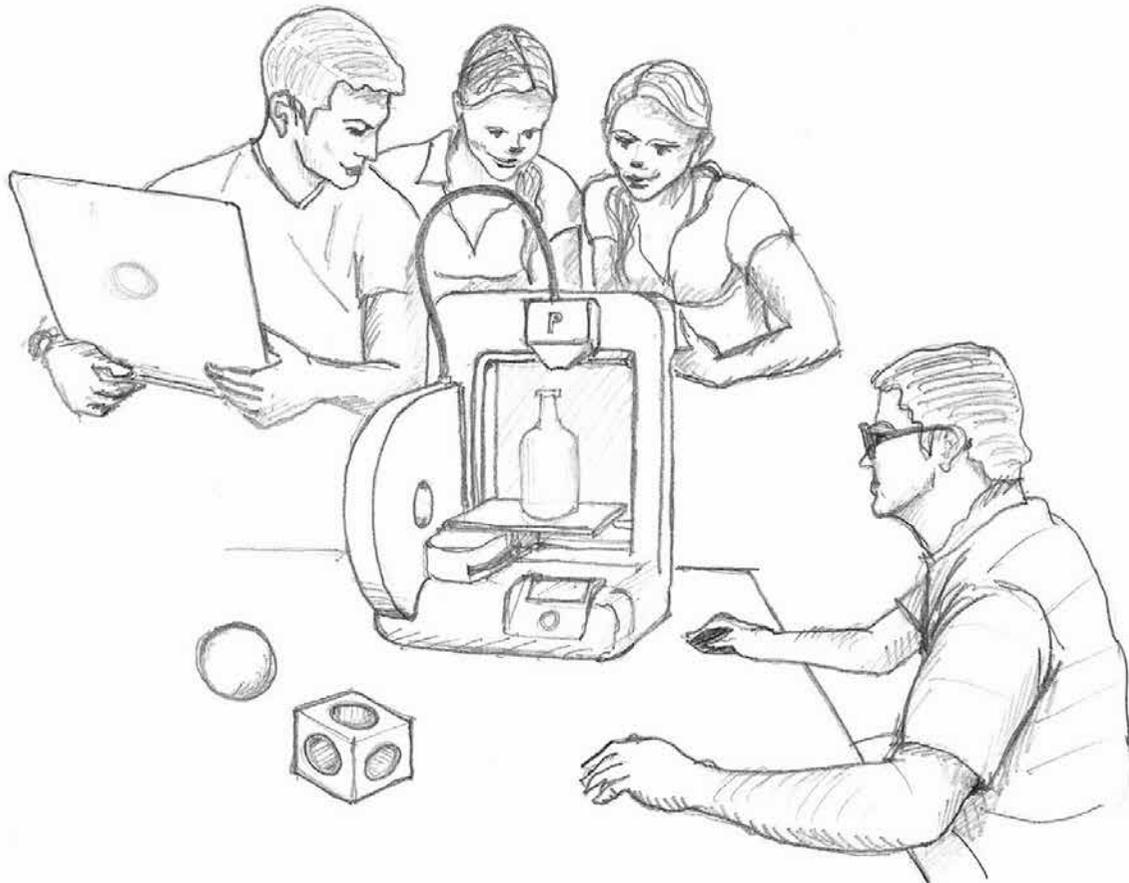


TEMAS GENERALES



IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPADO RÁPIDO EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA*

Rapid Prototyping Implementation in the Catholic University of Pereira

*Félix Augusto Cardona Olaya***

*Gustavo Adolfo Peña Marín****

* El artículo es resultado de un proyecto de investigación del semillero de investigación: Código B, desde al año 2008 en Tecnologías de producción y automatización industrial y concluye con el desarrollo de 2 proyectos de grado concluidos a inicios del año 2013. El proceso ofrece nuevas perspectivas para la consolidación a futuro de un laboratorio de prototipado rápido en los talleres de la UCP.

** Estudiante de Maestría en Diseño y Creación Interactiva Universidad de Caldas. Contacto: augusto.olaya@gmail.com

*** Docente auxiliar Programa Diseño Industrial Universidad Católica de Pereira. Contacto: gustavo.pena@ucp.edu.co

RESUMEN

Este artículo expone los antecedentes, las estrategias e implementación de la tecnología de prototipado rápido a través de experiencias de investigación formativa con los semilleros de la línea “tecnología y diseño” del programa de Diseño Industrial, al fortalecer los procesos proyectuales en favor de los programas académicos de la Universidad Católica de Pereira. Este proceso permitió la comprensión, análisis y producción de prototipos y modelos de acuerdo con el contexto y las necesidades presentes, de manera interdisciplinaria.

