



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
FACULTAD DE INFORMÁTICA

# Evaluación de Calidad de Procesos Ágiles en PyMEs del Noreste Argentino

Trabajo final integrador  
presentado para obtener el grado de  
Especialista en Ingeniería de Software

Junio de 2019

Autora: Ing. Gabriela Patricia TOMASELLI

Director: Dr. César Javier ACUÑA

Co-Director: Dr. Gustavo ROSSI



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, los que siempre están y los que ya no, pero dejaron su marca imborrable...

A César, Vero y Noe...

A todos los que de una u otra forma hicieron posible este sueño.



## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. Estado del Arte</b>  | <b>11</b> |
| <b>3. Relevamiento del estado del uso de procesos ágiles en el NEA</b> | <b>24</b> |
| 3.1. Datos Referenciales   | 26        |
| 3.2. Desarrollo de Software  | 27        |
| 3.3. Estimaciones  | 28        |
| 3.4. Gestión Cuantitativa  | 28        |
| 3.5. Gestión de Requerimientos   | 29        |
| 3.6. Gestión de Riesgos  | 30        |
| 3.7. Medición de Productos de Software                                 | 31        |
| 3.8. Testing   | 32        |
| 3.9. Políticas de Calidad  | 32        |
| 3.10. Conclusiones del relevamiento                                    | 33        |
| <b>4. QuAM: Modelo de Evaluación de Calidad de Procesos Ágiles</b>     | <b>34</b> |
| 4.1. QuAM: Presentación del modelo                                     | 35        |
| 4.2. Validación: Diseño de la experiencia                              | 39        |
| 4.3. Validación: Análisis de Resultados                                | 39        |
| <b>5. Conclusiones y Trabajos Futuros</b>                              | <b>42</b> |
| <b>6. Referencias</b>  | <b>44</b> |
| <b>Anexo I - Encuesta a empresas o áreas de Desarrollo de Software</b> | <b>48</b> |
| <b>Anexo II - Respuestas a Encuesta de Validación QuAM</b>             | <b>58</b> |



## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Comparación entre CMMI y SCRUM  | 16 |
| Tabla 2. Motivos por los cuales las empresas adoptan herramientas en la Gestión de Proyectos     | 29 |
| Tabla 3. Test de requerimientos Interno/Externo  | 30 |
| Tabla 4. Atributos y Criterios asociados a la Métrica M1: Elección del Ciclo de Vida             | 36 |
| Tabla 5. Atributos y Criterios asociados a la Métrica M2: Evaluación del Equipo de Trabajo       | 36 |
| Tabla 6. Atributos y Criterios asociados a la Métrica M3: Capacidad de Producción de Entregables | 37 |
| Tabla 7. Atributos y Criterios asociados a la Métrica M4: Comunicación con el Cliente            | 38 |



## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Espectro de enfoques de desarrollo y ISO/IEC 29110 [32]   | 20 |
| Figura 2. Caracterización de la Empresa   | 27 |
| Figura 3. Relación Empresas-Metodologías de Desarrollo  | 27 |
| Figura 4. Relación Empresas-Técnicas de estimación  | 28 |
| Figura 5. Beneficios de la utilización de herramientas de Gestión de Proyectos  | 29 |
| Figura 6. Relación Empresas-Gestión de Requerimientos   | 30 |
| Figura 7. Proyectos terminados a tiempo, dentro del presupuesto y con las funcionalidades especificadas.  | 31 |
| Figura 8. Proyectos finalizados y en funcionamiento, que superaron costos y/o tiempo y/o menos funcionalidades a las especificadas originalmente. | 31 |
| Figura 9. Proyectos cancelados antes de su terminación  | 31 |
| Figura 10. Motivos por los que no se realizan mediciones  | 32 |
| Figura 11. Tipos de pruebas realizadas  | 32 |
| Figura 12. Organizaciones con certificación   | 33 |
| Figura 13. Componentes de la dimensión QuAM 1   | 35 |
| Figura 14. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 1  | 40 |
| Figura 15. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 2  | 40 |
| Figura 16. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 3  | 41 |
| Figura 17. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 4  | 42 |



## 1. Introducción

En el ámbito de la producción de bienes y servicios, y muy especialmente en la industria del software, los aspectos que involucran a la gestión de la calidad resultan cada vez más determinantes a la hora de diferenciar un producto de otro. Por este motivo, en los últimos años ha adquirido relevancia creciente la utilización de modelos y normas que permitan medir la calidad, tanto de los procesos de desarrollo de software como del producto desarrollado, como herramienta imprescindible para la obtención de productos diferenciados, listos para competir en un mercado abierto y global.

Si bien existen numerosas acepciones de “calidad”, una de las más adoptadas por la literatura es la establecida en la norma ISO 9000 [1], que define a la calidad como el “grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos”. En [1] se resalta que, incluso cuando los requisitos se han acordado con el cliente y éstos se han cumplido, no se asegura necesariamente una elevada satisfacción del cliente, ya que ésta se define como la percepción que tiene sobre el grado en que se han cumplido sus expectativas. Es por ello que, en definitiva, resulta que la calidad es un tanto subjetiva.

Por otra parte, las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) juegan un rol significativo en el escenario nacional, concentrando más de la mitad del empleo privado de la economía argentina, y en particular en lo referido a la industria del software, representan un muy alto porcentaje. Según el último *Reporte anual sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina* emitido por el Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos (OPSSI) el 73% de las empresas de software del país son microempresas (hasta 9 trabajadores) y el 21% de las empresas son pequeñas empresas (entre 10 y 49 trabajadores), mientras que un 4% corresponde a empresas medianas (entre 50 y 200 trabajadores); es decir la mayoría de las empresas del sector en el país son PyMEs.

Sin embargo, en lo relativo a evaluación de calidad -a diciembre de 2015-, del 34% de las empresas que no poseían ninguna certificación, la amplia mayoría (96%) son empresas pequeñas y medianas (de hasta 100 trabajadores) [2].

Debido a esto, resulta necesario, para el fortalecimiento de las PyMEs, la implementación de prácticas eficientes de medición y gestión de la calidad adaptadas a su tamaño y tipo de negocio, considerando especialmente que muchas de ellas optan por metodologías ágiles para facilitar la obtención de sus productos de software a través de procesos livianos y simples adecuados a sus realidades.

Históricamente la elección de la metodología de desarrollo fue considerada uno de los factores determinantes para el éxito de cualquier proyecto en la industria del software. Hasta hace relativamente poco tiempo, el proceso de desarrollo ponía especial énfasis en el control del mismo mediante una rigurosa definición de roles, actividades y artefactos, incluyendo modelado y documentación detallada [3].



Este enfoque “tradicional” no resulta ser el más adecuado para muchos de los proyectos actuales, insertos en un entorno global de rápido cambio, por lo que es fundamental que el software nuevo se desarrolle rápidamente para aprovechar nuevas oportunidades y responder a la presión competitiva. Actualmente el desarrollo y entrega rápida son los requisitos más críticos de los sistemas; los procesos de desarrollo de software basados en una completa especificación de los requisitos, diseño, construcción y pruebas del sistema no se ajustan a este marco. Ante cambios o problemas con los requisitos, el rediseño necesario concluye en una prolongación en el tiempo de entrega, lo cual -en un entorno tan cambiante- puede resultar en que, cuando el software esté disponible, las circunstancias originales hayan cambiado de forma tan radical que, en realidad, dicho software no resulte útil [4].

Ante las dificultades expuestas en la utilización de metodologías tradicionales con estas restricciones de tiempo y flexibilidad, en donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo pero manteniendo una alta calidad, surgen las prácticas ágiles como una posible respuesta, aportando una simplificación en los procesos sin renunciar a las prácticas esenciales para asegurar la calidad del producto, y particularmente en el caso de las PyMEs donde es altamente necesario reducir costos traducidos en esfuerzos y tiempo de desarrollo sin descuidar la calidad del producto final.

Agilidad no es un concepto nuevo, inicia su evolución a finales de la década de los 90, cuando diversas metodologías comenzaron a ganar creciente atención pública, cada una de las cuales tenía una combinación diferente de ideas viejas y nuevas; estas metodologías enfatizaban la estrecha colaboración entre el equipo de desarrollo y los expertos del negocio, la comunicación cara a cara como un medio más eficiente frente a la documentación escrita, la entrega frecuente de funcionalidad implementable que aporte valor al negocio, equipos pequeños auto-organizados, y modos inteligentes de crear, confirmar y entregar código. El término "Ágil" se aplicó a esta colección de enfoques a principios de 2001 cuando 17 expertos del desarrollo de software se reunieron en Snowbird (Utah) para discutir sus ideas compartidas y diversos enfoques para el desarrollo de software. Esta colección conjunta de valores y principios se expresó en el Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software y los doce principios correspondientes.

La Agile Alliance define Agilidad como la capacidad de crear y responder al cambio a fin de alcanzar el éxito en un ambiente incierto y turbulento; y con el término Desarrollo Ágil de Software se hace referencia a un conjunto de métodos y prácticas basadas en los valores y principios expresados en el Manifiesto Ágil. Las soluciones evolucionan a través de la colaboración entre equipos autoorganizados y multifuncionales utilizando las prácticas más apropiadas para su contexto [5].

Bajo este enfoque se ha escrito el Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software, que expresa:

“Estamos descubriendo formas mejores de desarrollar software tanto por nuestra propia experiencia como ayudando a terceros. A través de este trabajo hemos aprendido a valorar:

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas



- Software funcionando sobre documentación extensiva
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual
- Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan

Esto es, aunque valoramos los elementos de la derecha, valoramos más los de la izquierda.” [6].

Así en este tipo de metodologías, y de acuerdo a lo expuesto por el Manifiesto nombrado, el formalismo que se sigue al evaluar métricas para gestionar la calidad en los procesos de desarrollo, si bien no resulta prohibido, se ve reducido a su mínima expresión (y, usualmente, ignorados en absoluto) frente a las prioridades expuestas en el Manifiesto.

A fin de acrecentar su nivel de calidad, las empresas de software pueden aplicar diversos principios, métodos y técnicas, resultando razonable que una organización que aplique prácticas ágiles también esté interesada en medir la calidad de sus procesos mediante CMMI. Muchos consideran que agilidad y CMMI son diametralmente opuestos y sub-optimizan los esfuerzos de cada uno; sin embargo, esta posición resulta poco razonable, ya que el objetivo de desarrollar software de la mayor calidad en el menor tiempo posible puede lograrse mediante la creación de una combinación efectiva de modelos y métodos, con técnicas elegidas para solucionar desafíos específicos. Incorporar prácticas ágiles en organizaciones con nivel 3 CMMI puede resultar en menor retrabajo y mejorar en general la iniciativa CMMI, proveyendo a la vez los beneficios significativos de la agilidad. Los valores y principios ágiles son altamente adaptables y por ello pueden ser incorporados dentro de un proceso de desarrollo de software conforme al modelo CMMI, sin alterar el conjunto de objetivos primarios del Manifiesto Ágil, y beneficiándose con la repetibilidad y previsibilidad ofrecida por CMMI [7].

Contrario a la creencia general, el modelo CMMI y agilidad no son antagónicos sino compatibles y sinérgicos, tal como se expresa en numerosas publicaciones; a nivel proyecto, CMMI se enfoca a un nivel alto de abstracción en el qué hacer, no en cuál metodología de desarrollo utilizar, en tanto el enfoque ágil centra su atención en cómo se debería trabajar para desarrollar productos. Dado que CMMI se centra en el “qué” y la agilidad en el “cómo” no hay motivos para que no puedan coexistir.

La sinergia obtenida al combinar agilidad y CMMI puede aportar mucho valor a las empresas; en la actualidad, muchas organizaciones que adoptan CMMI tienen equipos de desarrollo ágiles. A la inversa, puede efectivamente introducirse CMMI en entornos ágiles, donde se utiliza un enfoque iterativo con lapsos de tiempo definidos, perfectamente compatible con CMMI. Los métodos ágiles proporcionan procedimientos de desarrollo de software que faltan en las mejores prácticas de CMMI, en tanto CMMI provee prácticas de gestión y soporte de procesos que ayudan a implementar, mantener y mejorar en forma continua la implementación de un enfoque ágil en cualquier organización [8].

Sin embargo, y a pesar de existir mucha literatura en este sentido, los casos de convivencia de CMMI y agilidad son ilustrados numerosas veces con ejemplos de grandes empresas, con realidades muy lejanas a las que nos ocupan en este trabajo. Un fenómeno similar ocurre con el



resto de las certificaciones internacionales de calidad para procesos y productos de software tales como ISO 9001<sup>1</sup>, la familia de normas ISO/IEC 25000<sup>2</sup>, etc.

A fin de contextualizar la situación de las empresas de software de la región, resulta de importancia el análisis de las cuestiones referidas en particular a las PyMEs latinoamericanas dedicadas al desarrollo de software y su relación con la gestión de calidad en sus procesos y productos.

Como se ha dicho, el Software constituye una importante industria para el desarrollo de los países de Latinoamérica. Las pequeñas y medianas empresas que proveen la mitad de los empleos del sector enfrentan serios problemas cuando comienzan a crecer. En muchos casos, la ausencia de un proceso de desarrollo de software establecido genera caos en la organización, incluyendo sus productos.

Muchas de estas empresas aplican modelos de referencia propuestos por el SEI, el CMMI, o la ISO. Sin embargo, la complejidad intrínseca y los importantes requerimientos en tiempo y recursos de tales modelos hacen que su aplicación resulte difícil en pequeñas organizaciones; esta situación es especialmente problemática en el caso de las PyMEs de Latinoamérica debido a la inexistencia de modelos de referencia de procesos adecuados y la adopción de modelos definidos en otros países sin una adaptación adecuada [9].

Aún a pesar de la especial preocupación referida al panorama en la región Noreste de Argentina (NEA), que incluye a las provincias de Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones y Entre Ríos, esta cuestión es de alcance mundial, puesto que los estándares internacionales no fueron pensados para empresas muy pequeñas (very small enterprises - VSE), de menos de 25 empleados, aunque la mayoría de las organizaciones cae en esa categoría. Microempresas (9 o menos empleados) representan el 93% de las compañías en Europa, 56% en Estados Unidos, y 66% del empleo total global [10].

Continuando con el enfoque puesto en las PyMEs de desarrollo de software, y en la convicción que éstas constituyen un eslabón fundamental en el sector productivo del país, es innegable que la mejora de procesos es una necesidad imperante para tener una industria de software que sea competitiva no sólo regionalmente sino también internacionalmente. Aplicando metodologías ágiles y en particular prácticas de Scrum, las mismas constituyen una alternativa para que estas empresas logren mejorar su madurez y sus niveles de capacidad [11].

Aún tratándose del modelo más ampliamente difundido, prácticamente un estándar de facto de la industria, y habiéndose establecido que es posible su coexistencia con prácticas ágiles, existe consenso en cuanto a que la aplicación de CMMI, así como también las normas ISO 9001, ISO/IEC 25010, etc., resulta costosa en términos económicos y de esfuerzo, y el retorno de la inversión se produce a muy largo plazo. Estos motivos resultan más que suficientes para que las PyMEs, y más especialmente las de nuestra región, encuentren importantes complicaciones en

---

<sup>1</sup> <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>

<sup>2</sup> <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>



obtener certificación de calidad mediante estos modelos, así como mantenerla en el caso de lograrla.

En este sentido, el Software Engineering Institute (SEI) trabaja con miras a que sus estándares de mejora de procesos software (o adaptaciones de estos) puedan ser aplicados a pequeñas y medianas empresas, dando origen a CMMI-SME (CMMI for Small Medium Enterprises). Asimismo, en 2016 ISO publicó el manual “ISO 9001:2015 for Small Enterprises - What to do?” a fin de orientar a pequeñas y medianas empresas sobre el desarrollo e implementación de un sistema de gestión de calidad efectivo basado en ISO 9001:2015.

No obstante estos esfuerzos, del análisis de artículos referidos a la situación de las PyMEs de la región del NEA [12][13][14][15] en cuanto a la mejora de la calidad de los procesos y productos software que las empresas producen, surge la coincidencia en cuanto a que las normas y modelos existentes resultan complejos de implementar para las PyMEs de la industria del software, por lo que las mismas se encuentran con serias dificultades a la hora de certificar calidad. Las dificultades más visibles son la necesidad de una fuerte inversión de dinero, tiempo y recursos humanos, requerimiento de recursos especializados, volumen de los modelos (en cantidad de páginas, roles, actividades, etc.), idioma, idiosincrasia, cultura diferente.

Atendiendo a estas dificultades, en diciembre de 2008 se publica la primera versión de COMPETISOFT -Mejora de Procesos para Fomentar la Competitividad de la Pequeña y Mediana Industria del Software de Iberoamérica- [16], basándose en gran medida en la iniciativa mexicana MoProSoft [17], así como también en el modelo Agile SPI de Colombia [18] y por otra parte la metodología de mantenimiento Mantema [19] desarrollada en España. Se estableció como objetivo general “Incrementar el nivel de competitividad de las PyMEs Iberoamericanas productoras de software mediante la creación y difusión de un marco metodológico común que, ajustado a sus necesidades específicas, pueda llegar a ser la base sobre la que establecer un mecanismo de evaluación y certificación de la industria del software reconocido en toda Iberoamérica”.

Si bien este proyecto fue concebido como un modelo de mejora de procesos adaptado a las necesidades de pequeñas organizaciones, e involucra criterios coincidentes con los principios ágiles (mejora continua, entrega incremental, individuos motivados), es posible observar que no está específicamente enfocado en procesos ágiles.

Existen estudios que abordan la relación entre procesos ágiles y evaluación de calidad desde diversas perspectivas, como es el caso de AGIS [20], una herramienta basada en los principios de mejora y auditoría de ISO 9001:2008, que es capaz de medir el grado de agilidad de un proceso de acuerdo con los valores del manifiesto ágil; otro modelo similar es AGIT (AGile software development) [21], el cual sugiere evaluar la calidad de los procesos de desarrollo considerando los puntos de vistas de los diferentes stakeholders intervinientes, describiendo los indicadores que se adecúan a cada uno de estos perfiles.

Sin embargo, y a fin de analizar y proponer componentes de un nuevo modelo de evaluación de calidad específicamente dirigido a las PyMEs del NEA, se detectó la escasa o casi nula



cantidad de estudios formales que aporten datos concretos acerca de las características de las empresas de software de la región, en relación a poseer alguna certificación de calidad y la utilización de prácticas ágiles. Por este motivo, en el marco de este trabajo de especialización, se llevaron adelante encuestas a fin de obtener un panorama lo más ajustado posible, fundamental para delinear y establecer estrategias que permitan la mejora de sus procesos y colaborar, así, en la obtención de productos software de calidad [22].

