

# **ESTACIÓN DE TRABAJO PARA PROTOTIPADORA RÁPIDA EXPERIMENTAL EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA.\***

## **Experimental fast prototyper workstation at Universidad Católica de Pereira**

Tutor:

D.I. Félix Augusto Cardona Olaya

Paula Andrea Miranda\*\*

*Primera versión recibida: 20 de mayo de 2011. Versión final aprobada el 7 de octubre de 2011*

*Para citar este artículo: Miranda., Paula A. (2012). "Estación de trabajo para prototipadora rápida experimental en la Universidad Católica de Pereira". En: *Graffías disciplinares de la UCP*, N° 19: p.43 - p.51.*

### **SÍNTESIS:**

Este artículo muestra una propuesta de investigación formativa sobre el desarrollo e implementación de una prototipadora rápida experimental y su respectiva estación de trabajo, con la cual se pretende mejorar el proceso proyectual llevado a cabo en los talleres de diseño del programa de Diseño Industrial de la UCP, al posibilitar la generación de prototipos. La metodología consiste en la recopilación de información pertinente, aplicación y desarrollo de prototipo correspondiente a la información antes mencionada, validación de prototipo inicial, desarrollo y ensamble de prototipo experimental y reconocimiento de componentes eléctricos y/o electrónicos necesarios para la puesta en marcha de la máquina.

Los resultados más importantes son el diseño y desarrollo de una mesa de coordenadas funcional, el ensamble mecánico de la máquina de prototipaje y los diferentes reconocimientos en los eventos a los que ha asistido el grupo de investigación.

**DESCRIPTORES:** Investigación formativa, Diseño Industrial, Estación de trabajo, Prototipado Rápido.

### **ABSTRACT:**

This paper shows a proposal for formative research on experimental rapid prototyping development and implementation of an experimental fast prototyping and their respective workstation which aims to improve the design process carried out in the workshops program industrial design UCP by enabling the generation of prototypes. This is an ongoing investigation applied type, which has been developing since 2008, then presents the methodology carried out by the research group, which consists in gathering relevant information, application and development of prototype model to the above information, validation of initial prototype, prototype development and pilot assembly and recognition of electrical or electronics needed for the implementation of the machine.

It raises also the most important results obtained during the investigation, as the design and development of a functional coordinate table, the mechanical assembly machine prototyping and several awards in the events I have attended the investigation group

**DESCRIPTORS:** Formative research, Industrial design, Workstation, Rapid prototyping.

\* El artículo es una investigación en curso del semillero de investigación: "Código B/Tecnología en Diseño", adscrito al grupo de investigación Diseño, Tecnología y Cultura de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Presentado y aprobado en el I Encuentro Regional de Semilleros de Investigación (Tuluá, 2011).

\*\* Estudiante de VIII semestre del programa de Diseño Industrial.2011-1

## DESCRIPCIÓN

Esta propuesta de investigación formativa pretende la implementación del prototipaje dentro de los procesos curriculares del programa de Diseño Industrial, y por tanto, se propone el diseño del contexto para su operación, mantenimiento y prestación de servicio a los estudiantes del programa, garantizando el buen funcionamiento de la misma bajo diferentes contextos y exigencias de uso.

La propuesta se plantea como proyecto de grado inscrito en la modalidad de prototipo final, para acceder al título de Diseñadora Industrial de la UCP. Se propone el diseño de una estación de trabajo para la máquina de prototipaje rápido experimental, que permita el almacenamiento adecuado de todos sus componentes e insumos, al mismo tiempo que contribuya en el desarrollo óptimo de la actividad por parte de los integrantes del Semillero de investigación en Tecnología y Diseño, de la UCP.

