

# Sistema de control de trazabilidad de requerimientos en ambientes ágiles de desarrollo de software

José Manuel Hernández Reyes<sup>1</sup> Carlos Enríquez Ramírez<sup>2</sup>

Universidad Politécnica de Tulancingo, Calle Ingenierías #100, Col. Huapalcalco, Tulancingo,  
Hidalgo, 43629. México  
{jose.hernandez<sup>1</sup>, carlos.enriquez<sup>2</sup>}@upt.edu.mx

Área de Aplicación: Software.

Fecha de inicio de Prototipo: Abril 2013.

Nivel Educativo: Posgrado.

**Resumen.** En el ámbito de los sistemas de software, los requerimientos son la parte primordial del desarrollo por lo que se debe cuidar el manejo del mismo. Esta investigación desarrolla un proceso de gestión de requerimientos a través de la trazabilidad, apoyado en un sistema de software (Trace AM), que controla el trazo de éstos en ambientes ágiles de desarrollo de software, para permitir su monitoreo, la entrega en tiempo y forma según la especificación del usuario. Las actividades que se realizan son: Modelar un proceso de trazabilidad en ambientes ágiles de desarrollo de software; Generar un sistema de software que permita dar el seguimiento y monitorear los requerimientos en un proyecto; Probar la efectividad de la herramienta en escenarios reales.

**Palabras Claves:** Ingeniería de Requerimientos, Stakeholders, Trazabilidad, Metodologías Ágiles.

## 1 Introducción

Los sistemas de software siempre han tenido la característica de contener muchos recursos desde su creación incluyendo una gran cantidad de productos como son: documentos de requerimientos, diseño, código fuente y casos de prueba. Estos son desarrollados y actualizados durante largos períodos de tiempo por diferentes personas. El establecimiento y mantenimiento de dichas conexiones entre los productos de software es reconocido como un problema difícil de administrar. Es por ello que el presente trabajo de investigación implementa un proceso enfocado a la trazabilidad de requerimientos que va dirigida a las organizaciones que hacen uso de metodologías ágiles para el desarrollo de software y una solución adoptada por este proceso para extraer y analizar los datos, es el uso de técnicas de Recuperación de Información[1]. La técnica seleccionada se basa en métodos de recuperación de enlaces de trazabilidad con base en *Esquemas o Índices de Referencias Indexadas* (IRI), permitiendo generar un índice “Id” que identifica a cada producto generado y permite su relación con otros a través de su indexación.

Se propone un esquema para dar seguimiento y mantenimiento a los requerimientos a través de relaciones (*Detenido, Reemplazado por, Extiende a*) aplicadas en diferentes escenarios según las necesidades evaluadas en los ambientes ágiles de desarrollo de software. La aplicación de este proceso de trazabilidad está definida bajo cierto escenario, además se debe cumplir requisitos previos

para lograr una eficaz generación, uso y mantenimiento de la misma. La finalidad es brindar un seguimiento puntual a dichos requisitos, para tener mejor visibilidad del proceso que realiza una solución al problema del cliente.

## 2 Antecedentes

### 2.1 Trazabilidad de Requerimientos

La trazabilidad permite la recuperación eficiente de los productos relacionados, lo cual es útil en una variedad de tareas de ingeniería de software, tales como el mantenimiento del software, la comprensión del sistema y depuración del sistema [2]. Mientras tanto, los ambientes de desarrollo de proyectos de software son cada vez más distribuidos, descentralizado y depende de terceros, motivando la necesidad de técnicas trazabilidad eficaces. Los *stakeholders* (involucrados) tienen interés en el tema [3], además requieren de soporte personalizado, como el nivel de especificación de la captura del trazado y los tipos de productos a rastrear. Los beneficios más importantes proporcionados por la trazabilidad pueden ser realizados durante la fase de Verificación y Validación (V&V) [4]. La implementación correcta de la trazabilidad puede utilizarse para demostrar que un sistema de software cumple con sus requisitos y que se han aplicado correctamente. Por ejemplo si un requisito puede ser rastreado hasta el código, se realiza la validación de su implementación, adhiriéndole un caso de prueba y así se demuestra que ha sido verificado. Esta actividad apoya la gestión del proyecto, asegurando que el software se ajuste a las especificaciones de los clientes [5].

