

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO



**Diseño de máquina de control numérico computarizado para la
transformación de varillas de metal a baja escala**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN
ARTE CON MENCIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL QUE
PRESENTA EL BACHILLER:**

AUTOR

Sierra Del Aguila, Luis Armando

ASESOR

Pérez Riojas, Fernando Felipe

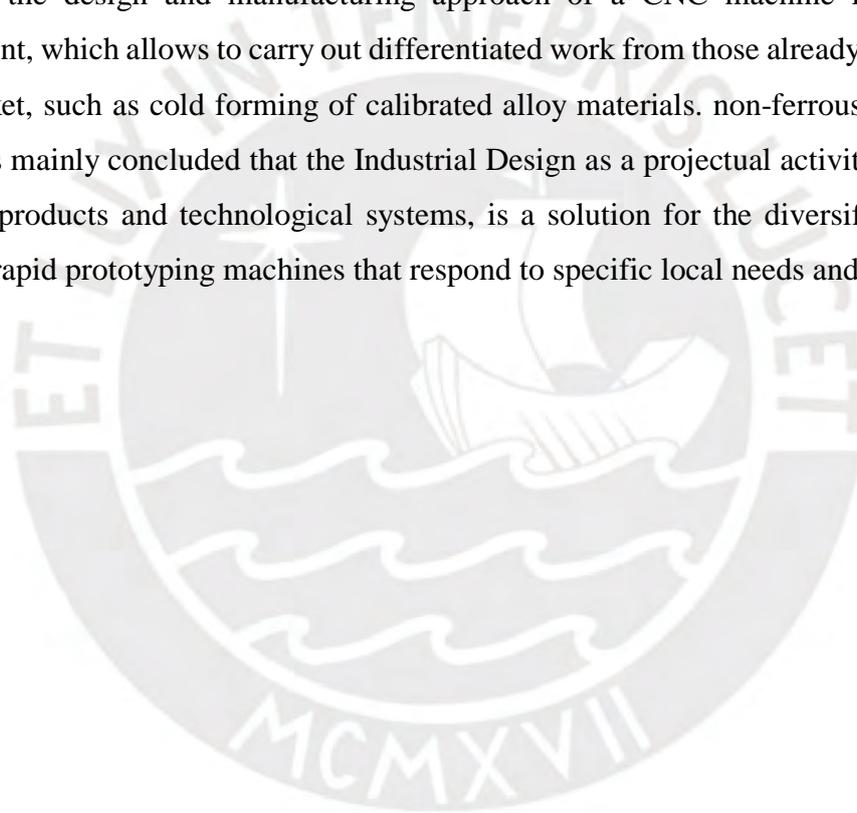
2020

Resumen

El enfoque del presente trabajo de investigación se centra en explorar diversas soluciones de manufactura digital de libre acceso que complementen a la actual oferta de máquinas CNC domésticas como son las cortadoras láser y las impresoras 3D. La metodología está determinada por la naturaleza de un estudio exploratorio, de tal manera que la identificación de los antecedentes, la observación del contexto, el análisis de las ventajas y desventajas del mismo, conllevan a una reflexión sobre la situación local y las posibilidades productivas que ofrece, así como también identificar una serie de necesidades donde el Diseño Industrial puede intervenir para resolver, en gran medida, distintas necesidades del ecosistema local de la fabricación digital. La resolución de la investigación termina siendo entonces, el diseño y planteamiento de fabricación de una máquina de CNC de carácter doméstico, que permita realizar trabajos diferenciados a los ya conocidos en el mercado local, como lo es la conformación en frío de materiales calibrados de aleación no ferrosa o varillas de aluminio. Se concluye principalmente que el Diseño Industrial como actividad proyectual, a través del diseño de productos y sistemas tecnológicos, es una solución para la diversificación de la oferta de máquinas de prototipado rápido que respondan a necesidades y contextos locales específicos.

