

Diseño Empático Aplicado al Trabajo Interdisciplinario entre Diseñadores Industriales e Ingenieros Electrónicos para el Desarrollo de Productos Médicos

Alejandra Arámbulo Vidal^{1,2}, Juan Montalván¹

¹*Diseño Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú*

²*Sala de Manufactura Digital Veo 3D, Pontificia Universidad Católica del Perú*

RESUMEN

Los procesos de tinción para análisis de tuberculosis en el Perú implican la participación de personal de diversas instituciones de salud. A pesar de ello, un segmento significativo de la población que habita particularmente en zonas alejadas del país no llega a recibir dicho servicio, evidenciando la necesidad de descentralizar el procedimiento para reducir el índice de infestación a nivel regional. Ante esto, hay instituciones que cuentan con equipos interdisciplinarios de ingenieros y diseñadores quienes trabajan colaborativamente desde distintas aproximaciones para automatizar estos procesos y ampliar su alcance en el interior del país. Siendo la calidad de la interacción entre estos profesionales de especial relevancia para asegurar resultados de alto impacto. Es por ello que se propone la aplicación del Diseño Empático como estrategia para el diseño del trabajo interdisciplinario, desde cuya perspectiva, los diseñadores entienden a sus contrapartes como usuarios del proceso de diseño, tomando consideraciones de diseño para la mejorar la experiencia de la interacción interdisciplinaria con el fin de elevar la calidad de los resultados. Metodológicamente se plantea el prototipado como mediador interdisciplinario a través de los estudios de usuario, análisis de utilidad de los componentes, validaciones, e implementación integral del prototipo. Este planteamiento metodológico se validó en un escenario real de investigación tecnológica biomédica revelando resultados satisfactorios cuando se aplicaron estrategias de empatía profesional, y disociación cuando no las hubo, afectando directamente a los resultados del proyecto, y al potencial colectivo de la organización.

Palabras clave: Diseño Empático, metodología, equipos interdisciplinarios, productos médicos, salud pública

INTRODUCCIÓN

En el marco de investigaciones científicas, la realización de desarrollo de productos requiere equipos de trabajo con profesionales de diversos perfiles profesionales para lograr prototipos funcionales, seguros y fabricables. El aporte teorías ingenieriles y de metodologías de diseño, aplicadas al desarrollo de productos de utilidad en el área de la medicina alcanzan y superan las expectativas. En este documento, como apoyo del surgimiento de la idea de necesitar desarrollo de metodologías para trabajos

interdisciplinarios, se expone el caso peruano del proyecto TB-Stainer, de PAME, con la participación de ingeniería electrónica, mecatrónica y mecánica, con diseño industrial, en la PUCP, donde se desarrolla la automatización del método de tinción artesanal Ziehl Neelsen.

En cuanto a la tuberculosis, es una enfermedad causada por el *Mycobacterium tuberculosis*, que afecta el sistema inmunológico y cuyo principal reservorio es el ser humano. El medio de contagio es casi exclusivamente a través de la inhalación de partículas transmitidas por el aire (aerosoles) que contienen Bacilos de COCH y se dispersan sobre todo a través de la tos, el canto y otras maniobras respiratorias realizadas con esfuerzo por individuos con TBC pulmonar activa. El esputo del individuo contagiado carga un número significativo de microorganismos (en general, los suficientes para que una muestra sea positiva)

Esta enfermedad impacta en la tasa de morbilidad y mortalidad en los adultos de todo el mundo y mató a alrededor de 1,8 millones de personas en 2015, la mayoría en países de ingresos bajos y medios. En el campo local, cerca del 80% de los portadores identificados se encuentran en lima y callao, siendo que en el interior baja el porcentaje por no haber un sistema de detección implementado de manera sistemática. Ante esto, en el año 2012 el estado peruano ha dispuesto la norma al uso del procedimiento de tinción Ziehl-Neelsen como el autorizado a validar el contagio de las muestras logrando mejoras significativas pero, no se reservó precauciones efectivas para el personal profesional involucrado en los procesos de análisis. Actualmente el procedimiento de tinción para análisis de tuberculosis en el Perú implica la participación de profesionales de la salud, continuamente expuestos a las bacterias ya que se realiza de manera artesanal en los laboratorios públicos y privados. Nace así el proyecto PAME con el objetivo de desarrollar una máquina automática que logre teñir efectivamente muestras de manera estandarizada, seriada y segura, logrando en el año 2017 el prototipo TB-Stainer como propuesta de solución destacada en al área de Invenciones y Nuevas Tecnologías.