### 2.2 La Trazabilidad en las Metodologías Ágiles

Las Metodologías Ágiles (MA) o “ligeras” constituyen un nuevo enfoque en el desarrollo de software, aceptado por los desarrolladores a diferencia de la adopción de las metodologías convencionales [6]. Debido a la simplicidad de sus reglas y prácticas, además de su orientación a equipos de desarrollo pequeños, la flexibilidad ante los cambios y su ideología de colaboración [7]. Representando un conjunto de procesos de desarrollo donde los requisitos y la solución entregada evolucionan gradualmente, a través de una serie de iteraciones cortas. Estos proyectos se caracterizan por un énfasis sobre las interacciones humanas y colaboraciones, aligerando el desarrollo de procesos, entregas frecuentes y documentación mínima. El punto de partida de esta metodología es el Manifiesto Ágil, documento que resume la filosofía ágil donde se valora lo siguiente:

- *Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.*
- *Desarrollar software que funcione más que conseguir una buena documentación.*
- *La colaboración con el cliente más que la negociación de un contrato.*

Actualmente los modelos de trazabilidad son incompatibles con las prácticas de desarrollo ágil, porque la IR hace un marcado énfasis en la documentación para compartir e intercambiar conocimiento. Las metodologías ágiles buscan un punto medio entre ningún proceso y demasiados procesos, proporcionando sólo lo suficiente para que el esfuerzo sea redituable.

## 3 Objetivos

### 3.1 Objetivo General

Desarrollar un proceso de trazabilidad apoyado en un sistema de software que controle el trazo de los requerimientos en ambientes ágiles de desarrollo, para permitir la entrega en tiempo y forma según la especificación del usuario.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el manejo de requerimientos y modelar un proceso de trazabilidad en ambientes de desarrollo ágiles.
- Generar un sistema de control de la trazabilidad basado en el proceso de trazabilidad de requerimientos modelada.
- Probar la efectividad de la herramienta en escenarios reales.

## 4 Descripción del prototipo

El sistema propuesto se define como Trace AM (*Agile Methodology*), es una aplicación web que permite el control de la trazabilidad de los requerimientos en ambientes ágiles de desarrollo de software, basado en el sistema de gestión *Kanban*<sup>1</sup>. El método *Kanban* en Trace AM permite la visualización de los requerimientos mediante una lista, en el que va cambiando de estados según el avance de desarrollo de cada una de estas, con el objetivo de tener siempre presente los requerimientos que se están implementando [8].

Características:

- Monitoreo del grado de avance y seguimiento de los requerimientos en la implementación.
- Lectura clara de los requerimientos con sus observaciones y retroalimentación.
- Demostrar que un sistema cumple con sus requerimientos y que se han aplicado correctamente.
- Revisión y validación de requerimientos.
- Verificación de requisitos.
- Información histórica para el mantenimiento del producto de software debido al rastreo de requerimientos desde su origen hasta su desarrollo.

### 4.1 Estrategia de TRACE AM

La estrategia para la implementación de la trazabilidad es mediante la técnica de *Esquemas o Índices de Referencias Indexadas*, referencias que permiten generar un índice que identifica a cada elemento. Es decir, consiste en colocar un identificador (*Id*) al proyecto en desarrollo, iteración,

---

<sup>1</sup> *Kanban es un sistema de planificación just in time desarrollado por Toyota.*

requerimiento y a los productos generados de dicho requerimiento como se muestra en la Fig. 1, a fin de generar una cadena de trazado que permita unir y seguir a cada requerimiento a lo largo del desarrollo del sistema de software solicitado.



Fig. 1 Generación del índice de referencias

Este *id* permitirá identificar al elemento y relacionarlo con otros a través de su indexación, permitiendo la generación de un trazado entre estos. Los elementos contemplados para la trazabilidad son los que se muestra en la Tabla 1.

