

Proceso de validación de requerimientos aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural en un entorno colaborativo

Alejandro Fernández¹; Sonia Santana²; Ramona M. Perero²

Autoras/es: ¹Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. ²Facultad de Ciencias de la Administración, Monseñor Tavella 1424. Concordia. CP (3200), Entre Ríos, Argentina.

Contacto: sonia.santana@uner.edu.ar

ARK: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/9didihor3>

Resumen

El presente PID aborda el proceso de validación de requerimientos en entornos colaborativos, haciendo un análisis exhaustivo de los avances en el campo del procesamiento de lenguaje natural aplicados a este contexto. La investigación se fundamenta en una revisión de trabajos en tres áreas principales, validación de requerimientos, técnicas de procesamiento de lenguaje natural y entornos colaborativos, consolidando los esfuerzos realizados en cada una de ellas para ofrecer una visión integral.

En primer lugar, se revisa la evolución de la validación de requerimientos, un proceso esencial para garantizar la alineación entre las expectativas de los stakeholders y el producto de software final. Los estudios muestran en términos de resultados y limitaciones que los conflictos en el proceso de validación están generando distintos retos a futuro. El trabajo documenta cómo los enfoques han abordado los problemas en la validación permitiendo identificar brechas en el conocimiento actual.

En segundo lugar, se estudia el uso del procesamiento de lenguaje natural en el contexto de la validación de requerimientos, destacando cómo la tecnología de procesamiento de texto y extracción de información puede transformar la comprensión de los requerimientos. Los estudios exploran técnicas y librerías de procesamiento de lenguaje natural, como la extracción de entidades nombradas y el análisis de relaciones, que ayudan a identificar automáticamente acciones, objetos y atributos en los textos de requerimientos.

Finalmente, se examina el papel de los entornos colaborativos en la gestión de requerimientos, enfatizando cómo los avances en plataformas colaborativas han influido en la integración de equipos multidisciplinares en el proceso de validación. Los estudios analizan enfoques que muestran los desafíos en los entornos, como la disparidad en el conocimiento técnico y los problemas de comunicación, que afectan la coordinación y generan conflictos de interpretación y objetivos.

Palabras clave: Ingeniería de requerimientos, validación de requerimientos, técnicas de procesamiento de lenguaje natural, entorno colaborativo.

Objetivos propuestos y cumplidos

- Realizar una revisión bibliográfica y elaboración del estado del arte sobre los temas disciplinares que se abordan, Ingeniería de Requerimientos, en particular, aspecto proceso de validación de requerimientos.
- Analizar las técnicas de procesamiento de lenguaje natural en el proceso de validación de requerimientos.
- Analizar y evaluar las características de entornos colaborativos en el proceso de validación de requerimientos.
- Analizar las cualidades de la especificación de requerimientos en entornos colaborativos relacionada con el proceso de validación de requerimientos.

Marco teórico y metodológico

En la industria del software el objetivo fundamental es obtener productos de calidad aplicando diferentes métodos y modelos, bajo procesos estandarizados, combinando técnicas, estrategias y todos aquellos aspectos que contribuyan a la búsqueda de calidad.

En la actualidad, se observa que los sistemas de software son cada vez más complejos, por lo que las exigencias de calidad en el desarrollo deben ser mayores. Es necesario que el desarrollo de software sea más riguroso para obtener un producto de alta calidad. Así, es necesario reducir el número de errores, más aun, la identificación y tratamiento de estos errores en etapas tempranas del proyecto de software es crucial para disminuir los costos de operación y evitar errores en etapas posteriores del desarrollo.

“La parte más difícil de desarrollar un sistema de software es decidir exactamente qué construir. Ninguna otra parte del trabajo conceptual es tan difícil como establecer los requerimientos técnicos detallados... Ninguna otra parte del trabajo paraliza tanto el sistema resultante si se hace mal. Ninguna otra parte es tan difícil de rectificar posteriormente” [1].

Según Bahill [2], el proceso de validación de requerimientos consiste, en primer lugar, asegurar que un conjunto de requerimientos sea correcto, completo y consistente, en segundo lugar, si se puede crear un modelo que cumpla con los requerimientos, y por último se pueda construir y probar una solución de software en el mundo real para demostrar que cumple con los requerimientos de las partes interesadas.

Según Kof [3], el 56 por ciento de los errores en los proyectos de software se deben a los errores generados en la fase de requerimientos (Figura 1). La mitad de estos errores se deben a los requerimientos incompletos y ambiguos y la otra mitad se debe a los requerimientos que se omiten.

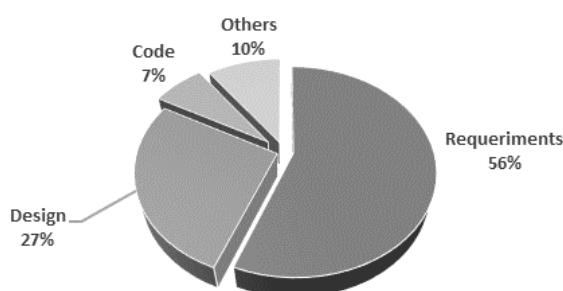


Fig. 1. Distribución de errores [3].

Trabajar en el contexto de la validación de requerimientos se está convirtiendo en un desafío para los equipos, clientes y usuarios, existen diferentes causas que imponen problemas de comunicación, control, intercambio de conocimientos, confianza y retrasos en el desarrollo del software [4].

La investigación en el área de Ingeniería de Requerimientos (ER) ha sido reconocida desde mediados de la década del 80 [5]. Diferentes revisiones sistemáticas publicadas demuestran el interés en la investigación empírica de la ER que está en aumento en su conjunto. Sin embargo, el análisis de enfoques para la validación de los requerimientos, a pesar de su reconocida importancia, la investigación empírica es todavía incipiente en la actualidad [6].

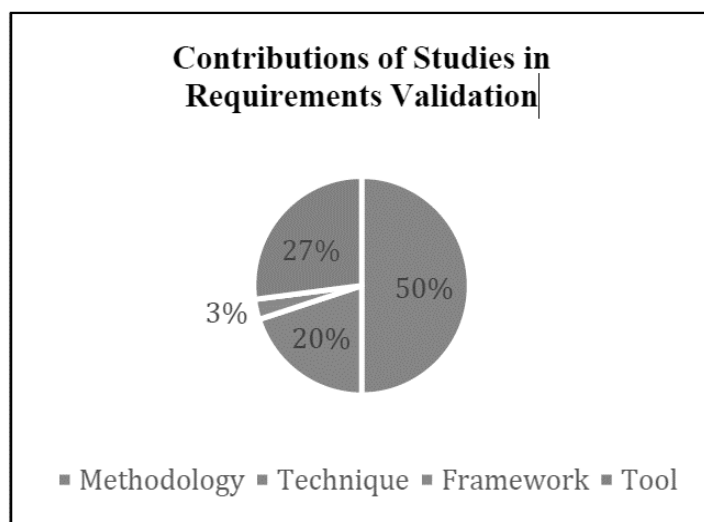


Fig. 2. Contribución de estudios en la validación de requerimientos desde el año 2007 hasta el año 2016 [6].

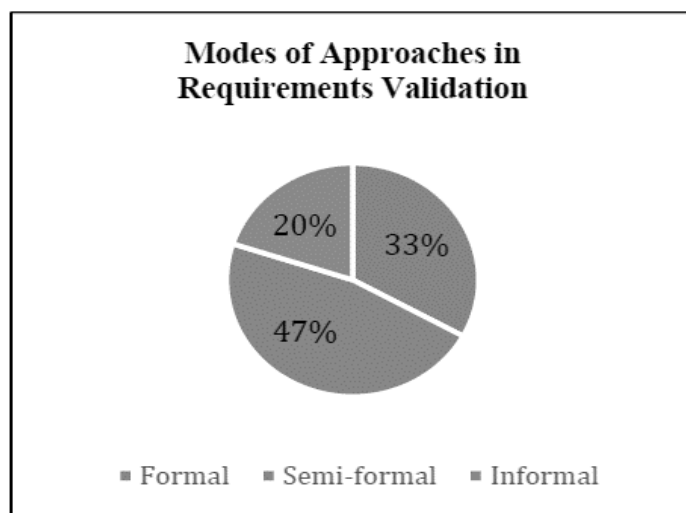


Fig. 3. Modos de enfoques en la validación de los requerimientos [6].