Por todo lo dicho, habiendo establecido la necesidad de implementar prácticas eficientes de medición y gestión de la calidad adaptadas a las PyMEs, y en la consideración que muchas de ellas optan por la utilización de prácticas ágiles, se propone como objetivo de este trabajo: *Analizar Modelos de Calidad de Software, a fin de determinar las características más relevantes y frecuentes, estableciendo cuáles pueden considerarse, a priori, componentes del que podría definirse como un nuevo modelo aplicable a entornos de desarrollo ágiles, adecuado a la realidad de la región, detectada por medio del relevamiento en organizaciones del NEA.*

Este trabajo se enmarca en la línea de investigación de Ingeniería y Calidad del Software, perteneciente al Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CInApTIC) de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional, como parte de los proyectos ejecutados “Modelos y Métricas para la Evaluación de la Calidad del Software” [2010-14]; “Framework para la Evaluación de Calidad del Software” [2014-2016]; y continúa con el proyecto en ejecución “Modelo de Evaluación de la Calidad en Procesos Ágiles de Desarrollo de Software” Código IAI4445TC. Además, el Dr. Acuña es Director del Proyecto “Aporte a la Competitividad de las Empresas de Desarrollo de Software del NEA” que promueve la adopción de modelos y estándares de calidad en las empresas de desarrollo de software del NEA, aprobado por Res.CE N° 1055/15 del Consejo Interuniversitario Nacional, dentro del marco de la convocatoria de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social del Consejo Interuniversitario Nacional (PDTTS-CIN).

En este mismo Centro se encuentra en desarrollo la Tesis Doctoral de la Ing. Noelia Pinto, con la cual se colaboró, y cuyo objetivo general es proponer un framework que facilite el seguimiento de proyectos y la evaluación de calidad de procesos en empresas PyMEs que implementen prácticas ágiles en el desarrollo de software. Varios de sus objetivos específicos concuerdan con el presente trabajo, a saber:

1. Realizar un estudio de modelos de calidad aplicables a procesos ágiles en contextos de empresas PYMES.
2. Proponer un esquema de evaluación de calidad en base a métricas, atributos y criterios de acuerdo a prácticas ágiles.
3. Diseñar e implementar herramientas de software que soporten la gestión de componentes del modelo definido.
4. Integrar el modelo, las aplicaciones y el proceso de evaluación en un framework que permita medir la calidad en procesos ágiles.



5. Analizar y estudiar el comportamiento del framework propuesto utilizando un método de validación sobre casos reales.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta una revisión del estado del arte respecto de modelos de evaluación de calidad de software, analizándolos en el contexto de su aplicabilidad tanto a entornos ágiles como al caso específico de PyMEs. En la Sección 3 se expone el relevamiento llevado a cabo en PyMEs de la región en cuanto a la adopción de prácticas ágiles e implementación de modelos de calidad. En la Sección 4 se describen las características de una propuesta preliminar de modelo de evaluación de calidad de procesos ágiles llamado QuAM -Quality Agile Model-, junto al diseño de la experiencia de validación para el mismo, así como un primer análisis de los resultados obtenidos a partir de dicha validación. Finalmente, en la sección 5 se presentan conclusiones y trabajos futuros.

## 2. Estado del Arte

En esta sección se introduce el marco teórico que sustenta este trabajo de especialización y se discuten trabajos relacionados respecto de modelos de evaluación de calidad de software poniendo el foco en su aplicabilidad a pequeñas y medianas organizaciones, así como también su consideración específica de las particularidades de entornos ágiles.

Numerosas entidades u organizaciones han propuesto estrategias, modelos, metodologías, guías, normas y estándares de calidad que brindan apoyo al desarrollo y/o uso del software, enfocándose en el seguimiento y evaluación de cada etapa de su construcción, fomentando un ambiente de calidad durante todo su ciclo de vida [23].

En [24] se menciona que “los modelos de calidad son aquellos documentos que integran la mayor parte de las mejores prácticas, proponen temas de administración en los que cada organización debe hacer énfasis, integran diferentes prácticas dirigidas a los procesos clave y permiten medir los avances en calidad”. Esta definición, aplicada a la calidad del software, remarca la necesidad de la existencia de un proceso soportado por la correspondiente documentación que, valiéndose de las prácticas definidas en el modelo, permita a la organización tener una mejora continua y le posibilite medir y aumentar la calidad de sus productos o servicios.

En general, los modelos de calidad de software se clasifican de acuerdo con el enfoque de evaluación, ya sea a nivel de proceso, producto o calidad en uso. Las actividades llevadas a cabo durante el proceso de desarrollo tienen influencia directa sobre la calidad del producto de software final; es de esperar que un proceso de desarrollo maduro genere productos de software de mayor calidad. Es por esto que una forma de abordar la calidad del producto es evaluar el proceso de software que tiene la organización y el grado en que éste influencia la calidad del producto.



Con esta consideración y teniendo en cuenta que el presente trabajo se centra específicamente en la evaluación de calidad de procesos ágiles, se analizan diferentes modelos orientados a la mejora de la calidad con base en el proceso, tales como CMMI, MoProSoft, COMPETISOFT, ISO/IEC 29110, entre otros.

Fácilmente podría descartarse la agilidad, alegando que se trata de una simple reformulación de procesos y técnicas ampliamente conocidos y largamente utilizados a fin de obtener mejores consecuencias prácticas (en términos del producto de software entregado) que los procesos existentes. Lo importante es no perder de vista que resulta necesario medir el valor del proceso, es decir no es suficiente afirmar *este proceso es el mejor y siguiéndolo alcanzaremos nuestros objetivos*. La agilidad no nos libera de establecer un análisis causal entre el proceso y los resultados deseados [25].

Atendiendo a esta necesidad, y en consideración a que se trata de uno de los modelos de mayor difusión, es posible y razonable que empresas de software que implementen prácticas ágiles estén también interesadas en medir la calidad de sus procesos mediante CMMI. La "oposición" entre agilidad y CMMI definitivamente no es tal; aún más, CMMI fue creado para abordar algunas de las mismas preocupaciones sobre el desarrollo de software para resolver las cuales surgieron las prácticas ágiles. Un estudio del SEI de principios de los años ochenta acerca de las razones por las cuales muchos contratos de software se excedían en tiempo y presupuesto concluyó que la principal razón eran procesos pobres, mientras que por otra parte los contratistas señalaban como causa los cambios continuos en los requisitos. Esto abrió dos líneas de trabajo: mejorar los procesos, por un lado, y desarrollar métodos que permitan introducir dichos cambios más adelante en el ciclo de vida del desarrollo del software sin incrementar el reproceso, por el otro. La convergencia de ambas se obtiene al reconocer que las prácticas ágiles pueden proporcionar el "cómo hacerlo" para el "qué hacer" que se encuentra en CMMI.

Muchas de las críticas a CMMI se basan en que se trata de un enfoque ingenieril clásico que no tiene en cuenta numerosos factores humanos, organizacionales y culturales, esenciales para el éxito de cualquier proyecto; en este sentido, las prácticas ágiles, enfocadas en la interacción humana, resultan una mejora. En definitiva, la aplicación simultánea y balanceada de ambas iniciativas puede mejorar significativamente una organización, a través de la elección de la combinación adecuada de principios, métodos y técnicas. Sin embargo, existen desafíos para la implementación de CMMI y agilidad en ciertos niveles de madurez, así como un punto óptimo de nivel de madurez para una implementación ágil, tal como se sostiene en [7].

Cuando una organización está por debajo del nivel tres de CMMI, carece de procesos estables; la falta general de disciplina dentro de la empresa obliga a la implementación ágil a expandirse a fin de proporcionar los procesos de desarrollo de software faltantes. En una organización con nivel de madurez CMMI cero o uno, los procesos generalmente cambian en función del usuario o evento. Los proyectos ágiles pueden ser exitosos en estas circunstancias, pero difícilmente sean repetibles. Como resultado de la poca comprensión del entorno y la



inestabilidad del mismo, el éxito en estas organizaciones depende del conocimiento institucional, la competencia y el nivel de esfuerzo invertido por el equipo.

En CMMI nivel dos, algunos procesos son repetibles, aunque es posible que no se repitan para todos los proyectos de la organización. La implementación de prácticas y medidas ágiles puede proporcionar la estructura y disciplina necesarias para elevar la organización al nivel tres de CMMI. En el nivel de madurez dos, las implementaciones ágiles pueden resultar arduas, aunque sus beneficios resaltarán rápidamente. El seguimiento ágil de los cronogramas a través de los gráficos burndown y tableros de tareas facilitan que la organización vea el impacto de esta disciplina, lo que aumenta la aceleración de su adopción. La filosofía general, métodos y prácticas de la agilidad abordan en forma directa el riesgo organizacional de exceder las estimaciones de costo y tiempo, aumentando la satisfacción del cliente y, en última instancia, favoreciendo la elevación de nivel de madurez CMMI.

Cuando una organización está en un nivel tres de CMMI, los procesos son adaptados al equipo y al ambiente, enfocándose en la entrega de software funcionando. Además, los estándares, descripciones de procesos y procedimientos se diseñan a partir del conjunto de procesos estándar de la organización para adaptarse a un proyecto en particular. Por lo tanto, el esfuerzo requerido para implementar agilidad reside solo en la modificación de los procesos estándar para incorporar prácticas ágiles, aunque está presente el riesgo de que los controles organizacionales limiten la toma de decisiones y la flexibilidad del equipo, en detrimento de la agilidad.

La agilidad, por principio, es altamente adaptable y, por lo tanto, se puede moldear en un proceso de desarrollo de software compatible con CMMI sin alterar los objetivos primarios establecidos por el Manifiesto Ágil [7]. El mapeo entre CMMI y prácticas ágiles se encuentra presente en numerosas publicaciones, que establecen claramente la sinergia entre los dos. A nivel de proyecto, CMMI se centra en un plano más abstracto -en el *qué*-, en lugar de la metodología de desarrollo empleada, en tanto la agilidad se centra en el *cómo* del desarrollo del proyecto. En conclusión, no existe ninguna razón que los haga incompatibles, ya que trabajan de manera colaborativa en diferentes planos del proyecto con el fin de aumentar su tasa de éxito. Existen en la actualidad muchas organizaciones que se adhieren a CMMI y adoptan prácticas ágiles para el desarrollo de software; del mismo modo, organizaciones trabajando con agilidad pueden adoptar CMMI para mejorar el proceso.

Es importante notar que el número de publicaciones e información disponible acerca del uso conjunto de agilidad y CMMI está en continuo crecimiento, aunque durante mucho tiempo tal información era escasa y en ocasiones imprecisa. Hasta 2005 no se habían publicado experiencias exitosas de integración; en 2008, el SEI publica un estado del arte sobre la integración de ambos enfoques [26]. A partir de entonces la idea del CMMI ágil fue cobrando más fuerza [27].

En tal sentido, se destaca lo relevado en [28], donde se presenta un análisis respecto a la introducción de prácticas ágiles en una empresa trabajando en CMMI nivel 5. El artículo



sostiene que Scrum y CMMI juntos brindan una combinación de previsibilidad y adaptabilidad al mercado más potente que cualquiera de ellas por separado, y puede realizarse de modo tal de mantener la conformidad con CMMI en una compañía ágil. El enfoque de los autores es el de utilizar CMMI para colaborar con las empresas a la hora de formalizar procesos con prácticas ágiles. Afirman además que el verdadero valor de las mismas sólo se obtiene mediante su uso disciplinado, y que en ese sentido, CMMI es capaz de aportar el grado de formalismo necesario.

Para ilustrarlo, presentan el caso de Systematic, una compañía fundada en 1985 que emplea a 371 personas en todo el mundo con oficinas en Dinamarca, Estados Unidos y el Reino Unido. Se trata de una compañía independiente de software y sistemas centrada en soluciones de TI complejas y críticas en el área de sistemas de información y comunicación; tales sistemas a menudo soportan altas exigencias de confiabilidad, seguridad, precisión y usabilidad. La organización se encuentra en un nivel 5 de CMMI, siendo capaz de entregar lo que el cliente ha solicitado en el tiempo, costo y calidad acordados utilizando un esfuerzo del 69% relativo a una compañía CMMI nivel 1. Adicionalmente, resultados obtenidos por la compañía indican que cuando los procesos tradicionales de CMMI son optimizados con Scrum, la productividad de proyectos grandes se duplica y la cantidad de reelaboraciones es reducida un 40% respecto de otras compañías CMMI nivel 5.

El trabajo se enfoca en utilizar CMMI para ayudar a una organización a institucionalizar prácticas ágiles, sosteniendo que el verdadero valor de las mismas solo se puede obtener a través de su uso disciplinado. CMMI sostiene el concepto de *Institucionalización* como base para establecer esta disciplina necesaria, a través de Prácticas Genéricas (GP) asociadas con todas las áreas de proceso. Los autores consideran doce prácticas genéricas asociadas con los niveles de madurez 2 y 3 de CMMI, y las reformulan a fin de colaborar con la formalización del uso de prácticas ágiles; se trata de combinar el conocimiento de ambos, apuntando a empresas ágiles, que quizás no buscan una evaluación CMMI sino el conocimiento útil que de él puede emplear, tomando dichas prácticas genéricas y aplicarlas a las prácticas ágiles en lugar de a las áreas de procesos, ya que CMMI cubre de este modo algo que las prácticas ágiles no abordan: la institucionalización y homogeneización de la forma de trabajo. Ellas son:

- Establecer y mantener una política organizacional para planificar y realizar metodologías ágiles (GP2.1)
- Establecer y mantener el plan para realizar metodologías ágiles (GP2.2)
- Proveer los recursos adecuados para realizar las metodologías ágiles (GP2.3)
- Asignar las responsabilidades y la autoridad para realizar las metodologías ágiles (GP2.4)
- Entrenar al personal para realizar las metodologías ágiles (GP2.5)
- Ubicar los productos de trabajo seleccionados bajo los niveles de control apropiados (GP2.6)
- Identificar e involucrar a los stakeholders relevantes conforme a lo planificado (GP2.7)
- Monitorear y controlar las metodologías ágiles contra la planificación y tomar las acciones correctivas pertinentes (GP2.8)
- Evaluar objetivamente la adherencia a las metodologías ágiles y tratar su incumplimiento (GP2.9)



- Revisar las actividades, estado y resultados de las metodologías ágiles con el nivel directivo, y resolver los problemas (GP2.10)
- Establecer y mantener una descripción de las metodologías ágiles (GP3.1)
- Recolectar los resultados de las metodologías ágiles para brindar apoyo a un uso futuro y mejorar la estrategia de la organización con respecto a las mismas (GP3.2).

Sutherland et al. concluyen en [28] que CMMI y Scrum se pueden mezclar exitosamente, obteniendo mediante la introducción de agilidad mejoras significativas en productividad y calidad sobre los métodos tradicionales; Scrum reduce cada categoría de trabajo (defectos, retrabajo, trabajo total requerido y sobrecarga del proceso) en casi un 50%. Para compañías ágiles, el trabajo muestra el modo en que las Prácticas Genéricas de CMMI pueden usarse para institucionalizar las prácticas ágiles y aumentar los beneficios de su utilización.

Sin embargo, es posible observar que este estudio se basa en el caso de una gran organización multinacional, en nivel 5 de CMMI, difícilmente trasladable a las PyMEs de desarrollo de software de nuestro país. Haciendo foco en éstas empresas, en [11] se muestra un estudio que relaciona la aplicación de prácticas ágiles -más específicamente Scrum- con el cumplimiento de dimensiones conceptuales de CMMI; el trabajo resalta el hecho que ninguna de las empresas por ellos relevadas aplica una metodología de desarrollo pura, correspondiéndose en su gran mayoría a prácticas aisladas de Scrum. El trabajo presenta un mapeo para cada dimensión de CMMI seleccionada y se determina cómo se implementa a través de prácticas de Scrum; el análisis se realiza sobre las siguientes dimensiones conceptuales del modelo CMMI, describiendo cada una a través de sus objetivos más destacables:

*Planificación del proyecto:* contempla establecer y mantener el presupuesto y el calendario. Identifica los riesgos del proyecto. Es responsable de establecer el plan para la gestión de los datos y del proyecto.

*Gestión de Requisitos:* Involucra el obtener y entender los requisitos, gestionar sus cambios, mantener la trazabilidad bidireccional e identificar inconsistencias entre el avance del proyecto y los requisitos.

*Gestión de Riesgos:* básicamente implica identificar los problemas posibles antes de que ocurran.

*Monitorización y control del proyecto:* involucra las actividades de monitorear los parámetros de planificación del proyecto, monitorear los compromisos, los riesgos del proyecto, la gestión de datos y la participación de los stakeholders.

*Gestión de la configuración:* consiste en el control de versiones, la gestión de cambios, el control de liberaciones y la gestión de la construcción.

*Medición y Análisis:* hace referencia al desarrollo de la capacidad de medición, la cual es usada para dar soporte a las actividades de administración.



*Verificación:* Verifica que el módulo del producto final se desarrolle de acuerdo a los requerimientos especificados.

La siguiente tabla identifica las principales prácticas de Scrum que cubren cada una de las dimensiones anteriormente descritas.

**Tabla 1.** Comparación entre CMMI y SCRUM

| CMMI   | Prácticas de Scrum  |
|--|---|
| <i>Planificación del proyecto</i>            | <ul style="list-style-type: none"><li>- Planificación del Sprint</li><li>- Backlog del Producto</li><li>- Backlog del Sprint</li><li>- Fases del ciclo de vida Scrum</li><li>- Gráficos Burndown y Burnup</li><li>- Históricos de backlogs</li></ul>                  |
| <i>Gestión de Requisitos</i>                 | <ul style="list-style-type: none"><li>- Backlog del Producto</li><li>- Backlog del Sprint</li><li>- Planificación del Sprint</li><li>- Reunión de Revisión</li><li>- Reuniones retrospectivas</li><li>- Propietarios del Producto</li><li>- Cliente in-situ</li></ul> |
| <i>Gestión de Riesgos</i>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>- Reuniones Diarias</li><li>- Revisión de Sprint</li><li>- Scrum Master</li><li>- Propietarios del producto</li></ul>   |
| <i>Monitorización y control del proyecto</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Reuniones Diarias</li><li>- Reuniones de Revisión</li><li>- Reuniones Retrospectivas</li><li>- Scrum Master</li><li>- Gráficos Burndown y Burnup</li></ul>  |
| <i>Gestión de la configuración</i>           | <ul style="list-style-type: none"><li>- Reuniones Diarias</li></ul>   |
| <i>Medición y Análisis</i>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Reuniones Diarias</li><li>- Reuniones retrospectivas</li><li>- Reunión de Revisión</li><li>- Planificación del Sprint</li><li>- Scrum Master</li><li>- Propietarios del Producto</li></ul>                                    |
| <i>Verificación</i>                          | <ul style="list-style-type: none"><li>- Backlog del Sprint</li><li>- Historias de usuario</li><li>- Stakeholders</li></ul>  |

Para relevar las empresas aplicaron encuestas y realizaron entrevistas a gerentes y líderes de proyectos, obteniendo el grado de adhesión para cada una de las dimensiones. Una de las conclusiones a las que se llegó es que ninguna de las empresas cumplimenta las prácticas en su totalidad ni tampoco existen empresas que no las apliquen; las prácticas ágiles más utilizadas son las reuniones diarias, el 62,5% de las empresas relevadas las utilizan. La principal razón para implantar la agilidad es incrementar el time-to-market, el 100% de las empresas que utilizan prácticas ágiles manifiestan que este es el motivo por el cual las aplican.