PALABRAS CLAVES:

Investigación formativa, Semillero de investigación, Diseño Industrial, Tecnologías.

ABSTRACT:

This article sets out the background, strategies and implementation of rapid prototyping technology through investigation training experiences with the seedlings in “technology and design” line of Industrial Design program, by strengthening project processes for academic programs from the Catholic University of Pereira. Process that leads to the understanding, analysis and production of prototypes and models according to the context and the present needs, in an interdisciplinary way.

KEYWORDS

Formative research, Research seed, Industrial design, Technology.

de la Cámara de Comercio de Dosquebradas (CAMADO), en cual la Dirección de Diseño e Innovación (DII) de la UCP decidió participar con un grupo de estudiantes de diseño industrial, que a la postre, conformarían el primer grupo de estudiantes del semillero de investigación² en la línea de tecnología del grupo de investigación en Diseño y Tecnología³ de la facultad de Arquitectura y Diseño.

A partir de esta primera experiencia y proyectando la implementación de estas tecnologías dentro del campo de estudio del programa académico de diseño industrial, se lleva a cabo un proceso de planeación por medio de la investigación en este tema, con tres fases de desarrollo: Fase 1: Microdraw; Fase 2: Rep-Rap ; Fase3: Prototipadora (Miranda, Rico, Arbeláez y Lodoño, 2009, p.38) en las que se reconoce este tipo de tecnología a nivel nacional, por lo que el grupo de estudiantes y el cuerpo docente realizaron visitas técnicas al TECNO PARQUE 3 de la ciudad de Pereira, TECNO PARQUE 1 y a la industria IMOCOM de la ciudad de Bogotá patrocinados por el DII de la UCP, estableciendo un estado del arte del prototipado rápido en Colombia.

La empresa IMOCOM S.A. es una empresa con 60 años de experiencia en el mercado nacional en la comercialización de maquinaria industrial, pionera en traer a Colombia este tipo de tecnologías para el mercado latinoamericano, con importantes proyectos en diferentes países latinoamericanos en diferentes sectores productivos. La empresa demostró tangiblemente la contribución que este tipo de tecnologías otorga a la competitividad y al desarrollo tecnológico.

Los Tecnoparques son un programa de innovación tecnológica del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), que promueva el emprendimiento de base tecnológica (I+D+i) materializados en prototipos funcionales, en cuatro líneas tecnológicas: Electrónica y Telecomunicaciones, Tecnologías Virtuales, Diseño e Ingeniería, Biotecnología y nanotecnología. Específicamente la Línea de Desarrollo de Diseño e Ingeniería presta sus servicios en las siguientes áreas: Diseño y simulación, Ingeniería inversa y Prototipado.

De este recorrido se concluyó que era necesario tener una capacitación para la comprensión de esta tecnología, por lo que en convenio con CAMADO y DII de la UCP, se participa en el curso sobre microcontroladores en el Centro de Innovación y Diseño SENA, Industria de Dosquebradas, donde se desarrolló junto a aprendices una tarjeta electrónica que permitió el diseño y construcción de un microbot, denominado MicroDrawskorPSL2 (Figura 2), como proyecto final del taller de diseño III: Estructuras⁴.

Este tipo de robots ha sido posible gracias a la aparición de los microcontroladores en los años 90 del siglo XX. Son computadores que gobiernan y se incrustan en sí mismos, por lo que están dedicados a resolver tareas con rapidez y precisión, que no exigen una elevada potencia, ni complicados algoritmos.

Este microbot permitió a los estudiantes de diseño industrial hacer tangibles los procesos a través de una tarjeta electrónica diseñada para movimientos por coordenadas en dos ejes,

2 Los estudiantes fueron Paula Miranda, Luisa Tangarife, Lewis Rico y Sebastián Arbeláez.

3 Para el año 2012 este grupo tenía en su haber 8 proyectos de investigación terminada, cerca de 50 publicaciones entre libros, capítulos de libros, ponencias y desarrollos que lo acreditan en la categoría D del Index GrupLac COLCIENCIAS. Se renombra dentro de las estrategias del programa como grupo de investigación en Diseño, Tecnología y Cultura, para la nueva clasificación de grupos dentro del sistema nacional de Investigación.