La investigación sobre prototipaje rápido experimental empezó en el año 2008 por el grupo de investigación en Tecnología y Diseño del programa de Diseño Industrial. Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Católica de Pereira, formado por estudiantes de Diseño Industrial y el acompañamiento permanente de docentes, proceso que ha obtenido los siguientes resultados:

- Invitación institucional para participar en el seminario “Guía sobre soluciones y aplicaciones a la automatización”, realizado en la Cámara de Comercio de Dosquebradas, con una intensidad de 40 horas.
- Realización de tres visitas técnicas a Tecno Parque 3 de la ciudad de Pereira y a Tecno Parque 1 e industrias IMOCOM en Bogotá, para conocer de primera mano el estado del arte del prototipaje rápido en Colombia, patrocinadas por el Centro de Investigaciones de la UCP.
- Capacitación sobre micro-controladores en el centro de Innovación y diseño SENA Industria, Dosquebradas, donde se tuvo un primer acercamiento al desarrollo de tarjetas electrónicas.
- Construcción de un microbot que consistió en mover y controlar dos ejes. El resultado de esta fase es una mesa denominada “MICRO – DRAW

skor PSL2”, como proyecto final del taller de diseño en estructura y con el cual el semillero inicio el proceso de construcción de una prototipadora rápida. El objetivo general del proyecto denominado Micro Draw, fue diseñar y desarrollar una mesa de coordenadas integrando los principios básicos para una máquina de prototipado rápido. Los materiales, herramientas y recursos empleados para la construcción de la máquina fueron soportes y bases de madera, rieles metálicos, motores paso a paso, piezas recicladas de impresora y se diseñaron y construyeron las tarjetas electrónicas que garantizaran su funcionamiento en gran porcentaje automatizado (figura 1).



Figura 1. Evidencia del proceso

Durante esta fase se recolectó la información necesaria para la construcción de la máquina, tal como planimetría, especificaciones técnicas, tableros de conexiones; entre otros, esta información fue consignada en una carpeta digital, con el fin de tener en orden todos los elementos necesarios para la construcción de la prototipadora (figura 2).

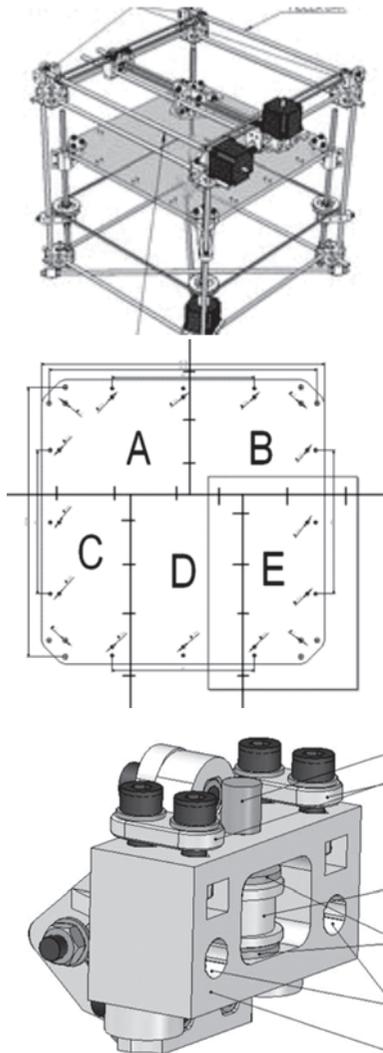


Figura 2. Imágenes pertenecientes a la “carpeta digital”

El resultado de esta fase fue una mesa de coordenadas que consta de dos ejes orientados desde un micro controlador programado en lenguaje C, que se refiere básicamente a un idioma artificial diseñado para formular órdenes codificadas que pueden ser ejecutadas por máquinas. El desarrollo tecnológico y estructural de Micro\_Draw permite que el usuario acceda a diferentes funciones con solo cambiar el cabezal de ejecución, logrando así obtener y ofrecer un producto práctico y multifuncional (figura 3).



Figura 3. Cabezal multifuncional.

