

09-014

APPLICATION OF AGILE METHODOLOGIES AND SYSTEMIC THINKING FOR THE DEPLOYMENT OF TRAINING UNITS IN THE TEC21 EDUCATIONAL MODEL

Barbosa Saucedo, Edgar ⁽¹⁾; González Almaguer, Carlos ⁽¹⁾; Lule Salinas, María ⁽¹⁾; Gómez Valdez, Carlos ⁽¹⁾; Barbosa Loubet, Rodolfo ⁽²⁾

⁽¹⁾ Tecnológico de Monterrey, ⁽²⁾ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

The new educational model called TEC21 of the Tecnológico de Monterrey is based on Challenges that are prepared in each Training Unit (UF) which lasts 5 weeks. These Challenges are projects that are previously designed together with a training partner depending on the skills disciplines of the UF and the transversal competences that the student is expected to develop. A learning partner is an industry, government or civil society organization figure who is an educational partner. It is very important that the students of the last semester know how to implement and differentiate between the different project management methodologies, with this they will know in the future how to choose and combine them according to variables such as the multidisciplinary nature of the team, the type of client and the scope. of the project. In the present contribution the results of the use of agile, predictive and hybrid methodologies in an environment of multidisciplinary teams are shown, the results of the evolution of the students around the project management competence are compared. The results allow us to see if this educational innovation facilitates students' practical learning of project management methodologies, with real conditions and clients in a multidisciplinary environment.

Keywords: methodologies; agile, projects; multidisciplinary; educational innovation

APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS AGILES Y PENSAMIENTO SISTÉMICO PARA EL DESPLIEGUE DE UNIDADES DE FORMACIÓN EN EL MODELO EDUCATIVO TEC21

El nuevo modelo educativo llamado TEC21 del Tecnológico de Monterrey se basa en Retos que son elaborados en cada Unidad de Formación (UF) la cual tiene una duración de 5 semanas, estos Retos son proyectos que son diseñados previamente junto un socio formador dependiendo de las competencias disciplinares de la UF y las competencias transversales que se espera desarrolle el alumno. Un socio formador es una figura de la industria, gobierno u organización de la sociedad civil que es aliado educativo. Es muy importante que los alumnos de último semestre sepan implementar y diferenciar entre las diversas metodologías de gestión de proyectos, con ello sabrán en el futuro como elegir las y combinarlas de acuerdo con variables tales como la multidisciplinariedad del equipo, el tipo de cliente y el alcance del proyecto. En la presente contribución se muestran los resultados del uso de metodologías ágiles, predictivas e híbridas en un entorno de equipos multidisciplinarios, se comparan los resultados de la evolución de los estudiantes entorno a la competencia de gestión de proyectos. Los resultados permiten ver si esta innovación educativa facilita a los estudiantes el aprendizaje práctico de metodologías de gestión de proyectos, con condiciones y clientes reales en un ambiente multidisciplinario.

Palabras clave: metodologías; agile, proyectos; multidisciplinarios; innovación educativa

Agradecimientos: A mis compañeros profesores, a los estudiantes y socios formadores que participaron en los proyectos, así como al Writing Lab del Tecnológico de Monterrey.



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La administración efectiva de proyectos siempre ha representado un desafío, no solo para los profesionales, también para los estudiantes universitarios, estos conviven diariamente con las diferentes situaciones cambiantes que se presentan a la hora de aprender haciendo a través de un proyecto. De acuerdo a Gonzalez *et al.* (2022) esta administración de proyectos eficiente es estresante para los estudiantes, su adaptación a nuevos proyectos, con poco tiempo y un cliente real, hace que el tener herramientas y metodologías disponibles para ello ayude a mitigar este estrés.