Debido a la centralización de muchos de los servicios e infraestructura que ofrece el estado, las iniciativas de diagnóstico y tratamientos se encuentran mejor implementadas en la capital, en detrimento de la población que sufre de esta enfermedad y que habita en zonas rurales. Tenemos muestra de un segmento significativo de la población que habita particularmente en zonas alejadas del país no llega a recibir servicios hospitalarios de despistaje ni tratamiento, evidenciando la necesidad de descentralizar el procedimiento para reducir el índice de infestación a nivel regional. Por ello el proyecto se hace extensivo el 2018 a una versión portátil del mismo producto, cuya propuesta es de optimizar la calidad y velocidad de recojo de muestras en el interior del país y en zonas alejadas, prescindiendo así de personal *especializado*, sino volviendo suficiente un cuerpo de personal *capacitado*.

En el mundo de la investigación existe diversidad de iniciativas de instituciones de educación superior, el caso de la Pontificia Universidad Católica de Perú, con equipos interdisciplinarios emergentes, conformados por ingenieros y diseñadores industriales para el desarrollo de productos tecnológicos con la finalidad de tener un mayor alcance a nivel regional apostando por las nuevas generaciones. Así, en los años 2016 a 2018 se desarrolla una nueva versión del equipo médico PAME adquiriendo patente de invenciones y sustentado en la tesis **Diseño y desarrollo de un prototipo preparador de siete (07) muestras biológicas basado en la automatización del método de tinción de Ziehl-Neelsen para baciloscopía**, y se da inicio al laboratorio SIBA reclutando tesistas de diseño industrial e ingeniería electrónica buscando elevar la calidad de los resultados.

Involucrar ambas disciplinas desde el inicio de la conceptualización del producto resultó ser un facilitador para obtener resultados destacados ya que las partes procesan la información de manera conjunta para lograr mejores resultados. Afortunadamente la sinergia del grupo en la primera etapa fue sencilla gracias a la apertura distinta que trae esta generación, donde los jóvenes se ven prestos a aprender, compartir conocimiento y experiencias. En la siguiente etapa, donde se desarrolla la versión portátil, como profesionales interesados en la mejora continua de los procesos se redujo el personal disponible, y el área de diseño se dispone a explorar técnicas de optimización de procedimiento de desarrollo y prototipado que apunta a reducir costos y tiempo de ejecución. Siendo la calidad de la interacción entre estos profesionales de especial relevancia para asegurar resultados de alto impacto, no se previó así las implicancias a nivel humano.



Figura 1: Interacciones multidisciplinares

“La técnica fundamental en toda investigación bacteriológica de tuberculosis es la baciloscopia, debido a que permite identificar entre el 70% y 80% de casos pulmonares positivos de forma rápida [11]. Esta técnica no invasiva consiste en la visualización en microscopio de una muestra de expectoración previamente teñida a fin de mejorar el contraste de bacilos en el medio [12]. ... La técnica fundamental en toda investigación bacteriológica de tuberculosis es la baciloscopia, debido a que permite identificar entre el 70% y 80% de casos pulmonares positivos de forma rápida [11]. Esta técnica no invasiva consiste en la visualización en microscopio de una muestra de expectoración previamente teñida a fin de mejorar el contraste de bacilos en el medio [12].”

Avila & Ramírez, 2017.