Elemento	Referencia
Proyecto	<i>PR01[Nombre]</i>
Iteración	<i>IT01[Nombre]</i>
Requerimiento	<i>RQ001[Nombre]</i>
1. Descripción	
2. Precondiciones	
3. Propuestas de Interfaz	
4. Reglas de Negocio	
5. Requerimientos Funcionales	
6. Requerimientos No Funcionales	
7. Postcondiciones	
8. Referencias	
Desarrollo:	<i>Referencia de Productos:</i>
1. Diseño	<i>[relación de productos generados</i>
2. Codificación	<i>correspondientes al requerimiento que los origina]</i>
3. Pruebas	

Tabla 1. Elementos que conforman el trazado de requerimientos.

En la planificación de la administración Un proyecto estará constituido por un número de *iteraciones* y este a su vez por un conjunto de *requerimientos* pertenecientes a dicha iteración, posteriormente un requerimiento estará constituido por los productos generados en el desarrollo (diseño, codificación de módulos, casos de prueba), como se representa en la Tabla 2.

Esquema de trazado de elementos	
1. PR01	⇒ Proyecto
1.1. IT01	⇒ Iteración
1.1.1. RQ001	⇒ Requerimiento
1.1.1.1. Ref_Diseño	⇒ Productos Generados

1.1.1.2.	Ref_Codificación
1.1.1.3.	Ref_Casos de Prueba
1.1.2.	RQ002
1.1.3.	RQ003
1.1.4.	...n
1.2.	IT02
1.3.	IT03
1.4.	...n
2.	PR02
3.	PR03
4.	...n

Tabla 2 Esquema de trazado de elementos

La obtención de los índices de referencias de cada elemento hace uso del siguiente esquema para la recuperación de los enlaces de trazabilidad la cual consta de cuatro pasos como se muestra en la Fig. 2.

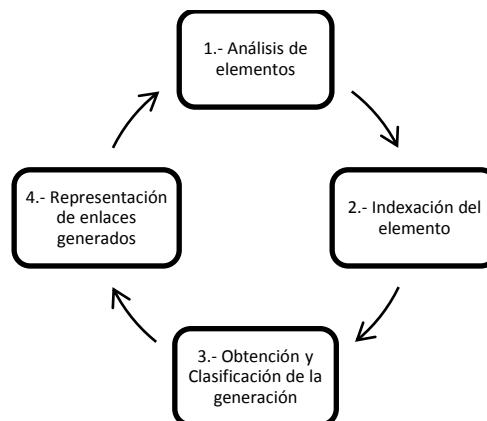


Fig. 2. Proceso para la recuperación de enlaces de Trazabilidad

En el primer paso, los productos de software son extraídos a un nivel de especificación (por ejemplo, proyecto, iteración, requerimiento), entonces son previamente procesados y representados como un conjunto de referencias resultantes. En el segundo paso, la técnica de recuperación de trazabilidad utiliza un método de Recuperación de Información para identificar y relacionar con los diversos productos de software. El tercer paso consiste en examinar todos los elementos relacionados a un determinado nivel de especificación para determinar su propósito (por ejemplo, clasificar los elementos relacionados al nivel de especificación proporcionado). El cuarto paso consiste en representar los vínculos generados para su seguimiento y monitoreo.

#### 4.2 Proceso TRACE AM

Al iniciar el proceso el usuario debe registrar el proyecto que se va a gestionar posteriormente se determina la iteración y se documenta los requisitos del cliente. Ver Fig.3.



Fig. 3 Estados y actividades del proceso Trace AM

Mediante la cadena de trazado se controla el recorrido del requisito durante su proceso de desarrollo. Ver Fig. 4. *Cadena de trazabilidad*: representa un conjunto de enlaces que permite identificar las relaciones existentes de cada uno de los elementos trazados a un nivel de especificación.