En lo referido a las dimensiones de CMMI seleccionadas y el grado de adhesión a las mismas, se destacan *Verificación*, para la cual se cumple que el 75% de las empresas adhiere en un 75%, y *Gestión de Requisitos*, en la cual un 63% de las empresas adhiere en un 75%. A continuación le sigue por grado de adhesión la dimensión *Planificación del proyecto*, en la cual el 38% de las empresas tiene una adhesión mayor al 75% y un 38% adhiere un 50% a las prácticas Scrum evaluadas, mientras que el 24% restante lo hace en un 25%. Para *Monitorización y Control del Proyecto* y para la dimensión *Gestión de riesgos* el 25% de las empresas adhiere en un 75% a las prácticas y un 50% adhiere 50% a las prácticas, el resto adhiere en un porcentaje menor. En las dimensiones *Gestión de la configuración* y en *Medición y Análisis* un 25% de las empresas adhieren en un 75%. Se observa muchas veces que las empresas en forma inconsciente al aplicar determinadas prácticas, tales como las de Scrum, obtienen niveles de calidad a bajo costo, pero es importante destacar que asegurar y reproducir calidad de forma fiable requiere de procesos bien definidos cuya aplicabilidad posterior debe, además, quedar garantizada. Es necesario tener en cuenta no solo el “qué se hace” sino también el “cómo se hace”, para poder mejorar el rendimiento general y para lograr lo anterior Scrum es un marco de trabajo adecuado.

Sin embargo, y a pesar de haberse establecido la posibilidad de convivencia y la evidencia de ventajas mutuas en la aplicación simultánea de agilidad y CMMI, las dificultades permanecen en el sentido de su adaptación a pequeñas y medianas empresas. Así por ejemplo, la estrategia propuesta en [28] no cuenta con un modelo de implantación iterativo e incremental para el mejoramiento, con prácticas específicas para las áreas de proceso. Ésta es una, entre otras, de las razones comúnmente argumentadas que dificultan la aplicabilidad de CMMI en PyMEs. Otros de los motivos son los costos fijos requeridos para el establecimiento de la infraestructura adecuada, el gran número de roles tradicionalmente sugeridos y la cantidad de información a procesar. CMMI es un modelo de referencia de procesos de software que fue inicialmente diseñado por y para equipos grandes; como ejemplo de la extensión del modelo, se puede citar CMMI-DEV en su versión 1.2 de representación escalonada, el cual consta de 20 áreas de proceso, cada una con un conjunto de prácticas específicas. Esta característica, junto con el costo de contratar personal externo e invertir tiempo del personal de la organización, es por lo general el principal obstáculo que enfrentan las PyMEs cuando intentan implementar un modelo de capacidad y madurez robusto [29].

En las empresas y particularmente en las pequeñas y medianas, en ocasiones certificar CMMI se convierte en un objetivo en sí mismo, en lugar de ser un medio para la mejora; en el peor de los casos se trabaja para generar la evidencia sin realmente lograr la implementación de las prácticas. Se enfoca el objetivo en la evaluación y no en los resultados para el negocio, como consecuencia al terminar el SCAMPI se abandonan todos los esfuerzos y se desperdician los recursos invertidos [30].

Las dificultades originadas tanto por la complejidad como por los elevados requerimientos de tiempo y recursos de las normas y certificaciones de calidad propuestos por el SEI o la ISO resultan claves a la hora de analizar la situación relativa a la gestión de calidad en procesos y productos de las pequeñas organizaciones; esta situación es especialmente problemática en el



caso de las PyMEs dedicadas al desarrollo de software en Latinoamérica debido a la inexistencia de modelos de referencia de procesos adecuados y la adopción de modelos definidos en otros países sin una adaptación adecuada [9].

Todo lo expuesto, si bien refleja el panorama general de la industria del software de Argentina, no está particularmente focalizado en las PyMEs del NEA, por lo cual se analizaron artículos referidos específicamente a su situación [12][13][14][15]. En general, existe coincidencia al apuntar que las normas y modelos existentes resultan complejos de implementar para las PyMEs de la industria del software, por lo que las mismas se encuentran con serias dificultades a la hora de adecuar sus actividades para conducir a sus organizaciones en un proceso de certificación. Las dificultades más visibles son la necesidad de una fuerte inversión de dinero, tiempo y recursos humanos, requerimiento de recursos especializados y dedicados al SPI (Software Process Improvement), volumen de los modelos (en cantidad de páginas, roles, actividades, etc.), idioma, idiosincrasia, cultura diferente (problemas al “importar” modelos), esfuerzo de “largo aliento”, retorno de inversión a mediano y largo plazo, modelos de procesos que requieren un esfuerzo extra para su implantación, pues revelan el “qué hacer”, más no el “cómo hacerlo”.

Sin embargo, las PyMEs de desarrollo de software necesitan certificar calidad para posicionarse competitivamente en el mercado nacional e internacional. No obstante, la madurez del proceso en estas organizaciones todavía se encuentra en un estado crítico por lo cual se hace necesario promover modelos adecuados a sus características e infraestructura [31].

Es por ello que el principal organismo dedicado a fijar pautas de calidad a ser aplicadas en el desarrollo de software, el SEI, tiene entre sus objetivos lograr que sus estándares de mejora de procesos software se apliquen o se adapten a PyMEs. Es el caso de *Improving Processes in Small Settings (IPSS)*, donde *Small Settings* hace referencia a equipos, proyectos, organizaciones y/o empresas pequeñas, así como *CMMI for Small Medium Enterprises (CMMI-SME)*, que sugiere para PyMEs el uso de la representación continua de CMMI, alcanzando nivel 3 en al menos las siguientes áreas de proceso: Project Planning, Requirements Managements, Measurement and Analysis y Project Monitoring and Control.

Es posible afirmar entonces que las preocupaciones relativas a la certificación de calidad en PyMEs no son privativas de nuestra región: existen múltiples iniciativas a nivel mundial orientadas a dar solución a la aplicación de estándares en empresas muy pequeñas (*very small enterprises - VSE*), de menos de 25 empleados. Una encuesta del sector TI en el área de Montreal llevada a cabo en 2004 mostró que el 78% de las compañías de desarrollo de software tenía 25 o menos empleados (VSE), y un 50% no llegaba a los 10 empleados (microempresas).

Atendiendo a la dificultad de aplicar estándares de software ISO/IEC en tales organizaciones, surge WG24, un grupo de trabajo ISO/IEC JTC1 SC7, con el fin de desarrollar perfiles estándar internacionales e informes técnicos para ayudar a las VSE a cumplir con los estándares de ingeniería de software ISO. El grupo utilizó partes de los estándares ISO y partes de estándares



nacionales para crear un perfil, definido como un conjunto de uno o más estándares básicos necesarios para cumplir una función particular.

Australia, Bélgica, Canadá, República Checa, Finlandia, India, Irlanda, Italia, Japón, Corea, Luxemburgo, México, Sudáfrica, Tailandia y el Reino Unido participan en WG24, junto con la IEEE Computer Society y el Consejo Internacional en Ingeniería de Sistemas (International Council on Systems Engineering - INCOSE).

WG24 encuestó a VSEs a fin de identificar problemas y potenciales soluciones con el objetivo de aplicar estándares y mejorar su competitividad; la encuesta estuvo disponible en inglés, francés, alemán, coreano, portugués, ruso, español, tailandés y turco, y se obtuvieron más de 444 respuestas de 32 países. Alrededor de la mitad de las respuestas fueron de países latinoamericanos, principalmente Brasil, Colombia y México.

Una de las preguntas de la encuesta era referida al motivo de la no utilización de estándares, a lo cual un 28% respondió por falta de recursos (pericia, presupuesto, tiempo), un 24% indicó que los clientes o la gerencia no los requerían, y un 15% indicó que eran burocráticos y difíciles de aplicar.

Más del 74% de los encuestados indicó que era importante ser reconocido o certificado. Entre los encuestados, el 40% requirió una certificación ISO y el 28% requirió reconocimiento del mercado. Solo el 4% de los encuestados mostró interés en una certificación nacional. Con respecto a la necesidad de asistencia, el 62% solicita más orientación y ejemplos, y el 55% requiere estándares ligeros y fáciles de entender que incluyan ejemplos, plantillas y listas de verificación.

En 1997, el consejo responsable de los IEEE Software Engineering Standards encuestó sus usuarios a fin de planificar mejoras a los estándares; las 148 respuestas, principalmente de Estados Unidos y de compañías con más de 100 empleados, indicaron que los estándares IEEE necesitaban ejemplos, plantillas, una definición del proceso de ciclo de vida y soporte para métricas y mediciones.

En su reunión de 2005, WG24 consideró que el Modelo de Procesos para la Industria de Software (MoProSoft) de México podría servir como base para un primer borrador de trabajo, a pesar de que la norma está dirigida a empresas más grandes. El año siguiente, WG24 adaptó el estándar mexicano para VSE y posteriormente continuó esta línea de trabajo, dando como resultado la publicación en 2011 de un primer conjunto de documentos, denominado ISO/IEC 29110, dirigido a las VSE que participan en el desarrollo o mantenimiento de software [10].

Tal como ilustra la siguiente figura, donde se visualiza el posicionamiento del conjunto de normas y guías ISO/IEC 29110, éstas no pretenden excluir el uso de diferentes enfoques de desarrollo o ciclos de vida.

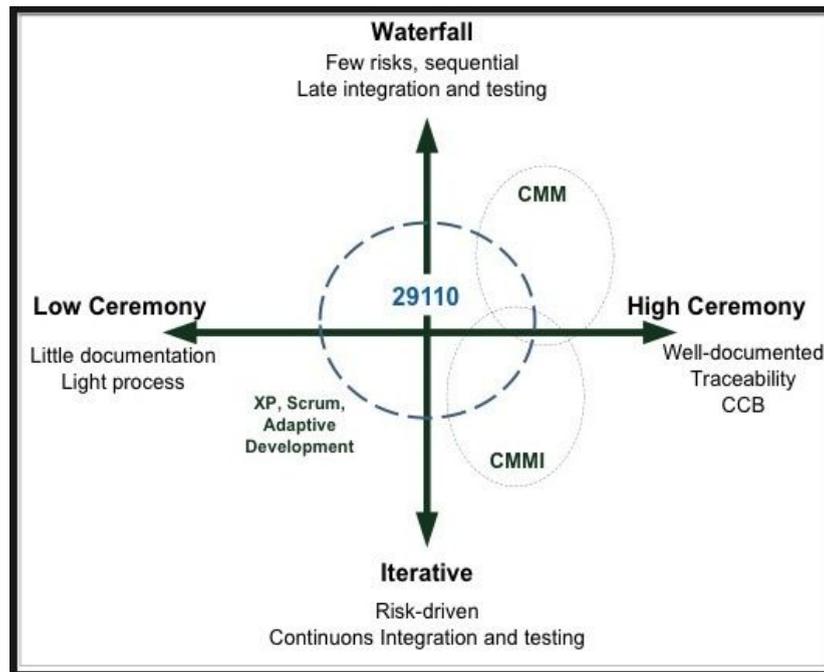


Figura 1. Espectro de enfoques de desarrollo y ISO/IEC 29110 [32]

En forma paralela, en diciembre de 2008 se publica la primera versión de COMPETISOFT [16], basándose en gran medida en MoProSoft, así como también en el modelo Agile SPI, principal producto del proyecto “Sistema Integral para la Mejora de los Procesos Software en Colombia-SIMEP-SW”, desarrollado por el Grupo IDIS - Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software- de la Universidad del Cauca, Colombia, y por otra parte la metodología de mantenimiento Mantema, desarrollada por el Grupo ALARCOS de la Escuela Superior de Informática de la Universidad Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España en colaboración con varias empresas.

El marco de trabajo COMPETISOFT se estructura en base a tres modelos: el modelo de referencia de procesos, el modelo de evaluación y el modelo de mejora.

El modelo de referencia de procesos aborda al management de procesos a través de un cuestionario de autoevaluación; al management del proyecto, mediante indicadores y medidas básicas de proyectos de software alineadas a los objetivos del proyecto y de los procesos; al desarrollo, con directrices para las actividades de captura de requisitos, análisis y diseño, construcción, pruebas y mediciones; al mantenimiento, adaptando las metodologías Mantema y Scrum a las pequeñas empresas; al management del negocio, incluyendo interconectividad entre compañías y empresas virtuales; y al management de recursos, dándole crucial importancia a la base de experiencia.

A fin de elaborar el Modelo de Procesos de COMPETISOFT, se basaron en ISO9000:2000 y nivel 2 y 3 de CMMI-DEV® V.1.2., y fijaron como criterio incorporar las mejores prácticas de otros modelos de referencia tales como PMBOK, SWEBOK y otros más especializados.



El modelo de evaluación está basado en el modelo de EvalProSoft. La primera tarea consiste en definir una serie de métricas para estimar la capacidad y el rendimiento de los procesos de software. El fin es ayudar a las organizaciones pequeñas a realizar evaluaciones reduciendo la subjetividad y formalizando el proceso. Las medidas de capacidad emplean indicadores de atributos de los procesos para evaluar su capacidad en una escala de niveles del uno al cinco, basándose en prácticas genéricas, recursos y productos de trabajo. Las medidas de rendimiento se centran en el propósito, la descripción, los productos de trabajo y las actividades del modelo de referencia de COMPETISOFT.

El modelo de mejora de COMPETISOFT tomó como base algunos componentes de la propuesta colombiana para la mejora de procesos Agile SPI y se propuso establecer los elementos necesarios para guiar y gestionar la mejora de procesos en una pequeña organización software, y lograr institucionalizar la cultura de la mejora continua al interior de la organización, así como también facilitar su aplicación en las pequeñas organizaciones software de forma económica, con pocos recursos y en poco tiempo, buscando siempre obtener resultados de mejora visibles a corto plazo.

A fin de lograr estos propósitos, el modelo de mejora de COMPETISOFT define un proceso para guiar la mejora continua de procesos denominado PmCOMPETISOFT; una metodología para la valoración de procesos (evaluación interna de procesos) denominada METvalCOMPETISOFT, la cual está compuesta por: (i) un proceso para guiar la valoración de procesos (PvalCOMPETISOFT), (ii) un método para la valoración de procesos, (iii) un conjunto de medidas para estimar el rendimiento y la capacidad de los procesos, y (iv) un conjunto de herramientas de soporte a la valoración de procesos software; una guía para formular y ejecutar mejoras (PfemCOMPETISOFT); y una estrategia para la selección y priorización de procesos [33].

En relación a la aplicación del modelo COMPETISOFT, es de destacar la experiencia llevada a cabo a partir del Convenio firmado entre el Grupo de Investigación de Ingeniería y Calidad de Software (GICS) de la Facultad Regional Resistencia de la UTN y la empresa de desarrollo de Software “VGM Sistemas”, a fin de analizar su aplicabilidad a una PyME del NEA y proponer ajustes que surjan del análisis previo. Los resultados de esta actividad se publicaron en [34], donde se describe el proceso de implementación de un ciclo de mejora, basado en el modelo COMPETISOFT, con el objetivo de lograr el aseguramiento de calidad utilizando un marco de trabajo mucho menos costoso y que insume menos recursos, comparado con otros modelos y normas de calidad internacionales.

Sin embargo, y a pesar de haber sido especialmente desarrollados para su aplicación en pequeñas organizaciones como las que nos ocupan, tanto la estrategia de perfiles de la ISO 29110 como la iniciativa COMPETISOFT, adolecen a los fines de nuestro estudio de no estar específicamente enfocados en procesos ágiles.

Por otra parte, el mismo SEI tiene cada vez más en cuenta las prácticas ágiles; la versión 1.3 de CMMI contempla mejoras para las organizaciones que trabajan en ambientes ágiles, a fin de



asegurar una correcta interpretación de sus prácticas. En 2015, el Instituto CMMI informó que más del 70% de las organizaciones evaluadas con CMMI reportaron utilizar prácticas ágiles; en consecuencia, a inicios del 2017 elaboró *A Guide to Scrum and CMMI: Improving Agile Performance with CMMI* con la finalidad de ayudar a los usuarios a adoptar e implementar CMMI para mejorar el rendimiento en organizaciones ágiles<sup>3</sup>. El Project Management Institute (PMI) incluye entre sus comunidades a la comunidad ágil con el objetivo de difundir y compartir conocimiento entre seguidores del PMI y de las metodologías ágiles.

Son cada vez más frecuentes en la literatura los modelos para evaluación de calidad dirigidos específicamente a procesos ágiles. Así, en [20] los autores presentan AGIS, una herramienta que en base a los principios de mejora y auditoría de ISO 9001:2008, es capaz de medir el grado de agilidad de un proceso de acuerdo con los valores del manifiesto ágil. El propósito de la misma es obtener una medida objetiva del proceso productivo que evite los falsos positivos de ambos lados. AGIS tiene por objetivo satisfacer dos necesidades: por un lado, se enfoca en las empresas, ya que este modelo permite alcanzar una diferenciación respecto a otras empresas que únicamente hayan certificado calidad a través de ISO 9001:2008. Además, AGIS brinda informe de sugerencias de mejora basadas en la valoración de las dimensiones que propone evaluar. El modelo ofrece, asimismo, una definición objetiva del grado de agilidad de un proyecto, que podrá ser utilizado para comparar proyectos teniendo en cuenta sus resultados.

Otro modelo similar al anterior es AGIT (AGile software development) [21], el cual sugiere que la mejor performance es lograda cuando las metas de todos los stakeholders son satisfechas. Esto requiere una aproximación que tenga en cuenta los puntos de vistas de las diferentes stakeholders, para lo cual se definen indicadores adecuados a cada uno. AGIT considera cuatro diferentes puntos de vistas para stakeholders: el Administrador IT es el actor preocupado con los aspectos tradicionales respecto a la performance del desarrollo de SW considerando tiempo, costo y calidad; el segundo actor se representa con los miembros del equipo cuya meta es la “satisfacción del trabajo”; el Scrum Master cuya principal meta es la “resolución eficiente de impedimentos”. Finalmente, el principal objetivo que buscan los clientes, el cuarto stakeholder, es su propia satisfacción. Este modelo sugiere evaluar la calidad de los procesos de desarrollo considerando los puntos de vistas de los diferentes stakeholders intervinientes, describiendo los indicadores que se adecúan a cada uno de estos perfiles.