Se presenta a continuación imágenes del prototipo realizado en la primera etapa, de función estacionaria, es decir, para estar ubicado de manera fija en una estación de trabajo en el laboratorio clínico especializado y manipulado por especialistas del sector.

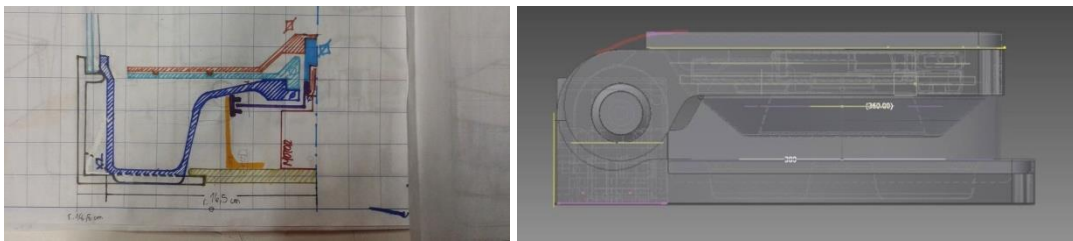


Figura 2. Bocetos iniciales (izq.) y modelado del prototipo en proceso (der.).



Figura 3: Prototipo Realizado (izq.) y Prototipo sujeto a diversas modificaciones (der.).

El desarrollo de la primera etapa fue abordado desde el inicio de manera conjunta con el equipo multidisciplinario, nutriendo el proyecto con las aproximaciones de las dos líneas profesionales (ingeniería y diseño), y uniendo las particularidades de las mentes involucradas de manera intuitiva, sin metodologías establecidas. *Las herramientas metodológicas aplicadas de manera intuitiva están influenciadas por la formación de los jóvenes diseñadores involucrados*, en un esquema abstraído de lo que se conoce como *Design Thinking*: Investigación > Conceptualización > Discusión > Retroalimentación > Boceteado > Modelado > Prototipado

El desarrollo de la segunda etapa de proyecto, el prototipo portable, igualmente fue abordado desde el inicio de manera conjunta entre las dos disciplinas, pero con un enfoque distinto y con la prueba de métodos para la solución de problemas experimentales. La experiencia ganada en ambas etapas da lugar a oportunidades de mejora del procedimiento metodológico. Se sabe además que el recurso humano es variable y que los grupos de investigación, por tratarse de tesis de pregrado, son de alta rotación, por ello, para una siguiente etapa los retos son mantener un clima laboral de calidad y optimizar los procesos. Así mismo, se tiene ahora la oportunidad de aplicar la metodología desarrollada, en el laboratorio de investigación y servicios de prototipado rápido, la Sala VEO 3D, quien lidera variedad de proyectos multidisciplinarios fomentando la interacción transversal entre disciplinas. Con 5 años de trayectoria, trabaja hoy con jóvenes estudiantes prestos a la novedad en tecnología y a la guía a través de la experimentación y traspaso de conocimientos.

Se cuenta en la Sala con un espacio que ya no conserva la unilateralidad de las carreras tradicionales de las antiguas generaciones, por lo tanto, las oportunidades de aplicar metodologías de empatía y de mixturas de personalidades profesionales están abiertas a un aprendizaje continuo. Se expone en este documento ventajas y desventajas identificadas en ambos casos de estudio para la posterior validación de la metodología de trabajo en equipos de trabajo multidisciplinario.

MARCO TEÓRICO

Como profesionales desarrollando proyectos en áreas de investigación que requieren trabajo de carácter transversal entre disciplinas, se propone ahora la aplicación del Diseño Empático (D.E.) como estrategia para el diseño del trabajo interdisciplinario. El respaldo de una metodología estructurada y validada en otros campos como en el análisis de usuario para el desarrollo de productos, migrado a empatía con los miembros de los equipos de trabajo resulta innovador en el área.