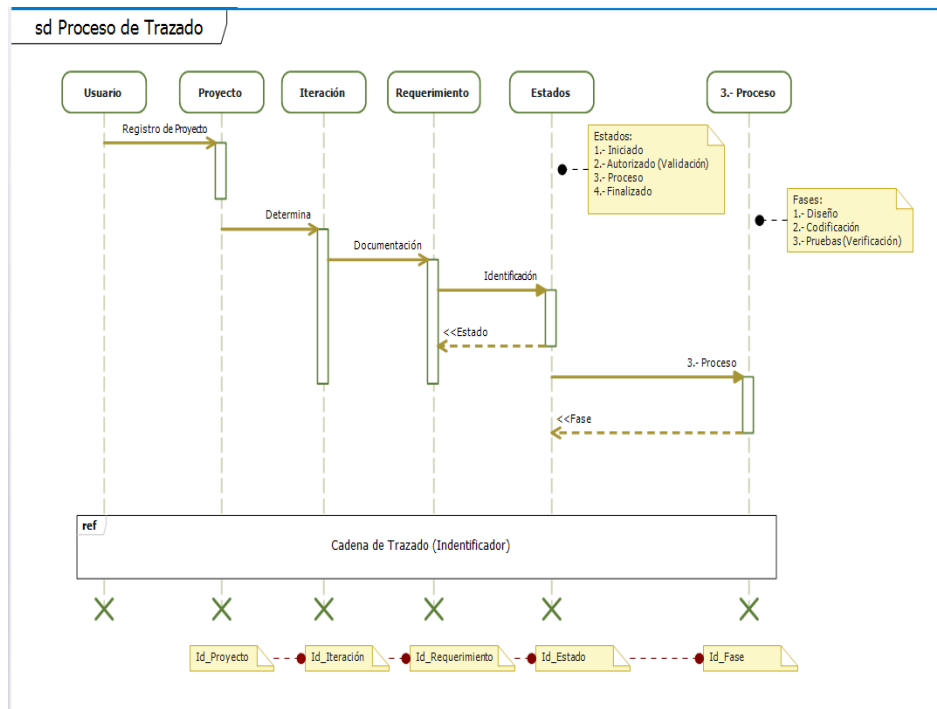


Fig. 4 Proceso de Trazabilidad de Requerimientos

Los posibles estados de la cadena de trazado pueden ser:

1. *Detenido*, aplica cuando el requerimiento es cancelado y esta relación da fin a su desarrollo.
2. *Reemplazado por*, aplica cuando el requerimiento cambia totalmente y al aplicar la relación está apunta a una nueva cadena de trazado con un nuevo requerimiento que sustituye al requisito anterior.
3. *Extiende a*, aplica cuando se tiene agregación de funcionalidad a un requerimiento existente por lo que genera una nueva cadena de trazado con un nuevo requerimiento que da continuidad al requisito que relaciona.

Dentro del proceso de trazabilidad las relaciones aplican en escenarios específicos y de acuerdo al estado en que se encuentran los requerimientos, en la Tabla 3 se visualizan las relaciones aplicadas a la cadena de trazado.