Teniendo en cuenta ambos modelos AGIS y AGIT, se observa que no existe una propuesta que permita la evaluación de calidad de los procesos ágiles en sí mismos [35].

Considerando entonces esta perspectiva específica, que motiva este trabajo, vemos que los resultados obtenidos en [11] coinciden con el panorama general del país, ya que en [36] se afirma que en Argentina, de un grupo heterogéneo de empresas consultadas, considerando aquellas que refirieron usar Scrum, el 85% lo usa aunque no en forma completa sino adaptando las técnicas que consideran más apropiadas a las necesidades del proyecto de referencia, a la

---

<sup>3</sup> <https://cmmiinstitute.com/cmmi-and-agile>



certificación de calidad de la empresa, y a las idiosincrasias respectivas de los grupos involucrados.

El trabajo que se presenta en [36] se orientó a dar respuesta a algunas preguntas de gran interés a los fines de nuestro objetivo, tales como: *¿Cuál es el grado de implementación de las metodologías ágiles en Argentina? ¿Se pueden adoptar en forma integral, es decir con todas las prácticas propuestas?* y especialmente *¿Se pueden certificar normas o modelos de calidad siendo “ágil”?* Para deliberar estas cuestiones consultaron un grupo de empresas que abarca la diversidad del mercado de desarrollo de software, desde microempresas hasta software factories nacionales y empresas multinacionales con centros de desarrollo o filiales instaladas en el país.

Uno de los primeros datos que surge de los resultados obtenidos es que la totalidad de los consultados conocen las prácticas ágiles, y que si bien no todos las aplican aún, ninguno de los consultados mostró oposición o resistencia en la utilización de métodos ágiles en sus procesos.

En cuanto al involucramiento del cliente en el proceso de desarrollo todos los consultados que utilizaron Scrum coinciden en que es la práctica más difícil de conseguir. El 16,5% de las empresas lo lograron, el 67% de los consultados responde haber logrado el compromiso en algunos casos o en forma parcial, mientras que el 16,5% restante lo tiene entre sus objetivos pendientes.

Otro dato de consideración se refiere a las certificaciones de calidad encontrando que el 71% de los consultados refieren estar certificados en ISO 9001 mientras que el 29% no cuentan con certificación alguna. Dentro de las empresas certificadas en ISO una también lo está en CMMI ML3 y otra en CMMI ML5.

Adicionalmente se observó que, si bien las prácticas ágiles se realizan, el problema radica en cómo se las implementa. Como ejemplos de unas incorrectas implementaciones se pueden nombrar:

- las retrospectivas sólo usadas como espacio de formulación de quejas o para hablar únicamente del producto, y no para analizar los resultados y extraer lecciones aprendidas para las próximas integraciones;
- las reuniones diarias no utilizadas para intercambiar información de trabajo, sino para resolver problemas y por lo tanto excediéndose demasiado;
- el usuario generando documentación para los desarrolladores como definición de requerimientos, en lugar de participar activamente junto al equipo del proyecto.

Otro punto muy importante es que las empresas que implementan las metodologías ágiles deben tener a su personal convencido y dispuesto a convivir con dichas metodologías. Se evidenciaron casos de empresas en las cuales los responsables de implementar el modelo ágil estaban en contra del mismo. A su vez, si dichas empresas tenían certificados de calidad como CMMI e ISO, al momento de definir cómo implementar el modelo ágil, simplemente le cambiaban el nombre a sus procesos para que “sonaran a ágil”, implementando de este modo



los procesos con la filosofía tradicional pero con otros nombres, y no aprovechando las ventajas que ofrece la agilidad, más allá de simples pasos para crear software.

Del análisis de todo lo expuesto se puede concluir que actualmente la mejora de la calidad de los procesos ágiles en PyMEs se enfoca alrededor de dos cuestiones principales: La primera está relacionada con la implementación y/o adaptación de modelos formales de evaluación de mejora de procesos existentes, y en segundo lugar se propone el desarrollo de un nuevo marco para la evaluación de calidad de procesos específicamente destinado a organizaciones con estas características así como también, tomar dichos modelos internacionales como marco de referencia para estudiar sus fortalezas y debilidades y proponer la evaluación de los procesos a partir de métricas devenidas directamente de los mismos.

Muchas de las fuentes analizadas apuntan a tratar de reconciliar las prácticas ágiles con un cierto nivel de formalidad, como clave para lograr obtener mejores procesos y aumentar la calidad de los mismos y de los productos resultantes, pero en numerosos casos estos objetivos se ven impedidos de ser alcanzados por PyMEs, considerando las dificultades relativas a las fuertes inversiones económicas, de tiempo y recursos necesarias. Por otro lado, algunos marcos de referencia desarrollados de manera específica para su aplicación en pequeñas y medianas empresas, tal como Competisoft, tampoco resultan completamente aplicables ya que no se enfocan puramente en la agilidad.

Se evidencia entonces la falta de un marco de evaluación de procesos lo suficientemente ligero y centrado en ágiles que pueda ser implementado de manera rápida, sencilla, con un consumo escaso de recursos y que no implique altos costos para las PyMEs.

### **3. Relevamiento del estado del uso de procesos ágiles en el NEA**

El análisis que se presenta aquí comprende los resultados obtenidos a partir de una encuesta realizada en los años 2015/2016 en la Industria del Software del NEA respecto a la adopción de prácticas ágiles y el grado de implementación de cuestiones asociadas a la gestión de la Calidad.

Primero se presentan los ejes que se utilizaron para realizar el relevamiento inicial, y luego el análisis de la información recabada.

Este trabajo fue enmarcado en el Proyecto “Framework para la evaluación de calidad de software”, cuyo objetivo fue: *“Contribuir a la mejora en la calidad del software mediante modelos y métricas aplicados al producto y al proceso de desarrollo, como forma de incrementar la competitividad de quienes lo desarrollan y de aumentar la eficiencia, confiabilidad y seguridad en los distintos ámbitos de aplicación de sistemas informáticos”*. Algunas de las actividades llevadas a cabo en el mismo fueron:

- Diseño de encuestas a aplicar en empresas de los Polos IT Chaco y Corrientes para relevamiento de información respecto a implementación de procesos Ágiles y cuestiones asociadas a Calidad de Software.



- Aplicación y procesamiento de la encuesta.
- Análisis del procesamiento de resultados luego del relevamiento en las empresas.
- Estudio comparativo entre modelos de calidad que puedan implementarse y/o adaptarse en procesos ágiles.
- Propuesta de modelo de calidad aplicables a PyMEs que utilizan procesos ágiles o similar.

Las dos últimas actividades mencionadas se describirán en la sección siguiente, haciendo foco en esta sección en las cuestiones directamente relacionadas con la encuesta.

Así, para la actividad que contemplaba el diseño de la encuesta se tuvo en cuenta analizar diferentes ejes tales como: Caracterización de la Empresa (tamaño, tipo, actividad principal, antigüedad en la Industria, etc), Metodologías de Desarrollo, Tecnologías, Gestión y Seguimiento de Proyectos y Calidad en el Proceso y Producto.

La encuesta fue aplicada en empresas del NEA, a través de un formulario on-line para facilitar los procesos de carga y posterior análisis de datos.

La información así recabada fue utilizada para la posterior caracterización respecto al estado actual de las empresas de la región con respecto al uso y familiaridad con las prácticas ágiles, así como a la gestión y políticas de la calidad del producto y del proceso de desarrollo de software.

El relevamiento se llevó a cabo sobre una población conformada por 19 PyMEs de la región que hacen de su actividad principal el desarrollo y venta de software, además de áreas internas de empresas que buscan solventar sus necesidades de Software, todas radicadas en las ciudades de Resistencia y Corrientes.

La encuesta se organizó en las siguientes Secciones: Datos Referenciales, Desarrollo de Software, Estimaciones, Gestión Cuantitativa, Gestión de Requerimientos, Gestión de Riesgos, Medición de Productos de Software, Testing y Políticas de Calidad.

La sección “Datos Referenciales” tiene como finalidad reunir los datos de índole identificativo del área o empresa y del encuestado que forma parte de la Organización (por ejemplo Nombre y Apellido, Cargo, Antigüedad en el cargo, entre otros).

En la sección “Desarrollo de Software” se solicita información, con mayor grado de detalle, respecto a los tipos de proyectos, paradigmas, lenguajes de programación, frameworks y metodologías de desarrollo de software que utiliza o ha utilizado la empresa en un plazo de 3 años. También se hace la diferenciación en caso de que el encuestado conozca la metodología pero no la haya empleado.

Luego se consulta respecto a “Estimaciones”, en primera instancia, si se realizan estimaciones en los proyectos de la empresa y, en caso afirmativo, quién, qué, cómo y cada cuánto se lleva a cabo esta actividad.



Respecto a “Gestión Cuantitativa”, se solicita información sobre aspectos relacionados a la utilización, o no, de herramientas para la gestión de proyectos.

En la sección “Gestión de Requerimientos” se releva información respecto al uso de estándares para elaborar documentación, trazabilidad de requerimientos, herramientas de gestión de requerimientos y de versionado de objetos, y la elaboración y uso de un manual de usuario.

Dentro de la sección “Gestión de Riesgos” se consulta sobre cómo se evalúa el impacto de los riesgos en los proyectos que se llevan adelante en la empresa.

La sección “Medición de Productos de Software” permite obtener información sobre las herramientas que utilizan las organizaciones encuestadas para llevar a cabo esta actividad, si es que lo hacen.

En la sección “Testing” se aborda la naturaleza y herramientas empleadas en la fase de testing, en caso de que esta se realice.

La sección “Políticas de Calidad” pretende reconocer el estado actual de la empresa en materia de certificaciones de calidad, esto es, si posee, está en proceso o planea poseer una certificación. A su vez, en caso de que la empresa implemente políticas de calidad para el área de Sistemas, se recaba información sobre sus aspectos, documentación y comunicación.

En forma previa al inicio de las encuestas, se llevó a cabo una reunión con las empresas donde se explicó el objetivo del proyecto y las etapas que lo componen, así como también se remarcó la importancia de la colaboración de sus organizaciones para el logro de los resultados finales.

La encuesta se realizó mediante un formulario on-line, el que se incluye como **Anexo I**, con control de acceso sólo a los autorizados a completar la información solicitada [37].

### 3.1. Datos Referenciales

Se realizaron un total de 19 encuestas, de las cuales un 42% corresponde a Empresas dedicadas al Desarrollo de Software y el 58% restante a Áreas de Sistemas de Empresas; entre las Empresas de Desarrollo, sólo una supera los 7 integrantes –tiene 12–, mientras que las Áreas de Sistemas relevadas cuentan entre 4 y 15 miembros. Esta información califica a todas las organizaciones relevadas como Micro o Pequeñas empresas, según se muestra en la Figura 2. Se destaca además que el 79% de las empresas relevadas tiene más de 5 años de antigüedad en el mercado.

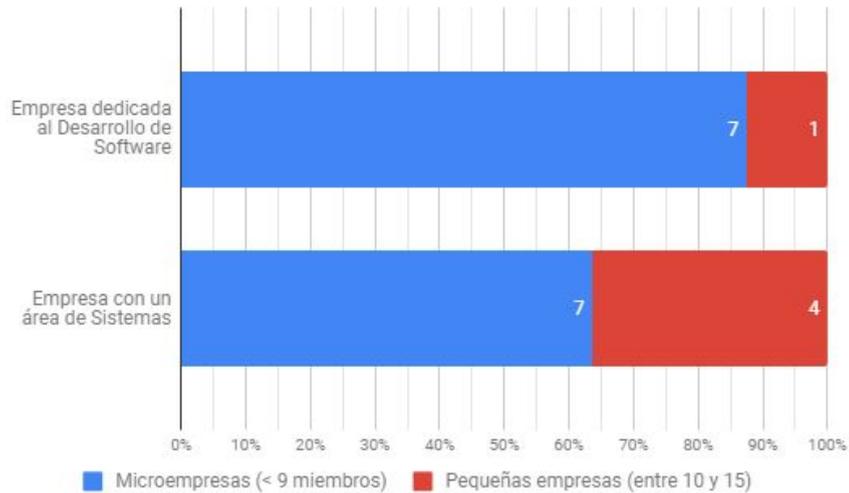


Figura 2. Caracterización de la Empresa

### 3.2. Desarrollo de Software

Con respecto a las metodologías de desarrollo utilizadas por las empresas y si bien la gran mayoría admite conocer las metodologías de desarrollo ágiles más populares como Scrum o XP, tal como se muestra en la Figura 3, son pocas las que aplican actualmente o aplicaron en el último tiempo prácticas ágiles; prefiriendo la mayoría volcarse a las metodologías tradicionales tal como el Desarrollo en Cascada.

Se observa asimismo poco y casi nulo conocimiento respecto a otras metodologías ágiles como KANBAN, Lean, etc.

Además un 26% de las empresas reconoce que utiliza una metodología propia, donde combinan principios ágiles con algunas cuestiones relacionadas a metodologías tradicionales.

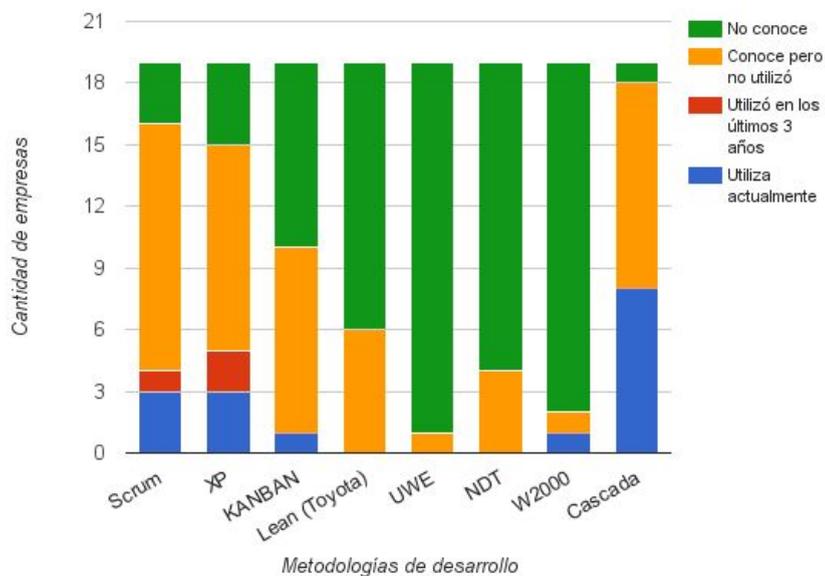


Figura 3. Relación Empresas-Metodologías de Desarrollo

### 3.3. Estimaciones

Con respecto a la estimación de proyectos, 63% de empresas realizan alguna estimación en sus proyectos, teniendo en cuenta principalmente duración y costo de los mismos. De estas empresas, el 75% reconoció haber obtenido buenos resultados debido a la estimación.

En cuanto a la información relevada sobre técnicas de estimación, más del 50% de las organizaciones utiliza el Método basado en la experiencia o juicio experto, en tanto COCOMO o Puntos de función resultan desconocidas para un alto porcentaje, tal como se evidencia en la Figura 4.

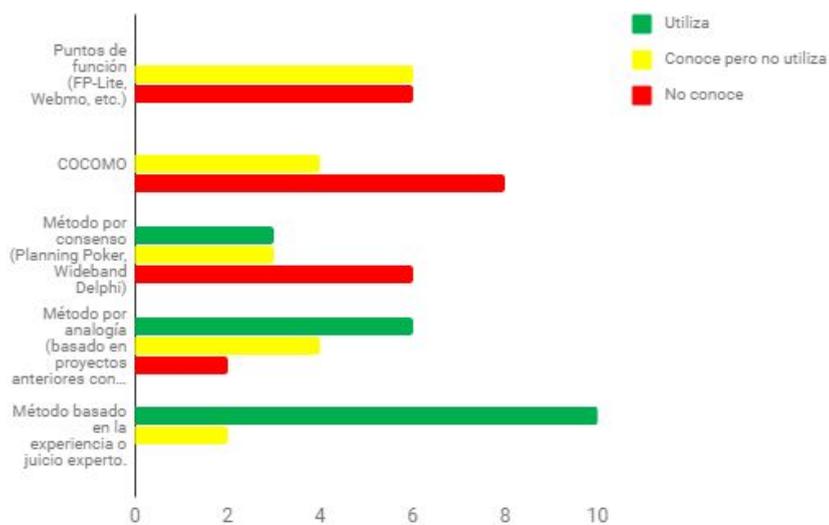
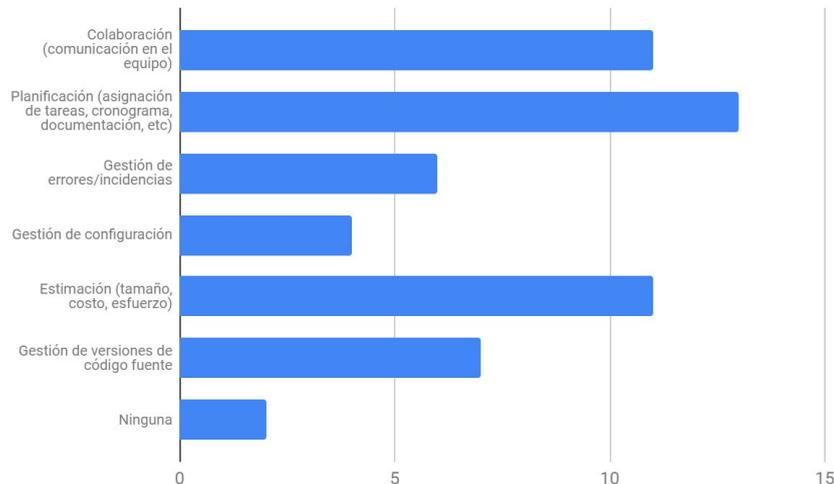


Figura 4. Relación Empresas-Técnicas de estimación

### 3.4. Gestión Cuantitativa

Otro aspecto analizado fue la Gestión de Proyectos, observándose que la mayoría de las empresas encuestadas automatiza el seguimiento y administración de sus proyectos. Casi un 80% de las organizaciones utiliza herramientas de Gestión de Proyectos, ascendiendo este porcentaje al 100% limitando este análisis sólo a las organizaciones que utilizan prácticas ágiles.

La Figura 5 muestra los aspectos manifestados por las empresas en cuanto a la contribución del uso de herramientas para la Gestión de Proyectos.