Actualmente el D.E. es parte de una rama relativamente nueva de enfoques de diseño centrados en el usuario que apoyan a los equipos de diseño en la construcción de un entendimiento creativo de los usuarios y su vida cotidiana (por ejemplo, Fulton

Suri, 2003; Koskinen & Battarbee, 2003; Sanders & Dandavate, 1999). En cuanto migramos métodos ya validados en el área de usuario, desde la experiencia del diseñador, a aplicarse en el equipo de trabajo, nos lleva a un siguiente nivel de entendimiento de la metodología y de las aproximaciones al diseño. Por ejemplo, una revisión de la literatura de investigación de diseño muestra que los fundadores del diseño empático, incluidos académicos líderes y consultoras de diseño como IDEO y SonicRim, han explorado con éxito el diseño empático en proyectos para y con clientes de la industria (Black, 1998; Sanders, 2001). Además se ha publicado sobre cómo otros pueden introducir y practicar con éxito el diseño empático dentro de una organización industrial, y las dificultades que pueden encontrar al tratar de hacerlo (Postma, 2012). En este caso lo enfocáramos no solo en el usuario y no necesariamente en el cliente, sino en la comunicación con los colegas de trabajo de disciplinas diversas, especialmente ingenieros en este caso de estudio con el fin de elevar la calidad de los resultados.

La base del diseño empático es la observación y el objetivo de identificar las necesidades latentes de los usuarios para crear productos que los clientes casi nunca saben lo que desean o, en algunos casos, soluciones que los clientes tienen dificultades para imaginar debido a la falta de familiaridad con el posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías o porque están enfocados en una mentalidad desactualizada para la innovación, que lleva a muchas iteraciones y no es óptimo. Entendiéndose el cliente como el único foco a analizar y satisfacer, y ¿qué ocurre en los proyectos de investigación donde se tienen clientes hipotéticos, y mucho recurso humano que está expuesto al roce diario de las dinámicas de trabajo? El diseño empático se basa en la observación del ser humano frente a las dinámicas de interacción en espacios determinados para evitar posibles sesgos en la interacción y, minimiza la posibilidad de que los involucrados proporcionen información imprecisa.

En cuanto los diseñadores entienden a sus contrapartes como usuarios del proceso de diseño, el aprendizaje de las necesidades no articuladas de las partes, a través de un proceso de observación e interpretación aguda a menudo conduce a resultados destacados. Deszca (1999) sostiene que las fuerzas del mercado y las presiones competitivas en el mundo acelerado de hoy están aumentando la importancia de la innovación de productos como fuente de ventaja competitiva. Lo mismo ocurre en las dinámicas de grupos de trabajo, se sostiene que en las técnicas de diseño empático, los participantes de ciencias e ingenierías están tan involucrados en el diseño del producto como los diseñadores. Por lo tanto, tal técnica, cuando se usa efectivamente, puede lograr diseños innovadores en ciclos de desarrollo de productos potencialmente más cortos. Se necesitan de manera simbiótica.

Finalmente, la investigación de Von Hippel (1999) apoya la teoría de que los clientes o usuarios en sí mismos son la fuente de mucha innovación. El diseño empático

utiliza la observación del ser humano, y puede revelar oportunidades para obtener resultados destacados en menor tiempo de ejecución.

METODOLOGÍA DE DISEÑO EN EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS

La aplicación de la Metodología de Diseño en Equipos Multidisciplinarios en el campo de la investigación e innovación académica, en grupos conformados por diseñadores industriales e ingenieros plantea una mejora significativa en los resultados de las propuestas de desarrollo de productos. Tras el recojo de información en las etapas del proyecto en cuestión, se filtró y se mejoró la estructura de la metodología en función a los pro y contra identificados.