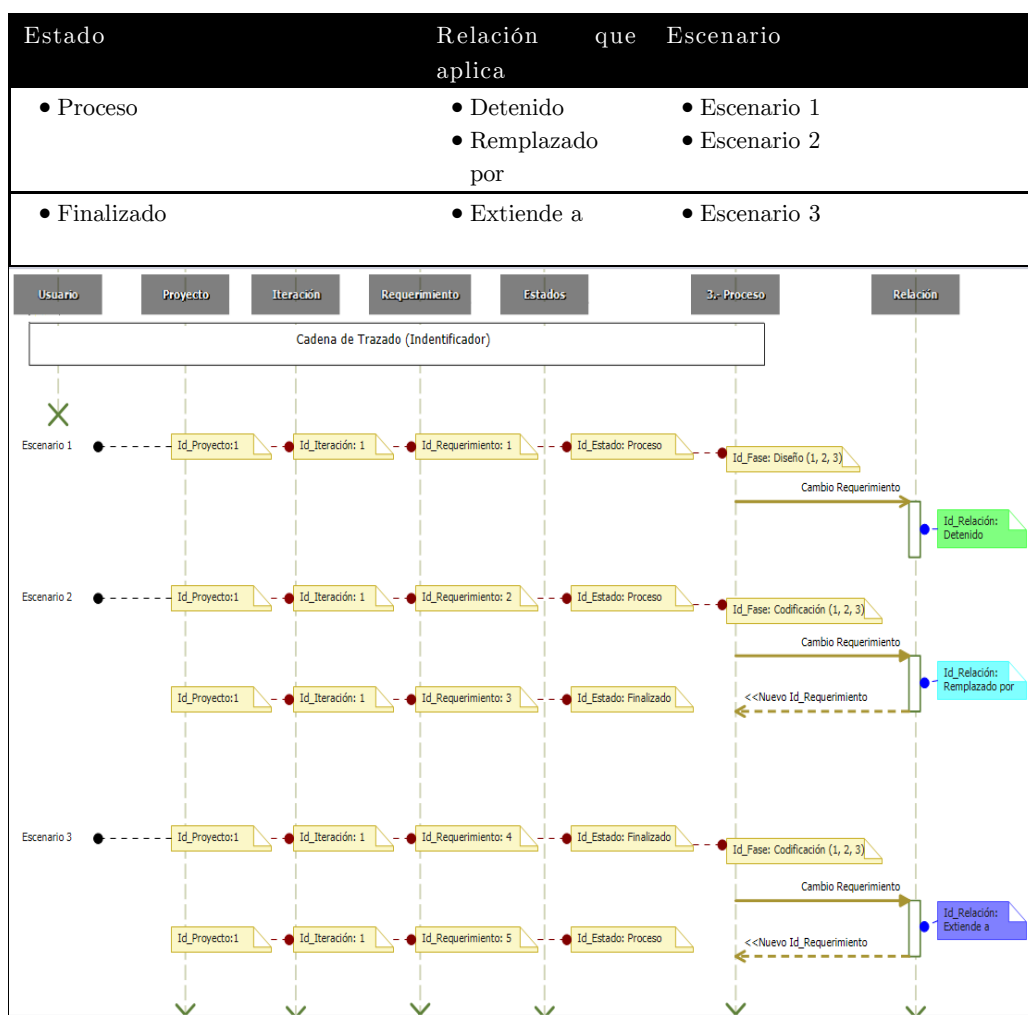


Tabla 3. Visualización de relaciones en la cadena de trazado

## 5 Resultados

Actualmente la aplicación del proceso del Sistema de Control de Trazabilidad de Requerimientos en Ambientes Ágiles de Desarrollo de Software ha sido implementada en la empresa Hidalgo Software Services.

La evaluación se aplica tanto al proceso como al producto de Trace AM, considerándose las siguientes características de calidad:

1. Consistencia.
2. Completitud.
3. Propagación del cambio.

Para ello se obtienen resultados de la evaluación de control y monitoreo de requerimientos, accesibilidad y disponibilidad, rastreabilidad.

### Interfaces de comunicación del Prototipo

1. Interfaz principal del sistema de control de trazabilidad de requerimientos en ambientes ágiles de desarrollo de software.