4 Dirigido por el Ing. Mecánico Carlos Andrés Londoño Echeverri, líder del grupo de investigación durante su periodo de conformación 2007-2010.

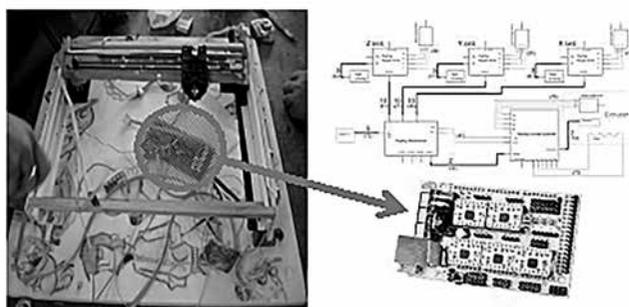


Figura 2. Desarrollo del microbot: MicroDrawskorPSL2

generando así un conocimiento teórico práctico, tanto de la mecánica como de la electrónica de una máquina de prototipado rápido, ya que el control sobre dos ejes (X – Y) es el fundamento teórico, funcional y operativo de las aplicaciones de automatización a partir de esta tecnología.

El microbot Micro DrawSkor fue galardonado como uno de los dos mejores proyectos por parte de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UCP en 2009; así mismo, logró participación con ponencia y póster en los encuentros regional y nacional de semilleros de investigación del mismo año, donde se alcanzó reconocimiento de trabajo meritorio por parte de la organización del evento y una publicación en la revista *Grafías disciplinares de la UCP*, N° 8, de octubre del 2009,⁵ constituyéndose así en el inicio del proceso de investigación formativa dentro de una de las

líneas del grupo de Tecnología y diseño, con la temática Tecnologías de prototipado.

Por lo anterior, se conformó oficialmente ante la UCP el semillero de investigación denominado CODIGO B⁶, para dar proyección y desarrollo a esta iniciativa de implementar el estudio y uso de las tecnologías del prototipado rápido, otorgando a los estudiantes de la UCP posibilidades de desarrollo mucho más acordes a lo que la industria mundialmente maneja hoy en día

A partir de toda esta experiencia, docentes y estudiantes acordaron que para dar continuidad al proceso de investigación formativa del semillero CÓDIGO B se debía adquirir una máquina de prototipado rápida, con un enfoque experimental y didáctico dentro de una gama no muy amplia de posibilidades dentro del mercado.

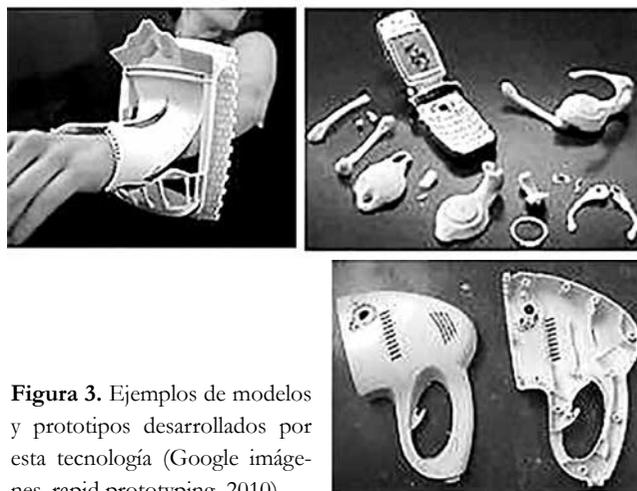


Figura 3. Ejemplos de modelos y prototipos desarrollados por esta tecnología (Google imágenes, rapid prototyping, 2010)

Según el análisis de costos y el apoyo a los procesos formativos en diseño industrial dentro de sus políticas y lineamientos de proyección,

5 Para ver el artículo está el link <http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/grafias/article/view/306/272>

6 Esta nominación del semillero como Código B obedece a que este es un software capaz de reproducir las operaciones necesarias para buscar mensajes ocultos. Este código es multiversal, es decir, no contempla una sola solución, sino múltiples soluciones posibles, lo que expone el marco teórico del grupo al cual se inscribe este semillero.

se seleccionó y adquirió una máquina de prototipado dentro de la tecnología RepRap⁷.

Este tipo de tecnología de prototipado rápido RepRap⁸ (Figura 4) fue creada por el profesor en ingeniería mecánica de la Universidad de Bath, en Reino Unido, Dr. Adrian Bowyer, y se basa en el desarrollo de una máquina autorreplicable para la manufactura de piezas pequeñas que posteriormente se ensamblan para conformar sistemas de maquinarias, usando una técnica de fabricación por adición de polímeros y disponible bajo una licencia de *software* libre.