**Figura 5.** Beneficios de la utilización de herramientas de Gestión de Proyectos

En la Tabla 2 se incluyen los principales motivos por los cuales las empresas adoptan estas herramientas. Sin embargo, consultadas respecto de las herramientas que utilizan, el 37% responde Excel, el 21% Microsoft Project, en tanto la utilización de herramientas específicas varía entre un 5% y un 10% de las organizaciones encuestadas. En nuestra opinión, estas respuestas se deberían principalmente a la necesidad de una mayor y mejor adaptación de la herramienta de Gestión a las características propias de los proyectos y de las organizaciones de nuestra región.

**Tabla 2.** Motivos por los cuales las empresas adoptan herramientas en la Gestión de Proyectos

| Motivo   | Nro. de Empresas |
|--|------------------|
| Necesidad de realizar un mejor seguimiento del desarrollo del proyecto | 13               |
| Necesidad de mejorar la coordinación del equipo de desarrollo          | 10               |
| Incremento del tamaño y complejidad de los proyectos                   | 5                |
| Necesidad de mejorar el cumplimiento de los plazos y presupuestos      | 5                |
| Necesidad de optimizar el proceso de desarrollo                        | 5                |
| Ninguna  | 2                |
| Certificación ISO 9001   | 1                |
| NS/NC  | 1                |

### 3.5. Gestión de Requerimientos

En lo relativo a Gestión de Requerimientos, más del 60% reporta registrarlos en una herramienta sistematizada, pero al ser consultados respecto a si utiliza algún estándar en dicha documentación, sólo una organización dice utilizar un formato similar a IEEE 830, y dos utilizan Historias de usuario. Existe amplio consenso en afirmar que la documentación contribuye a la trazabilidad de requerimientos, pero un porcentaje superior al 90% no utiliza ningún método

para llevar a cabo dicha trazabilidad (matrices, referencias, etc) ni usa herramientas específicas para la Gestión de los Requerimientos.

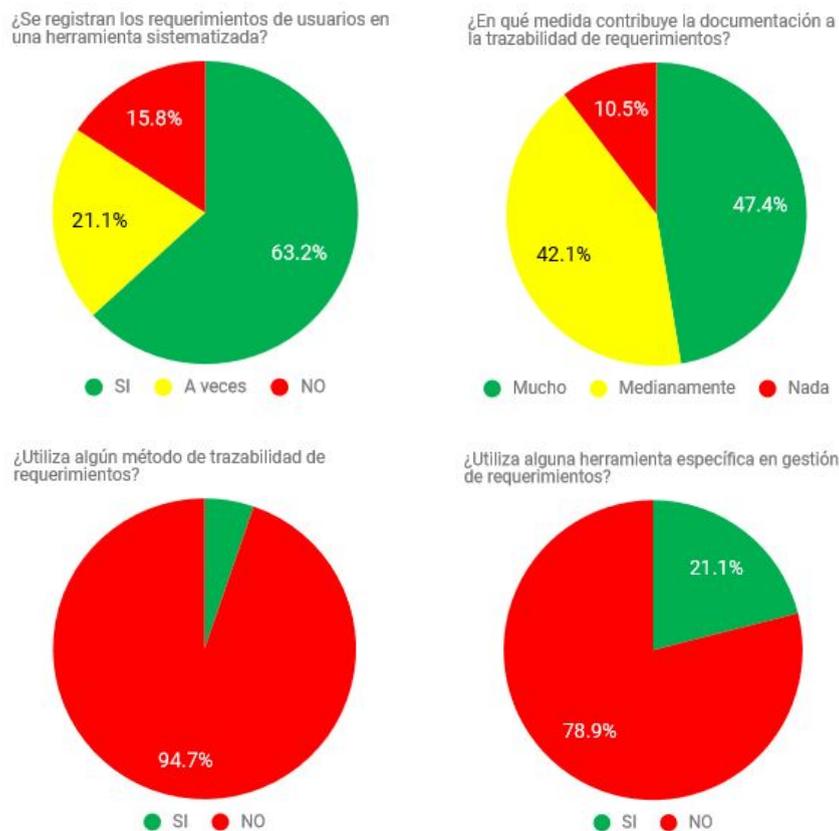


Figura 6. Relación Empresas-Gestión de Requerimientos

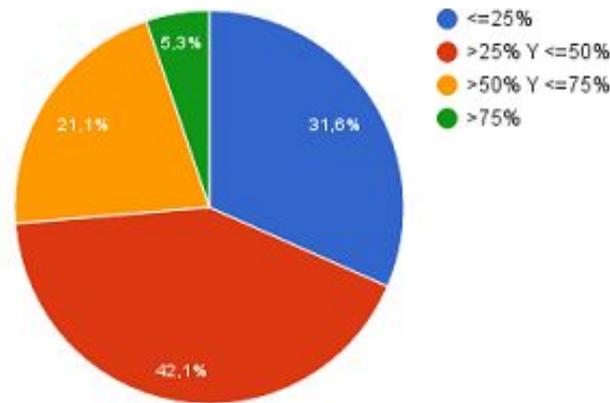
Por otra parte, si bien una amplia mayoría realiza test del requerimiento del usuario con la funcionalidad entregada, es mucho menor el porcentaje de empresas que guardan los registros de estos resultados.

Tabla 3. Test de requerimientos Interno/Externo

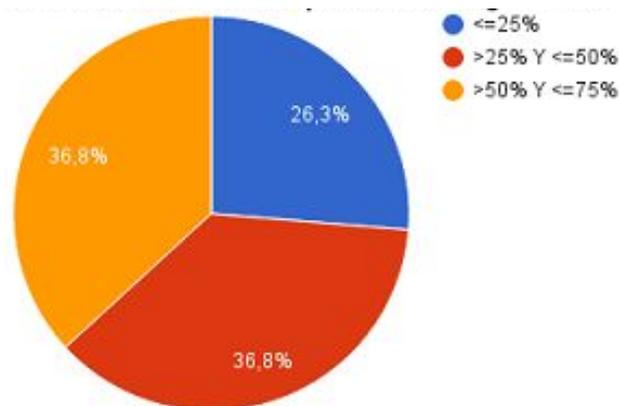
|                                      | Test interno | Test externo |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Sí y se guardan los registros        | 27,8%        | 22,2%        |
| Sí, pero no se guardan los registros | 61,1%        | 61,1%        |
| No se realiza                        | 11,1%        | 16,7%        |

### 3.6. Gestión de Riesgos

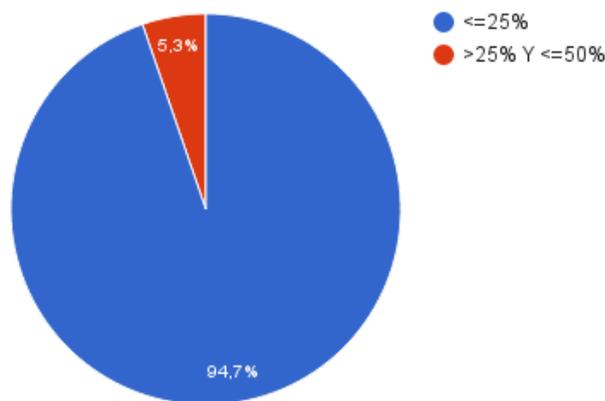
En este sentido, si bien más de un 65% de las organizaciones relevadas considera importante la Gestión de Riesgos en relación al éxito del proyecto de desarrollo de software, un porcentaje mayor al 90% de las mismas no utiliza ninguna herramienta para dicha gestión. En las Figuras 7, 8 y 9 se muestran las condiciones de finalización de los proyectos en las distintas empresas teniendo en cuenta criterios de tiempo, presupuesto y funcionalidades originales.



**Figura 7.** Proyectos terminados a tiempo, dentro del presupuesto y con las funcionalidades especificadas.



**Figura 8.** Proyectos finalizados y en funcionamiento, que superaron costos y/o tiempo y/o menos funcionalidades a las especificadas originalmente.



**Figura 9.** Proyectos cancelados antes de su terminación

### 3.7. Medición de Productos de Software

Ninguna de las empresas entrevistadas realiza mediciones sistematizadas de sus productos de software, siendo el desconocimiento (30%), el costo (20%) y el tiempo (20%) las principales barreras para realizarlas.

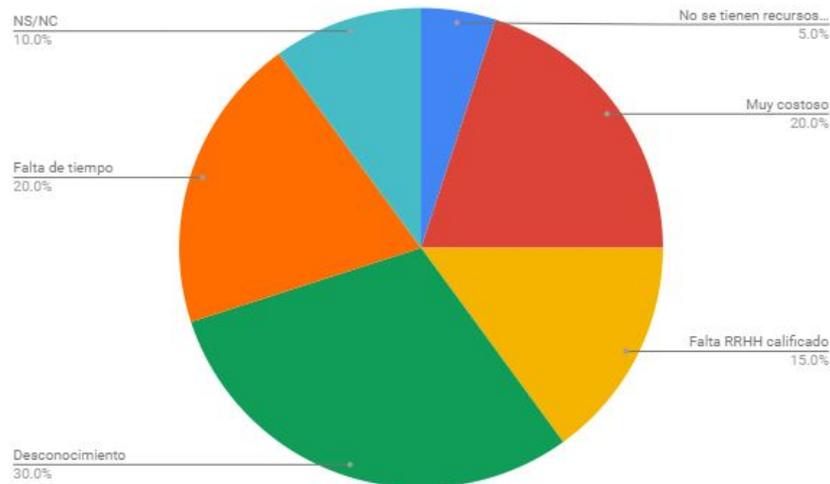


Figura 10. Motivos por los que no se realizan mediciones

### 3.8. Testing

En lo relativo a Testing, ninguna de las organizaciones relevadas tiene un área específica, respondiendo que son los propios desarrolladores quienes hacen también el testing. La gran mayoría realiza Test manual, siendo solamente dos organizaciones las que realizan testing automatizado.

En relación al tipo de pruebas que se llevan a cabo, la mayoría (52,6%) refiere realizar pruebas Unitarias, un 31,6% pruebas de Sistema, un 10,5% pruebas de Aceptación y sólo un 5,3% pruebas de Integración.

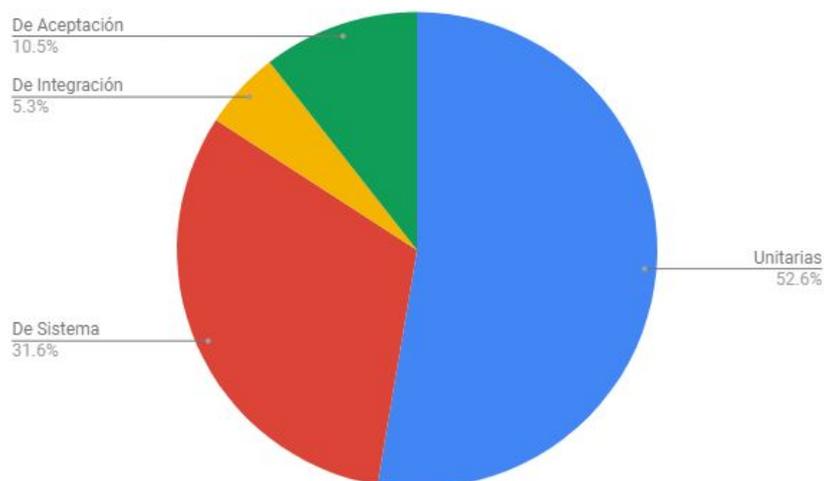


Figura 11. Tipos de pruebas realizadas

### 3.9. Políticas de Calidad

Respecto a Certificación de Calidad, sólo cuatro de las organizaciones encuestadas cuentan con certificación ISO 9001, siendo tres de ellas empresas dedicadas al desarrollo de software y un Área de Sistemas. Resulta interesante destacar que la totalidad de las organizaciones

certificadas implementan procesos ágiles para el desarrollo y obtención de productos de software.

Sin embargo, al momento de realizarse la encuesta, ninguna de las organizaciones se encontraba en proceso de certificar calidad de software ni tenía planes de obtener una certificación.

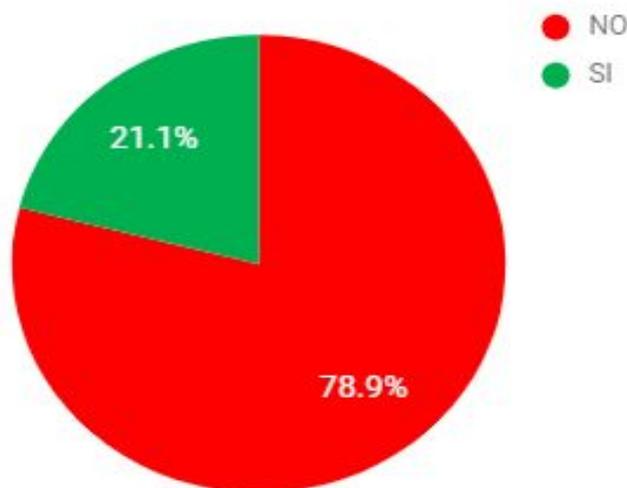


Figura 12. Organizaciones con certificación

### 3.10. Conclusiones del relevamiento

A partir del análisis realizado se concluye que las PyMEs del NEA que fueron encuestadas comparten las siguientes cuestiones [22]:

- La falta de conocimiento que impide implementación de metodologías ágiles en sus procesos de desarrollo.
- Un alto porcentaje utiliza estimaciones y reconoce haber obtenido mejores resultados debido a su utilización.
- La mayoría automatiza el seguimiento y administración de proyectos, aunque solamente una pequeña proporción utiliza herramientas de específicas de gestión de proyectos.
- Más de la mitad reporta registrar los requerimientos, pero prácticamente la totalidad no utiliza ningún método para llevar a cabo la trazabilidad ni usa herramientas específicas para la gestión de los mismos.
- Amplio reconocimiento de la importancia de la gestión de riesgos en relación al éxito de los proyectos, en oposición a la no utilización de herramientas para dicha gestión.
- Implementación nula de medición de productos SW, siendo el desconocimiento, el costo y el tiempo las principales causas.
- Inexistencia de áreas específicas de Testing.
- Falta de certificaciones de calidad o interés de obtener certificaciones en el futuro.

Atendiendo a estas conclusiones, y en consonancia con lo analizado respecto a modelos de calidad existentes y su aplicabilidad a procesos ágiles de desarrollo de Software en PyMEs, en la



siguiente sección se plantea la propuesta de un modelo de evaluación de calidad centrado en procesos ágiles factible de ser implementado en PyMEs en forma sencilla, de bajo costo y con mínimos requerimientos de recursos humanos.

#### **4. QuAM: Modelo de Evaluación de Calidad de Procesos Ágiles**

Teniendo en cuenta el análisis realizado en relación con Modelos de Calidad de Software y su aplicabilidad en procesos ágiles mostrado en la sección 2, así como la realidad relevada en la zona a partir de las encuestas llevadas a cabo, que fueran expuestas en la sección 3, se presenta una aproximación al diseño de un nuevo modelo que contribuya a evaluar la calidad de procesos ágiles en PyMEs del Noreste Argentino, mejorar dichos procesos e incrementar de este modo la calidad de sus productos, en vista que la calidad del producto de software desarrollado está estrechamente relacionada con la calidad del proceso utilizado.

La necesidad de desarrollo rápido de aplicaciones de alta calidad ha llevado a darle gran importancia al concepto de calidad en todas las etapas. Un modelo proporciona un marco y un lenguaje para comunicarse, también proporciona un estándar y la experiencia necesaria en el tema a abordar. Siguiendo con este concepto, un modelo de calidad describe las características que componen la calidad del software y sus relaciones, en base a un conjunto de características y factores [38]. Estos últimos pueden ser medidos directa o indirectamente a través de la definición de criterios de calidad.

En este sentido, por un lado, los factores de calidad o atributos externos representan la calidad desde el punto de vista del usuario y, por otro lado, los criterios de calidad o atributos internos, son aquellos en los que se descomponen los diferentes factores, y representan la calidad desde el punto de vista del producto. Las métricas se definen para cada criterio de calidad, representando medidas cuantitativas que indican el grado en el que está presente un atributo en el producto [39]. Varios de los enfoques sobre métodos de evaluación y selección de productos software proponen una fase de evaluación donde se deben caracterizar los posibles atributos candidatos bajo un conjunto de propiedades o características y de otros componentes como sub-características (que en definitiva representa el modelo de calidad).

Existen, en la literatura, varios modelos para evaluar la calidad del software, que intentan descomponer la calidad en una serie de características más sencillas y desde dos perspectivas: el producto y el proceso; en [40] se analizan las características más relevantes y frecuentes entre modelos seleccionados a fin de establecer cuáles podrían considerarse, a priori, componentes del nuevo modelo. Asimismo, se adoptan del Modelo de Mc Call la propuesta de métricas, planteadas en forma de preguntas que aplican una ponderación numérica a un determinado atributo del producto de software. Después de obtener los valores para todas las métricas de un criterio específico, el promedio de todas ellas es el valor para ese criterio.

Así, teniendo en cuenta los principios incluidos en el Manifiesto Ágil y cuestiones asociadas a la realidad que viven las PyMEs de la región NEA, se presenta a continuación: QuAM -Quality

Agile Model-, una aproximación al diseño de un modelo integrado y flexible, que permite evaluar calidad en ciclos de desarrollo basados en los principios y prácticas del enfoque ágil, contemplando dos perspectivas: Proceso y Producto.

Efectuado el análisis y la comparación de los componentes de cada modelo, poniendo énfasis en la aplicabilidad de cada enfoque sobre procesos ágiles, se elabora la primera propuesta del esquema de componentes que permitirá configurar un nuevo modelo de evaluación de calidad que ofrezca una medición objetiva de la agilidad con la que un proyecto implementa sus procesos y obtiene sus productos de software, determinando el perfil de agilidad asociado al mismo.

#### 4.1. QuAM: Presentación del modelo

El modelo se enfoca en dos perspectivas posibles de evaluar: el proceso ágil y el producto obtenido del mismo. En principio se definieron los componentes correspondientes a la primera dimensión que se muestran en la Figura 13.