El estudio realizado por Moketar establece que muchos enfoques validan los requerimientos funcionales utilizando el enfoque/método semiformal. Para ello, el modelo UML fue utilizado con más frecuencia para la validación de requerimientos. En cuan-

to a las técnicas, la creación de prototipos fue la favorita, seguida por la simulación, la validación de requerimientos basada en modelos y en pruebas. El análisis también encontró que los criterios de calidad más importantes de los requerimientos eran la consistencia, corrección y lo completo [6].

Sourour, en el desarrollo de la metodología para la validación de requerimientos en un entorno colaborativo plantea problemas durante el proceso de validación de requerimientos: ¿Cuál es el resultado de la validación, cómo podemos validar los requerimientos? ¿Qué tipos de procesos de validación son los más adecuados para un proyecto? ¿Cómo garantizar que la solución satisfaga las necesidades de las partes interesadas y de la empresa? ¿Cuál es la mejor técnica a utilizar en la validación? ¿Cómo ponerse de acuerdo todas las partes interesadas? Los diferentes modos de validación (formal, semi-formal, informal). Control de los requerimientos funcionales cambiantes, técnicas de negociación insuficientes para la validación, la falta de actividad de validación en RE, la falta de métodos de validación, la falta de expertos analistas, falta de expertos en negocios con un alto nivel analítico y comunicación entre otros [7].

En este enfoque, que fue analizado en proyectos anteriores [8] [9] se ha demostrado que el desarrollo de herramientas libres para la gestión de requerimientos es una tarea que aún tiene mucho por explorar, pues requiere optimizar y definir funcionalidades para el aseguramiento de la calidad de los requerimientos. Además, se ha señalado que es necesario fortalecer el proceso de validación de requerimientos para garantizar la calidad del producto o sistema, enfocándose en las diferentes etapas del ciclo de vida del software.

Continuando con esta misma línea de investigación [10] permitirá obtener información sobre los problemas asociados al proceso de validación de requerimientos en el ciclo de vida del software: la naturaleza de la información Quién, Qué, Cuándo, Por qué y Cómo validar los requerimientos y analizar comparativamente sus características, necesidades de información y restricciones en base a determinados criterios sobre los enfoques analizados.

Las actividades del trabajo de investigación se realizaron aplicando una metodología experimental, incluyendo relevamiento bibliográfico, relevamiento de enfoques de validación de requerimientos, análisis de las técnicas de procesamiento de lenguaje natural, análisis y evaluación de características de entornos colaborativos y publicación de resultados.

Síntesis de resultados y conclusiones

La validación de requerimientos es el proceso de aseguramiento de la corrección del modelo de requerimientos con respecto a las necesidades de los usuarios. Debido al constante cambio e inclusión de software en distintos dominios (control de tráfico aéreo, conducción autónoma, sistemas médicos) las exigencias de calidad son cada vez mayores y más críticas. Por ese motivo es necesario utilizar las técnicas de validación adecuada para obtener el mejor producto de software, se analizaron enfoques de validación de requerimientos del software publicados en los últimos 15 años con el propósito de realizar un análisis para conocer el comportamiento de técnicas de validación en el contexto de diferentes dominios de aplicación del software.

En esta revisión bibliográfica se propone responder a la pregunta ¿Cuál es la tendencia de las técnicas relacionadas con el proceso de validación de requerimientos

que se han formulado en la literatura hasta el momento? Se obtuvieron los resultados que se discuten a continuación:

La mayoría de los enfoques utilizan una combinación de técnicas, esto se debe a que cada técnica de validación de requerimientos tiene sus objetivos y en la participación de diferentes partes interesadas.

Según la Fig.4 45% de las técnicas más utilizadas por los enfoques son prototipo basado en modelos UML y basado en modelos de simulación, luego el 33% basado en modelos UML y por último con el 22% el lenguaje natural basado en patrones, prototipo basado en animación, lenguaje natural basado en ontologías y casos de pruebas basados en modelos UML.

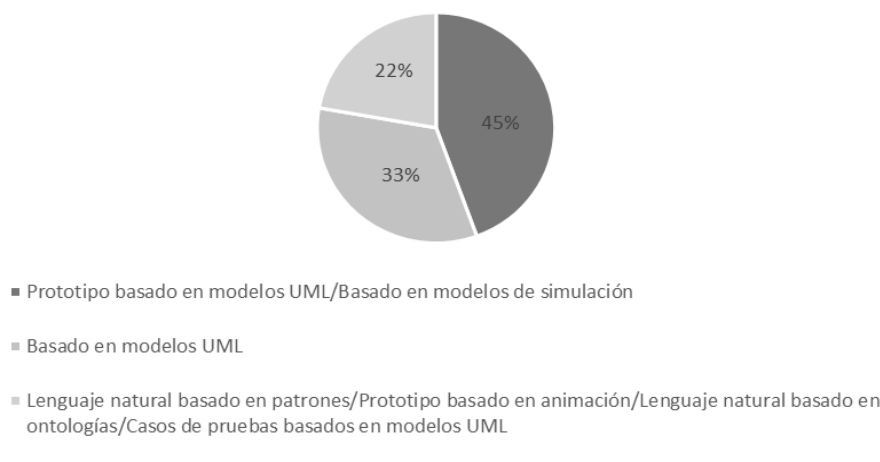


Fig 4. Técnicas de validación utilizadas por los enfoques analizados.

El 42% de los enfoques analizados utilizan combinaciones de técnicas de validación que cumplen con las características de los requerimientos denominadas 3C (completitud, corrección y consistencia).

La Fig. 5 muestra cómo se relacionan las técnicas de validación y las características de los requerimientos 3C en diferentes dominios de aplicación del software.

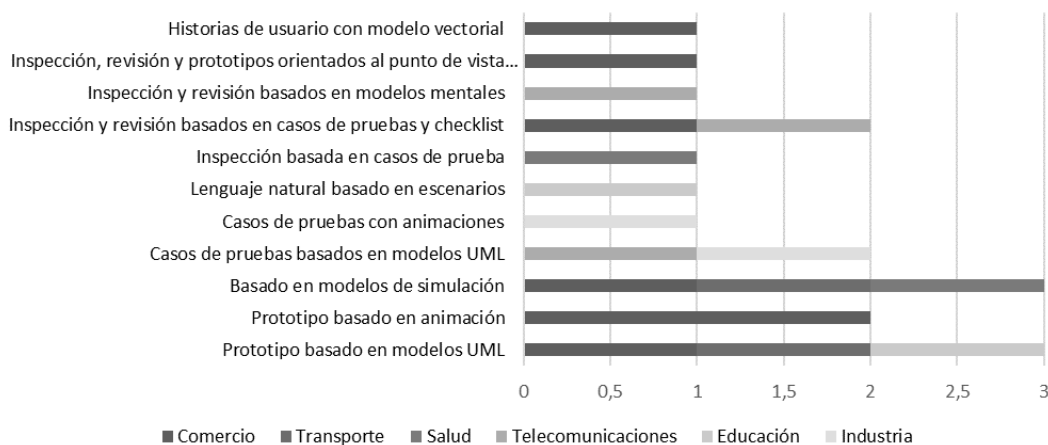


Fig 5. Relación de las técnicas de validación y las características de los requerimientos (3C) en diferentes dominios de aplicación del software.

La generación de prototipos, si bien es la técnica más usada por los enfoques, no es muy utilizada por sí misma a menos que se combine con otras técnicas. La creación de prototipos se combina con enfoques orientados al modelado, animación y a la realización de pruebas. En la Fig.5 se muestra que los prototipos basados en animación se utilizan en dominios orientados al comercio mientras que los prototipos basados en modelos UML lo utilizan en diferentes dominios de aplicación comercio, transporte y educación. Ambas técnicas cumplen con las características de los requerimientos 3C.

Las técnicas basadas en modelos proponen una solución más amplia para la validación de requerimientos, ofrecen una garantía temprana de consistencia entre los requerimientos y la corrección del diseño. Las técnicas de corrección por construcción limitan la necesidad de una verificación del modelo a posteriori. La técnica basada en modelos se combina con modelos UML y simulación. Según la Fig.5, la única que cumple las características de los requerimientos 3C es la técnica basada en modelos de simulación usada en diferentes dominios de aplicación como el comercio, transporte y salud.

Las técnicas orientadas a las pruebas verifican si los casos de prueba creados a partir del requerimiento son útiles y fáciles de generar. Si generar casos de prueba es difícil o imposible, los requerimientos eventualmente carecen de información, son incompletos, difíciles de verificar o modificar, o no son medibles. En general, estas técnicas se utilizan combinadas con otras técnicas para proporcionar a las partes interesadas la justificación de sus necesidades previstas. Los casos de prueba se combinan con modelos de escenarios y UML. Según la Fig.5, las técnicas que cumplen con las características de los requerimientos 3C son los casos de prueba basados en modelos UML empleada en el dominio de aplicación de las telecomunicaciones y la industria y casos de pruebas con animaciones utilizada en el dominio de aplicación de la industria.