En el Tecnológico de Monterrey, en el marco de la implementación del modelo educativo Tec21, la currícula de los estudiantes está diseñada para que resuelvan retos y con ello vayan demostrando ciertas competencias. El reto se resuelve con el desarrollo de competencias disciplinares y transversales, a través de un proyecto académico elaborado dentro de una unidad de formación, que tiene una duración de 5 semanas (Observatory IFE, 2020) al cierre de este lapso se tienen que entregar resultados a un socio formador (cliente), esto hace una gran diferencia comparada con la estructura tradicional de muchas currículas a nivel mundial en donde se tienen 15 semanas (semestre) para la entrega final de un proyecto, este contexto sin duda alguna hace que sobre todo en la última parte de cualquier carrera universitaria sea muy importante que los estudiantes tengan la competencia de gestión ágil de proyectos, como lo refiere Rocha *et al.* (2021), sobre todo trabajando con equipos multidisciplinarios. En un ambiente de entrega de resultados rápida y adaptada, el aprendizaje se tiene que asimilar rápido, de ahí que la puesta en práctica de metodologías ágiles y tradicionales de gestión de proyectos sean indispensables en los portafolios de competencias de estos futuros egresados.

En el presente trabajo se describen los pasos y hallazgos de dos grupos de estudiantes del curso Administración profesional y ágil de proyectos, el cual se ubica en el último semestre de varias carreras de ingeniería del Tecnológico de Monterrey. Se describe cómo los estudiantes pasaron a través de las 5 semanas del curso por un proceso de descubrimiento de herramientas de gestión de proyectos, se da cuenta de los resultados de su aprendizaje y el cómo el uso de esta propuesta les ayudó a entender más rápidamente la disciplina de gestión de proyectos, los componentes de agilidad, para con ello adaptar su práctica de gestión con un equipo multidisciplinario en solo 5 semanas, generando una experiencia de menor tensión con los stakeholders.

Este documento refleja la experiencia de aplicar herramientas de sistemas suaves en el semestre Febrero-Junio 2023 y 2022 dentro de las unidades de formación IN3003B Administración profesional y ágil de proyectos, en el Tecnológico de Monterrey.

2. Desarrollo

El Diseño de una unidad de formación se hace por profesores expertos en el área disciplinar, es un proceso que tarda más de un año en donde se definen los módulos de la unidad de formación que son el soporte académico para poder diseñar el reto. El resto es una situación problemática que el estudiante analiza para definir el problema, el socio formador (Cliente) acepta el problema y el estudiante hace propuestas de solución, la propuesta aceptada es el proyecto.

La unidad de formación en la cual se hizo la siguiente investigación fue la IN3003B, Administración Profesional de Proyectos Ágiles, esta tenía la característica de ser un bloque multidisciplinario y combinado, es decir que se tenían alumnos de programas académicos diferentes al de ingeniería industrial y el reto sería realizado por equipos de alumnos que estaban inscritos en otras dos unidades de formación distinta, en este caso la TI TI3005B