Los ítems generales del método son los siguientes, de manera correlativa:

- I) Asignación de roles y responsabilidades a cada colaborador según la formación, las habilidades y los intereses del integrante en función a los objetivos de equipo.
- II) Investigación, indagación, estado del arte, identificación de problemas e ideación de propuesta en función a un concepto y parámetros ergonómicos. Apoyo con dibujos, bocetos 2D y 3D a mano de diversas posibilidades.
- III) Selección/ desarrollo de una estructura base, que soporte cada uno de los componentes electrónicos y mecánicos de manera fija y estable, de modo de funcionen, respondiendo a la ideación propuesta en el punto II. Iteración.
- IV) Desarrollo de bocetos en torno a la estructura
 - 1) Análisis de usabilidad, usuario y ergonomía básica para planteamiento de concepto y volumen tentativo del producto final.
 - 2) Armado de estructuras para realizar ensayos previos sujeto a modificaciones según operatividad, funcionalidad y comodidad.
 - 3) Validación de las propuestas
 - 4) Disposición cada uno de los componentes electrónicos en el espacio definitivo que ocuparía.
 - 5) Modelado 3D en programa CAD y ploteo 1:1 de la distribución planteada para bocetos a mano alzada sobre la misma.
 - 6) Modelado 3D en programa CAD del modelo propuesto
 - 7) Validación de tolerancias con los fabricantes
 - 8) Fabricación del prototipo.

ESTUDIO DE VALIDACIÓN

Se realizó la selección de un equipo conformado por personas que muestren una capacidad desarrollada tanto de ideación espontánea, como de objetivación de las ideas abstractas. El prototipo es un mediador interdisciplinario a través de los estudios de usuario, análisis de utilidad de los componentes, validaciones, e implementación integral del prototipo que refleja la sinergia de los campos de acción. Valiéndose de los métodos del *Diseño Centrado en lo Humano*, los diseñadores industriales pueden canalizar los procedimientos para ser más efectivos al trabajar con colegas de diversas áreas de la ingeniería.

La metodología propuesta fue puesta a prueba para su validación a través de un proyecto que buscaba volver portátil la máquina ya desarrollada como estacionaria, en la cual se necesita optimizar los recursos de presupuesto y de tiempos de entrega

- I) Participantes: 1 diseñador Industrial responsable de ergonomía, fabricación, propuesta de diseño, análisis de usuario. 1 ingeniero electrónico responsable de la selección de componentes electrónicos, compra de los mismos, funcionamiento y operatividad del sistema electrónico, responsabilidad con los requisitos de diseño. 2 docentes ingenieros asesores encargados de liderar el proyecto y trabajos administrativos
- II) Los jóvenes investigadores del área de Diseño proponen de manera experimental la necesidad de encontrar una estructura que responda a necesidades identificadas para equipos portables, de modo que se escoge la estructura de la impresora 3D de software libre REP-RAP: Las dimensiones cumplen con características adecuadas para equipos portables, resultando ideal para el soporte de la nueva máquina a desarrollar.

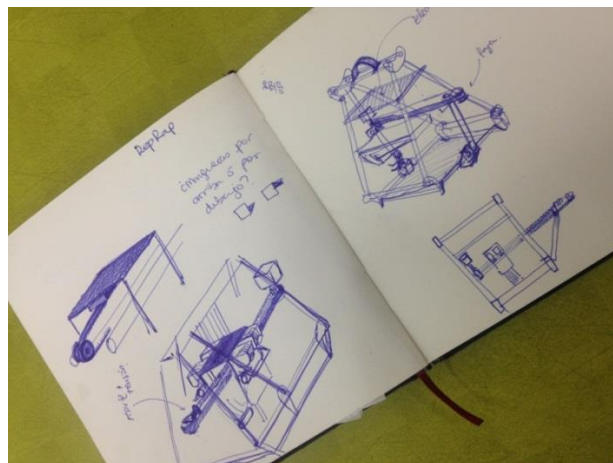


Figura 4: Bocetos del plan de uso de la estructura.

- III) Se procede a la realización de bocetos de las posibilidades de distribución de los componentes en el área asignada.
 - 1) Análisis de usabilidad, usuario y ergonomía básica para planteamiento de concepto y volumen tentativo del producto final.

- 2) Armado de estructuras para realizar ensayos previos sujeto a modificaciones según operatividad, funcionalidad y comodidad.