El lenguaje natural utilizado en los enfoques, si bien es la forma preferida de comunicarse con el cliente, se observa que esta técnica toma fuerza cuando se combina con modelos formales o semiformales sin perder la coherencia entre ambas representaciones. El modelo más utilizado con el lenguaje natural son los patrones, luego escenarios, ontologías, discusión, semánticas y por último UML. Según la Fig.5, la única técnica que cumple con las características de los requerimientos 3C es el lenguaje natural basado en escenarios utilizada en el dominio de aplicación de la educación.

La técnica de inspección trabaja en conjunto con la revisión ya que es una técnica más sencilla, la combinación de ambas aseguran el descubrimiento y solución de errores durante el proceso de Ingeniería de Requerimientos. El método checklist es el más utilizado por la inspección ya que ofrece consistencia sobre los defectos de los requerimientos comparados, además se combina con otras técnicas como casos de prueba, basado en modelos, prototipos y orientados al punto de vista. Según la Fig.5, muestra que la mayoría de las combinaciones de técnicas que utiliza la inspección cumple con las características de los requerimientos 3C en los dominios de aplicación del comercio, salud y telecomunicaciones.

El 39% de los enfoques analizados tienen una herramienta asociada, donde el 21% de los enfoques han desarrollado su propia herramienta y el 18% utilizaron herramientas reconocidas para la gestión de requerimientos.

Hoy en día, los requerimientos se escriben con la participación de un gran número de personas que producen una cantidad variada de artefactos. En este contexto los entornos colaborativos y el procesamiento de lenguaje natural cobran importancia. Se discuten los aspectos más importantes de una línea de investigación iniciada en la

Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) que tiene como objetivo desarrollar un proceso de validación de requerimientos utilizando, entre otras técnicas, procesamiento de lenguaje natural y entornos colaborativos. Los resultados obtenidos / esperados se pueden resumir en:

- Se ha avanzado en una revisión bibliográfica de las principales tendencias de la Validación de Requerimientos del software desde el año 2007 hasta el año 2021. Los artículos analizados fueron obtenidos desde las fuentes IEEE, Elsevier, Springer y ACM Digital Library. Se han preseleccionado 38 trabajos para posteriormente centralizarse en 4 metodologías [11].
- Se ha avanzado en el análisis comparativo de cuatro metodologías con el fin de identificar las contribuciones al proceso de Validación de Requerimientos [12]:
 - › Funciones, componentes, entornos y características.
 - › Actividades de planificación.
 - › Técnicas de control e indicadores rendimiento.
 - › Definición de estándares.
 - › Aceptación del cliente/usuario.
 - › Dominios de aplicación.
 - › Participación cliente/usuario.
 - › Etapas del ciclo de vida del desarrollo del software donde validan los requerimientos.
- Se ha avanzado sobre la elaboración de buenas prácticas para el proceso de validación de requerimientos [12]:
- Determinación de características que se resumen en términos de recomendaciones de buenas prácticas que pueden mejorar el conocimiento en el desarrollo de enfoques para validación de requerimientos.
- Se ha avanzado el análisis de diversos enfoques de validación de requerimientos sobre las características asociadas al proceso de validación de requerimientos en el ciclo de vida del software: la naturaleza de la información Quién, Qué, Cuando, Por qué y Cómo validar los requerimientos [13]:
 - › Definición de dominios específicos de aplicación
 - › Participación de los usuarios/clientes
 - › Cumplimiento de estándares
 - › Nivel de formalidad, solución y evaluación de la especificación de requerimientos
 - › Utilización de criterios de calidad de los requerimientos
 - › Desempeño de las técnicas de validación de requerimientos
- Se ha avanzado el análisis del comportamiento de técnicas de validación en el contexto de diferentes dominios de aplicación de software [14]:
 - › Utilización de técnicas de validación
 - › Análisis de las características de los requerimientos 3C (completitud, corrección y consistencia)
 - › Relación sobre el uso de las técnicas de validación y las características de los requerimientos 3C en diferentes dominios de aplicación del software
 - › Uso de herramientas para la validación de requerimientos
- Avanzar en la capacitación continua de los miembros de la línea de investigación.

- Avanzar en el aprendizaje de procesos de Ingeniería de Requerimientos.
- Avanzar en el aprendizaje de técnicas de procesamiento de lenguaje natural teniendo como finalidad aplicarlas al proceso de Validación de Requerimientos.
- Avanzar en el estudio de las cualidades de la SRS a evaluar en el proceso de Validación de Requerimientos.
- Avanzar en el estudio de procesos colaborativos teniendo como finalidad aplicarlos al proceso de Validación de Requerimientos

La calidad de los requerimientos tiene un impacto significativo sobre los artefactos durante el desarrollo del software, debido a que los requerimientos se expresan generalmente en lenguaje natural, lo cual puede ocasionar distintos tipos de defectos como la ambigüedad, integridad y atomicidad. Por otra parte, el principal objetivo de la validación de los requerimientos es confirmar que los requerimientos especificados sean representaciones de las necesidades y expectativas de los usuarios y deben ser completos, correctos y consistentes entre otras características, evaluar estos atributos de calidad puede resultar una tarea difícil. Se realizó el relevamiento de las principales tendencias de las técnicas de procesamiento de lenguaje natural (PLN) en la validación de requerimientos publicados en los últimos 13 años. Se seleccionaron y analizaron a partir de un enfoque basado en un esquema de caracterización para conocer información asociada a los mismos. En el estudio se preseleccionaron 32 trabajos para posteriormente centralizarse en 4 de ellos. Los trabajos seleccionados responden a las preguntas de evaluación de las cuatro técnicas del NLP seleccionadas, se identificaron las siguientes contribuciones al proceso de Validación de Requerimientos mediante el uso de técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés):

- Las técnicas de NLP se centran en el análisis semántico, es decir, en el significado contextual de las palabras en la validación de requerimientos.
- Las técnicas de NLP validan la propiedad de correctitud de los requerimientos utilizando patrones en la especificación de requerimientos y se aplican en la etapa inicial del desarrollo del software.
- Las técnicas de NLP proporcionan diferencias en el enfoque de dominio en la validación de requerimientos con diversos grados de éxito. Este éxito depende de la naturaleza de la organización en sí y del conocimiento profundo del negocio para adaptar la técnica a las necesidades del negocio y del usuario.
- Las técnicas de NLP requieren personal con experiencia en Lenguaje Natural Controlado (LNC) debido a que aplican algoritmos de aprendizaje automático en la validación de requerimientos, es decir, el personal debe tener conocimiento sobre lenguaje natural y la aplicación de restricciones de vocabulario, gramática y/o semántica.
- Las técnicas de NLP evidencian el escaso uso de indicadores de rendimiento para el control y seguimiento de los defectos en los requerimientos, así como también objetivos a ser evaluados por dichos indicadores.

Estudio de técnicas de procesamiento de lenguaje natural en la validación de requerimientos

Se realizó un estudio de técnicas de procesamiento de lenguaje natural en la validación de requerimientos utilizando un proceso de tres fases: búsqueda, selección y evaluación de trabajos para una revisión bibliográfica de enfoques relacionados con el NLP en la validación de requerimientos [15]. La pregunta a responder para el proceso

de revisión es ¿Cuál es la tendencia de las prácticas relacionadas de NLP en la validación de requerimientos? Para las búsquedas se desarrollaron frases, en inglés y español, con el fin de encontrar respuestas a la pregunta. Las búsquedas se realizaron en artículos publicados en las editoriales de información IEEE, Springer y ACM Digital Library, publicados entre 2010 y 2023, se utilizaron distintos criterios de inclusión y exclusión que permitió seleccionar los artículos finales. En la búsqueda inicial aplicando la estrategia de búsqueda se encontraron 6045 artículos, luego de eliminar los artículos duplicados y aplicar los criterios de inclusión y exclusión definidos se preseleccionaron 576 artículos. Después de leer los títulos, los resúmenes, palabras claves y las conclusiones se preseleccionaron 85 artículos relevantes. Por último, luego de aplicar los criterios de evaluación se preseleccionaron 32 documentos, de los cuales posteriormente se seleccionaron solo aquellos que aportan una técnica de NLP para el proceso de validación de requerimientos por su modo de pensamiento, modelamiento, conceptos y trabajo.