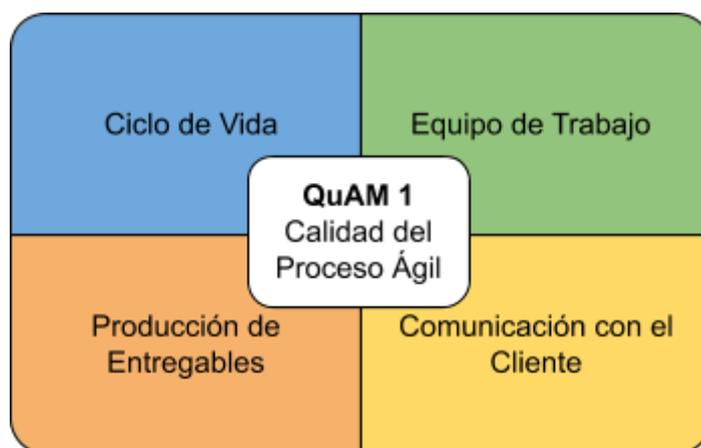


Figura 13. Componentes de la dimensión QuAM 1

QuAM 1 será entonces la dimensión que permita evaluar la Calidad a nivel de Proceso en entornos ágiles; para ello se establece un árbol de métricas ( $M_i$ ,  $i = 1...4$ ) compuestas por atributos medibles ( $A_i$ ) a través de una serie de criterios con medidas asociadas. Luego, la dimensión del modelo de calidad que aquí se presenta evaluará en base a los siguientes componentes:

- *Métrica 1 - Elección del Ciclo de Vida:* El Ciclo de Vida de un proyecto de software define el orden de las actividades del proceso. QuAM ponderará mejor a los ciclos de vida iterativos y a los incrementales por sobre los demás. Se hará foco en la ejecución del mismo, y no en la documentación que se genere. Los atributos y criterios a evaluar se presentan en la Tabla 4.



**Tabla 4.** Atributos y Criterios asociados a la Métrica  $M_1$ : Elección del Ciclo de Vida

| <b>Atributos Positivos</b>   | <b>Atributos Negativos</b>  |
|--|---|
| <p><b>A1.1 - Valor al Ciclo de Vida Iterativo e Incremental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ En cada iteración no solo se mejora, sino también se añaden nuevas funcionalidades al producto (3)</li> <li>○ En cada iteración se revisa y mejora el producto a través de la refactorización (1)</li> <li>○ No se realizan iteraciones completas, pero se añaden nuevas funcionalidades al producto (0)</li> </ul> | <p><b>A1.2 - Valor al Ciclo de Vida en Cascada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El proyecto se divide en fases estrictamente secuenciales (-3)</li> <li>○ Las fases se ejecutan en forma simultánea (-1)</li> <li>○ Al finalizar cada fase es posible realizar backtracking y mejorar lo definido en la etapa anterior (0)</li> </ul> |

- **Métrica 2 - Evaluación del Equipo de Trabajo:** El componente humano del proyecto a evaluar deberá contar con habilidades adecuadas a la filosofía ágil, y la empresa deberá disponer los medios para lograrlo. Para QuAM será importante evaluar el flujo de comunicación entre los miembros del equipo y la capacidad del mismo para afrontar prácticas ágiles. Por tanto, en este componente se deberá medir capacidad técnica de los recursos humanos, eficiencia de las reuniones de equipo y tamaño del equipo. Los atributos y criterios asociados a esta métrica se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Atributos y Criterios asociados a la Métrica  $M_2$ : Evaluación del Equipo de Trabajo

| <b>Atributos Positivos</b>   | <b>Atributos Negativos</b>  |
|--|---|
| <p><b>A2.1 - Valor a las reuniones del equipo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ En cada iteración se realiza por lo menos una reunión con la presencia física de todo el equipo (3)</li> <li>○ En cada iteración se realiza por lo menos una reunión de forma virtual (1)</li> <li>○ No se realizan reuniones en todas las iteraciones (0)</li> </ul> | <p><b>A2.3 - Valor al cumplimiento del cronograma</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El cronograma establecido por etapas es estricto y no permite cambios (-3)</li> <li>○ Se establecen hitos de control en el cronograma y pueden definirse cambios en las fechas establecidas (-1)</li> <li>○ El cronograma se adapta de acuerdo a los cambios y necesidades que surgen a lo largo del proyecto (0)</li> </ul> |
| <p><b>A2.2 - Valor a la definición de roles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se realiza una clara definición de roles, responsabilidades e interacción entre los miembros del equipo (3)</li> </ul>  | <p><b>A2.4 - Valor al proceso por sobre el equipo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se definen actividades, entregables y herramientas de desarrollo y gestión para el proyecto (-3)</li> <li>○ Se definen actividades y entregables del proyecto (-2)</li> </ul>  |



|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se realiza una clara definición de roles y responsabilidades entre los miembros del equipo (2)</li> <li>○ Se realiza una clara definición de roles en los individuos del equipo (1)</li> <li>○ No se definen roles para los individuos (0)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se definen actividades para cada iteración en el proyecto (-1)</li> <li>○ Se definen actividades para el proyecto pero no a nivel de cada iteración (0)</li> </ul> |
|--|---|

- **Métrica 3 - Capacidad de Producción de Entregables:** QuAM evaluará la periodicidad con la que el proyecto produzca versiones entregables del producto al cliente. En este componente se tendrá en cuenta el cumplimiento del lead time y la validez de cada entregable, favoreciendo a aquellos proyectos cuya validación haya sido automatizada. A este nivel se incluirá también la medición del seguimiento del proceso de gestión de cambios sobre el producto y la implementación de procesos de verificación y validación de los mismos. En la Tabla 6 se incluyen los atributos y criterios que se consideran para esta métrica.

**Tabla 6.** Atributos y Criterios asociados a la Métrica M<sub>3</sub>: Capacidad de Producción de Entregables

| <b>Atributos Positivos</b>  | <b>Atributos Negativos</b>  |
|---|---|
| <p><b>A3.1 - Valor al uso de herramientas de gestión de cambios.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Existe un único proyecto en la herramienta de gestión de cambios utilizada, y se administran flujos de trabajo (ramas) por cada miembro del equipo involucrado (3)</li> <li>○ Existe un único proyecto en la herramienta de gestión de cambios pero no todos los miembros del equipo poseen su flujo de trabajo (rama) (1)</li> <li>○ Existe un único proyecto en la herramienta de gestión de cambios con solo un flujo de trabajo compartido por todos los miembros del equipo (0)</li> </ul> | <p><b>A3.3 - Valor a la gestión de requerimientos y requisitos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El documento de especificación de Requerimientos de Software (ERS) no se puede actualizar, y se debe cumplir estrictamente (-3)</li> <li>○ El documento de especificación de Requerimientos de Software (ERS) se actualiza solo si se añaden nuevos requerimientos al Software (-1)</li> <li>○ El documento de especificación de Requerimientos de Software (ERS) se actualiza en forma simultánea con el software (0)</li> </ul> |
| <p><b>A3.2 - Valor al producto funcional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Generar entregable con testing automatizado e integrado con el resto de las funciones al finalizar cada iteración (3)</li> <li>○ Generar entregable con testing manual al finalizar cada iteración (1)</li> </ul>   | <p><b>A3.4 - Valor a la documentación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Requiere documentación detallada al comienzo del proyecto (-3)</li> <li>○ Requiere solo documentación necesaria al comienzo de cada iteración (-1)</li> </ul>  |



|  |  |
|--|--|
| ○ Generar entregable al finalizar el proyecto realizando testing por única vez (0) | ○ No requiere documentación para comenzar a implementar la funcionalidad incluida en una iteración (0) |
|--|--|

- **Métrica 4 - Comunicación con el Cliente:** El modelo de calidad propuesto propiciará la incorporación del cliente como miembro activo en todas las etapas del proyecto. Así, esta métrica permitirá evaluar la ejecución regular de mecanismos de comunicación entre el cliente y el equipo. La Tabla 7 muestra los atributos y criterios que se consideran para esta métrica.

**Tabla 7.** Atributos y Criterios asociados a la Métrica  $M_4$ : Comunicación con el Cliente

| <b>Atributos Positivos</b>  | <b>Atributos Negativos</b>   |
|---|--|
| <p><b>A4.1 - Valorar la colaboración con el cliente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El Cliente es parte del equipo, responde consultas, planifica iteraciones, y colabora en la escritura de requerimientos y pruebas (3)</li> <li>○ El Cliente es parte del equipo, responde consultas y planifica las iteraciones (1)</li> <li>○ El Cliente colabora a demanda del equipo (0)</li> </ul> | <p><b>A4.2 - Valorar la negociación contractual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Existe contratación detallada al inicio y no se aceptan cambios (-3)</li> <li>○ La contratación exige contemplar cambios durante el proyecto (-1)</li> <li>○ El contrato existe pero no incide en el proyecto a nivel de proceso de desarrollo (0)</li> </ul> |

Para el diseño de esta propuesta se consideraron atributos positivos (los que se intentan enfatizar), y atributos negativos (los que se intentan atenuar). De esta forma el atributo positivo se mide en una escala del 0 al 3, y el atributo negativo en una escala del -3 al 0. Así, cada métrica podría obtener una medida entre -3, en el caso que ambos atributos tomen el peor valor (-3 para el atributo negativo y 0 el atributo positivo), y 3, en el caso que ambos atributos tomen el mejor valor (0 el atributo negativo y 3 el atributo positivo). Si se obtiene un valor cero o cercano al cero, significa que la medición no valora significativamente el atributo positivo por sobre el negativo.

Por tanto, y teniendo en cuenta el detalle de los criterios asociados, para obtener el valor final de cada métrica, se deben considerar tanto la medida correspondiente a los atributos positivos como la asociada a los negativos y la suma de sus valores, como sigue:

$$M_i = \sum_n M(A_{i,n}) \quad i = 1...4 \quad (I)$$



Por ejemplo, la *Métrica 1 - Elección del Ciclo de Vida* ( $M_1$ ), se mide sumando la medida del valor que el proceso le da al *Ciclo de Vida Iterativo e Incremental* (A1.1) por sobre *Ciclo de Vida en Cascada* (A1.2).

#### 4.2. Validación: Diseño de la experiencia

Una vez definido el conjunto de componentes del modelo se procedió a diseñar el proceso de validación de la información que ofrezca QuAM junto con los instrumentos necesarios para realizarlo.

Para ello se invitó a PyMEs de Software del NEA a colaborar en la validación teniendo en cuenta características de un proyecto real en ambiente de producción, a fin de detectar aciertos o cuestiones que deban mejorarse en la definición del modelo.

La validación se inició con la selección de la población que participaría del proceso de validación de QuAM. La misma se compone, entonces, por un grupo de 25 empresas insertas en la Industria del Software del NEA, 22 de las cuales pertenecen al Polo IT Chaco. Para la recolección de información se utilizó una Encuesta online con preguntas cerradas referida al proceso de desarrollo que haya guiado el ciclo del proyecto elegido. La misma fue diseñada e implementada a través de Google Forms, para lograr facilitar su difusión entre los participantes de la experiencia y lograr la máxima confiabilidad en el proceso de recolección de información.

El proceso de validación se inició con el 40% de las empresas convocadas para participar del mismo. Y en [41] se realizó un análisis de lo obtenido a fin de generar informes parciales que determinen el nivel de calidad asociado a los procesos ágiles de las empresas y presentar la información obtenida ante los involucrados para lograr el feedback que determine si lo concluido a partir de la utilización del modelo propuesto se aproxima o no a la realidad que ellos perciben.

#### 4.3. Validación: Análisis de Resultados

El análisis se realizó sobre la información provista por 10 empresas, que respondieron la Encuesta teniendo en cuenta un proyecto de software elegido para participar de este proceso de validación; las respuestas así obtenidas se incluyen como **Anexo II**.

El análisis que aquí se presenta se obtuvo al realizar la sumatoria de los valores de atributos positivos junto a los atributos negativos por cada métrica, según la fórmula (I).

Así se observa, por ejemplo, que respecto a la *Métrica 1*, el 50% otorga claramente más importancia al *Ciclo de Vida Iterativo e Incremental* que al *Ciclo de Vida en Cascada*, obteniendo de este modo el valor máximo para esta *Métrica*, que es 3. Esto se puede apreciar claramente en la Figura 14:

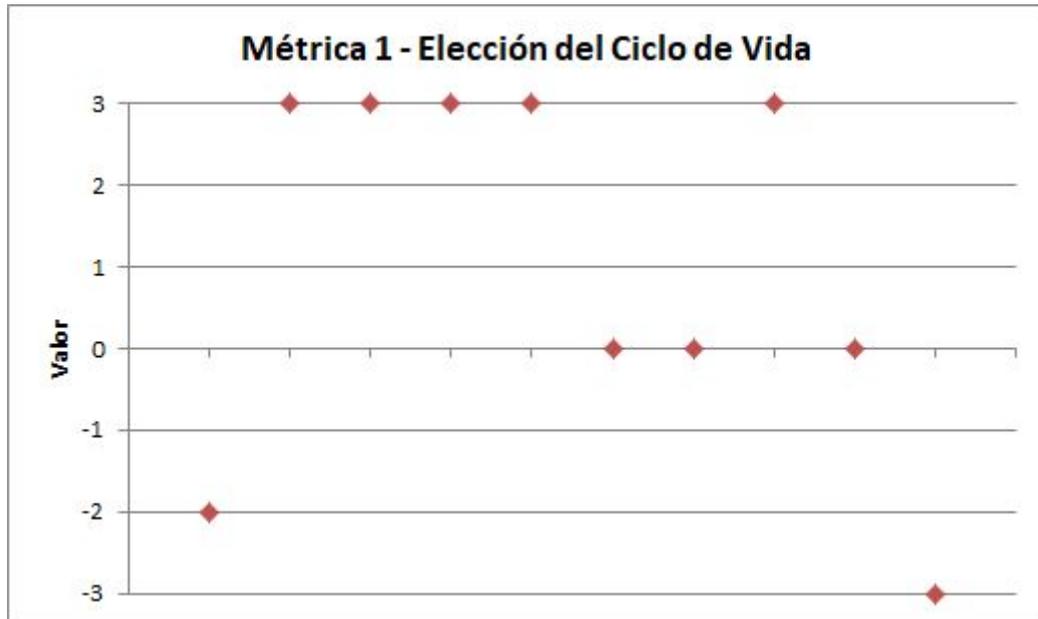


Figura 14. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 1

Con respecto a la Métrica 2, se observa más dispersión en los datos pero al contar con 2 atributos positivos y 2 negativos, fue necesario analizar en detalle el significado de la gráfica presentada en la Figura 15. Considerando los atributos positivos, se observó que la mayoría de las empresas si bien da notable importancia a la clara definición de roles y responsabilidades por cada miembro, no dan igual valor a las reuniones dentro del equipo. En el caso de los atributos negativos, se observa que por un lado el cronograma no es estricto y puede adaptarse a las necesidades cambiantes del entorno pero por otro lado al inicio, y no por iteración, son definidas las actividades y entregables del proyecto. Es por ésto que el 50% de la población obtuvo valores entre 2 y 3, sin alcanzar el máximo de 6 correspondiente a esta Métrica.

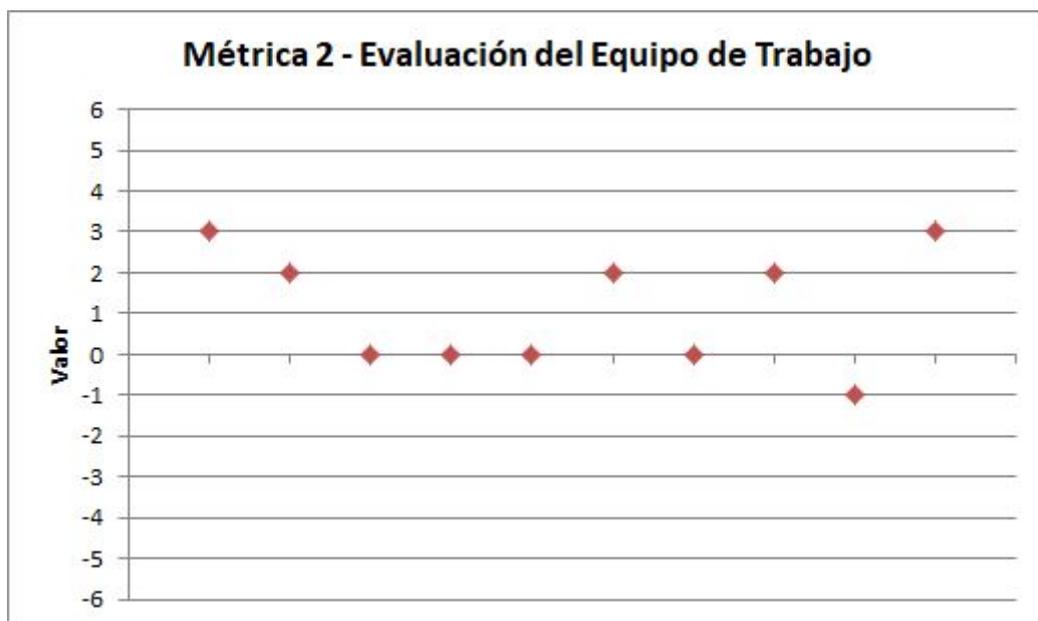


Figura 15. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 2

Para el caso de la Métrica 3, nuevamente se observa alta dispersión en los datos pero las empresas encuestadas otorgan considerable importancia a este factor. Analizando en detalle el valor de los atributos se verifica que la mayoría utiliza alguna herramienta de gestión de cambios, y el 80% realiza testing del producto al finalizar cada iteración. Sin embargo se observa que muchas de las empresas no actualizan su lista de requerimientos a menos que se añadan nuevas funcionalidades al proyecto, y requieren documentación al iniciar cada iteración. Los resultados para la Métrica 3 se pueden ver en la Figura 16.

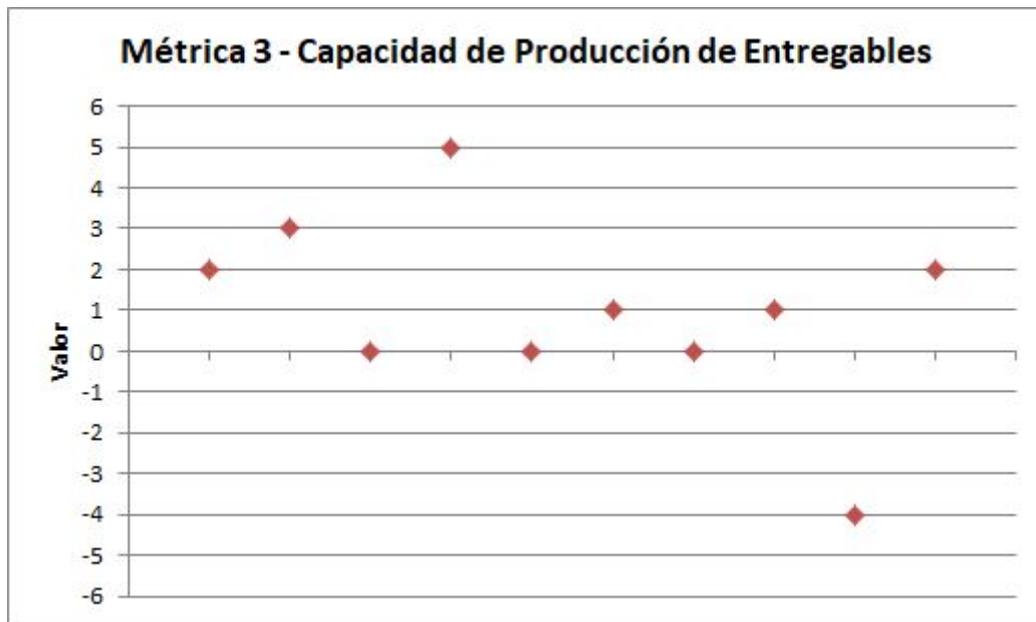


Figura 16. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 3

Finalmente para el caso de la Métrica 4: Comunicación con el Cliente, y tal como se muestra en la Figura 17, la mayoría de las empresas que participaron de la experiencia no da importancia a este componente. De hecho, aunque en mayor medida no es significativo el contrato en el avance del proyecto, casi el 75% solo convoca al cliente a participar del proyecto si fuera estrictamente necesario y a demanda del equipo.