Abstract

The main focus of this research is to explore various open-source digital manufacturing solutions that complements the current supply of domestic CNC machines such as laser cutters and 3D printers. The methodology of the project is determined by the nature of an exploratory study, in such a way that the identification of the background, the observation of the context and the analysis of the advantages and disadvantages, lead to a reflexion on the local market state and the productive possibilities that it offers, as well as to identify a series of needs where the Industrial Design can contribute to solve, to a large extent, different needs of the local digital manufacturing ecosystem. The resolution of the investigation ends up being, the design and manufacturing approach of a CNC machine in a domestic environment, which allows to carry out differentiated work from those already known on the local market, such as cold forming of calibrated alloy materials. non-ferrous or aluminum sticks. It is mainly concluded that the Industrial Design as a projectual activity, through the design of products and technological systems, is a solution for the diversification of the supply of rapid prototyping machines that respond to specific local needs and contexts.



Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mis padres por el apoyo constante, a mi asesor Fernando Pérez Riojas y de manera especial al ingeniero electrónico y amigo, José de los Ríos por la asesoría en conceptos de ingeniería electrónica.

Me gustaría agradecer también a las personas más cercanas de mi entorno ya compañeros de trabajo por la paciencia y el soporte anímico durante la elaboración de la tesis, así también como a los expertos que participaron en las encuestas de opinión.



Índice

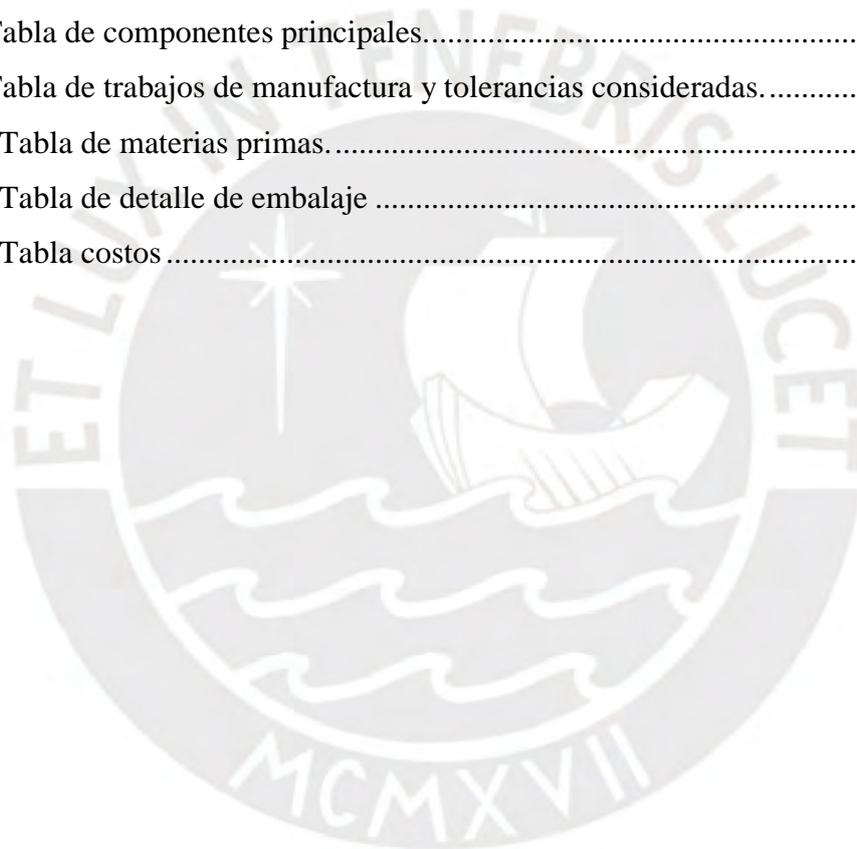
| | |
|--|-------------|
| Resumen | ii |
| Abstract | iii |
| Agradecimientos | iv |
| Índice..... | v |
| Lista de Tablas | viii |
| Lista de Figuras | ix |
| 1. Introducción..... | 12 |
| 2. Marco del Proyecto | 15 |
| 2.1. Marco Teórico..... | 15 |
| 2.1.1. Principios Básicos del Control Numérico Computarizado | 16 |
| 2.2. Marco Social | 17 |
| 2.3. Marco Cultural..... | 23 |
| 2.3.1. Fabricación Digital en Lima..... | 24 |
| 2.3.2. Experimentación Mediante Prototipos | 26 |
| 2.4. Marco Tecnológico | 27 |
| 2.5. Marco Ambiental | 29 |
| 3. Planteamiento del problema | 31 |
| 3.1. Justificación | 32 |
| 4. Objetivos..... | 39 |
| 4.1. Objetivo General..... | 39 |
| 4.2. Objetivos Específicos..... | 39 |
| 5. Hipótesis | 40 |
| 5.1. Hipótesis General..... | 40 |
| 5.2. Hipótesis Específicas | 40 |
| 6. Metodología..... | 43 |
| 6.1. Estado del Arte..... | 43 |
| 6.2. Enfoque De La Propuesta | 47 |
| 6.3. Requerimientos de Diseño | 48 |
| 6.3.1. Requerimientos de Uso | 49 |
| 6.3.1.1. Interfaz Digital..... | 49 |
| 6.3.1.2. Interfaz Física | 49 |
| 6.3.1.3. Seguridad | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 6.3.1.4. Relación Dimensional (Antropometría) | 50 |
| 6.3.1.5. Ergonomía | 50 |
| 6.3.1.6. Mantenimiento..... | 50 |
| 6.3.1.7. Transporte..... | 51 |
| 6.3.2. Requerimientos de Función..... | 51 |
| 6.3.2.1. Mecanismos | 51 |
| 6.3.2.2. Resistencia | 51 |
| 6.3.2.3. Acabados | 51 |
| 6.3.3. Requerimientos Estructurales..... | 52 |
| 6.3.3.1. Componentes | 52 |
| 6.3.3.2. Carcasa..... | 52 |
| 6.3.3.3. Uniones | 52 |
| 6.3.3.4. Estabilidad | 52 |
| 6.3.4. Requerimientos Técnico-Productivos | 53 |
| 6.3.4.1. Modo de Producción..... | 53 |
| 6.3.4.2. Normalización y Estandarización..... | 53 |
| 6.3.4.3. Materias Primas | 54 |
| 6.3.4.4. Tolerancias..... | 54 |
| 6.3.4.5. Embalaje | 54 |
| 6.3.4.6. Costos | 54 |
| 6.3.5. Requerimientos Estético-Formales | 55 |
| 6.3.6. Algoritmo de Diseño..... | 55 |
| 6.3.7. Sistemas Generales..... | 56 |
| 7. Desarrollo De La Propuesta De Diseño | 60 |
| 7.1. Fase de Concepto | 60 |
| 7.2. Validación..... | 61 |
| 7.2.1. Diseño CAD Preliminar | 62 |
| 7.2.2. Maqueta..... | 64 |
| 7.2.3. Opinión de Expertos..... | 69 |
| 7.2.4. Conclusiones de la validación..... | 73 |
| 7.3. Definición de la Propuesta..... | 78 |
| 7.3.1. Uso | 78 |
| 7.3.1.1. Interfaz Digital..... | 79 |
| 7.3.1.2. Interfaz Física | 82 |