El análisis de los cuatro artículos seleccionados respondió al esquema de categorización propuesto, del mismo se extrajeron diferentes características que son calificadas como puntos de valoración para los enfoques seleccionados. Se identificaron las siguientes contribuciones al proceso de Validación de Requerimientos mediante el uso de técnicas de NLP:

- Las técnicas de NLP se centran en el análisis semántico, es decir, en el significado contextual de las palabras en la validación de requerimientos.
- Las técnicas de NLP validan la propiedad de correctitud de los requerimientos utilizando patrones en la especificación de requerimientos y se aplican en la etapa inicial del desarrollo del software.
- Las técnicas de NLP proporcionan diferencias en el enfoque de dominio en la validación de requerimientos con diversos grados de éxito. Este éxito depende de la naturaleza de la organización en sí y del conocimiento profundo del negocio para adaptar la técnica a las necesidades del negocio y del usuario.
- Las técnicas de NLP requieren personal con experiencia en Lenguaje Natural Controlado (LNC) debido a que aplican algoritmos de aprendizaje automático en la validación de requerimientos, es decir, el personal debe tener conocimiento sobre lenguaje natural y la aplicación de restricciones de vocabulario, gramática y/o semántica.
- Las técnicas de NLP evidencian el escaso uso de indicadores de rendimiento para el control y seguimiento de los defectos en los requerimientos, así como también objetivos a ser evaluados por dichos indicadores.

Análisis de librerías de procesamiento de lenguaje natural para el reconocimiento de entidades en la validación de requerimientos

En el marco del procesamiento de lenguaje natural se analizaron las librerías para el reconocimiento de entidades en la validación de requerimientos para conocer la información asociadas a las mismas [16]. Debido a la amplia variedad de librerías del NLP para el reconocimiento de entidades, los autores establecieron ciertos criterios de selección, multi-idiomas, lenguajes de programación, eficiencia, facilidad de uso, modelos preentrenados, entidades, modelos externos, integración en flujo de procesamiento, licencia, documentación y actividad en GitHub. A partir de los criterios mencionados, se seleccionaron y analizaron las librerías Spacy, NLTK, Core NLP, Apache OpenNLP, GATE y Gensim.

Del análisis comparativo realizado de las librerías de NLP para NER en la validación de requerimientos se obtuvieron los siguientes resultados:

- Todas las librerías son multilingüaje con aplicabilidad a diferentes idiomas.
- Las librerías Core NLP, Apache OpenNLP y GATE utilizan Java como lenguaje de programación mientras que Spacy, NLTK y Gensim utilizan Python.
- La librería Spacy presenta una buena eficiencia respecto al resto de las librerías. No obstante, se menciona a la librería GATE y Gensim, dado que en función de los parámetros presentan un grado de eficiencia variable, pudiendo resultar altamente eficientes en algunos casos.
- La mayoría de las librerías analizadas, excepto Gensim, permiten el reconocimiento de entidades nombradas.
- La librería Spacy no utiliza modelos externos, es decir, no requiere de librerías externas para tareas de procesamiento de texto.
- Todas las librerías son de código abierto bajo licencia GPL donde es obligatorio que el software resultante debe ser de código abierto bajo esta licencia.
- Todas las librerías cuentan con buena y amplia documentación.

El desafío de esta investigación es mostrar información sobre las librerías que realizan NER. En consecuencia, la elección dependerá en gran medida de las características específicas del proyecto y los factores requeridos, como el lenguaje de programación, la disponibilidad de modelos preentrenados y las preferencias personales del desarrollador.

Estudio de entornos colaborativos en la validación de requerimientos

En cuanto al estudio de entornos colaborativos en la validación de requerimientos, se realizó un procedimiento de tres fases: búsqueda, selección y evaluación de trabajos para una revisión bibliográfica de métodos en entornos colaborativos para la validación de requerimientos [17]. La pregunta a responder para el proceso de revisión es ¿Qué aportes realizan los entornos colaborativos en la validación de requerimientos? Las búsquedas se realizaron en artículos publicados en las fuentes de información IEEE, Elsevier, Springer, SEDICI y ACM Digital Library, publicados en español e inglés a partir del 2010. Aplicando la estrategia de búsqueda por palabras o frases y los criterios de inclusión y exclusión definidos se preseleccionaron 19 artículos. Después de leer los títulos, resúmenes, palabras claves y conclusiones se realizó una nueva búsqueda y se encontraron 7 artículos más siendo un total de 26 documentos. Por último, luego de aplicar los criterios de evaluación definidos se preseleccionaron 7 documentos, de los cuales posteriormente se seleccionaron cinco artículos que aportan una técnica, método o herramienta de colaboración para el proceso de validación de requerimientos.

Se evaluaron las actividades grupales en los procesos de colaboración de los artículos seleccionados con un enfoque basado en un esquema de caracterización que utiliza patrones y subpatrones para conocer información de los entornos colaborativos en la validación de requerimientos. Se obtuvieron las siguientes características en los enfoques evaluados:

- Utilizan herramientas sincrónicas o asincrónicas para proponer explicaciones y formulaciones alternativas de un concepto en el proceso de colaboración.
- Vinculan las necesidades y especificaciones de los grupos de trabajo para satisfacerlas mediante herramientas de colaboración como, por ejemplo, pizarras, prototipos entre otros.

- Buscan aumentar la calidad del producto de software y reducir la complejidad de la tarea de validación de requerimientos.
- Unifican los puntos de vista, promueven la comunicación y colaboración efectiva entre las partes interesadas además de integrar criterios y comprender los requerimientos del software.

El desafío de esta investigación es mostrar información sobre entornos colaborativos en la validación de requerimientos donde se evidencia que, en la validación de requerimientos de software utilizando entornos colaborativos, las partes interesadas logran construir el consenso en la colaboración efectiva. Además, la colaboración permite reducir o minimizar errores en los requerimientos.

Proceso de validación de requerimientos aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural en un entorno colaborativo

Se realizó la primera presentación de los avances más importantes de la línea de investigación iniciada en el PID 7070. Las mismas fueron presentadas y aceptadas en el XXV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación [18]. Los resultados presentados se pueden resumir en:

- Se ha avanzado en una revisión bibliográfica de las principales tendencias de la Validación de Requerimientos del software desde el año 2007 hasta el año 2021. Los artículos analizados fueron obtenidos desde las fuentes IEEE, Elsevier, Springer y ACM Digital Library. Se han preseleccionado 38 trabajos para posteriormente centralizarse en 4 metodologías.
- Se ha avanzado en el análisis comparativo de cuatro metodologías con el fin de identificar las contribuciones al proceso de Validación de Requerimientos:
 - › Funciones, componentes, entornos y características.
 - › Actividades de planificación.
 - › Técnicas de control e indicadores rendimiento.
 - › Definición de estándares.
 - › Aceptación del cliente/usuario.
 - › Dominios de aplicación.
 - › Participación cliente/usuario.
 - › Etapas del ciclo de vida del desarrollo del software donde validan los requerimientos.
- Se ha avanzado sobre la elaboración de buenas prácticas para el proceso de validación de requerimientos:
 - › Determinación de características que se resumen en términos de recomendaciones de buenas prácticas que pueden mejorar el conocimiento en el desarrollo de enfoques para validación de requerimientos.
- Se ha avanzado el análisis de diversos enfoques de validación de requerimientos sobre las características asociadas al proceso de validación de requerimientos en el ciclo de vida del software: la naturaleza de la información Quién, Qué, Cuando, Por qué y Cómo validar los requerimientos:
 - › Definición de dominios específicos de aplicación
 - › Participación de los usuarios/clientes
 - › Cumplimiento de estándares
 - › Nivel de formalidad, solución y evaluación de la especificación de requerimientos

- › Utilización de criterios de calidad de los requerimientos
- › Desempeño de las técnicas de validación de requerimientos
- Se ha avanzado el análisis del comportamiento de técnicas de validación en el contexto de diferentes dominios de aplicación de software:
 - › Utilización de técnicas de validación
 - › Análisis de las características de los requerimientos 3C (completitud, corrección y consistencia)
 - › Relación sobre el uso de las técnicas de validación y las características de los requerimientos 3C en diferentes dominios de aplicación del software
 - › Uso de herramientas para la validación de requerimientos

Estudio comparativo sobre la aplicación de librerías PLN para reconocimiento de entidades en la validación de requerimientos