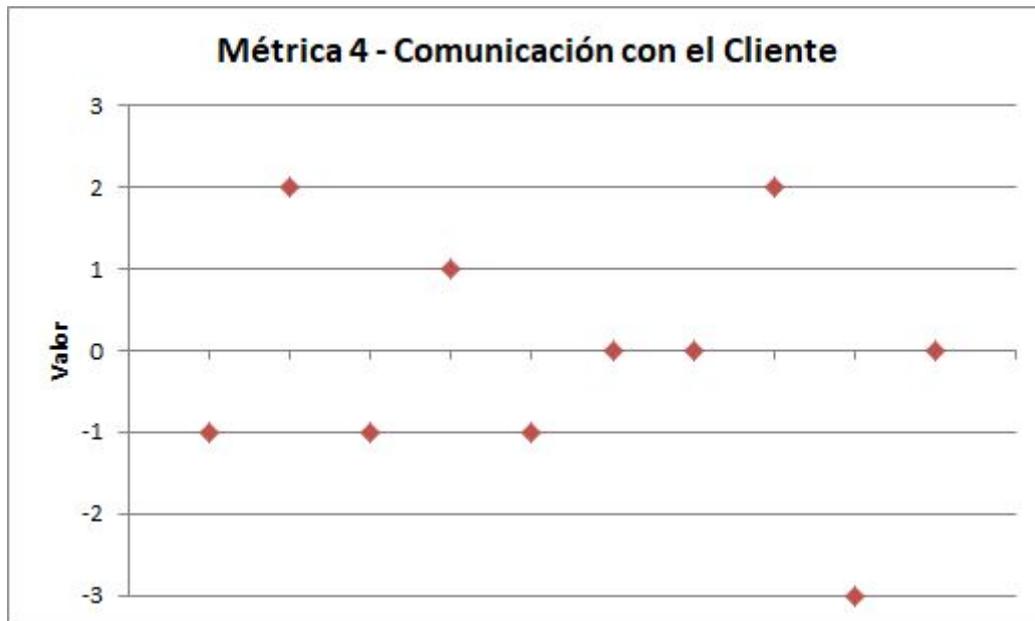


Figura 17. Gráfico de dispersión resultado para la Métrica 4

Es necesario resaltar que este análisis no pretende clasificar a las empresas según su grado de agilidad, sino más bien obtener una visión respecto a la adopción, o no, de prácticas ágiles por parte de las mismas.

## 5. Conclusiones y Trabajos Futuros

El análisis llevado a cabo puso de manifiesto que, si bien existen en la literatura varios trabajos que, con el objetivo de mejorar la calidad de los procesos de desarrollo, presentan propuestas para adaptar normas y estándares a la filosofía ágil, no se enfocan específicamente en la evaluación de los resultados obtenidos en ambientes ágiles.

Además, en la investigación se determinó que existen contextos de desarrollo en el que muchos proyectos se denominan ágiles pero no trabajan respetando los valores del manifiesto ágil. Sumado a esto, al no haber una definición consensuada de agilidad, no es posible comparar resultados de proyectos.

Por otra parte, aunque la mayoría de las PyMEs del NEA involucradas en el proceso de caracterización manifestaron no usar ni conocer metodologías basadas en los principios ágiles, hacen uso de diversas prácticas ágiles que guían el ciclo de vida de sus proyectos.

Teniendo en cuenta las cuestiones similares entre los modelos estudiados y tomando como punto de partida el Manifiesto Ágil, se inició el proceso de definición de componentes de una propuesta de modelo que permita evaluar la calidad en proyectos ágiles.



Así, en principio, la presentación de QuAM como aproximación a un nuevo modelo de calidad permitirá iniciar el ciclo de evaluación de calidad en proyectos de software reales guiados a través de procesos ágiles.

Este modelo tiene como objetivo evaluar calidad en ciclos de desarrollo basados en los principios y prácticas del enfoque ágil, contemplando dos perspectivas: Proceso y Producto. Se presentó, como primera aproximación, **QuAM 1**, que se centra en la primera de estas dimensiones, la asociada a calidad a nivel de proceso.

La principal contribución de este trabajo es el análisis de diferentes modelos de calidad y su aplicabilidad a las PyMEs del NEA; adicionalmente, se definieron en forma preliminar los componentes que conformarán el nuevo modelo, juntamente con la presentación de los resultados obtenidos a partir del análisis de la ejecución del proceso de validación del mismo. La validación del modelo permite afirmar que la evaluación de los componentes de QuAM contribuye a obtener una mirada en detalle respecto a qué cuestiones podrían afectar la calidad en el proceso ágil que llevan adelante las empresas para la obtención de sus productos de software.

Con ésto se pretende contribuir, preliminarmente, a dar solución a los principales problemas a los que se enfrenta la Ingeniería de Software en estos tiempos; al decir de los fundadores de la iniciativa Software Engineering Method and Theory (SEMAT) [42], estos son:

- Prevalencia de las modas.
- Falta de una base teórica.
- Gran número de métodos.
- Falta de validación experimental creíble.
- División entre la práctica de la industria y la investigación académica.

Actualmente, y a partir de los resultados de la experiencia de validación presentada, se encuentra en etapa de diseño y desarrollo un framework que permita automatizar la medición de la calidad de procesos de desarrollo de Software basados en metodologías ágiles, y adecuarlo a la realidad de empresas PyMEs del NEA.

En una primera etapa, se definió el esquema y arquitectura de una de las aplicaciones que formarán parte de la suite de herramientas del framework que se pretende desarrollar, bajo la denominación QuAGI. Esta primera aplicación sirve de soporte y automatiza los elementos gestionados por el modelo QuAM [43][44].

Como trabajos futuros se pretende continuar en el desarrollo completo de **QuAM**, estableciendo la configuración que permita gestionar todos los elementos del mismo y definiendo las estrategias de validación correspondientes, apuntando a la evaluación integral de calidad en entornos ágiles, no solo a nivel de proceso sino también de los productos de software que se obtengan.



*El principal desafío será lograr involucrar y hacer partícipe del proyecto a todo el staff de las empresas que acepten trabajar en esta línea, ya que serán los ejecutores de las prácticas elegidas para ser implementadas.*

## 6. Referencias

1. ISO 9000:2015(es). "Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario". Committee ISO/TC 176/SC 1. 4ª ed. Septiembre 2015.
2. Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos de la República (OPSSI). "Reporte anual sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina".
3. Canós, J; Letelier, P; Penadés, M<sup>º</sup>C. "Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software". DSIC-Universidad Politécnica de Valencia, Alicante, 2003.
4. Gómez Ruedas, J. "Dirección y gestión de Proyectos de Tecnologías de la Información en la Empresa". Fundación Confemetal. 2016.
5. Agile Alliance. "Agile 101". [Online] Accedido 14 de mayo de 2019.  
<https://www.agilealliance.org/agile101/>
6. "Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software". [Online] Accedido 14 de mayo de 2019.  
<http://agilemanifesto.org/iso/es/manifiesto.html>
7. Shelton, Cindy. "Agile and CMMI: Better Together". Scrum Alliance. [Online] 9 de julio de 2008. Accedido 14 de mayo de 2019.  
<https://www.scrumalliance.org/community/articles/2008/july/agile-and-cmmi-better-together>
8. Glazer, H; Dalton, J; Anderson, D; Konrad, M; Shrum, S. "CMMI® or Agile: Why Not Embrace Both!". Software Engineering Institute. [Online] Noviembre 2008. Accedido 14 de mayo de 2019.  
<http://www.sei.cmu.edu/reports/08tn003.pdf>
9. Oktaba, H; García, F; Piattini, M; Ruiz, F; Pino, F. J; & Alquicira, C. "Software process improvement: The competisoft project." IEEE Computer, vol. 40, n° 10 (pp. 21-28). 2007.
10. Laporte, C. "Standards application in very small enterprises". IEEE Computer, vol. 40, n° 10. (pp. 22-23). 2007.
11. Sosa Zitto, R; Blanc, R; Pralong, L; Álvarez, C; Galáz, S. "Buenas Prácticas de Scrum para alcanzar niveles de calidad en pymes de desarrollo de software". XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2014) (pp. 490-494). Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.
12. Estayno, M.; Dapozo, G.; Greiner, C.; Cuenca Pletsch, L.; Pelozo S. "Caracterización de las PyMEs de software de la región NEA orientada hacia un marco de mejora de la calidad". XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2009) (pp. 901-910). Jujuy, Argentina.
13. Estayno, M.; Dapozo, G.; Cuenca Pletsch, L.; Greiner, C. "Modelos y métricas para evaluar calidad de software". XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2009) (pp. 382-388). San Juan, Argentina.
14. Estayno, M.; Dapozo, G.; Cuenca Pletsch, L.; Greiner, C.; Medina, Y.; Tomaselli, G.; & al. "Calidad de software: Actividades en curso para contribuir al desarrollo de la industria del software en la región NEA".



- XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2010) (pp. 464-468). Calafate, Santa Cruz, Argentina.
15. Estayno, M.; Dapozo, G.; Cuenca Pletsch, L.; Greiner, C.; Medina, Y. "Evaluación de calidad de software, formación de recursos humanos y políticas públicas para la promoción de la industria del software en la región NEA". XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2011) (pp. 663-668). Rosario, Santa Fe, Argentina.
  16. "COMPETISOFT. Mejora de Procesos para Fomentar la Competitividad de la Pequeña y Mediana Industria del Software de Iberoamérica". [Online] Diciembre 2008. Accedido 14 de mayo de 2019.  
[https://alarcos.esi.uclm.es/ipsw/doc/competisoft-modelo\\_v1.pdf](https://alarcos.esi.uclm.es/ipsw/doc/competisoft-modelo_v1.pdf)
  17. Oktaba, Hanna & otros. "Modelo de Procesos para la Industria de Software: MoProSoft". Agosto 2005.  
DOI: 10.13140/2.1.2229.5043
  18. Hurtado, J.; Pino, F.; Vidal, J. "Software Process Improvement Integral Model: Agile SPI". Technical Report SIMEP-SW-O&A-RT-6-V1.0. Universidad del Cauca - Colciencias. Popayán, Colombia. 2006.
  19. Polo, M.; Piattini, M.; Ruiz, F. "Using a qualitative research method for building a software maintenance methodology". Software Practice and Experience. Vol. 32(13) (pp. 1239-1260). 2002.
  20. Matalonga, S.; Rivedieu, G. "AGIS: hacia una herramienta basada en ISO9001 para la medición de procesos ágiles". Computación y Sistemas, vol.19, nº 1 (pp. 163-175). México ene./mar. 2015.
  21. Cohen, D.; Lindvall, M.; Costa, P. "Agile Software Development: A DACS State-of-the-Art Report". 2003.
  22. Rujana, M.; Romero Franco, N.; Tortosa, N.; Tomaselli, G.; Pinto, N. "Análisis sobre adopción de metodologías ágiles en los equipos de desarrollo en pymes del NEA". XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016) (pp. 646-650). Concordia, Entre Ríos, Argentina.
  23. Callejas-Cuervo, M.; Alarcón-ALdana, A.; Álvarez-Carreño, A. "Modelos de calidad del software, un estado del arte". En: Entramado. Enero - Junio, 2017. vol. 13, no. 1 (pp. 236-250)
  24. Scalone, F. "Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software". Tesis Ingeniería de Calidad. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires. 2006.
  25. Fleming, I. (sqa.net). "Agile Software Quality Assurance: a discussion on the relationship between Agile development and traditional Software Quality processes". [Online] Accedido 14 de mayo de 2019.  
<http://www.sqa.net/agile-software-quality.html>
  26. Glazer, H.; Dalton, J.; Anderson, D.; Konrad, M.; Shrum, S. "CMMI or Agile: Why Not Embrace Both!". CMU/SEI-2008-TN-003. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. 2008.
  27. Baldonado, J. "Modelo CMMI y métodos ágiles en la gestión de proyectos software". Tesis Master Interuniversitario en Dirección de Proyectos. Universidad de Oviedo. Junio 2017.
  28. Sutherland, J; Jakobsen, CR; Johnson, K. "Scrum and CMMI Level 5: The Magic Potion for Code Warriors". Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2008). IEEE. Enero 2008. (pp. 466-466)
  29. Arboleda, H.; Paz, A.; Casallas, R. "Metodología para implantar el Modelo Integrado de Capacidad de Madurez en grupos pequeños y emergentes". En: Estudios Gerenciales. Abril - Junio, 2013. vol. 29, no. 127 (pp. 177-188)



30. Pérez Escobar, C. "CMMI en PYMES". [Online] Septiembre 2013. Accedido 14 de mayo de 2019.  
<http://asprotech.blogspot.com/2013/09/cmmi-en-pymes.html>
31. Mon, A.; Estayno, M.; Arancio, M.; Velásquez, N. "Modelos de Madurez en la Industria del Software: Evaluación de un Modelo para Pequeñas y Medianas Empresas". Anales del 8th Argentinean Symposium on Software Engineering (ASSE 2007).
32. Laporte, C. "Public Site of the ISO Working Group Mandated to Develop ISO/IEC 29110 Standards and Guides for Very Small Entities involved in the Development or Maintenance of Systems and/or Software". [Online] Accedido 14 de mayo de 2019.
33. "COMPETISOFT. Mejora de procesos software para pequeñas empresas". [Online] Accedido 14 de mayo de 2019.  
<https://alarcos.esi.uclm.es/competisoft/web/completo/index.htm>
34. Pinto, N.; Cuenca Pletsch, L.; Acuña, C.; Zaragoza, G. "COMPETISOFT, una oportunidad de mejora para PyMES del NEA: primer experiencia de ciclo de mejora en el desarrollo de un proyecto de software". III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes. Resistencia, Chaco, Argentina. Junio 2014.
35. Pinto, N.; Acuña, C.; Tomaselli, G.; Tortosa, N.; Cabas Geat, B. "Evaluando la Calidad en Desarrollos Ágiles: Caso de Estudio con PyMES de Software de Chaco y Corrientes". 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONAISI 2017) (pp. 488-495). Santa Fe, Argentina.
36. Alvarez, M.; Escobar, F.; Nardin, A.; Ricci Aparicio, E.; Bioul, G. "Análisis de la implementación de prácticas ágiles en Argentina". 2ª conferencia AGILE-SPAIN (CAS2011) (pp. 25-38)
37. Acuña, C.; Cuenca Pletsch, L.; Tomaselli, G.; Pinto, N.; Tortosa, N. "Calidad de Software y Metodologías Ágiles en las PYMES de la Industria del Software". 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONAISI 2015). Buenos Aires, Argentina.
38. Constanzo, M.A.; Casas, S.I.; Marcos, C. A. "Comparación de modelos de calidad, factores y métricas". Informes Científicos-Técnicos UNPA, 6(1), 1-36, 2014.
39. Olsina, L.; Bertoa, M.F.; Lafuente, G.; Martín, M.A.; Matrib, M.; Vallecillo, A. "Un Marco Conceptual para la Definición y Explotación de Métricas de Calidad" In JISBD (pp. 189-200). Noviembre, 2002.
40. Pinto, N.; Tomaselli, G.; Acuña, C.; Cuenca Pletsch, L.; Tortosa, N.; Cabas Geat, B.; Ulibarrie, M. "Hacia un Modelo de Evaluación de Calidad de Procesos Ágiles". 4to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONAISI 2016). Salta, Argentina.
41. Pinto, N.; Tomaselli, G.; Cuenca Pletsch, L.; Tortosa, N.; Acuña, C. "Validación del diseño de componentes de QuAM: un Modelo de Calidad para procesos Ágiles". IV Seminario Argentina-Brasil de Tecnologías de la Información y la Comunicación (SABTIC 2016) (pp. 317-327). Corrientes, Argentina.
42. Oktaba, H. "Al Diablo con los Procesos, Hagamos Prácticas". SG Software Guru #32. [Online] Accedido 28 de mayo de 2019.  
<https://sg.com.mx/revista/32/al-diablo-procesos-hagamos-practicas>
43. Pinto, N.; Tomaselli, G.; Acuña, C.; Cuenca Pletsch, L. "QUAGI: Una propuesta para el seguimiento y evaluación de proyectos de Software Ágiles". V Seminario Argentina-Brasil de Tecnologías de la Información y la Comunicación (SABTIC 2017) (pp. 127-136). Três de Maio, Rio Grande do Sul, Brasil.



44. Tortosa, N.; Cabas Geat, B.; Pinto, N. "Una plataforma tecnológica para el seguimiento y evaluación de calidad de proyectos ágiles". XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017) (pp. 663-666). Buenos Aires, Argentina.



## Anexo I

### Encuesta a empresas o áreas de Desarrollo de Software

#### OBJETIVO:

Relevamiento de metodologías y herramientas usadas por las empresas orientadas al desarrollo de software para obtener un panorama actualizado sobre la producción de software en la región.

\* Required

#### 1. DATOS REFERENCIALES

##### 1.1. Sobre el Entrevistado

1.1.1. Empresa \*

1.1.2. Nombre y Apellido \*

1.1.3. Profesión \*

1.1.4. Antigüedad en la Empresa \*

Mark only one oval.

Menos de 5 años

Más de 5 años

1.1.5. Cargo Actual \*

##### 1.2. Sobre la Organización

1.2.1. La Empresa se dedica al Desarrollo de Software o cuenta con un área de Sistemas? \*

Mark only one oval.

Empresa dedicada al Desarrollo de Software

Empresa con un área de Sistemas

1.2.2. Si Ud. trabaja en en una empresa dedicada al Desarrollo de Software, indique cantidad de integrantes de la empresa

1.2.3. Si Ud. trabaja en en una empresa con un Área de Sistemas, indique cantidad de integrantes del área

#### 2. DESARROLLO DE SOFTWARE

2.1. ¿Qué tipo de proyectos desarrollaron en los últimos 5 años? \*

Mark only one oval.