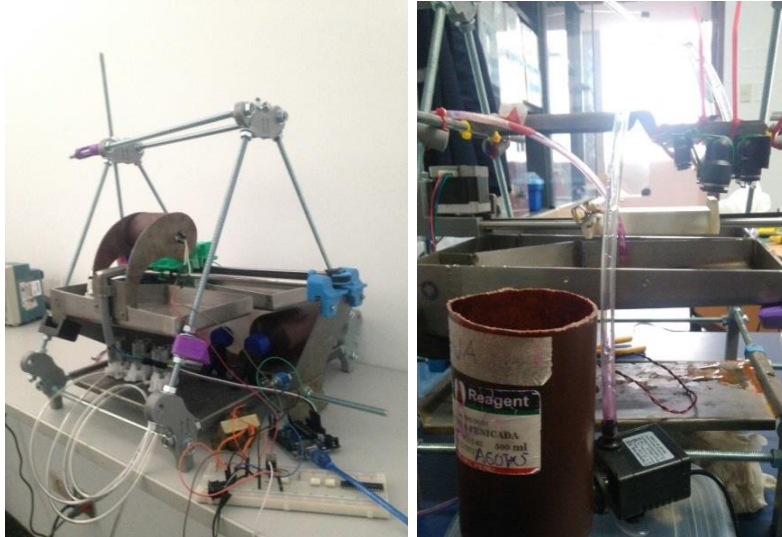


Figura 5: Estructura de distribución de componentes en etapa inicial (izq.) y en etapa avanzada (der.).

- 3) Validación de las propuestas
- 4) Disposición cada uno de los componentes electrónicos en el espacio definitivo que ocuparía. El procedimiento se repitió y validó cada componente en esta estructura hasta que estuvo 100% funcional y validado.
- 5) Modelado 3D en programa CAD y ploteo 1:1 de la distribución planteada para bocetos a mano alzada sobre la misma.

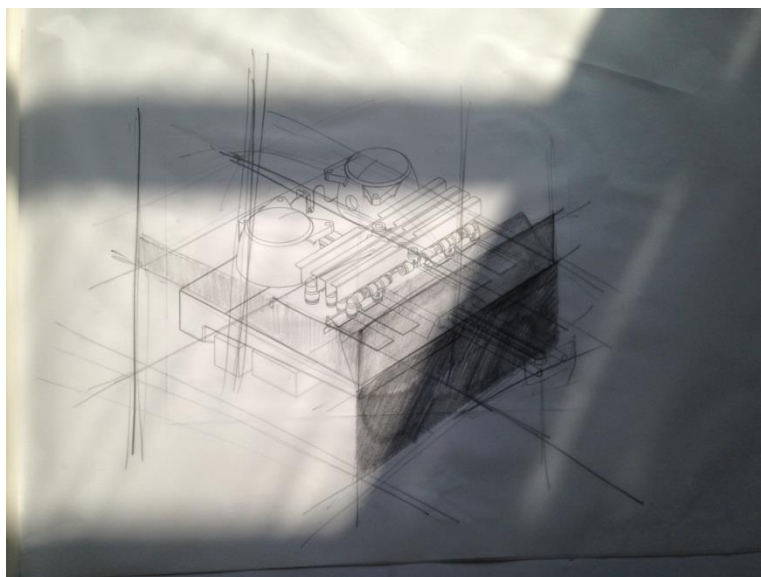


Figura 6: Modelado 3D de los componentes en las ubicaciones identificadas.