Se realizó la segunda presentación de los avances más importantes de la línea de investigación iniciada en el PID 7070. Las mismas fueron presentadas y aceptadas en el XXVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación [19]. Los resultados presentados se pueden resumir en:

Con el desarrollo de las actividades previstas, se ha avanzado en las distintas líneas de investigación. Se ha realizado el estudio de técnicas de procesamiento de lenguaje natural en la validación de requerimientos, mediante una revisión bibliográfica de las principales tendencias de las técnicas de PLN en la validación de requerimientos publicados en los últimos 13 años. Se obtuvieron las siguientes contribuciones, las técnicas de PLN:

- Se centran en el análisis semántico, es decir, en el significado contextual de las palabras y en la validación de requerimientos.
- Validan la propiedad de correctitud de los requerimientos utilizando patrones en la especificación de requerimientos y se aplican en la etapa inicial del desarrollo del software.
- Proporcionan diferencias en el enfoque de dominio en la validación de requerimientos con diversos grados de éxito.
- Requieren personal con experiencia en Lenguaje Natural Controlado (LNC) debido a que aplican algoritmos de aprendizaje automático en la validación de requerimientos.
- Evidencian el escaso uso de indicadores de rendimiento para el control y seguimiento de los defectos en los requerimientos, así como también objetivos a ser evaluados por dichos indicadores.

Además, se ha elaborado el estudio de entornos colaborativos en la validación de requerimientos, mediante una revisión bibliográfica desde el año 2010 al año 2023 de las principales tendencias de entornos colaborativos en la validación de requerimientos del software, obteniendo las siguientes contribuciones:

- › Utilizan herramientas sincrónicas o asincrónicas para proponer explicaciones y formulaciones alternativas de un concepto en el proceso de colaboración.
- › Vinculan las necesidades y especificaciones de los grupos de trabajo para satisfacerlas mediante herramientas de colaboración.
- › Buscan aumentar la calidad del producto de software y reducir la complejidad de la tarea de validación de requerimientos.

- › Unifican los puntos de vista, promueven la comunicación y colaboración efectiva entre las partes interesadas además de integrar criterios y comprender los requerimientos del software.

Por último, se ha avanzado en el análisis de librerías de procesamiento de lenguaje natural para el reconocimiento de entidades en la validación de requerimientos, obteniendo las siguientes contribuciones, la mayoría de las librerías analizadas:

- › Son multilinguaje.
- › Tienen eficiencia y facilidad de uso moderada.
- › Trabajan con modelos preentrenados y externos.
- › Son de código abierto y poseen buena documentación.

Proceso de Validación de Requerimientos Aplicando Técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural en un Entorno Colaborativo

Dentro del marco del desarrollo de la tesis, Santana desarrolló un proceso de validación de requerimientos en un entorno colaborativo basado redes sociales formadas por equipos centrados en requerimientos [20]. El proceso consiste en validar requerimientos utilizando la técnica extracción de entidades de procesamiento de lenguaje natural. El reconocimiento de entidades permite identificar y clasificar objetos o entidades de texto mediante el uso de librerías que combinado con la validación de requerimientos permite certificar que los requerimientos sean correctos. Además, el proceso de validación propuesto, se despliega en un entorno colaborativo mediante el desarrollo de una herramienta que validará los requerimientos usando tres redes sociales con equipos centrados en requerimientos, red social de dependencia, red social asignación y red social de comunicación, esta última permitirá conocer información del entorno colaborativo a través de la aplicación de técnicas de análisis.

El modelo propuesto de proceso de validación de requerimientos en entornos colaborativos, como se muestra en la Figura 6, tiene siete actividades con distintos elementos de entrada y salida:

- **Diseño de la red de dependencia de requerimientos:** El objetivo de esta actividad es determinar la dependencia técnica de los requerimientos a validar utilizando la especificación de requerimientos.
- **Diseño de la red de asignación de requerimientos:** El objetivo de esta actividad es determinar que stakeholders trabajan en cada requerimiento, considerando la especificación de requerimientos y las dependencias entre los requerimientos.
- **Extracción de entidades:** El objetivo de esta actividad es aplicar la técnica extracción de entidades para obtener las entidades de los requerimientos mediante una herramienta colaborativa a desarrollar utilizando bibliotecas de procesamiento de lenguaje natural.
- **Revisión y validación de entidades:** El objetivo de esta actividad es revisar y validar las entidades en la herramienta colaborativa a desarrollar. Si hay discrepancias o dudas sobre las entidades, deben ser discutidas en el foro de la herramienta colaborativa a desarrollar para llegar a un consenso. Considerando que en el foro puede surgir la incorporación o la eliminación de requerimientos.
- **Análisis de los requerimientos:** El objetivo de esta actividad es analizar si el requerimiento es aceptado, modificado o rechazado en función de la validación de las entidades.

- **Actualización de requerimientos:** El objetivo de esta actividad es actualizar la especificación de requerimientos.
- **Análisis de la red de comunicación:** El objetivo de esta actividad es examinar la comunicación generada en torno a un requerimiento para conocer el tamaño y la densidad de las redes sociales diseñadas.

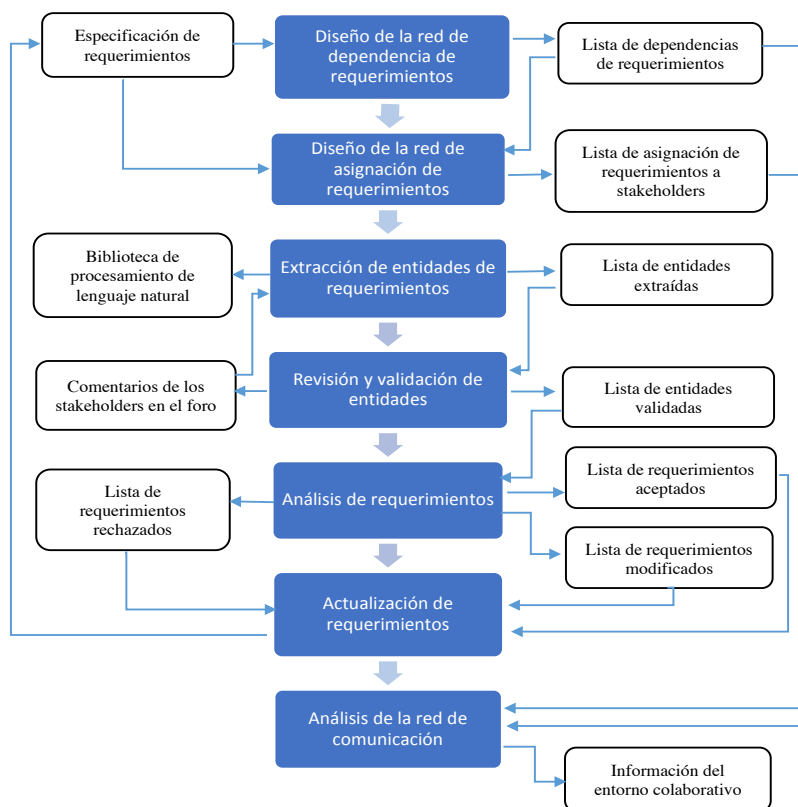


Fig. 6. Esquema propuesto de proceso de validación en entorno colaborativo.

ValReCo: Un Proceso de Validación de Requerimientos

Se presentó una experiencia de aplicación en un dominio de prueba del proceso ValReCo para validación de requerimientos en un entorno colaborativo [21]. El proceso ValReCo se basa en una estructura centrada en el requerimiento como unidad de trabajo en torno a la cual se produce la colaboración. Al adoptar una perspectiva de colaboración sobre el requerimiento, busca mejorar la comprensión de los muchos aspectos que rodean la comunicación, la coordinación y la conciencia de los equipos multifuncionales a lo largo del proceso, y que enfrentan desafíos de naturaleza socio-técnica y organizacional.

En cuanto, al uso de técnica NER utilizando Spacy, con Matcher permite definir patrones específicos que se puede personalizar según las necesidades a diferencia de NER estándar que solo utiliza un modelo preentrenado para identificar entidades como personas, organizaciones, fechas entre otras. De igual manera el procesamiento puede ser refinado y extendido para mejorar la precisión de la clasificación.

La red de comunicación generada a partir del uso de un foro de discusión, es útil para identificar la actividad de comunicación generada en torno a un requerimiento y

una indicación de comportamientos como pedir aclaraciones sobre cambios de requerimientos y comunicación.