Cuando se habla de autorreplicación debe entenderse la habilidad de producir los componentes necesarios para construir otra versión de sí mismo; este es el factor que distingue el proyecto RepRap de otros similares.

Debido a este mismo potencial, se pueden diseñar a bajo costo productos complejos sin la necesidad de maquinaria industrial y replicarlos cuantas veces sea necesario, lo cual permitirá que procesos proyectuales de los estudiantes sean desarrollados a partir de la aplicación de la automatización que brinda esta máquina (Figuras 1 y 3), disminuyendo el tiempo empleado en la construcción de sistemas objetuales complejos. Al conocer de antemano las especificaciones formales, dimensionales y funcionales de diferentes piezas de un proyecto, se pueden obtener prototipos con una exactitud milimétrica, tanto de aspectos formales como mecánicos y de usabilidad, lo que permite acercar este proceso de diseño a los contextos tecnológicos actuales.

Asimismo, se brinda la posibilidad de realizar comprobaciones de diversas índoles dentro de marcos proyectuales de diseño que parten de un proceso de investigación mediado por una metodología de diseño que en general, establece requerimientos, determinantes y parámetros mucho antes de la materialización del sistema objetual, lo que permite definir la configuración estética, funcional y comunicativa del posible producto.

Durante las fases de armado e implementación de la máquina RepRap Darwin en los espacios asignados por la Universidad (Figura 5), el equipo de investigación (Semillero Código B e investigador docente⁹) encontró dificultades en su ubicación dentro del contexto de los talleres de maquinaria de la Facultad de Arquitectura y Diseño, debido a dos aspectos fundamentales.

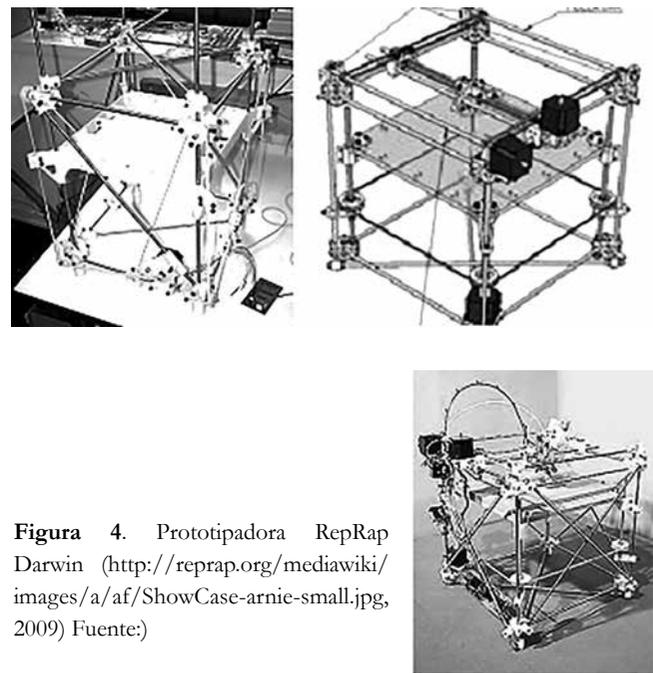


Figura 4. Prototipadora RepRap Darwin (<http://reprap.org/mediawiki/images/a/af/ShowCase-arnie-small.jpg>, 2009) Fuente:)

7 Hasta la fecha existen dos modelos de impresoras RepRap totalmente funcionales. A estas se les ha dado el nombre de importantes científicos dedicados al estudio de la Biología y la evolución de las especies. La RepRap I: Darwin (La que se encuentra en la UCP) y RepRap II: Mendel.

8 Se especula que la tecnología RepRap demostrará una evolución radical al poder crecer en cantidades exponenciales. Esto, en teoría, le dará el potencial de convertirse en una poderosa tecnología disruptiva.

9 Durante los años 2008-2010 el docente Ing. Carlos A. Londoño Echeverri y 2011-2012 el docente DI. Félix A. Cardona Olaya

El primero, referido a que se proyecta un uso habitual de la máquina por parte de estudiantes no solo del programa de Diseño Industrial, si no de programas como Arquitectura, Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la UCP, a los que este tipo de tecnología les es pertinente y sobre el cual pueden desarrollar múltiples proyectos de investigación, tanto formativa como aplicada de carácter disciplinar y transdisciplinar.