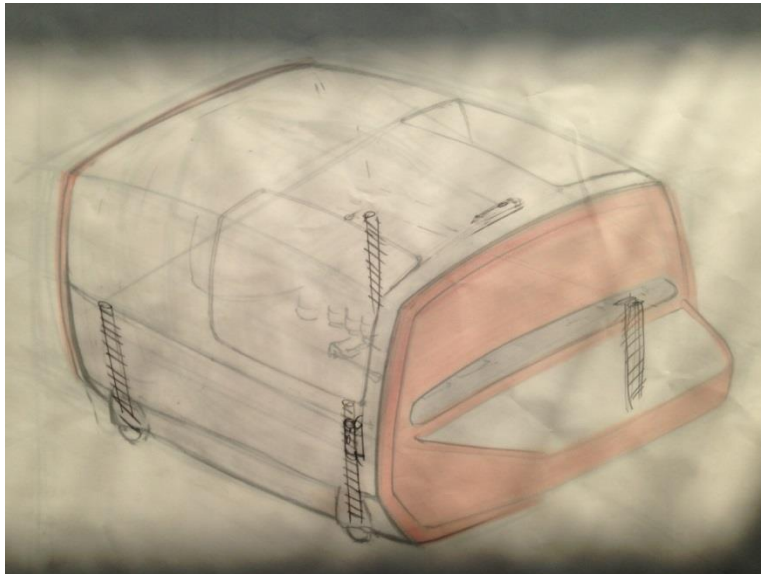


Figura 7: Dibujo de la propuesta, hecho por capas de transparencia hasta llegar a la forma final de la carcasa y todas sus partes.

- 6) Modelado 3D en programa CAD del modelo propuesto
- 7) Validación de tolerancias con los fabricantes
- 8) Fabricación del prototipo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos prácticos:

- Se optimizaron recursos presupuestales: los gastos en el prototipo portátil llegaron al 50% del invertido en el estacionario.
- Se optimizó el tiempo de desarrollo de producto: El desarrollo del estacionario tardó 3 años con 2 prototipos y series de reparaciones y ajuste de las piezas, mientras que el portátil se aterrizó en 1 solo prototipo viable, sujeto a mejoras en una siguiente etapa de proyecto.
- Se redujo el número de integrantes del equipo, donde antes había 2 diseñadores ahora hay 1, y donde antes habría 7 ingenieros ahora hay 1.

En términos de habilidades blandas y experiencia humana:

- Se especuló que con la experiencia ganada en el proyecto de investigación, se podría responder bien a todo nivel: El equipo ahora reducido no obtuvo los resultados esperados por el proyecto, y los integrantes cambiaron en el proceso, el equipo ahora reducido tuvo que prototipar sin apoyo el área de diseño, viendo en detrimento los resultados de control de calidad. Puesto que no existen guías metodológicas, la plataforma se encuentra carente de guías dirigidas a la interacción de los recursos humanos.

Las decisiones de la ubicación final de cada uno de los componentes responden a funcionamiento mecánico, a análisis ergonómico, a análisis de psicología de usuario, a aspectos técnicos de la tinción, a las dimensiones de los componentes disponibles en el mercado, a los espesores de los materiales disponibles en el mercado local, al alcance de los presupuestos del proyecto, etc. Al resolver los requerimientos del método en el proyecto surgió confusión por no ser un camino no reconocido, sino ideado en el proceso de desarrollo del proyecto provocando incertidumbre y fatiga en el recurso humano. Los resultados no fueron los estipulados, teniendo que hacer modificaciones del grupo de trabajo y re direccionando las responsabilidades en el último paso del método: Fabricación. Por ello se propone entonces que se establezca un método el cual de ahora en adelante se llamará Metodología de Diseño en Equipos Multidisciplinarios que al ser reconocido por las partes involucradas, cree una pauta a seguir, con satisfacción intelectual al tener un recorrido conocido que llevará el proyecto a buen puerto.

CONCLUSIONES

La aplicación de metodologías de diseño dirigido al grupo humano involucrado en el desarrollo del proyecto se espera aplicar en proyectos multidisciplinarios en grupos de jóvenes en formación de pregrados para fomentar la inclusión, la diversidad y aprovechar las potencialidades de los equipos de trabajo a través de la apertura a nuevas ideas, nuevas mentes, otras maneras de entender los procesos para optimizar los resultados. La metodología será posible de aplicar tanto por los diseñadores como por otras disciplinas al recibir los contenidos oportunos en el trayecto de la formación académica.