Para analizar el entorno colaborativo se utilizan dos métricas, la primera, es el tamaño relativo de los ECR, se puede observar que la cantidad de miembros de los ECR involucrados en un requerimiento es mayor al tamaño relativo obtenido, lo que pueden surgir problemas de coordinación durante la validación del requerimiento. La segunda, es la densidad de los ECR, en la colaboración basada en requerimientos, es una medición que indica que tan estrechamente acoplado está el equipo de requerimientos y refleja la capacidad del equipo para distribuir conocimiento sobre los cambios en los requerimientos o aclaraciones sobre los requerimientos. La densidad de los ECR es alta, lo que sugiere que los miembros del equipo se comunican mucho entre sí en la validación del requerimiento. La búsqueda de aclaraciones fue el tema de discusión del foro, entonces se puede concluir que algunos requerimientos son ambiguos y problemáticos porque requiere mucho intercambio de información para aclararlos.

Análisis del entorno colaborativo del proceso de validación de requerimientos ValReCo

Se realizó el análisis del entorno colaborativo del proceso ValReCo mediante un esquema de caracterización para conocer información asociada al entorno colaborativo y una experiencia práctica para estimar el consenso y medir el grado de dispersión de los stakeholders [22].

De la aplicación del esquema de caracterización de patrones y subpatrones al proceso ValReCo se obtuvo que el patrón Generar corresponde a la formación de los equipos centrados en requerimientos (ECR) y los subpatrones demostraron que pueden recopilar, producir y compartir requerimientos entre los stakeholders, además de brindar detalles y caracterizarlos en términos de sus componentes y subcomponentes.

El patrón Aclarar comparte información con la ayuda de un foro que permite proponer explicaciones y formulaciones alternativas de requerimientos entre los stakeholders.

El proceso ValReCo utiliza el patrón Reducir a partir de la técnica extracción de entidades de procesamiento de lenguaje natural en un entorno colaborativo lo que permite seleccionar las entidades de los requerimientos para ser validadas.

Por medio de la utilización del foro se logra aplicar el patrón Organizar al actualizar el documento de requerimientos a través de los aportes de los stakeholders que agregaron, eliminaron o modificaron requerimientos en el proceso de validación.

Los stakeholders al trabajar colaborativamente en el foro se logra reducir la complejidad, tiempo y esfuerzo en la tarea de validación de requerimientos. Es decir, que a través del consenso activo en un medio colaborativo aumentaron la calidad del producto software. Esto se refleja en el patrón Evaluar.

El patrón Construir/Consenso posibilita aclarar los requerimientos mediante la efectiva comunicación y colaboración entre los stakeholders, es decir, comprender cómo se comunican entre ellos. Además de conocer el tamaño y densidad de los ECR.

De la experiencia práctica realizada para estimar el consenso y medir el grado de dispersión de los stakeholders por medio de la función de entropía de Shannon se muestra que el consenso de las variables consideradas, Acuerdo-Neutro-Desacuerdo, va aumentando en la validación de las entidades avanzaba, determina que hay consenso entre los stakeholders. Además, se muestra que existe una dispersión normal entre las diferentes posiciones de los stakeholders. Por dispersión se entiende la falta de

interés y compromiso de los stakeholders por el objetivo planteado, cuanto más alta es la dispersión mayor es la falta de compromiso y desinterés.

El entorno colaborativo del proceso ValReCo se adapta al esquema de caracterización basado en patrones y subpatrones utilizado en la ingeniería de colaboración y se logró comprender cómo se comunican los stakeholders de los ECR en el entorno colaborativo.

ValReCo. A Requirements Validation Process

La presente publicación [23] se realizó en el idioma inglés, por tal motivo se expresan las conclusiones en inglés y su traducción al español.

A practical application of a case study of the ValReCo process was carried out [23]. Among the favorable aspects, the analyst highlighted use of ECRs that facilitated the collaboration among stakeholders, regardless of their technical profile, improving the understanding of different aspects surrounding the communication and coordination of the ECRs throughout the process. In addition, the calculation of consensus estimation and the degree of dispersion between the different stakeholder positions allowed to streamline discussions and resolve ambiguities prior to the acceptance of the requirements. The use of quantitative metrics facilitated the evaluation of the collaborative environment, improving ambiguity and the ability to identify diversity in the distribution of stakeholders.

The analyst expressed some limitations, the process was affected by subjectivity in the interpretation of the entities extracted from the requirements, especially when some stakeholders failed to understand the framework of the process. In addition, it revealed resistance to change by some stakeholders, which hindered the implementation of the process, for example, lack of knowledge and time availability. It emphasized the initial complexity of implementing the process requires a learning curve associated with the integration of NLP techniques into traditional validation processes, as some ECRs showed resistance or difficulties in adapting to the process.

Another limitation expressed was the complexity in the adaptation of the entity extraction algorithm, since not obtaining the entities correctly or interpreting them erroneously generated false positives or negatives that hindered the validation process. Finally, he highlighted an important restriction related to the analysis of the efficiency of the process, expressing that, during the practical experience, they worked with a maximum of 15 requirements, which allowed an initial validation of the process.

The ValReCo process does not replace human validation, but complements expert review by confirming and contextualizing requirements. While it improves requirements validation, its maximum impact depends on improved automation, scalability, and collaboration between technical and non-technical teams.

El presente trabajo describe y desarrolla un estudio de caso del proceso ValReCo. Entre los aspectos favorables el analista destacó, el uso de los ECR que facilitaron la colaboración entre los stakeholders, independientemente de su perfil técnico, mejorando la comprensión de distintos aspectos que rodean la comunicación y la coordinación de los ECR a lo largo del proceso. Además, destacó el cálculo de estimación del consenso y el grado de dispersión entre las diferentes posiciones de los stakeholders que permitieron agilizar las discusiones y resolver ambigüedades antes de la aceptación de los requerimientos. El uso de métricas cuantitativas facilitó la evaluación del

entorno colaborativo, mejorando la ambigüedad y capacidad de identificar diversidad en la distribución de los stakeholders.

El analista manifestó algunas limitaciones, el proceso se vio afectado por la subjetividad en la interpretación de las entidades extraídas de los requerimientos, especialmente cuando algunos stakeholders no lograban comprender el marco de referencia del proceso. Además, reveló la resistencia al cambio por parte de algunos stakeholders, que dificultó la implementación del proceso, por ejemplo, la falta de conocimiento y disponibilidad de tiempo. Enfatizó la complejidad inicial de implementación del proceso requiere una curva de aprendizaje asociada a la integración de las técnicas de NLP en los procesos tradicionales de validación, ya que algunos ECR se mostró resistencia o dificultades para adaptarse al proceso.

Otra limitación expresada fue la complejidad en la adaptación del algoritmo de extracción de entidades, al no obtener correctamente las entidades o interpretarlas erróneamente generaba falsos positivos o negativos que dificultaron el proceso de validación. Por último, destacó una restricción importante relacionada con el análisis de la eficiencia del proceso, expresando que, durante la experiencia práctica, se trabajó con un máximo de 15 requerimientos, lo que permitió una validación inicial del proceso.

El proceso ValReCo no sustituye la validación humana, sino que complementa la revisión experta al confirmar y contextualizar los requerimientos. Si bien mejora la validación de requerimientos, su impacto máximo depende del perfeccionamiento de la automatización, la escalabilidad y la colaboración entre equipos técnicos y no técnicos. Las futuras investigaciones deberían centrarse en desarrollar herramientas más eficientes y precisas para superar los desafíos actuales.

Como conclusión de los trabajos presentados y aceptados en el primer año del desarrollo del proyecto podemos decir que, las técnicas de validación brindan muchas alternativas a los profesionales y las comunidades de investigación, las técnicas actuales a menudo se estudian desde una perspectiva. Por ejemplo, técnicas orientadas a prototipos se centran en los requerimientos funcionales para validar las expectativas de los clientes, dejando de lado los requerimientos no funcionales para otras técnicas, como las técnicas de inspección. Por el contrario, las técnicas orientadas al conocimiento, como basadas en modelos o paráfrasis del lenguaje natural están directamente relacionadas con requerimientos específicos. Estas técnicas intentan detectar errores sobre la base de la especificación, que pueden restringir la naturaleza del software en entornos cambiantes. Las técnicas de validación están estrechamente relacionadas con las características de los requerimientos en el contexto de diferentes dominios de aplicación. En muchos casos, la validación es subjetiva, lo que significa que los umbrales de errores de las características de los requerimientos pueden ser demasiado limitados. Las técnicas de validación actuales se consideran dependientes del contexto de diferentes dominios del software. En consecuencia, la selección de una técnica de validación depende de la naturaleza del problema, la experiencia de las partes interesadas y la disponibilidad de herramientas.