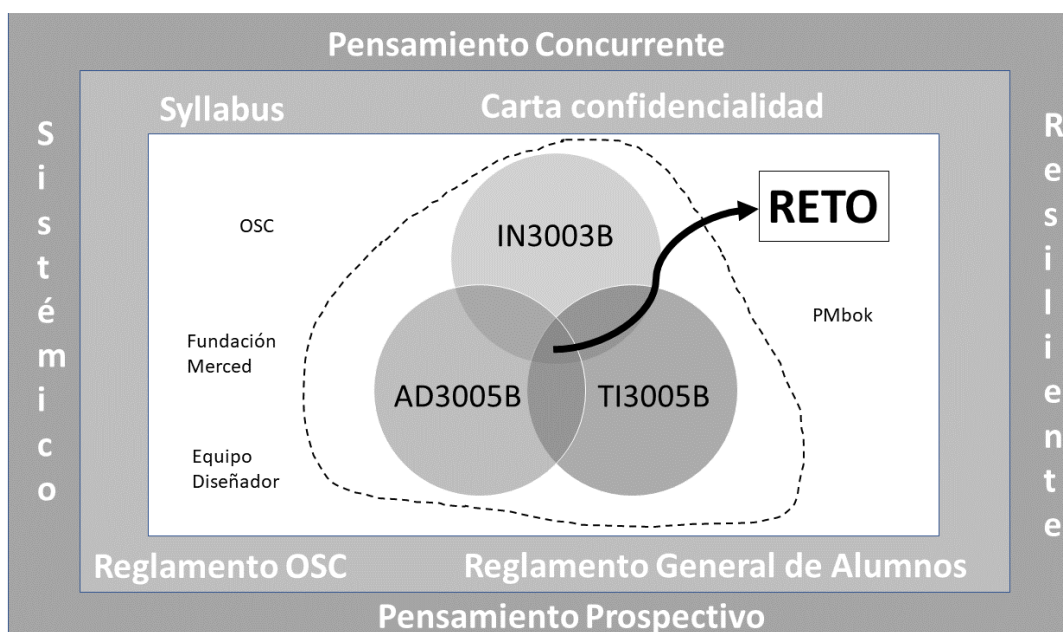
Transformación digital para las organizaciones de la sociedad civil y la AD3005B Propósito para la organización consciente. Cada unidad de formación tenía módulos de conocimientos diferentes entre sí, y lo único común era el reto, este consistía en hacer una transformación digital en una organización de la sociedad civil bajo los principios del capitalismo consciente.

En la Figura 1 se muestra cómo se tenían los grupos de bloques ya mencionados como independientes, sin embargo, el reto los unía y enfoca, tenían a su alrededor a su socio formador, a sus profesores, políticas claras y las herramientas de sistemas a su disposición para poder hacer de forma más eficiente su proyecto.

La población de estudiantes fue de 112, que se dividieron en 16 equipos para 16 proyectos diferentes en 6 organizaciones de la sociedad civil. Acorde a González *et al.* (2022), la etapa más crítica era definir el problema después de la primera reunión de intervención en las instalaciones del socio formador. Para eso se sugirió el uso de metodologías de sistemas suaves para definir el problema, y plantear al menos dos propuestas de solución.

El proyecto se hizo durante el tiempo que dura un bloque, esto es 5 semanas (24 horas por semana). Siendo la semana 1 y 2 el tiempo para presentar la propuesta y la 3 y 4 una inmersión completa para desarrollar la aplicación, como se puede inferir, el tiempo es muy limitado para poder terminar el proyecto, por lo que implementar las metodologías ágiles era la mejor opción.

Figura 1 Rich Picture de diagrama de primer nivel de los bloques alineados al reto multidisciplinario (elaboración propia).



Desde el punto de vista académico y de implementación del curso, se siguió una metodología híbrida, la planeación de los temas, así como la elaboración de actividades es un enfoque predictivo o en cascada, pero el diseño de las actividades del reto (proyecto de desarrollo de la aplicación) debía seguir un enfoque adaptativo dado que durante la programación se tenían que hacer ajustes a los nuevos sub-retos que emergen conforme se avanzaba en el desarrollo del proyecto.

La experiencia del equipo docente en los programas que fueron la corrida piloto para los retos del modelo educativo Tec21 fue esencial para aplicar el correcto enfoque de proyectos;

según Henriksen (2017) los problemas que enfrentan los educadores en la práctica profesional son complejos, variados y difíciles de abordar. Estos problemas abarcan temas de enseñanza y aprendizaje, problemas sociales o comunitarios, problemas climáticos en el aula y muchos otros. Dichos problemas son multifacéticos, interdisciplinarios, centrados de acuerdo con Checkland (1993) en sistemas de actividad humana y rara vez se resuelven a través de soluciones simples o lineales. Las metodologías de sistemas suaves, las cuales han sido impulsadas desde 1976 por Checkland (Checkland, 1989), son aplicadas a problemas que aún no están definidos, de acuerdo con Antony y Antony (2001) en *Teaching the Taguchi Method to Industrial Engineers*, los recién egresado o ingenieros juniors se sienten muy cómodos resolviendo problemas, pero del libro, es muy difícil para ellos abstraer la situación problemática y definir el problema para poder solucionarlo y es aquí donde entran las metodologías suaves para resolver estos problemas aún no definidos, estas metodologías también son importantes en el desarrollo del reto en los bloques multidisciplinarios y no todos los estudiantes llegaban al curso con estas bases. De acuerdo con Kumar, Hale y Hale (2012), las metodologías ágiles animan a los estudiantes en las fases de ideación y trabajo colaborativo.

