos de patrones de negocio para definir con ellos en forma estandarizada implementaciones exitosas de sistemas de contratos inteligentes. Se procederá a investigar la viabilidad de aplicación de los patrones de negocio y a verificar si la gestión de patrones contempla y resuelve los déficits de reusabilidad identificados en el Modelado Conceptual de sistemas de información que no estuvieron basados en patrones.

Finalmente, se definirá y evaluará empíricamente, un método para incorporar estos patrones de negocio al Modelo Conceptual de sistemas de información que utilicen Contratos Inteligentes.

REFERENCIAS

[1] I. Sommerville, "Ingeniería de Software", 2011.

[2] Pons C., Giardini R., Pérez G., "Desarrollo de Software dirigido por Modelos (Conceptos teóricos y su aplicación práctica)", Edulp - Editorial de la Universidad de la Plata, 2010.

[3] M.M. Marciszack, J.C. Moreno, C.E. Sánchez, O.C. Medina, A.F. Delgado, C.S. Castro, "Patrones en la construcción del Modelo Conceptual para sistemas de información", Ed. Edutecne, 2018.

[4] Medina, O.C., Pérez Cota, M., Meloni, B.E., Marciszack, M.M., "Business Patterns Catalogue and selection proposal for the Conceptual Model of a software product", International Journal of Universal Computer Science (J.UCS) 27(2), págs. 135-151, Editorial J.UCS Consortium, 2021.

[5] Medina, O.C., Genero Bocco, M., Bratti, A., Strub, A., "Experimento para evaluar el uso de patrones de negocio para facilitar la comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico", en actas de XXV Ibero-American Conference on Software Engineering (CIbSE 2022), 2022.

[6] Nakamoto, S., "Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System". <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

[7] Ethereum. <https://ethereum.org/en/>

[8] Endeavor, "Endeavor: Insight blockchain. Blockchain, ¿la promesa de una revolución?", Ed. Endeavor México. N° 3, 2018.

[9] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. Ohlsson, B. Regnell, "Experimentation in software engineering", 2012.

[10] M. Genero Bocco, M., J.A. Cruz-Lemus., M.G. Piattini Velthuis, "Métodos de investigación en ingeniería de software", 2014.

[11] B. Kitchenham, D., Brereton, P., Turner, M., Niazi, M. y Linkman, S., "Literature reviews in software engineering – a tertiary study. Information and Software Technology": 52(8), 79-805, 2010.

[12] C. Alexander, S. Ishikawa, M. Silverstein, M. Jacobson, I. Fiksdahl-King, and S. Angel, "A Pattern Language", 1977.

[13] C. Alexander, "The Timeless Way of Building", 1979.

[14] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides, "Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software", 1994.

[15] H.E. Eriksson & M. Penker, "Business Modeling with UML: Business Patterns at Work", 2000.

[16] R. Pressman, "Ingeniería del Software. Un enfoque práctico, Ingeniería del Software", 2005.

[17] M. Mahemoff and L. J. Johnston, "Usability pattern languages: The 'Language' aspect, Human-computer interaction". INTERACT'01: IFIP TC. 13 International Conference on Human-Computer Interaction, 9th-13th July 2001, Tokyo, Japan, 2001.

[18] Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H. Sommerlad, P., Stal, P., "Pattern-oriented software architecture: A system of patterns", 1996.

[19] Schumacher, M., Fernández-Buglioni, E., Hybertson, D., Buschmann, F., Sommerlad, P., "Security Patterns: Integrating Security and Systems Engineering", John Wiley & Sons Inc. EEUU, 2006.

[20] Boubeta Puig, J., Rosa Bilbao, J., Mendling, J., CEPchain: "A graphical model-driven solution for integrating complex event processing and blockchain", Expert Systems with Applications 184 (2021) 115578, Universidad de Cádiz, España, 2021.

[21] IBM International Business Machine, Inventors Sato, N., Tateishi, T., Amano, S., 1. US20200034448 - COMPOSITION OPERATORS FOR SMART CONTRACT, Grant Number 10896149, IPC G06F 16/13, CPC G06F 16/134, 2021.

[22] CIDS Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información. <http://www.cid.frc.utn.edu.ar>.