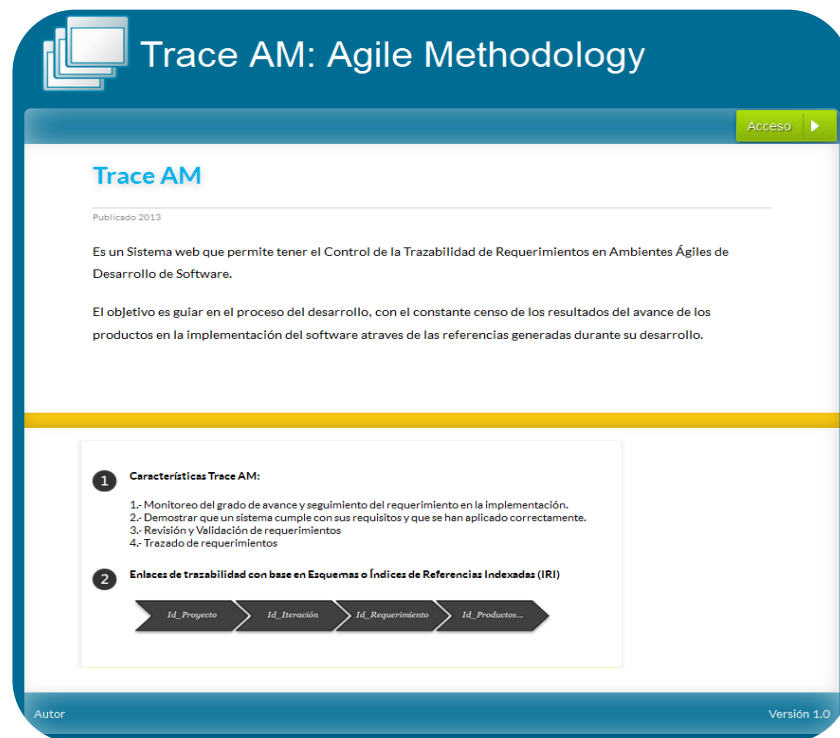


Fig. 5 Sistema de Control de Trazabilidad de Requerimientos



2. Cada usuario está asociado al proyecto asignado para su colaboración.

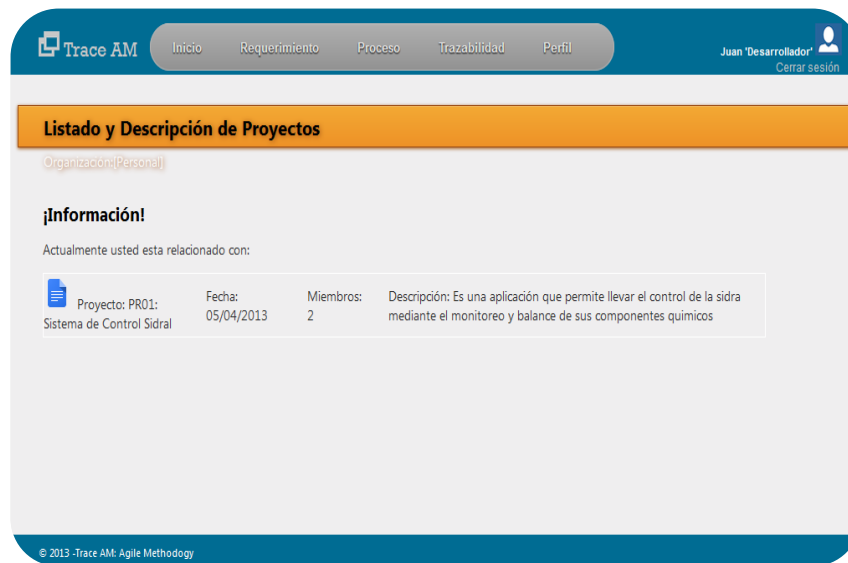


Fig. 1 Proyectos asociados al Stakeholder

3. Registro de proyectos y colaboradores al equipo de desarrollo.

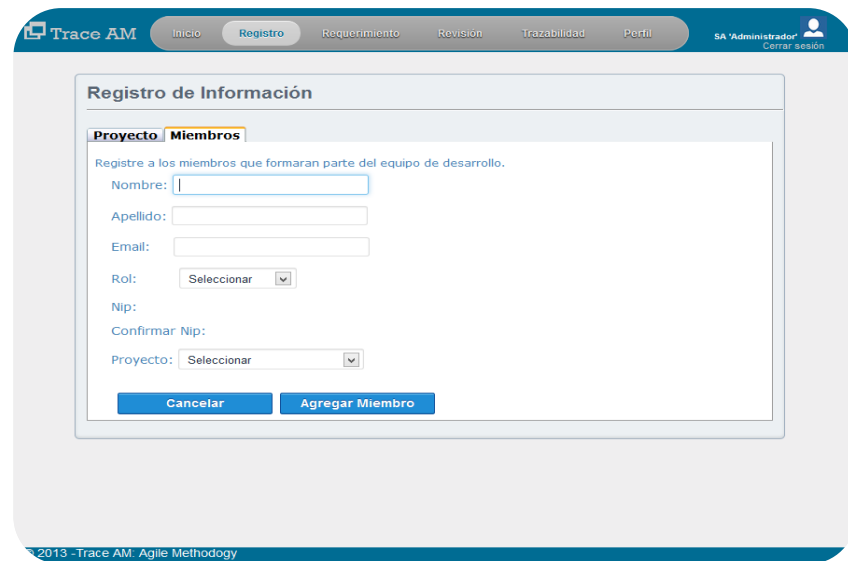


Fig. 2 Registro de recursos

4. Registro de Requerimientos para su trazado en cada uno de los estados y actividades del proceso.

Trace AM Inicio Registro **Requerimiento** Revisión Trazabilidad Perfil Juan 'Desarrollador' Cerrar sesión