Este planteamiento metodológico se validó en un escenario real de investigación tecnológica biomédica revelando resultados satisfactorios cuando se aplicaron estrategias de empatía profesional, y disociación cuando no las hubo, afectando directamente a los resultados del proyecto, y al potencial colectivo de la organización. Se logró una optimización de recursos económicos y de reducción de plazos de desarrollo, sin embargo se piensa que por falta de un método establecido hubo un deterioro en el recurso humano, en cuanto el equipo acabó fatigado por el trabajo desarrollado

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabezas, C., et al. (2012). *Procedimientos para el Control de Calidad Externo de Baciloscopía para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis*. Instituto Nacional de Salud. Recuperado de

http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/PROCEDIMIENTOS_CON_TROL_CALIDAD_BACILOSCOPIA_DIAGNOSTICO_BACTERIOLOGICO_TUBERCULO_SIS.pdf

2. Rios, J. (2016). *Situación de Tuberculosis en el Perú y la Respuesta del Estado (Plan de Intervención, Plan de Acción)*. Ministerio de Salud. Recuperado de <http://www.tuberculosis.minsa.gob.pe/portaldpctb/recursos/20180605122521.pdf>
3. Obregon, G. (2017). *Plan de Implementación de la Microscopía ILED Utilizando la Tinción con Auramina "O" para el Diagnóstico de Tuberculosis*. Instituto Nacional de Salud. Recuperado de <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/normatividad/resoluciones/RJ%20N%C2%BA%20180-2017-J.PDF>
4. Avila, R., & Ramírez, L. (2017). *Diseño y desarrollo de un prototipo preparador de siete muestras biológicas basado en la tinción de Ziehl-Neelsen para baciloscopía*. Repositorio PUCP. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8552>
5. Tierney, D., & Nardell, E. (2015). *Tuberculosis (TBC)*. Manual MSD. Recuperado de <https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/enfermedades-infecciosas/micobacterias/tuberculosis-tbc>
6. Fulton Suri, J. (2003). Empathic design: Informed and inspired by other people's experience. In I. Koskinen, K. Battarbee, & T. Mattelmäki (Eds.), *Empathic design: User experience in product design* (pp. 51-58). Helsinki, Finland: Edita IT Press.
7. Koskinen, I., & Battarbee, K. (2003). Introduction to user experience and empathic design. In I. Koskinen, K. Battarbee, & T. Mattelmäki (Eds.), *Empathic design: User experience in product design* (pp. 37-50). Helsinki, Finland: Edita IT Press.
8. Sanders, E. B. -N., & Dandavate, U. (1999). Design for experiencing: New tools. In C. J. Overbeeke & P. Hekkert (Eds.), *Proceedings of the 1st International Conference on Design and Emotion* (pp. 87-91). Delft, The Netherlands: Design & Emotion Society.
9. Black, A. (1998). Empathic design: User focused strategies for innovation. In *Proceedings of the Conference on New Product Development* (pp. 1-8). London, UK: IBC.
10. Sanders, L. (2001). Collective creativity. *Loop: AIGA Journal of Interaction Design Education*, 3. Recuperado de <http://loop1.aiga.org>

11. Postma, C. E., Zwartkruis-Pelgrim, E., Daemen, E., & Du, J. (2012). Challenges of doing empathic design: Experiences from industry. *International Journal of Design*, 6(1), 59-70.
12. Mattelmäki, T., & Battarbee, K., (2012). Empathy Probes. *Proceedings of the 12th Participatory Design Conference*. New York, NY: ACM Press.
13. Deszca, G., Munro, H., and Noori, H., (1999). Developing Breakthrough Products: Challenges and Options for Market Assessment. *Journal of Operations Management*, 17, 613-630.
14. von Hippel, E., Thomke, S., & Sonnack, M., (1999). Creating Breakthroughs at 3M. *Harvard Business Review*. 77(5), 47-57.