En el marco actual del continuo cambio en las organizaciones se ha hecho necesario el aprendizaje de metodologías ágiles de gestión de proyectos como Kanban y Scrum. Estas metodologías, generadas en los años 80's, son altamente utilizadas en la industria del software; sin embargo, han sido explotadas en menor grado en otras disciplinas como la Ingeniería Industrial. Programas universitarios de la Universidad de Arizona (ECAdmin 2019) en el Olin College of Engineering (Sarang y Christianson 2016) o Penn State University (Xiaocong 2018) han utilizado las metodologías ágiles de gestión para Capstone Projects de programas relacionados principalmente en desarrollo de software, la combinación de metodologías ágiles en un entorno colaborativo hace que el aprendizaje entre estudiantes sea más lúdico y con sentido de responsabilidad cuando se aplica en proyectos sociales (Cornejo 2016).

El modelo Tec 21 está basado en la solución de retos y espacios de vivencias memorables como son la Semana Tec y Semestre Tec, para que estas actividades en verdad sean memorables requieren estar diseñadas de tal manera que sean atractivas para los alumnos, que cumplan el rigor académico, pero, sobre todo, que los alumnos desarrollen competencias de egreso. Para este bloque multidisciplinario el equipo nacional de diseño de la unidad de formación definió 5 módulos de aprendizaje (Tabla 1) y un reto integrador del proyecto. Para el diseño de cada actividad, que fuera significativa y dejará un aprendizaje aplicable al reto, se siguió la metodología de Design Thinking y Diseño de Experimentos propuesta por González *et al.* (2021) y la ingeniería del pensamiento (TI) de González & Feijoo (2015) para buscar soluciones que pueden ser sencillas hasta innovadoras y disruptivas.

Tabla 1. Módulos del Bloque IN3003B (elaboración propia).

Módulo	Descripción
M1	Fundamentos de la Administración de Proyectos
M2	Planeación y control de proyectos enfoque predictivo
M3	Marco de trabajo adaptativo y ágiles

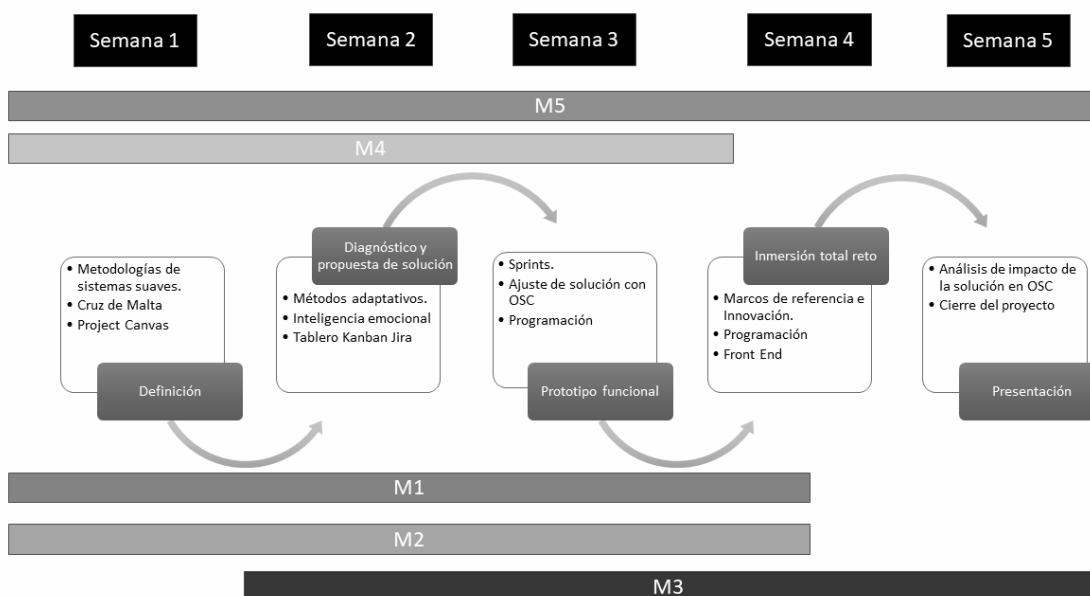
M4	Aportando valor al negocio.
M5	Gestión colaborativa con inteligencia social