- Reconocimiento de esta Mesa Micro-Draw como uno de los dos mejores proyectos de la asignatura Taller III, del programa de Diseño Industrial de la UCP, durante el segundo semestre del año 2008.
- Participación con ponencia y póster en los encuentros regional y nacional de semilleros del año 2009, donde se alcanzó reconocimiento meritorio, cuyos archivos reposan en el centro de investigaciones de la UCP.
- Publicación de artículo sobre el proyecto en la revista Grafías disciplinares de la UCPR N° 8, en octubre de 2009.
- Ponencia en el Encuentro Local de Semilleros de Investigación, llevado a cabo en la UCP durante el primer semestre del año 2011.
- Ponencia en el Encuentro Regional de Semilleros de Investigación Rredsi, llevado a cabo en Tuluá, los días 6 y 7 de octubre de 2011 y de la cual surge este artículo.

Como se pudo observar, este proyecto ha recibido gran apoyo del Centro de Investigaciones e Innovación de la UCP, de modo que ha tenido resultados y reconocimientos significativos para la comunidad universitaria en general, por lo cual se quiere dejar como constancia de todo este proceso que llevó a obtener una prototipadora rápida experimental bajo óptimas condiciones de uso y función, que permitirá que los procesos proyectuales de los estudiantes sean desarrollados en su totalidad prácticamente automatizados. De esta manera, el estudiante podrá disminuir el tiempo empleado en la construcción del mismo, dando a conocer de

antemano las especificaciones formales, dimensionales, configuracionales e incluso funcionales del proyecto, de acuerdo con modos mucho más cercanos a los contextos tecnológicos actuales.

Durante el desarrollo de la fase estructural de la máquina, el equipo de investigación encontró dificultades en la ubicación de la prototipadora rápida para su uso habitual por parte de estudiantes del programa de Diseño, pues el trabajo actualmente no puede ser llevado a cabo bajo condiciones óptimas, e igualmente, si se ofrecen sus servicios los clientes potenciales no pueden ser recibidos de manera segura. Además, algunos elementos y piezas 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 inventarios completo y ordenado que dé cuenta de las adquisiciones y elementos compositivos de la máquina.

Por tanto, el desarrollo de una estación de trabajo que permita un entorno adecuado para las diferentes actividades que tienen relación con el uso y la investigación en Prototipaje Rápido Experimental dentro de la formación como diseñadores industriales se hace muy necesario, de allí que para dar fin a esta etapa de implementación se formula el proyecto como trabajo de grado.

Sumando a ello, ese trata de una forma de garantizar la continuidad de resultados en los procesos investigativos que se vienen desarrollando desde hace 4 años dentro de la academia con miras al sector productivo, por lo cual este tipo de iniciativas son una alternativa de promover y gestionar el desarrollo y oferta tecnológica con la que se cuenta en la ciudad, así como de generar capital en conocimiento tanto regional como nacional, se ha establecido que actualmente este tipo de servicios es muy limitado; por tal motivo, los usuarios interesados podrían tener a su disposición este servicio dentro de la UCP, con mayor cercanía y accesibilidad, logrando sensibilizar al medio productivo con esta tecnología que genera competitividad regional, lo que permitiría un impacto mayor dentro del contexto de la academia, y más aún desde el ejercicio investigativo de estudiantes en profesiones como el diseño industrial, tan necesarias para garantizar el posicionamiento tecnológico regional.

Ya que en el contexto mundial productivo el prototipado rápido es cada vez más común y necesario durante el desarrollo de casi todas las actividades investigativas y productivas, para disciplinas como el diseño industrial conocer y aplicar dichos procesos consiste en un paso indispensable para que la tecnología se convierta en la más importante de las herramientas de trabajo en nuestro contexto.

Por esto, es bueno señalar que en los últimos años ha surgido esta nueva familia de máquinas innovadoras que permite obtener prototipos de manera precisa y rápida, a partir de piezas diseñadas o generadas en distintos software de diseño 3D, lo que posibilita obtener piezas físicas, acabadas, con formas, dimensiones y con grados de complejidad y cantidad de detalles, casi imposibles de obtener con métodos de construcción manuales o herramientas convencionales, como la que se muestra en la figura 4, que en caso de haber sido hecha con estos métodos hubiera tardado más de 160 horas de trabajo, mientras que con el prototipado rápido solo 6 horas.