Además, podemos agregar que la mayoría de las técnicas de NLP se centran en el análisis semántico, es decir, en el significado contextual de las palabras en la validación de requerimientos y validan la propiedad de correctitud de los requerimientos utilizando patrones en la especificación de requerimientos y se aplican en la etapa inicial del desarrollo del software. Las técnicas de NLP también proporcionan diferencias en el enfoque de dominio en la validación de requerimientos con diversos grados de éxito.

Este éxito depende de la naturaleza de la organización en sí y del conocimiento profundo del negocio para adaptar la técnica a las necesidades del negocio y del usuario y requieren personal con experiencia en Lenguaje Natural Controlado (LNC) debido a que aplican algoritmos de aprendizaje automático en la validación de requerimientos, es decir, el personal debe tener conocimiento sobre lenguaje natural y la aplicación de restricciones de vocabulario, gramática y/o semántica. Se evidenció en los estudios realizados un escaso uso de indicadores de rendimiento para el control y seguimiento de los defectos en los requerimientos, así como también objetivos a ser evaluados por dichos indicadores.

Como conclusión de los trabajos presentados y aceptados en el segundo año del desarrollo del proyecto podemos decir que, la técnica más utilizada en los procesos analizados es el prototipo, pero la mayoría de los procesos la utiliza con una combinación de otras técnicas, esto se debe a que cada técnica de validación de requerimientos tiene sus objetivos y la participación de diferentes partes interesadas. Las técnicas de validación brindan muchas alternativas a los profesionales y las comunidades de investigación, las técnicas actuales a menudo se estudian desde una perspectiva. Por ejemplo, técnicas orientadas a prototipos se centran en los requerimientos funcionales para validar las expectativas de los clientes, dejando de lado los requerimientos no funcionales para otras técnicas, como las técnicas de inspección. Por el contrario, las técnicas orientadas al conocimiento, como basadas en modelos o paráfrasis del lenguaje natural están directamente relacionadas con requerimientos específicos. Estas técnicas intentan detectar errores sobre la base de la especificación, que pueden restringir la naturaleza del software en entornos cambiantes. Las técnicas de validación están estrechamente relacionadas con las características de los requerimientos en el contexto de diferentes dominios de aplicación. En muchos casos, la validación es subjetiva, lo que significa que los umbrales de errores de las características de los requerimientos pueden ser demasiado limitados. Las técnicas de validación actuales se consideran dependientes del contexto de diferentes dominios del software. En consecuencia, la selección de una técnica de validación depende de la naturaleza del problema, la experiencia de las partes interesadas y la disponibilidad de herramientas.

Además, la mayoría de las técnicas de NLP se centran en el análisis semántico, es decir, en el significado contextual de las palabras en la validación de requerimientos y validan la propiedad de correctitud de los requerimientos utilizando patrones en la especificación de requerimientos y se aplican en la etapa inicial del desarrollo del software. Las técnicas de NLP también proporcionan diferencias en el enfoque de dominio en la validación de requerimientos con diversos grados de éxito. Este éxito depende de la naturaleza de la organización en sí y del conocimiento profundo del negocio para adaptar la técnica a las necesidades del negocio y del usuario y requieren personal con experiencia en Lenguaje Natural Controlado (LNC) debido a que aplican algoritmos de aprendizaje automático en la validación de requerimientos, es decir, el personal debe tener conocimiento sobre lenguaje natural y la aplicación de restricciones de vocabulario, gramática y/o semántica. Se evidenció en los estudios realizados un escaso uso de indicadores de rendimiento para el control y seguimiento de los defectos en los requerimientos, así como también objetivos a ser evaluados por dichos indicadores.

Se pudo evidenciar que Spacy es una posible elección al momento de trabajar con NER en la validación de requerimientos, es sencilla de implementar, tiene facilidad de uso y no usa modelos externos. Además, posee una licencia MIT, la cual impone muy

pocas limitaciones en la reutilización y permite reutilizar software dentro del software propietario. Es una librería que recibe un considerable apoyo de contribuyentes, por lo que la misma se encuentra más optimizada o tiene menor cantidad de errores que el resto de las librerías analizadas. El NER desempeña un papel fundamental en la detección y clasificación de entidades en aplicaciones de NLP para la validación de requerimientos. A pesar de la disponibilidad de software de NER, sigue siendo difícil para los profesionales de NLP identificar de manera clara y objetiva la elección de la librería a utilizar.

En cuanto al estudio realizado sobre entornos colaborativos, los mismos utilizan herramientas sincrónicas o asincrónicas para proponer explicaciones y formulaciones alternativas de un concepto en el proceso de colaboración. Vinculan las necesidades y especificaciones de los grupos de trabajo para satisfacerlas mediante herramientas de colaboración como, por ejemplo, pizarras, prototipos entre otros así unifican los puntos de vista, promueven la comunicación y colaboración efectiva entre las partes interesadas además de integrar criterios y comprender los requerimientos del software. El uso de entornos colaborativos busca que las partes interesadas logren construir el consenso en la colaboración efectiva para aumentar la calidad del producto de software. Además, la colaboración permite reducir o minimizar errores en los requerimientos.

Para finalizar, el proceso ValReCo ha demostrado ser eficaz en varios aspectos, pero también presenta limitaciones que deben considerarse para su futura mejora.

Entre los aspectos favorables, se destaca la adaptabilidad del proceso a diferentes dominios de aplicación y su capacidad para ser escalado ha mostrado ser adecuado en la aplicación de diversos entornos. Además, la eficiencia en la mejora de la comprensión de distintos aspectos que rodean la comunicación y la coordinación de los ECR a lo largo del proceso, y que enfrentan desafíos de naturaleza socio técnica y organizacional, es el resultado de trabajar con una estructura centrada en el requerimiento como unidad de trabajo en torno a la cual se produce la comunicación y la colaboración.

Otro aspecto a destacar, es el uso ECR que facilitan la colaboración entre los stakeholders encargados de validar y aportar en los requerimientos. Además, estimar el consenso y medir el grado de dispersión entre las diferentes posiciones de los stakeholders es eficaz para agilizar las discusiones y resolver ambigüedades antes de la aceptación de los requerimientos. Asimismo, el uso de un entorno colaborativo ha mejorado la transparencia y accesibilidad de la información, lo que permite una validación más inclusiva y comprensible para los stakeholders involucrados, independientemente de su perfil técnico.

Se enfatiza la detección temprana de errores en los requerimientos, esto se debe al uso de la técnica NER del NLP que permite identificar de manera automática y precisa entidades específicas de los requerimientos a validar. Asimismo, la técnica ha facilitado la consistencia en la identificación de patrones lingüísticos, lo que ha contribuido a una mejor normalización de los requerimientos y a la mejora de la comunicación entre ECR. El proceso no reemplaza la validación humana, ya que el mismo realiza la revisión experta para confirmar y contextualizar las entidades extraídas de los requerimientos.

Por último, se destaca la consistencia y objetividad que los estándares y métricas aportan al proceso de validación. La utilización de métricas cuantitativas ha permitido una evaluación del entorno colaborativo basado en ECR, reduciendo la ambigüedad y mejorando la capacidad de identificar diversidad en la distribución de los stakeholders. Asimismo, el uso de estándares reconocidos ha facilitado una alineación efectiva

con las mejores prácticas de la industria, lo que ha contribuido a una mayor coherencia en la interpretación y documentación de los requerimientos.

Sin embargo, se han identificado algunos desafíos y limitaciones que deben ser tenidos en cuenta para mejorar el proceso en el futuro. Entre los desafíos el proceso se vio afectado por la subjetividad en la interpretación de las entidades extraídas de los requerimientos, especialmente cuando algunos stakeholders no lograban comprender el marco de referencia del proceso. Otro desafío que se observó fue la resistencia al cambio por parte de los stakeholders, en algunos casos dificultó la implementación del proceso, por ejemplo, la falta de conocimiento, compromiso y disponibilidad de tiempo.

Una limitación que se observó es la complejidad inicial de implementación que requiere una curva de aprendizaje asociada a la integración de las técnicas de NLP en los procesos tradicionales de validación, ya que algunos ECR se mostró resistencia o dificultades para adaptarse al nuevo proceso.