La importancia de implementar un enfoque metodológico al diseño de las actividades fue determinante durante el curso, pues cada módulo tenía solo una actividad evaluativa, por lo cual debía ser una garantía de aprendizaje disciplinar, de desarrollo de competencia y que fuera atractiva para los estudiantes.

En este punto el desarrollo del enfoque ágil toma una relevancia, si bien de manera predictiva se define que debe haber una actividad, el desarrollo de ésta debe hacerse de manera adaptativa, de acuerdo con la realidad del socio formado y sus características especificadas en el reto, sin dejar de tomar en cuenta que los otros dos bloques tenían sus propios módulos y actividades de aprendizaje y que todo converge en un punto común que era el reto.

La administración del curso por parte del equipo docente en este momento se volvió completamente en una gestión de proyectos adaptativa y esto tomó más relevancia al comenzar a leer las encuestas de la primera semana que no eran positivas, y obligaban a hacer ajustes y redefinir partes críticas del curso para orientarlo a una mejor experiencia de aprendizaje por parte de los estudiantes. La figura 2 muestra cómo se gestionó el bloque In3003B en sus 5 semanas a través de sus 5 módulos de contenido, pero lo más importante fueron las etapas desde la definición, pasando por el diagnóstico y llegando a la presentación de los alumnos, la gestión y trabajo en equipo entre los profesores fue clave y dentro de su misma organización se aplicaron herramientas de agilidad de proyectos, ya que continuamente se tenían que hacer ajustes dada la multidisciplinariedad de los equipos, de ahí la importancia de los conceptos y prácticas de inteligencia emocional que se trasladaron al curso para que los estudiantes pudieran bajar su nivel de ansiedad con las entregas, los cambios y así navegar en las aguas a veces turbulentas de la agilidad.

Figura 2. Estructura general del curso de IN3003B Administración profesional y ágil de proyectos (elaboración propia).



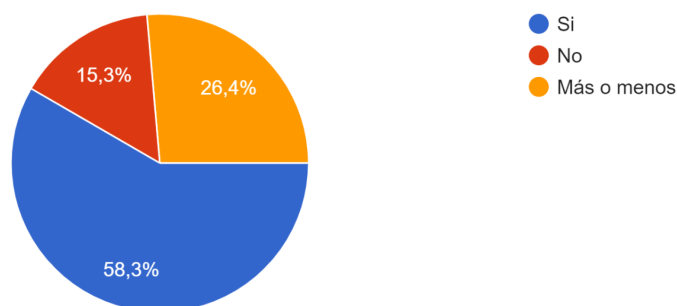
3. Resultados

Uno de los beneficios de gestionar la aplicación de una clase o unidad de formación de cualquier modelo educativo como un proyecto ágil, es que a través de los tableros puedes

hacer una medición constante tanto de la aplicación de los conocimientos, como el avance de los alumnos en el reto y su percepción del cómo se sienten con el bloque. La primera medición estaba enfocada a medir su auto percepción sobre dominio de gestión de proyectos, ya que los alumnos al momento de llegar al 8vo. semestre (último de su plan académico) debían tener por lo menos un dominio B, en donde A es incipiente y C es experto de la competencia de gestión de proyectos. La figura 3 muestra cómo entraron los estudiantes al curso en cuanto a su nivel de conocimiento en el tema de gestión de proyectos.