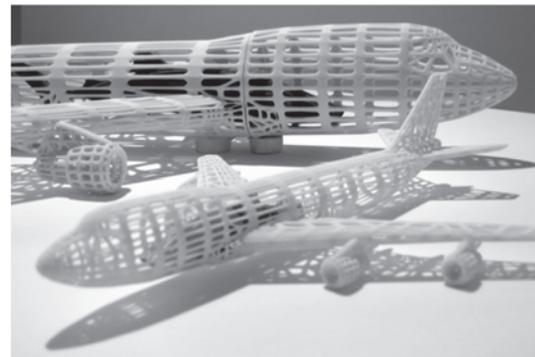


Figura 4. Ejemplo de prototipo estructural (Gibbons, 2006)

Las técnicas de prototipado rápido tienen como objetivo fundamental obtener de manera rápida y exacta una réplica tridimensional de los diseños generados mediante aplicaciones CA

D en 3D. De esta manera, estas máquinas proporcionan al usuario mayor velocidad y menor costo en la obtención de prototipos, en comparación con los procesos tradicionales de fabricación. Los sistemas de prototipado surgen inicialmente en 1987 con el proceso de estereolitografía de la empresa norteamericana 3D Systems, que a diferencia de los

procesos de fabricación que sacan material de la pieza en bruto para obtener el modelo deseado, generan la pieza a partir de la unión aditiva de líquidos, capa por capa, fabricando piezas en materiales poliméricos, yesos, cerámicas o metales, tal como se muestra en la figura 5.

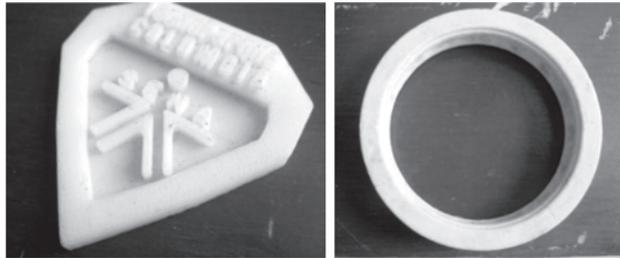


Figura 5. Modelos en ABS y yeso.

Así, los modelos fabricados por este tipo de máquinas son útiles para estudio de formas y evaluación de la aceptación de futuros productos por parte del mercado potencial, o pueden cumplir con algunos de los requerimientos mecánicos que tendrá la pieza definitiva, ofreciendo en este caso la posibilidad de realizar pruebas funcionales, facilitando la relación y comunicación entre clientes y diseñador; para garantizar que estos procesos sean exitosos, tanto para el usuario cliente como para el diseñador, cada una de las actividades deben ser desarrolladas dentro de entornos aptos para tal fin.

De allí que el diseño de una estación de trabajo sea fundamental para su desarrollo, de manera que se requiere planear todo el proceso con tiempo de anticipación, impartiendo las instrucciones pertinentes con los medios y herramientas que el operario necesita; ejemplo de ello se ilustra en la figura 6 con el denominado "Gráfico de Gantt".

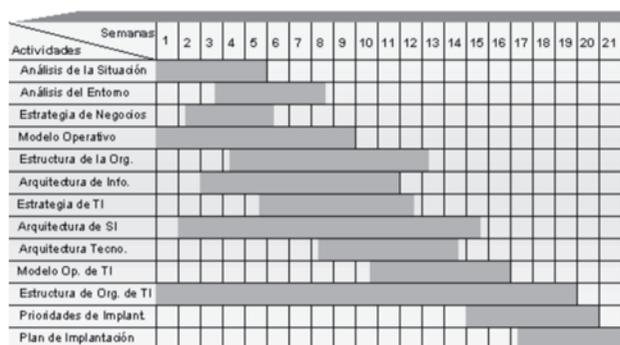


Figura 6. Diagrama de Gantt (Técnicas de planificación, 2010)