Otra limitación identificada es la complejidad en la adaptación de los sistemas de extracción de entidades a vocabularios específicos de distintos dominios. En un entorno colaborativo con ECR que manejan lenguajes especializados, el algoritmo de extracción no captaba correctamente todas las entidades o las interpretaba erróneamente, lo que generaba falsos positivos o negativos que dificultaron el proceso de validación. Además, surgió la necesidad de realizar ajustes constantes en el algoritmo para adecuarlo a cambios en el lenguaje natural o en la forma en que se expresaban los requerimientos, lo que implica una inversión adicional de tiempo y recursos.

Por último, una limitación importante está relacionada con la eficiencia del proceso. Durante la experiencia práctica, se trabajó con un máximo de 14 requerimientos, lo que permitió una validación inicial del proceso. Sin embargo, para demostrar la eficiencia de manera más sólida, sería necesario utilizar un conjunto de requerimientos significativamente mayor. Este aumento en la cantidad de requerimientos plantea desafíos en su gestión manual, lo que limita la escalabilidad del proceso y destaca la importancia de contar con herramientas automatizadas que permitan realizar las actividades de forma más eficiente.

Indicadores de producción

En el marco del proyecto se dirigió una tesis de posgrado de Ingeniería de Software que se encuentra en proceso de evaluación y cuatro tesinas, tres fueron aprobadas durante el transcurso del proyecto, y una se encuentra en un estado avanzado de elaboración. Además, se dirigió a un becario y a seis estudiantes de la carrera de Licenciatura en Sistemas en la iniciación a la investigación. Se realizaron 16 publicaciones con referato, con presentación en congresos y eventos científicos nacionales e internacionales. Se dictó una charla en la Semana de la Ciencia, "Procesamiento de Lenguaje Natural: Puente entre el lenguaje natural y la inteligencia artificial", además se asistió a dos cursos de posgrado como parte de la formación específica sobre temas del proyecto.

Bibliografía

F. Brooks: The Mythical Man Month: Essays on Software Engineering. Reading, Mass, USA, Addison-Wesley, (1975).

- A. Terry Bahill, Steven J. Henderson: Requirements development, verification, and validation exhibited in famous failures, *Systems Engineering*. 8. 1 - 14. 10.1002/sys.20017 (2005).
- L. Kof, R. Gacitua, M. Rouncefield, P. Sawyer: Ontology and Model Alignment as a Means for Requirements Validation. *IEEE Fourth International Conference on Semantic Computing*, 2010, pp. 46-51, (2010).
- P. Loucopoulos, V. Karakostas: *System Requirements Engineering*, McGraw-Hill, London, ISBN 0-07-707843-8 (1995).
- A. van Lamsweerde: *Requirements Engineering from System Goals to UML Models to Software Specification*, 2nd edition. Wiley, (2009).
- Mokhtar, Nor Aiza, Kamalrudin, Massila, Mohd-Yusof, Mokhtar, Sidek, Safiah: A review on requirements validation for software development, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 96. 3182-3193, (2018).
- Sourour Maalem, Nacereddine Zarour: Challenge of validation in requirements engineering, *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, Volume 3, Issue 1, pp 15-21, (2016).
- S. Santana., L. Perero, A. Delduca, G. Dapozo: Evaluación de las herramientas libres para la gestión de requerimientos. *CACIC 2019*. ISBN 978-987-688-377-1.
- Sonia R. Santana, Leandro Antonelli, Pablo Thomas: Evaluación de metodologías para la validación de requerimientos, *XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*, pp. 419-428, ISBN 978 -987-633-574-4, (2021).
- Sonia R. Santana, Leandro Antonelli, Pablo Thomas: Proceso de validación de requerimientos de software, *XXIV Workshop de Investigaciones en Ciencias de la Computación*, (2022).
- Sonia R. Santana, Leandro Antonelli, Pablo Thomas: Evaluación de metodologías para la validación de requerimientos, *XXVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*, pp. 419-428, ISBN 978 -987-633-574-4, (2021).
- S.R. Santana, L.R. Antonelli, P.J. Thomas: Best Practices for Requirements Validation Process. In: Pesado, P., Gil, G. (eds) *Computer Science – CACIC 2021*, *CACIC 2021*, *Communications in Computer and Information Science*, vol 1584, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-031-05903-2_10, (2022).
- Sonia R. Santana, Leandro Antonelli, Pablo Thomas: Un análisis de enfoques de Validación de Requerimientos, Trabajo de especialización de Ingeniería de Software, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141871>, (2022).
- Sonia R. Santana, Lucrecia Perero, Alejandro Fernandez, Leandro Antonelli: Un análisis del comportamiento de técnicas de validación en el contexto de diferentes dominios de aplicación de software, *XX Jornadas de Administración e Informática*, Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Ciencias de la Administración, ISBN 978-950-698-538-7, (2022).
- S. Santana, L. Perero, N. Rodriguez, L. Antonelli, A. Fernandez: Estudio de Técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural en la Validación de Requerimientos, in Libro de Actas *XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*, ISBN 978-987-9285-51-0, (2023).
- A. Costas, A. Dri, R. Garcia Gelsi, L. Hernandez, F. Horta, F. Medvedovsky, N. Tano: Análisis de librerías de procesamiento de lenguaje natural para el reconocimiento de enti-

- dades en la validación de requerimientos, XXI Jornadas Nacionales de Administración e Informática, ISBN 978-950-698-578-3, (2023).
- L. Perero, N. Rodríguez, S. Santana, A. Fernández, L. Antonelli: Estudio de entornos colaborativos en la validación de requerimientos, XXI Jornadas Nacionales de Administración e Informática, ISBN 978-950-698-578-3, (2023).
- Sonia R. Santana, Lucrecia Perero, Alejandro Fernandez, Leandro Antonelli: Proceso de validación de requerimientos aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural en un entorno colaborativo, XXV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, ISBN: 978-987-3724-66-4, (2023).
- Sonia Santana, Noelia Rodriguez, Lucrecia Perero, Alejandro Fernandez, Leandro Antonelli: Estudio comparativo sobre la aplicación de librerías PNL para reconocimiento de entidades en la validación de requerimientos, XXVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, (2023).
- S. Santana, L. Antonelli, P. Thomas: Proceso de Validación de Requerimientos Aplicando Técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural en un Entorno Colaborativo, Workshop em Engenharia de Requisitos, Buenos Aires, Argentina, DOI 10.29327/1407529.27-25 (2024).
- S. Santana, L. Antonelli, P. Thomas: ValReCo: Un Proceso de Validación de Requerimientos. XXX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2024, ISBN 978-950-34-2428-5 (2024).
- S. Santana, L. Perero, N. Rodriguez, A. Costas, A. Dri, R. Garcia Gelsi, L. Hernandez, L. Antonelli, A. Fernandez, P. Thomas: Análisis del entorno colaborativo del proceso de validación de requerimientos ValReCo, XXII Jornadas Nacionales de Administración e Informática, (2024).
- Sonia Santana, Leandro Antonelli, Pablo Thomas and Alejandro Fernandez: ValReCo. A Requirements Validation Process, Computer Science – CACIC 2024, CACIC 2024, Communications in Computer and Information Science, Springer, (2024). En proceso de publicación.

PID 7070

Denominación del Proyecto

Proceso de validación de requerimientos aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural en un entorno colaborativo

Unidad de ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Ciencias de la Administración

Cátedra, Área o disciplina científica

Metodología de Sistemas II. Área Ingeniería de Software

Instituciones intervinientes públicas o privadas

Acuerdo de Colaboración Académica con la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata, institución a la que pertenece el director del proyecto, y Acuerdo de colaboración específico para este PID.

Contacto: sonia.santana@uner.edu.ar

Integrantes del proyecto

Director/a

Alejandro Fernández (Facultad de Informática – UNLP)

Codirector/a

Sonia Santana (Facultad de Ciencias de la Administración – UNER)

Integrantes internos/docentes UNER

Perero, Ramona María Lucrecia (FCAD-UNER)

Estudiantes de grado (Licenciatura en sistemas): Costas, Alexis Maximiliano (FCAD-UNER); Dri, Alan David (FCAD-UNER); Garcia Gelsi, Ramiro (FCAD-UNER); Tano, Noelia Antonella (FCAD-UNER); Hernandez, Lorena Emilce (FCAD-UNER)

Colaborador: Antonelli, Rubén Leandro (Facultad de Informática – UNLP)

Integrante Becaria/o de Formación Vinculado al PID: Rodríguez, Noelia Romina (FCAD-UNER)

Fecha de iniciación y finalización efectivas

01/03/2023 y 28/02/2025

Aprobación del Informe Final mediante resolución C.S.N°425/2025 (12-12-2025)