Desktop

Web



- Aplicaciones Móviles
- Desktop-Web
- Other:

2.2. Indique, aproximadamente, cuántos proyectos de cada tipo se encararon en su Empresa (Tipo + cantidad) \*

2.3. Sobre Metodologías de Desarrollo de Software (Marque la opción correcta) \*  
 Mark only one oval per row.

|                       | Utiliza actualmente   | Utilizó en los últimos 3 años | Conoce pero no utilizó | No conoce             |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Tradicional (Cascada) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Scrum                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| XP                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| KANBAN                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Lean (Toyota)         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| UWE                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| NDT                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| W2000                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |

2.3.1. Indique si utiliza aparte de las metodologías anteriores, alguna propia de la empresa \*

2.4. En el caso que utilicen Metodologías Ágiles, ¿Qué Técnicas emplea en su metodología ágil? (seleccione las que apliquen) \*

Check all that apply.

- Analog Taskboard
- Burndown
- Cycle time
- Release Planning
- Velocity
- Coding Standars
- Iteration Planning
- On-site Customer
- Kanban
- PairProgramming
- Other:

2.5. ¿Qué Paradigmas de Desarrollo utilizan? \*

Check all that apply.

- Procedural
- Orientado a Objetos
- Funcional
- Other:

2.6. ¿Qué lenguajes o herramientas de desarrollo utilizan? \*

Check all that apply.

- C



- C++
- C#
- .Net
- Asp .Net
- Python
- Visual Basic
- JAVA
- PHP
- Ruby
- Delphi
- Genexus
- Android
- HTML
- HTML5
- Other:

2.7. ¿Utiliza algún framework de desarrollo? \*

Check all that apply.

- Ninguno
- Simphony
- Ruby on Rails
- Django
- Zend
- Hibernate
- CodeIgniter
- Bootstrap
- jQuery
- Other:

3. **ESTIMACIÓN**

3.1. ¿Realiza estimación en sus Proyectos? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO          Skip to question 4.1.

**Sobre las estimaciones que realiza**

Ud ha indicado que realizan estimación en la Empresa, queremos saber más sobre esto.

3.2. ¿En qué porcentaje de los Proyectos se usa algún tipo de estimación? \*

3.3. Indique que técnicas de estimación conoce y/o utiliza \*

Mark only one oval per row.

|   | Utiliza               | Conoce pero No Utiliza | No Conoce             |
|---|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Método basado en la experiencia o juicio experto. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |
| Método por analogía (basado en proyectos)         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> |



|   |                       |                       |                       |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| anteriores con datos<br>sistematizados)                     |                       |                       |                       |
| Método por consenso<br>(Planning Poker, Wideband<br>Delphi) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| COCOMO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Puntos de función (FP-Lite,<br>Webmo, etc.)                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

3.4. ¿Utiliza alguna variante o combinación de los métodos anteriores?

3.5. La estimación es realizada por: \*

Mark only one oval.

- Una persona
- Un grupo de referentes
- Todo el equipo

3.6. ¿Qué es lo que mas se estima? \*

Mark only one oval.

- Tamaño del Proyecto
- Esfuerzo que demandará
- Duración del Proyecto
- Costo
- Other:

3.7. Cuando ha utilizado algún tipo de estimación, los resultados obtenidos fueron: \*

Mark only one oval.

- Muy Buenos
- Buenos
- Regulares
- No se notaron cambios

3.8. ¿Utiliza datos históricos al momento de estimar? \*

Mark only one oval.

- SI
- NO

3.9. En caso de utilizar datos históricos, indique cuáles.

#### 4. **GESTIÓN CUANTITATIVA**

4.1. ¿Guardan datos históricos de los proyectos? (Fecha de inicio, de fin, recursos, costos, etc) \*

Mark only one oval.

- SI
- NO

4.2. ¿Cuáles son las herramientas de gestión de proyecto que utiliza? \*



Check all that apply.

- Microsoft Project
- Excel
- Jira
- Primavera Enterprise Project
- Spira Team
- Libre Plan
- Redmine
- Proof Hub
- GitHub
- Bugzilla
- Other:

4.3. ¿En qué aspectos de la gestión de proyecto contribuye la herramienta? (seleccione la/las correctas) \*

Check all that apply.

- Colaboración (comunicación en el equipo)
- Planificación (asignación de tareas, cronograma, documentación, etc)
- Gestión de errores/incidencias
- Gestión de configuración
- Estimación (tamaño, costo, esfuerzo)
- Gestión de versiones de código fuente
- Other:

4.4. ¿Qué los motivó a usar la herramienta? (seleccione la/las correctas) \*

Check all that apply.

- Incremento del tamaño y complejidad de los proyectos
- Necesidad de optimizar el proceso de desarrollo
- Necesidad de mejorar la coordinación del equipo de desarrollo
- Necesidad de mejorar el cumplimiento de los plazos y presupuestos
- Necesidad de realizar un mejor seguimiento del desarrollo del proyecto
- Other:

## 5. GESTIÓN DE REQUERIMIENTOS

5.1. ¿Se registran los requerimientos de usuarios en una herramienta sistematizada (Word, Excel, etc)? \*

Mark only one oval.

- SI
- NO
- A veces

5.2. ¿Utiliza algún estándar en documentación (IEEE 830, Historias de usuario, otros)? \*

\*

Mark only one oval.

- SI
- NO



A veces

5.2.1. En caso que utilice algún estándar en documentación, indique cuál.

5.3. ¿En qué medida contribuye la documentación a la trazabilidad de requerimientos? \*

\*

Mark only one oval.

- Mucho  
 Medianamente  
 Nada

5.4. ¿Utiliza algún método de trazabilidad de requerimientos (matrices, referencias, etc)? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO

5.4.1. En caso que utilice algún método de trazabilidad, indique cuál

5.5. ¿Utiliza alguna herramienta específica en gestión de requerimientos? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO

5.5.1. En caso que utilice alguna herramienta de especificación de requerimientos, indique cuál

5.6. ¿Utiliza alguna herramienta de gestión de versionado de objetos? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO

5.6.1. En caso que utilice alguna herramienta de gestión de versionado de objetos, indique cuál

5.7. Marque según corresponda \*

Mark only one oval per row.

|   | Sí y se guardan los registros | Sí, pero no se guardan los registros | No se realiza         |
|---|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| ¿Se realiza verificación del requerimiento de usuario con la funcionalidad a entregar (test interno)? | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/> |
| ¿Se realiza test del requerimiento del usuario con la funcionalidad entregada (test externo)?         | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/> |



5.8. ¿Se elabora manual de usuario? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO

5.9. ¿Está disponible al momento de la pruebas? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO

## 6. GESTIÓN DE RIESGOS

6.1. De los proyectos realizado en los últimos 3 años por la empresa, indique el porcentaje (%) que se terminó a tiempo, dentro del presupuesto y con las funcionalidades especificadas. \*

6.2. De los proyectos realizado en los últimos 3 años por la empresa, indique el porcentaje (%) se terminó y está en funcionamiento, superó los costos y/o tiempo y/o menos funcionalidades a las especificadas originalmente. \*

6.3. De los proyectos realizado en los últimos 3 años por la empresa, indique el porcentaje (%) se canceló antes de su terminación. \*

6.4. ¿Qué opinión le merece la gestión de riesgos en relación al éxito del proyecto de desarrollo de software? \*

Mark only one oval.

- Importante  
 No tan importante  
 Sin importancia  
 NS/NC

6.5. ¿Utiliza algún método y/o herramienta para la gestión de riesgos en proyectos de software? \*

Mark only one oval.

- SI  
 NO  
 A veces

6.5.1. En caso que utilice algún método y/o herramienta para la gestión de riesgos, indique cuáles

## 7. MEDICIÓN DE PRODUCTOS DE SW

7.1. Realizan mediciones en forma sistematizada ? \*

Mark only one oval.



- SI  
 NO Skip to question 7.3.1.

## 7.2. SI realiza medición de sus Productos SW

7.2.1. Indique qué mide \*  
Mark only one oval.

- Estilo  
 Complejidad ciclomática  
 Acoplamiento  
 Herencia  
 Other:

7.2.2. ¿Registra las mediciones en un repositorio? \*  
Mark only one oval.

- SI  
 NO

7.2.3. ¿Para qué utiliza las mediciones? \*

7.2.4. ¿Utiliza herramienta de medición? (PHPDepend, RefactorIT, Sonar, etc) \*  
Mark only one oval.

- SI  
 NO

7.2.4.1. En caso que utilice alguna herramienta de medición, indique cuál  
Skip to question 8.1.

## 7.3. NO realiza medición a sus Productos SW

7.3.1. ¿Por qué no realiza mediciones? \*  
Mark only one oval.

- Muy costoso  
 No es útil  
 Other:

## 8. TESTING

8.1. La empresa/área tiene: \*  
Mark only one oval.

- Equipo exclusivo para testing  
 Los desarrolladores hacen también el testing

8.2. Realiza test: \*  
Mark only one oval.

- Manual



Automatizado

8.3. Realiza pruebas: \*  
Mark only one oval.

- Unitarias
- De Integración
- De Sistema
- De Aceptación

8.4. Qué herramienta/s utiliza \*  
Mark only one oval.

- Selenium
- JUnit
- TestLink
- Other:

## 9. POLÍTICAS DE CALIDAD

9.1. ¿Posee alguna certificación de calidad de software: (CMMi, ISO-9001-4, ISO-9126)? \*  
Mark only one oval.

- SI
- NO

9.1.1. En caso que posea alguna certificación de calidad, indique cuál o cuáles

9.2. ¿Su empresa se encuentra en proceso de certificación de calidad de software? \*  
Mark only one oval.

- SI
- NO

9.2.1. Si su empresa se encuentra en proceso de certificación de calidad, indique cuál. Por ejemplo CMMI, ISO, etc.

9.3. ¿Tiene planeado obtener una certificación de calidad? \*  
Mark only one oval.

- SI
- NO          Skip to question 9.3.2.

### **Su empresa SI planea certificar calidad**

9.3.1. Indique qué certificación de calidad planea iniciar su empresa \*  
Skip to question 9.4.1.

### **Su empresa NO planea certificar calidad**

9.3.2. ¿Por qué su empresa no planifica certificar calidad? \*



Mark only one oval.

- No tiene intenciones de obtener una certificación.
- Desconoce certificaciones aplicables a su actividad
- Other:

#### **Su empresa NO TIENE INTENCIONES de certificar calidad**

9.3.2.1. Si no tiene intenciones de obtener una certificación de calidad.  
Indique ¿Por qué? \*

#### **9.4. Políticas de Calidad**

9.4.1. ¿Implementan alguna política de Calidad para el Área de Sistemas? \*

Mark only one oval.

- SI
- NO      Stop filling out this form.

#### **Su empresa implementa alguna Política de Calidad**

9.4.1.1. ¿Qué aspectos tuvieron en cuenta al elaborar la Política de Calidad? \*

9.4.1.2. ¿Está documentada la Política de Calidad? \*

Mark only one oval.

- SI
- NO

9.4.1.3. ¿Qué circuito administrativo siguen para comunicar la Política a los integrantes del Área de Sistemas? \*



## Anexo II

### Respuestas a Encuesta de Validación QuAM

|  | Valor | Empresa |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|--|-------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|  |       | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <b>Métrica 1 - Elección del Ciclo de Vida</b>  |       | -2      | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | -3 |
| <b>Atributos Positivos</b>   |       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>A1.1 - Valor al Ciclo de Vida Iterativo e Incremental</i>   |       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| - En cada iteración no solo se mejora, sino también se añaden nuevas funcionalidades al producto     | 3     |         | X | X | X | X |   |   | X |   |    |
| - En cada iteración se revisa y mejora el producto a través de la refactorización                    | 1     | X       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| - No se realizan iteraciones completas, pero se añaden nuevas funcionalidades al producto            | 0     |         |   |   |   |   | X | X |   | X | X  |
| <b>Atributos Negativos</b>   |       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>A1.2 - Valor al Ciclo de Vida en Cascada</i>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| - El proyecto se divide en fases estrictamente secuenciales  | -3    | X       |   |   |   |   |   |   |   |   | X  |
| - Las fases se ejecutan en forma simultánea  | -1    |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| - Al finalizar cada fase es posible realizar backtracking y mejorar lo definido en la etapa anterior | 0     |         | X | X | X | X | X | X | X | X |    |

|   | Valor | Empresa |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|---|-------|---------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
|   |       | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 |
| <b>Métrica 2 - Evaluación del Equipo de Trabajo</b>   |       | 3       | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | -1 | 3  |
| <b>Atributos Positivos</b>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <i>A2.1 - Valor a las reuniones del equipo</i>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| - En cada iteración se realiza por lo menos una reunión con la presencia física de todo el equipo         | 3     |         |   |   |   |   | X |   | X |    | X  |
| - En cada iteración se realiza por lo menos una reunión de forma virtual                                  | 1     | X       | X | X | X |   |   |   |   | X  |    |
| - No se realizan reuniones en todas las iteraciones   | 0     |         |   |   |   | X |   | X |   |    |    |
| <i>A2.2 - Valor a la definición de roles</i>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| - Se realiza una clara definición de roles, responsabilidades e interacción entre los miembros del equipo | 3     |         | X |   |   |   |   |   |   |    |    |
| - Se realiza una clara definición de roles y responsabilidades entre los miembros del equipo              | 2     | X       |   | X | X | X |   |   |   |    | X  |
| - Se realiza una clara definición de roles en los individuos del equipo                                   | 1     |         |   |   |   |   | X | X |   | X  |    |
| - No se definen roles para los individuos   | 0     |         |   |   |   |   |   |   | X |    |    |
| <b>Atributos Negativos</b>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <i>A2.3 - Valor al cumplimiento del cronograma</i>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| - El cronograma establecido por etapas es estricto y no permite cambios                                   | -3    |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| - Se establecen hitos de control en el cronograma y pueden definirse cambios en las fechas establecidas   | -1    |         |   | X |   |   |   | X |   | X  |    |
| - El cronograma se adapta de acuerdo a los cambios y necesidades que surgen a lo largo del proyecto       | 0     | X       | X |   | X | X | X |   | X |    | X  |
| <i>A2.4 - Valor al proceso por sobre el equipo</i>  |       |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| - Se definen actividades, entregables y herramientas de desarrollo y gestión para el proyecto             | -3    |         |   |   | X |   |   |   |   |    |    |
| - Se definen actividades y entregables del proyecto   | -2    |         | X | X |   | X | X |   |   | X  | X  |
| - Se definen actividades para cada iteración en el proyecto   | -1    |         |   |   |   |   |   |   | X |    |    |
| - Se definen actividades para el proyecto pero no a nivel de cada iteración                               | 0     | X       |   |   |   |   |   | X |   |    |    |



|  | Valor | Empresa  |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|  |       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9         | 10       |
| <b>Métrica 3 - Capacidad de producción de entregables</b>  |       | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>0</b> | <b>5</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>-4</b> | <b>2</b> |
| <b>Atributos Positivos</b>   |       |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| <i>A3.1 - Valor al uso de herramientas de gestión de cambios.</i>  |       |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| - Existe un único proyecto en la herramienta de gestión de cambios utilizada, y se administran flujos de trabajo (ramas) por cada miembro del equipo involucrado | 3     | X        | X        |          | X        | X        |          |          |          |           | X        |
| - Existe un único proyecto en la herramienta de gestión de cambios pero no todos los miembros del equipo poseen su flujo de trabajo (rama)                       | 1     |          |          | X        |          |          | X        |          |          |           |          |
| - Existe un único proyecto en la herramienta de gestión de cambios con solo un flujo de trabajo compartido por todos los miembros del equipo                     | 0     |          |          |          |          |          |          | X        | X        | X         |          |
| <i>A3.2 - Valor al producto funcional</i>  |       |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| - Generar entregable con testing automatizado e integrado con el resto de las funciones al finalizar cada iteración  | 3     |          |          |          | X        |          |          |          |          |           |          |
| - Generar entregable con testing manual al finalizar cada iteración  | 1     | X        | X        | X        |          | X        | X        | X        | X        |           | X        |
| - Generar entregable al finalizar el proyecto realizando testing por única vez   | 0     |          |          |          |          |          |          |          |          | X         |          |
| <b>Atributos Negativos</b>   |       |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| <i>A3.3 - Valor a la gestión de requerimientos y requisitos</i>  |       |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| - El documento de especificación de Requerimientos de Software (ERS) no se puede actualizar, y se debe cumplir estrictamente                                     | -3    |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| - El documento de especificación de Requerimientos de Software (ERS) se actualiza solo si se añaden nuevos requerimientos al Software                            | -1    | X        |          | X        |          | X        | X        |          |          | X         | X        |
| - El documento de especificación de Requerimientos de Software (ERS) se actualiza en forma simultánea con el software  | 0     |          | X        |          | X        |          |          | X        | X        |           |          |
| <i>A3.4 - Valor a la documentación</i>   |       |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |
| - Requiere documentación detallada al comienzo del proyecto  | -3    |          |          |          |          | X        |          |          |          | X         |          |
| - Requiere solo documentación necesaria al comienzo de cada iteración  | -1    | X        | X        | X        | X        |          |          | X        |          |           | X        |
| - No requiere documentación para comenzar a implementar la funcionalidad incluida en una iteración   | 0     |          |          |          |          |          | X        |          | X        |           |          |

|   | Valor | Empresa   |          |           |          |           |          |          |          |           |          |
|---|-------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|   |       | 1         | 2        | 3         | 4        | 5         | 6        | 7        | 8        | 9         | 10       |
| <b>Métrica 4 - Comunicación con el cliente</b>  |       | <b>-1</b> | <b>2</b> | <b>-1</b> | <b>1</b> | <b>-1</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>2</b> | <b>-3</b> | <b>0</b> |
| <b>Atributos Positivos</b>  |       |           |          |           |          |           |          |          |          |           |          |
| <i>A4.1 - Valorar la colaboración con el cliente</i>  |       |           |          |           |          |           |          |          |          |           |          |
| - El Cliente es parte del equipo, responde consultas, planifica iteraciones, y colabora en la escritura de requerimientos y pruebas | 3     |           | X        |           |          |           |          |          | X        |           |          |
| - El Cliente es parte del equipo, responde consultas y planifica las iteraciones  | 1     |           |          |           | X        |           |          |          |          |           |          |
| - El Cliente colabora a demanda del equipo  | 0     | X         |          | X         |          | X         | X        | X        |          | X         | X        |
| <b>Atributos Negativos</b>  |       |           |          |           |          |           |          |          |          |           |          |
| <i>A4.2 - Valorar la negociación contractual</i>  |       |           |          |           |          |           |          |          |          |           |          |
| - Existe contratación detallada al inicio y no se aceptan cambios   | -3    |           |          |           |          |           |          |          |          | X         |          |
| - La contratación exige contemplar cambios durante el proyecto  | -1    | X         | X        | X         |          | X         |          |          | X        |           |          |
| - El contrato existe pero no incide en el proyecto a nivel de proceso de desarrollo   | 0     |           |          |           | X        |           | X        | X        |          |           | X        |