Fuente: <http://gerenciacultural-lpv.blogspot.com/2011/12/diagrama-de-gantt.html>

A partir de la planificación se toma el concepto de estación de trabajo como “la parte del área de producción establecida a cada obrero y dotada de los medios de trabajo necesarios para el cumplimiento de una determinada parte del proceso de producción” (Sasson, 2005), de allí que todo proceso de trabajo puede ser clasificado en tres componentes:

- Medios de trabajo: Todas aquellas herramientas que usa la persona durante el desarrollo de su trabajo.
- Objeto de trabajo: La razón de ser del proceso de trabajo.
- Fuerza de trabajo: Elemento que pone en movimiento a los medios de producción.

De esta definición de componentes e independientemente de su naturaleza, los puestos de trabajo pueden ser clasificados según diferentes criterios, como se muestra en la tabla 1.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN	TIPOS DE PUESTOS
Grado de mecanización	Manuales
	Mecánico – Manuales
	Mecanizados Automatizados
Cantidad de trabajadores y su agrupamiento	Individuales
	Colectivos
Número de equipos que componen el puesto	De equipo único
	Multiequipado
Grado de especialización	Especializados
	Universales
Grado de movilidad	Estacionarios
	Moviles

Tabla 1. Clasificación de puestos de trabajo (Sasson, 2005)

Además, sin importar la categoría a la que pertenezca un determinado puesto de trabajo, debe cumplir con unos requerimientos mínimos que permitan el buen desempeño de las labores:

- Abastecimiento del puesto de trabajo: Se refiere a la garantía de tener todos los medios de trabajo necesarios para la realización de la actividad.
- Planificación: 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 humana o de máquinas.

Así pues, las condiciones de trabajo se sintetizan en el conjunto de factores a los cuales se está expuesto durante el desarrollo de un trabajo, en las que siempre estas deben adaptarse al hombre y no al contrario; por estas razones, el diseño de cualquier estación requiere la mirada de un diseñador industrial que disciplinariamente es el más preparado para un correcto desarrollo, ya que se ha demostrado en diferentes experimentos, como por ejemplo el sistema de análisis ergonómico DOFA, que al propiciar condiciones de trabajo ideales se mejoran considerablemente los niveles de prevención de accidentes y seguridad y se mejora la percepción del sistema. Por esto, se deben tener en cuenta algunos factores que permiten óptimas condiciones de trabajo y que deben ser cuantificadas, en la medida de lo posible:

- Condiciones de luminosidad.
- Control de la temperatura.
- Ventilación adecuada.
- Control de ruido
- Eliminación de elementos irritantes o nocivos, como polvo, humo, vapores, gases y nieblas.
- Protección en los puntos de peligro como sitios de corte y de transmisión de movimiento.
- Dotación del equipo necesario de protección personal.

Otra de las consideraciones primordiales a tener en cuenta durante el proceso de diseño y desarrollo de estaciones de trabajo consiste en el análisis detallado de los movimientos que se deben realizar mientras se desarrolla la actividad. Después de estudiar algunas evaluaciones de diferentes puestos de trabajo realizadas por estudiantes de diseño industrial de la UCP en la asignatura Ergonomía de producción, es posible concluir que las causas de accidentes y/o enfermedades laborales o disminución de la capacidad laboral más recurrente son:

- Asientos mal diseñados.
- Permanecer de pie durante mucho tiempo.
- Tener que extender demasiado los brazos para alcanzar los objetos.
- Una iluminación insuficiente que obliga al trabajador a acercarse demasiado al plano o superficie de trabajo.
- Deficiente organización del trabajo.
- Deficiente distribución de las herramientas dentro del espacio de trabajo.