Segundo, que siendo una tecnología que necesita espacios y condiciones específicas para un óptimo rendimiento, independientemente del lugar en la que se implementa, el equipo de investigación define que se debe adecuar de manera particular el espacio asignado a la prototipadora en los siguientes aspectos:

- Proteger la prototipadora del medio ambiente circundante y de los riesgos de impacto mecánico.
- Ubicar la prototipadora en un espacio central, para facilitar la circulación de los usuarios alrededor de ella.
- Adecuar las condiciones de iluminación, ventilación y desplazamiento en el espacio asignado.

A partir de esto se inició un proceso de diseño de estrategias para su implementación, dentro de las cuales se contempló el desarrollo de un adecuado contexto para garantizar un óptimo funcionamiento bajo diferentes exigencias de uso, operación, mantenimiento y prestación de servicio, tanto para la comunidad de la UCP, como para el público externo interesado en el estudio y aplicación de prototipos y modelos con esta tecnología.

Como primera estrategia se propuso el diseño, fabricación e implementación de una estación de trabajo para la máquina de prototipaje rápido

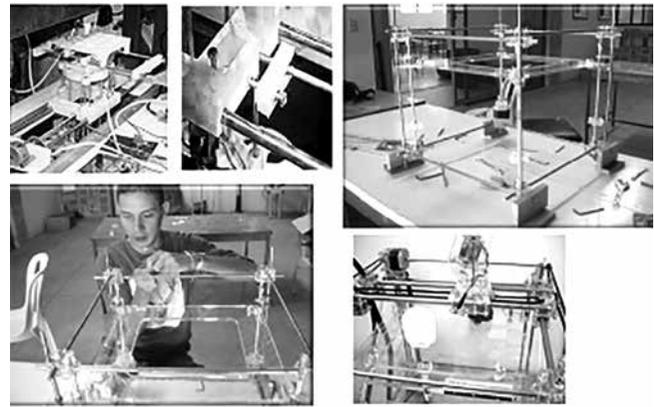


Figura 5. Primer ensamble de la prototipadora RepRap DARWIN.

experimental RepRap Darwin, adquirida gracias al apoyo del DII-UCP y ensamblada por los miembros del semillero Código B. La estrategia debía permitir el almacenamiento adecuado de todos sus componentes e insumos, al mismo tiempo que contribuir en el desarrollo óptimo de actividades de investigación, proyección social y docencia. Como segunda medida, el diseño y construcción de una interface objetual de análisis y control de la prototipadora para escenarios pedagógicos dentro de la lógica del diseño industrial.

Estas estrategias darían soporte a todas las asignaturas que comprendan en su contenido el conocimiento, análisis y aplicación de tecnologías de producción y la automatización industrial como elemento de competitividad empresarial dentro de los programas académicos de la UCP. Tanto la máquina, como algunos de sus elementos exigen condiciones especiales de almacenaje, para que operen y se conserven de la mejor manera posible, por lo que es importante y necesario contar con un sistema de control de funcionamiento e inventario ordenado que dé cuenta de elementos compositivos de la máquina y de sus productos.

Estas estrategias se llevaron a la realidad al ejecutarlas bajo la modalidad de proyecto de

grado, como desarrollo de prototipo¹⁰ donde el concepto de estación de trabajo se enmarca bajo los siguientes componentes (Sasson, citado por Miranda, 2012):

- Medios de trabajo: Todas aquellas herramientas que se usan durante el desarrollo de la tarea.
- Objeto de trabajo: La razón de ser del proceso de la tarea.
- Fuerza de trabajo: Elemento que pone en movimiento a los medios de producción.
- Abastecimiento del puesto de trabajo: Garantía de tener todos los medios necesarios para la realización de la tarea.
- Planificación de tareas: Tanto en el plano horizontal como vertical, contar con una distribución correcta de las herramientas, insumos y objetos de trabajo de la manera más cómoda, sin que implique gastos innecesarios de energía.

A partir de estos componentes se debe iniciar el diseño de una estación de trabajo, por lo cual el diseño industrial sintetiza su acción en un conjunto de factores. Así que lo primero fue el análisis detallado de los movimientos que se deben realizar mientras se desarrolla la tarea, a través de la antropometría dinámica, que se ocupa de estudiar las medidas del cuerpo en movimiento y sus alcances en los diferentes planos de trabajo: transversal, sagital, frontal y diagonal.