| | |
|---|------------|
| 7.3.1.3. Seguridad | 84 |
| 7.3.1.4. Relación Dimensional (Antropometría) | 85 |
| 7.3.1.5. Ergonomía | 87 |
| 7.3.1.6. Mantenimiento..... | 90 |
| 7.3.1.7. Transporte..... | 92 |
| 7.3.2. Función..... | 92 |
| 7.3.2.1. Mecanismos | 94 |
| 7.3.2.2. Resistencia | 97 |
| 7.3.2.3. Acabados | 97 |
| 7.3.3. Estructura | 98 |
| 7.3.3.1. Componentes | 98 |
| 7.3.3.2. Carcasa..... | 105 |
| 7.3.3.3. Uniones | 107 |
| 7.3.3.4. Estabilidad | 107 |
| 7.3.4. Técnica y Producción | 109 |
| 7.3.4.1. Modo de Producción..... | 109 |
| 7.3.4.2. Normalización y Estandarización..... | 111 |
| 7.3.4.5. Embalaje | 111 |
| 7.3.4.6. Costos | 112 |
| 7.3.4. Propuesta Estético Formal..... | 114 |
| 8. Aportes De Diseño | 117 |
| 9. Conclusiones..... | 118 |
| 10. Recomendaciones..... | 119 |
| 11. Bibliografía..... | 122 |
| 12. Anexos..... | 125 |
| 12.1. Anexo 1. Línea de Tiempo 1..... | 126 |
| 12.2. Anexo 2. Talleres de Modelación. | 127 |
| 12.3 Anexo 3. Cuadro comparativo entre las propiedades de DIWIRE y DIWIRE PRO | 129 |
| 12.4. Anexo 4. Máquina de control numérico computarizado para producción de piezas de metal a baja escala..... | 131 |
| 12.5. Anexo 5. Resultados de la encuesta de opinion de expertos, 7 encuestas en total. | 138 |
| 12.6. Anexo 6. Planos | 152 |