### Nuevo Requerimiento de Software

Nombre corto del requisito Proyecto Iteración No Asignada

Prioridad: ☐ Baja ☐ Media ☐ Alta Referencia: Nombre del StakeHolder

1. Descripción [Describe la(s) acción(s) que debe haberse realizado antes de operar la funcionalidad de este módulo]

2. Precondiciones

3. Propuestas de Interfaz de Usuario

4. Reglas de Negocio

5. Requerimientos Funcionales

6. Requerimientos No Funcionales

7. Postcondiciones

Generar Requerimiento

Fig. 3. Registro de Requerimientos

5. Validación de requerimiento a fin de dar autorización para el desarrollo del producto.

Trace AM Inicio **Validación** Monitoreo Perfil Sofia 'Cliente' Cerrar sesión

### Validación de Requerimientos

Filtros: Iteración Prioridad

Mostrar	Evaluación	Iteración	Nombre	Prioridad	Generado	Solicitante
<a href="#">R0006</a>	Validar Rechazar	IT02	Nombre corto de Requerimiento 6	Baja	21/09/2013	Sofia Vite
<a href="#">R0007</a>	Validar Rechazar	IT02	Nombre corto de Requerimiento 7	Media	21/09/2013	Sofia Vite

Fig. 11. Validación de Requerimientos

## 6. Seguimiento y monitoreo de requerimientos

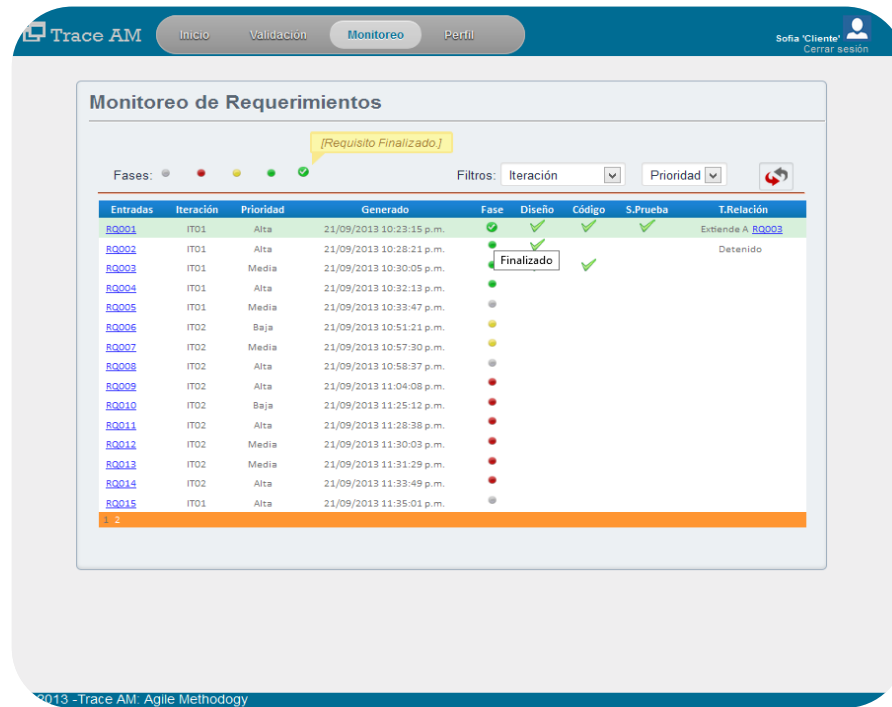


Fig. 12. Seguimiento y monitoreo de requerimientos

## 7. Trazabilidad de requerimientos

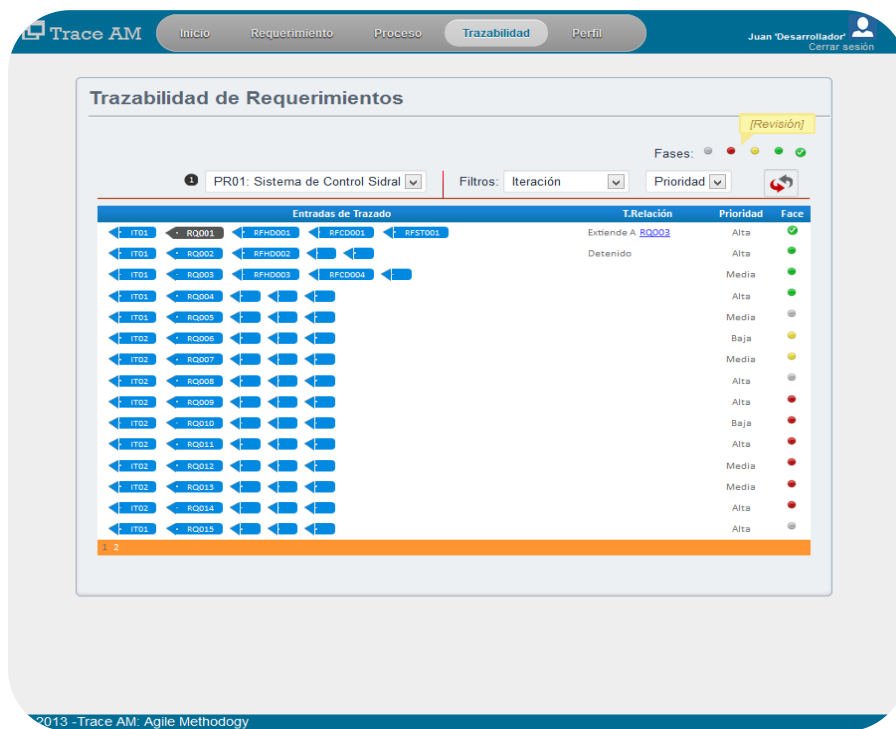


Fig. 13. Trazabilidad de requerimientos