Como segundo factor, se deben tener en cuenta las normas técnicas que establecen los parámetros de diseño de estaciones de trabajo (Miranda, 2012), a saber:

- NTC 5649/2008. Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico.

- NTC 5655. Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.
- Norma ISO 14738/2002. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.

Como tercer factor está la contextualización del diseño (Bonsiepe, 1981), lo que consiste en adecuar el diseño al contexto, los materiales y el público objetivo para su operatividad e implementación. Teniendo en cuenta que la UCP tiene lineamientos claros sobre condiciones y uso de sus talleres de máquinas y herramientas en pleno funcionamiento, se ajustó la estación de trabajo al área otorgada de 2,50m², dentro de un ambiente ya existente y a una caracterización de usuarios definida para un público interno, conformado por estudiantes de Diseño Industrial, Arquitectura, Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la UCP, y uno externo, compuesto por todos los empresarios interesados en el desarrollo de prototipos rápidos para diferentes sectores.

Por último, atendiendo el concepto de contextualización del diseño, se estableció que los materiales y modos de fabricación de la estación de trabajo deberían estar dentro de las posibilidades que la UCP posee para las operaciones de mantenimiento, reparación y uso de la prototipadora. En ese sentido, se establecieron los siguientes requerimientos de diseño de la estación de trabajo como producto final en esta etapa de investigación formativa:

1. Interacciones entre máximo 4 personas y los componentes del sistema.
2. En tareas prolongadas, alternar posturas entre sedente y bipedestante.

10 Este proyecto de grado se adjudica desde la coordinación del semillero código B a la estudiante Paula Andrea Miranda y pasa por todos los requisitos institucionales frente al desarrollo de estos procesos, Anteproyecto de 8º semestre (2011-1), proyecto final de 9º semestre (2011-2) y prototipo y documento final del 10º semestre (2012-1) de la malla curricular del programa de Diseño Industrial y las aprobaciones del comité curricular y jurados externos.

3. Frecuencia, velocidad, dirección y amplitud de los movimientos del cuerpo dentro de límites anatómicos y fisiológicos dados por las normas NTC señaladas.

Estas características debieron ser consideradas para reconstituir las propiedades funcionales de la estación, readaptando algunas lógicas del posicionamiento y navegación de las personas alrededor del volumen general del artefacto, tanto en el desplazamiento como en las diferentes posiciones estáticas o dinámicas que los usuarios pudieran adquirir en relación con las actividades realizadas.

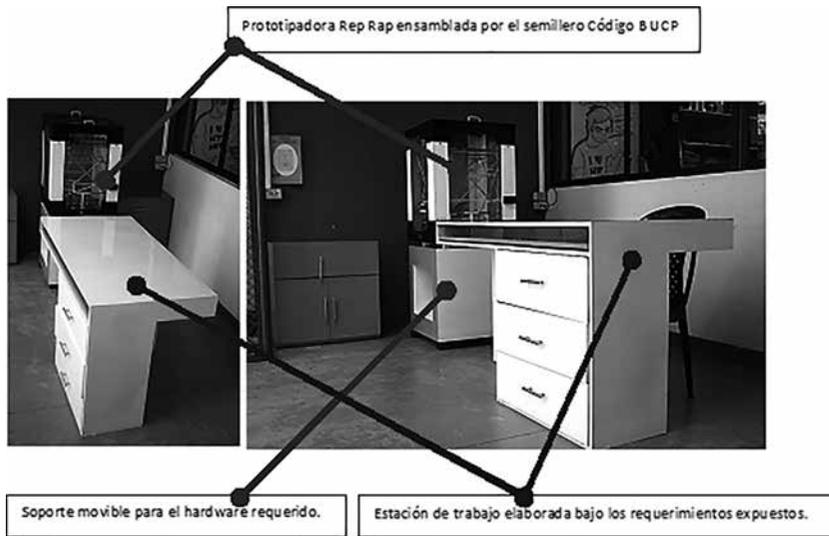


Figura 6. Estación de trabajo en los talleres de la UCP

Este proyecto fue expuesto en el Encuentro Local de Semilleros de Investigación, llevado a cabo en la UCP durante el primer semestre del año 2011, y en el Encuentro Regional de Semilleros de Investigación RREDSI, llevado a cabo en Tuluá, los días 6 y 7 de octubre de 2011. Esto demuestra el interés que este tema adquiere dentro de la región y para el diseño industrial como disciplina que debe beneficiar ante todo al sector industrial.