Por tanto, estas conclusiones deberán ser tenidas en cuenta durante la especificación de los determinantes de diseño de la estación de trabajo, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Generalidades en puesto de trabajo de posición sedente (Slideshare, 2009)

Igualmente, se toman en consideración los movimientos que se efectúan durante dicho proceso; algunos se presentan en la figura 8, con el fin de tener suficientes variables en el momento de desarrollo del prototipo.

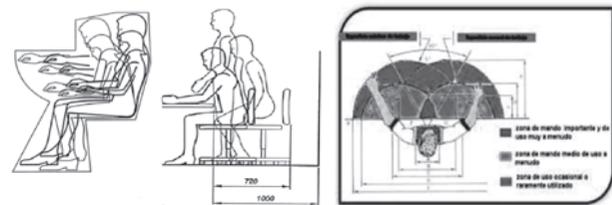


Figura 8. Movimientos y dimensiones (Slideshare, 2009)

Finalmente, otro factor indispensable para este proyecto es la antropometría, que puede ser clasificada en dos grupos: el primero de ellos es la antropometría estática, encargada de estudiar las medidas del cuerpo humano en reposo, en sus diferentes posiciones, de pie o sentado; el segundo de los grupos se refiere a la antropometría dinámica, que se ocupa de estudiar las medidas del cuerpo en movimiento y sus alcances en los diferentes planos de trabajo (abajo, en medio, arriba, izquierda, derecha y diagonalmente). De acuerdo con lo anteriormente planteado, en la figura 9 se presentan las medidas antropométricas estáticas para usuarios ubicados dentro del percentil 50%. Para lo cual han de tenerse en cuenta las siguientes normas técnicas que establecen todos los parámetros para el diseño de estaciones de trabajo necesarias para la actividad del prototipado rápido dentro de las instalaciones de la UCP:

- NTC 5649/2008. Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico.
- NTC 5655. Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.
- Norma ISO 6385/2004. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.
- Norma ISO 14738/2002. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.
- Norma ISO 7250/1996. *Basic human body measurements for technological design*.

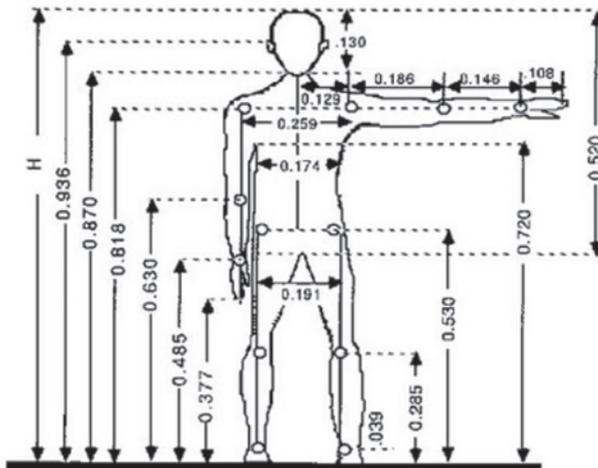


Figura 9. Medidas antropométricas (Ergonomía, 2010)

A partir de todo lo anterior, el proyecto de investigación entra en la etapa de construcción de un prototipo que contiene los tres ejes X, Y y Z; una vez lista la planimetría correspondiente a la estructura básica de la prototipadora, como se muestra en la figura 10.

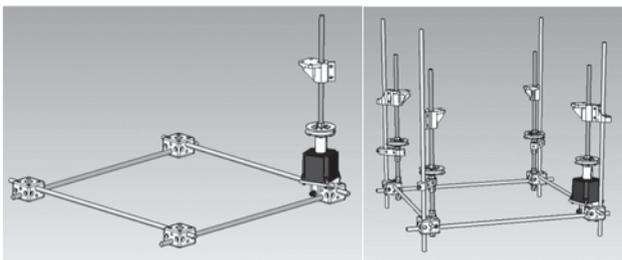


Figura 10. Primer ensamble

Luego, fue necesario desarrollar 4 soportes en madera que aislaran o levantaran la máquina de la superficie de trabajo, pues al generar esfuerzos o presiones sobre si misma se desestabilizaba y perdía precisión.