Figura 3. Resultados de desarrollo de competencia antes de comenzar el bloque (elaboración propia).

¿Durante tu carrera aprendiste metodologías de gestión de proyectos
72 respuestas

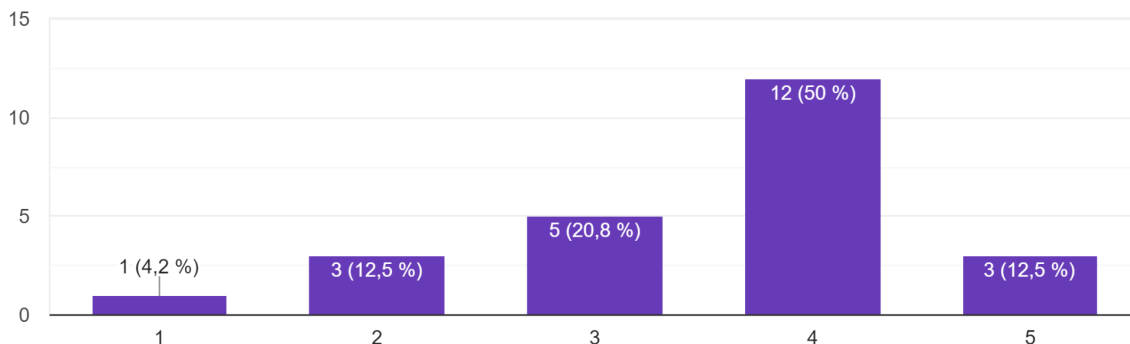


El 58% de los alumnos percibía que había aprendido metodologías de gestión de proyectos en el primer día del bloque, al preguntar cómo sentían su dominio en la semana 3, nos encontramos con datos diferentes, para los alumnos el concepto de bloque multidisciplinario lo percibían como un grupo con compañeros de diferentes programas académicos, pero fue una sorpresa que tardó 3 semanas en que lo pudieran asimilar que los 5 grupos se combinaron y esto causó estrés porque no veían a sus compañeros de equipo del proyecto en la clase, solo en las sesiones del reto, la figura 4 muestra la percepción de dominio en la semana 3, esta encuesta se realizó a una muestra representativa de los 119 alumnos usando una escala de Likert.

Figura 4. Resultados de desarrollo a nivel C de competencia en 3ra semana del bloque (elaboración propia).

En este momento siento que el nivel que tengo de desarrollo en la competencia del curso "administración de un proyecto" es:

24 respuestas

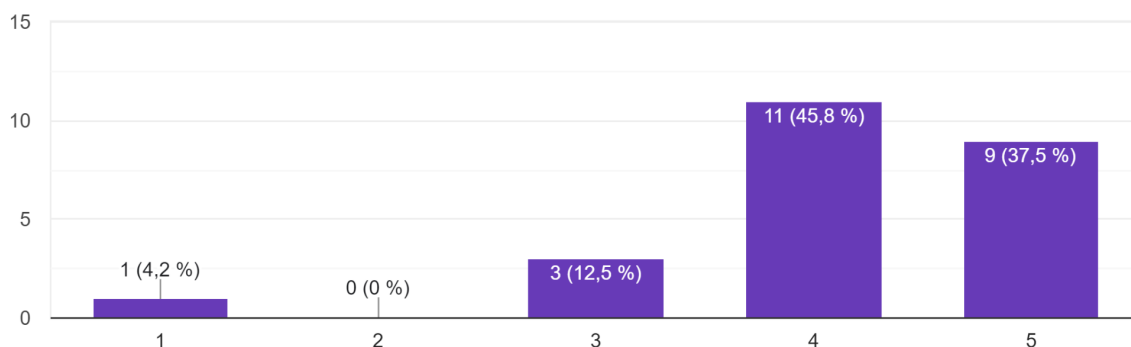


Podemos observar en los resultados que el 50% se siente con muy buen desarrollo de la competencia de gestión del proyecto, pero un 33% se siente de regular a muy mal su desarrollo, por lo que tuvimos que hacer adaptaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje y buscar que el socio formador hiciera más interesante el reto. Desde la semana 2 enfatizamos más en la inteligencia emocional para que aprendieran a gestionar mejor sus grupos de trabajo y esto provocará un mejor ambiente. La figura 5 muestra con escala de Likert un resultado sumamente interesante, en donde el 83% se sentía muy bien al trabajar en equipo de proyecto multidisciplinario, sabíamos que este era el camino correcto por lo que se esperaba una buena evaluación y percepción al final del bloque.

Figura 5. Resultados de encuesta sobre trabajo en equipos multidisciplinarios (elaboración propia).

En este momento como evaluarías tu nivel de competencia : " Puedo trabajar de forma eficiente y coordinada dentro de un equipo de proyecto multidisciplinario":

24 respuestas



Para mejorar la inteligencia emocional en los estudiantes, desarrollamos su coeficiente emocional que multiplica su capacidad de actuar en equipo, por lo que a través de podcast y conferencias relacionadas al tema que se incluyeron en el curso, logramos empoderar a los

alumnos y construir una sinergia positiva para trabajar en equipo y aplicar las metodologías adaptativas para dar solución a su proyecto. La introducción de temas de coeficiente e inteligencia emocional fueron diferenciadores en la mejora de los estudiantes, ya que capitalizaron esa experiencia en manejar mejor sus equipos y las relaciones tanto con el socio formador como con el equipo docente. La figura 6 muestra los comentarios individuales al cierre del bloque, en donde podemos apreciar la mejora y satisfacción por el aprendizaje obtenido y el reto desarrollado, se utilizó una herramienta en donde los estudiantes colocaban en una encuesta como se iban en términos de aprendizaje del curso y cuales habían sido aquellos que les resultan críticos para sus proyectos, la herramienta forma una nube en donde al centro coloca las frases más repetidas por los estudiantes.

Figura 6. Resultados de encuesta final (elaboración propia).



4. Conclusiones.

El enfocar el despliegue y ejecución de esta unidad de formación, penúltima del plan de estudios del modelo educativo Tec21 hacia la gestión de proyectos adaptativos y ágiles fue un gran acierto. El poder en cada punto de revisión generar mejorar al bloque y hacer los ajustes necesarios para mejorar la percepción de los estudiantes respecto a su aprendizaje fue esencial dentro de la parte operativa.

El que los alumnos vieran que sus profesores enseñaban aplicando las metodologías ágiles, les dio también confianza y un ejemplo vivencial que fueron replicando en las diferentes etapas de su reto.

Se evaluaron tres competencias en esta unidad de formación:

SEG0302 Colaboración. Construye acuerdos e interacciones entre diversos grupos y personas, con base en una comunicación que considera las diferencias y habilidades propias y de los demás.

SME0501 Planeación de proyectos. Planea el desarrollo de un proyecto con una visión multidisciplinaria utilizando herramientas formales para la definición y estructuración, considerando las restricciones propias de la organización.

SME0502 Ejecución, control y cierre del proyecto. Monitorea la ejecución de un proyecto utilizando herramientas de dirección, seguimiento y control, empleando tecnología propia para la gestión de proyectos. Finaliza un proyecto formalizando la documentación, presentación de resultados y lecciones aprendidas durante la gestión del mismo.

Los criterios de dominio para cada una de las subcompetencias son destacado, sólido, básico, incipiente y no presentó evidencia.

Los dos grupos de IN3003B con 61 alumnos, el 85% desarrolló un dominio destacado, no tuvimos ni un solo alumno como incipiente. Por lo que las metodologías ágiles usadas y la manera de planificar el proyecto se pueden determinar como válidas para el despliegue en este tipo de unidades de formación.