Por esto, durante el proceso de desarrollo de alternativas para la estación de trabajo, se presentó la necesidad de identificar otras variables relacionadas con el almacenamiento y ubicación de otros artefactos diferentes a la prototipadora, como el caso de computadores portátiles (ordenadores) y *hardware* periférico, para apoyar y potenciar la usabilidad del conjunto.

Finalmente, para la elección de los materiales y procesos más pertinentes de fabricación de la estación, se consideraron no solo las condiciones requeridas anteriormente durante la investigación, sino además la formulación de propuestas de adaptación tecnológica, tanto para el tipo de material estructural y las técnicas de fabricación, para posibilitar que algunas de las partes pudieran desarrollarse localmente, preferiblemente con los recursos tecnológicos disponibles en la ciudad y la región, fortaleciendo la capacidad de reproducir esta iniciativa proyectual, tal como plantea la perspectiva del Rep Rap.

Luego de terminar esa etapa de configuración de la estación de trabajo surgen otras inquietudes dentro del semillero, al retomar la iniciativa de esta solución suplementaria para la máquina prototipadora con el objetivo de consolidar el espacio de trabajo asignado como laboratorio dentro de las instalaciones de los talleres de arquitectura y diseño industrial de la UCP. Es así como, bajo la necesidad de poner en funcionalidad los productos logrados, se evidencia otro factor relacionado con la seguridad, la protección y el encuentro tangible entre el humano y la

máquina, lo que debe ser concretado para que se pueda sintetizar la totalidad del proyecto.

Entonces, se requiere una solución complementaria para diseñar la interfaz externa de la máquina prototipadora, con el fin de facilitar a los usuarios las condiciones ergonómicas (Estrada, 2000), comunicativas y funcionales que garanticen una interacción adecuada para quienes deban maniobrarla, inicialmente a través de un sistema de control tangible implementando *hardware* electrónico, y posteriormente con una solución vía *software*, que podría desarrollarse y concretarse con el soporte técnico y tecnológico del programa de ingeniería de sistemas y telecomunicaciones. Este sería otro proyecto transversal, pero que deviene en una solución interdisciplinaria en favor del laboratorio de prototipado como espacio de encuentro e interés común para varios programas de la UCP.

Bajo esa dinámica, el estudiante de décimo semestre Sebastián Arbeláez (periodo 2012-II), continuó el proceso, a partir de la sólida fundamentación desde la experiencia dentro del semillero de investigación y las diferentes etapas que fueron solucionadas previamente por los demás compañeros involucrados con el proyecto de la prototipadora rápida. Esa continuación respondió al necesario desarrollo de la interfaz de la máquina, específicamente una cubierta exterior que permitiera a la persona encargada del manejo y control, un encuentro versátil, lógico, seguro y amable con el artefacto.

Algunas características que surgen en la etapa investigativa de este proceso responden a necesidades enfocadas en el humano (usuario) y al artefacto (prototipadora), que no pueden estar divididas y solamente han sido categorizadas para reconocer los momentos de transformación del producto diseñado en favor de cada una de ellas.

Después de generar el listado de requerimientos fundamentales para desarrollar las alternativas de diseño que respondían a la necesidad planteada, se logró concretar una solución definitiva bajo el nombre de “SIPRE” -Sistema de interacción para Prototipadora Rápida Experimental- (Arbeláez, 2012). Este producto fue diseñado y construido especialmente para la máquina de prototipado rápido experimental y se abordó como proyecto de grado desde dos aspectos fundamentales: la interfaz física (módulo exterior de la máquina y mando de control) y el diseño de la interfaz digital (desde el *software*).

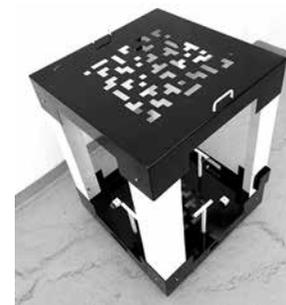
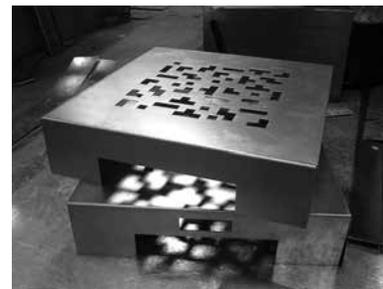
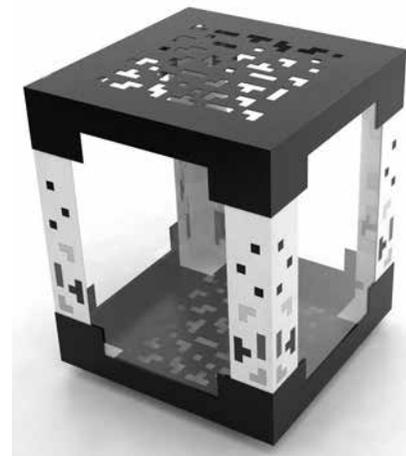