## 6 Conclusiones

Los principios de esta investigación han sido para erradicar las técnicas tradicionales de trazabilidad y reemplazarlos con técnicas que son significativamente más rentables. Mientras que muchos desarrolladores ágiles tienen una tendencia errónea de la trazabilidad, el creciente tamaño y complejidad de los proyectos ágiles nos obliga a encontrar formas de lograr los beneficios de la trazabilidad sin el costo y el esfuerzo de los enfoques tradicionales. Por tanto, estamos obligados a cuestionar los efectos de la trazabilidad, los problemas de las técnicas tradicionales de trazabilidad para descubrir nuevos enfoques y lograr mejores objetivos.

## Referencias

- [1] Cleland-Huang, Jane , Gotel, Orlena y Zisman, Andrea . *Software and Systems*. New York : © Springer-Verlag, 2012.
- [2] *Automating traceability for generated software artifacts*. Richardson, J y Green, J. 2004. Proceedings of the International Conference on Automated Software Engineering.
- [3] *An analysis of the requirements traceability problem*. Gotel, O. y Finkelstein, A. 1994, In: Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Requirements Engineering, págs. 94–101.
- [4] Kannenberg A., Saiedian H. Why Software Requirements Traceability Remains a Challenge. The University of Kansas : QAI Quality Assurance Institute, 2010.
- [5] B.B. Agarwal, S.P. Tayal, M. Gupta. *Software Engineering & Testing*. s.l. : Jones & Bartlett Publishers, 2009.
- [6] Gallo, Elisa y Vergara, Mikel . European Software Institute. [En línea] <http://www.esi.es/Berrikuntza>.
- [7] Vergara M, Gallo E. European Software Institute. [En línea] 2009. [Citado el: 23 de Noviembre de 2012.] <http://www.esi.es/Berrikuntza>.
- [8] *Kanban: el método Toyota aplicado al software*. Rubio J., M.A. 2009.