El trabajo ágil entre profesores, el uso de herramientas de ingeniería de sistemas, una constante comunicación y ajuste con el grupo, clientes y la introducción de conceptos aplicados de inteligencia emocional, fueron factores que ayudaron a los buenos resultados conseguidos.

5. Líneas futuras de investigación

Se continuará trabajando en estos bloques con futuros socios formadores, se buscará probar la metodología con empresas de diferente giro y tamaño, también se buscará ver la adaptación de algunas herramientas de agilidad e inteligencia emocional en otras unidades de formación no necesariamente multidisciplinarias.

6. Referencias

- Antony, J., & Antony, F. J. (2001). Teaching the Taguchi method to industrial engineers. *Work study*.
- Checkland, P. B. (1989). Soft systems methodology. *Human systems management*, 8(4), 273-289.
- Checkland, P. (1993). Systems science. In *Systems Science* (pp. 7-10). Springer, Boston, MA.
- Cornejo J. Aporte de los Métodos Ágiles y Metodología A+S al logro de las competencias en un curso de Ingeniería. Available: <http://www.tise.cl/volumen12/TISE2016/438-443.pdf>, 2016.
- ECAdmin. *Capstone Students Get Agile*. Available: <https://icap.engineering.arizona.edu/news/2019/12/capstone-students-get-agile>, December 2019.
- Gonzalez Almaguer, C. A., Gomez Valdez, C. R., Barbosa Saucedo, E. A., Zubieta Ramírez C., & Frias Reid, N. (2022). Metodologías de Sistemas Suaves y Agiles en la Gestión de Proyectos Exitosos en el Modelo Educativo TEC21. In *Proceedings of the 26th INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT MANAGEMENT AND ENGINEERING*. Terrassa, 5 - 8 July 2022.
- Gonzalez Almaguer, C. A., Caballero Montes, E., Acuña López, A., Zubieta Ramírez, C., Saavedra Gastelum, V., Barbosa Saucedo, E. A., & Lule Salinas, M. (2021). Design Thinking and Design of Experiments: The Fusion of the School of Design and Industrial Engineering to Create Learning Experiences in the Tec21 Educational Model, . In *DS 110: Proceedings of the 23rd International Conference on Engineering and Product Design*

Education (E&PDE 2021), VIA Design, VIA University in Herning, Denmark. 9th-10th September 2021.

Gonzalez Almaguer, C. A., Feijoo, H., Manriquez, J., Dias, A. C., & Grullon, L. (2015). Methodology Focus for the Elaboration of Social Development Projects in Marginal Areas in Mexico Based on Industrial Engineering Technics. In *19th International Congress on Project Management and Engineering Granada*.

Henriksen, D., Richardson, C., & Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking skills and Creativity*, 26, 140-153.

Kakar, Adarsh Kumar; Hale, Joanne; y Hale, David, "Teaching Theories Underlying Agile Systems Development" (2012). Proceedings of the 2012 AIS SIGED: IAIM International Conference on Information Systems Education and Research. 6.
<https://aisel.aisnet.org/siged2012/6>

Observatory, IFE, World Bank shows worldwide Tecnológico de Monterrey's Educational Model

Available: <https://observatory.tec.mx/edu-news/world-bank-tec21-tec-de-monterrey-educational-model> [Accessed on 2022, 10 February], (2020) 7 February.

Rocha, M., Barbosa, E., & Gonzalez, C. (2021). Agile Management for Industrial Engineering Capstone Projects – Overcoming the COVID 19 challenge. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Monterrey, Mexico, November 3-5, 2021

Sarang Sieminski, A., Christianson, R. *Agile/Scrum for Capstone Project Management*. Available: <http://www.capstoneconf.org/resources/2016%20Proceedings/Papers/0048.pdf>, 2016.

Xiacong Fan. . *Seven Principles of Undergraduate Capstone Project Management*.

Available: <https://csce.ucmss.com/cr/books/2018/LFS/CSREA2018/SER3509.pdf>, 2018

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