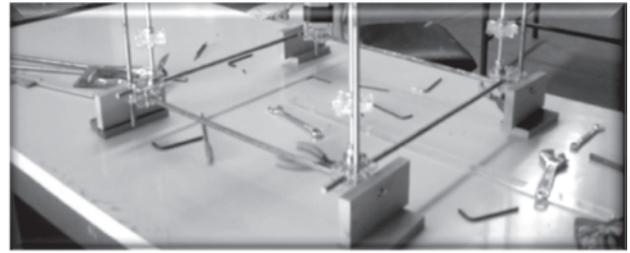


Figura 11. Soportes en madera

Después se realizó el montaje de la primera superficie, que es la que delimita finalmente el campo de acción, como se muestra en la figura 12.

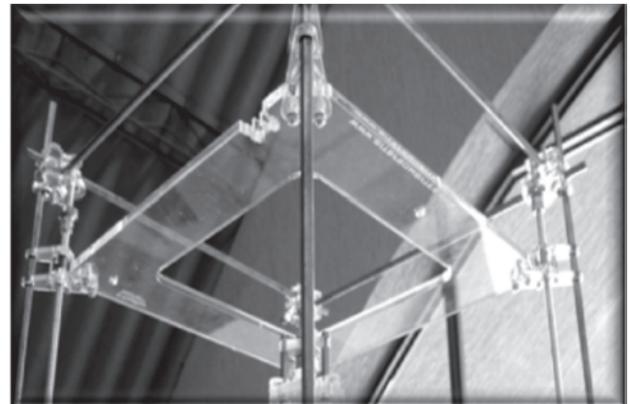


Figura 12. Plataforma 1

Posteriormente, se acondicionó el primero de los tres (3) motores paso a paso, encargado de mover el eje vertical (Z) de la máquina de prototipaje rápido (figura 13).

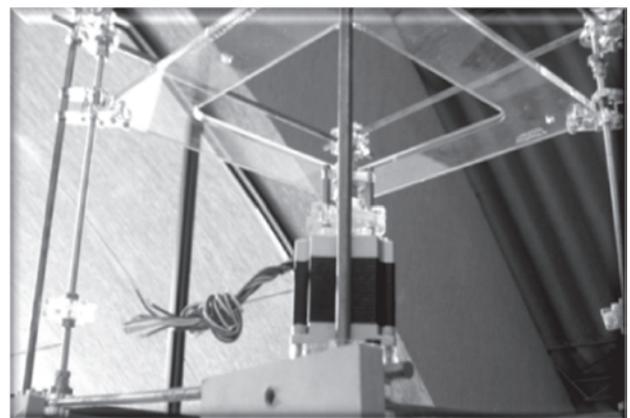


Figura 13. Motor Z

Finalmente, luego de construida la prototipadora se hace necesario darle el espacio adecuado para su operatividad e implementación, teniendo en cuenta su influencia en el desarrollo de los talleres de diseño y las condiciones óptimas como estación de trabajo; por ello, se pondrán a punto todas las partes electrónicas y mecánicas y se instalarán sobre ella todos los componentes eléctricos necesarios para garantizar un adecuado funcionamiento.

Con base en lo anterior, se establecen los siguientes requerimientos preliminares de diseño que serán la guía de construcción de la estación de trabajo como producto final en esta etapa de investigación formativa, como miembros de un semillero que permitirá acceder al título de diseño industrial otorgado por la UCP.