Figura 7. Modelado virtual, Fabricación y Prototipo de SIPRE (Arbeláez, 2012)

Desarrollada la etapa creativa del proyecto, se llegó a una solución con características funcionales y morfológicas que permitieron no solo la protección de la máquina prototipadora sino también la transformación y robustecimiento de la interfaz, para favorecer al usuario durante la interacción hombre-máquina.

Esta solución fue concretada durante el segundo semestre académico de 2012 para concluir con la entrega del informe final y el prototipo como requisitos del título de Diseñador Industrial, en la UCP. Posteriormente, este proyecto fue retomado por estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas durante el 2013, con el fin de desarrollar un *software* de control para la prototipadora. Este nuevo proyecto dejó claro que las posibilidades de construcción entre varias disciplinas se hacen posibles desde la apertura a diálogos inter y transdisciplinarios en el ámbito de lo tecnológico y lo creativo.

Durante el semestre 2013-II se gestionaron otros aspectos técnicos para darle continuidad a este proyecto iniciado en los semilleros de la línea de diseño y tecnología en la UCP, en el que se involucraron otros aspectos tecnológicos paralelos a esta actividad en el tema de escaneo 3D. Todo ello incitó a los estudiantes más jóvenes a continuar con el montaje y fortalecimiento del laboratorio de prototipado rápido experimental.

CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado dentro del Semillero de investigación Código B permitió a sus estudiantes el acercamiento a otras áreas del conocimiento tecnológico como parte del proceso de investigación formativa, para potenciar competencias alrededor del prototipado rápido experimental en favor del Diseño Industrial.

En el trabajo también se identificó la necesidad de consolidar un ambiente de trabajo enfocado en la fundamentación de automatismos y robótica dentro de las prácticas de los talleres de diseño industrial, con el objetivo de fortalecer las competencias técnicas en estos temas, para favorecer la interdisciplinariedad con otras áreas tecnológicas.

Con todo, aparecen nuevos escenarios de intervención viables para la praxis del diseñador industrial desde el componente tecnológico, al darle continuidad a las actividades investigativas de semillero en el desarrollo de proyectos de grado pertinentes para solucionar aspectos reales del contexto en el mejoramiento de equipos y máquinas, a nivel ergonómico y de seguridad industrial.

Por último, el trabajo de semilleros, ligado a la línea de investigación en diseño y tecnología del grupo G-DTC (Grupo de Diseño, Tecnología y Cultura), le ha permitido tanto a estudiantes como docentes la exploración de alternativas investigativas fuera del límite disciplinar, más allá de las metodologías tradicionales del diseño, al trascender la frontera académica y teórica con la experimentación en lo tangible y la materialidad propiciada desde la tecnología.

REFERENCIAS

Arbeláez, J. (2012). *Sistema de interacción para prototipadora rápida experimental*. Pereira:

RIBUC, UCP. Estrada, J. (2000). *Ergonomía*. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.

Gibbons, A. (2006). *Three dimensional printing at the advanced media studio*. Disponible en <http://www.nyu.edu/content/dam/nyu/its/documents/connectMagazine/archives/2006/2006fall.pdf>.

Londoño, C., Cardona, F. y Morales, P.(2008).
Marco teórico grupo de investigación Diseño y Tecnología.
Inédito.

Miranda, P. (2012). *Estación de trabajo para
laboratorio de prototipaje rapido experimental*.
Pereira: RIBUC, UCP.

Miranda, P., Rico, L., Arbeláez, S. y Londoño,
C. (2009). Máquina de prototipado rápido
experimental. *Revista académica institucional Grafías*,
8, 33-41.

Sasson, R. (2005). Puesto de trabajo. Extraído
desde Monografías.com, de [http://www.
monografias.com/trabajos31/puesto-de-
trabajo/puesto-de-trabajo.shtml](http://www.monografias.com/trabajos31/puesto-de-trabajo/puesto-de-trabajo.shtml). Febrero 2012.