1. Deberá ser ubicada dentro de las instalaciones de los talleres de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Católica de Pereira.
2. Las maquinarias y puestos de trabajo deberán diseñarse de manera tal que se asegure la postura y los patrones de movilidad, tomando en cuenta las restricciones técnicas.
3. Deben considerarse las interacciones más importantes entre la persona o personas y los componentes del sistema de trabajo, tales como las tareas, el medio de trabajo, el espacio de trabajo y el ambiente.
4. El diseño del puesto de trabajo debería tener en cuenta cualquier restricción impuesta por las dimensiones corporales de las personas que vayan a trabajar en él, incluida la vestimenta y cualquier otro elemento necesario.
5. En tareas prolongadas, el trabajador debe ser capaz de alternar entre estar de pie y sentado.
6. Se deberá procurar que los movimientos del cuerpo sean equilibrados, pues la frecuencia, velocidad, dirección y amplitud de los movimientos del cuerpo deberían estar comprendidas dentro de los límites anatómicos y fisiológicos aceptados.
7. Los movimientos que requieran gran precisión no deberían exigir la aplicación de un esfuerzo muscular considerable.

## **Bibliografía**

Ergonomía (2010). Unidad 5. Antropometría. Extraído desde wordpress.com, de <http://ergonomia2010.wordpress.com/2010/05/06/unidad-5-antropometria/>

Gibbons, A. (2006). Three dimensional printing at the advanced media studio. Extraído desde Connect, Information Technology at New York University, de [http://www.nyu.edu/its/pubs/connect/fall06/gibbons\\_printing.html](http://www.nyu.edu/its/pubs/connect/fall06/gibbons_printing.html)

Sasson, R. (2005). Puesto de trabajo. Extraído desde Monografías.com, de <http://www.monografias.com/trabajos31/puesto-de-trabajo/puesto-de-trabajo.shtml>

Slideshare (2009). Evaluación del puesto de trabajo. Disponible en <http://www.slideshare.net/guestad5ecc/evaluacion-puesto-de-trabajo>  
<http://fragowb.wordpress.com/2008/06/01/estacion-de-trabajo-surf-chair/> Técnicas de planificación (2010). Diagrama de Gantt. Disponible en <http://gerenciacultural-lpv.blogspot.com/2011/12/diagrama-de-gantt.html>





PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: **Caracterización de las adaptaciones tecnológicas en los procesos de industrialización de la guadua**

Proyecto que basándose en las concepciones estructuralistas de las teorías científicas y su relación con lo que representa la guadua como recurso natural y económico de la región, así como con los medios tecnológicos que exige para su explotación y transformación, concluyó en términos generales, que aunque sabemos mucho sobre la guadua, desde sus condiciones óptimas de germinación hasta los procesos productivos adecuados, no existen políticas definidas que regulen y evalúen el proceso integral de su cadena productiva, por tanto no se diseñan tecnologías que permitan una mejora sustancial en sus procesos de transformación, limitándose a adaptaciones contextuales que no permiten estandarizar procesos, calidades y productos.

**EL PROBLEMA**

Las herramientas para el lijado de la guadua usadas actualmente por los artesanos tienen grandes deficiencias en dos aspectos fundamentales: La ergonomía de su diseño y la capacidad brindar acabados estandarizados, según los requerimientos del mercado.

proyectar mejoras tecnológicas para los diferentes procesos de factura con guadua.

Una mayor adaptabilidad y productividad de los artesanos de la guadua para lograr estándares de calidad mucho más competitivos tanto en el producto como en la manera de producirlo.



Analizando la secuencia de uso e identificando los principales riesgos laborales al usar este tipo de herramientas.

Para así rediseñar herramientas de lijado más ergonómicas, y funcionales



Problemas de sujeción de herramientas en la mano al estar mal diseñadas repercuten en la salud de los artesanos a mediano plazo.

**JUSTIFICACIÓN**

Anteproyecto de investigación dentro del semillero :

Rediseñar las herramientas de trabajo de lijado para que cumplan con requerimientos ergonómicos, funcionales y formales para optimizar la productividad y mejorar la calidad de vida de los artesanos.

Establecer un proceso de tecnificación contextualizado



\* El póster es una investigación terminada del semillero: "Código B/Tecnología en Diseño "Pertenciente al proyecto de investigación "Caracterización de las adaptaciones tecnológicas en los procesos de industrialización de la guadua", de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Presentado y aprobado en el I Encuentro Regional de Semilleros de Investigación (Tuluá, 2011).