Lista de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Ventajas y desventajas del Corte Láser..... | 34 |
| Tabla 2. Ventajas y desventajas de la Impresión 3D..... | 35 |
| Tabla 3. Ventajas y desventajas del Fresado CNC 2D..... | 36 |
| Tabla 4. Ventajas y desventajas del Fresado CNC 3D..... | 37 |
| Tabla 5. Aspectos y sus respectivas observaciones..... | 77 |
| Tabla 6. Secuencia de pasos generales para el uso de la máquina..... | 79 |
| Tabla 7. Funciones necesarias para el diseño del software dedicado..... | 80 |
| Tabla 8. Tabla de componentes principales..... | 99 |
| Tabla 9. Tabla de trabajos de manufactura y tolerancias consideradas..... | 110 |
| Tabla 10. Tabla de materias primas..... | 111 |
| Tabla 11. Tabla de detalle de embalaje..... | 111 |
| Tabla 12. Tabla costos..... | 113 |



Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Esquema Básico de una Máquina CNC. | 17 |
| Figura 2. Esquema de un Sistema Nacional de Innovación. | 18 |
| Figura 3. <i>Porcentaje actividad de innovación empresa manufacturera, 2012-2104.</i> | 20 |
| Figura 4. <i>Actividad de innovación empresa manufacturera, 2012-2104.</i> | 20 |
| Figura 5. <i>Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Perú.</i> | 22 |
| Figura 6. Vínculos entre la tecnología y el desarrollo humano..... | 24 |
| Figura 7. Esquema de un diseño en una economía circular. | 30 |
| Figura 8. <i>Dobladora de varilla CNC DIWIRE.</i> | 43 |
| Figura 9. <i>Dobladora de varilla CNC DIWIRE PRO.</i> | 44 |
| Figura 10. <i>Dobladora de varilla CNC WYR.</i> | 46 |
| Figura 11. Proceso de validación de la máquina. | 56 |
| Figura 12. Esquema Gráfico de los Sistemas del Producto..... | 59 |
| Figura 13. Collage de imágenes de productos relacionados a las ideas expuestas..... | 61 |
| Figura 14. Ensayo de Ensamblaje de Componentes, AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2018. | 62 |
| Figura 15. Ensayo de distribución de la electrónica y los componentes del sistema de doblez, RIHNOCEROS 5. | 63 |
| Figura 16. Ensayo de los alcances del sistema de dobléz, RIHNOCEROS 5. | 63 |
| Figura 17. Detalle del ensamblaje de la carcasa en MDF de 3 mm. | 65 |
| Figura 18. Detalle del ensamblaje de la interfaz principal. | 65 |
| Figura 19. Detalle de los sistemas de extrusión y dobléz. | 66 |
| Figura 20. Detalle del ensamblaje interno de componentes 1. | 66 |
| Figura 21. Detalle del ensamblaje interno de componentes 2. | 67 |
| Figura 22. Detalle del montaje de componentes. | 67 |
| Figura 23. Detalle de piezas plásticas diseñadas e impresa en 3D. | 68 |
| Figura 24. Detalle posterior del anclaje del sistema de extrusión. | 68 |
| Figura 25. Registro de validación en sala VEO PUCP. | 69 |
| Figura 26. Registro de validación en LIMAMAKERS. | 70 |
| Figura 27. Diseño de encuesta de opinión de expertos. | 71 |
| Figura 28. Diseño de cajetines de opinión..... | 72 |
| Figura 29. Aspectos generales del diseño..... | 74 |
| Figura 30. Aspectos de usabilidad..... | 74 |

| | |
|--|-----|
| Figura 31. Aspectos de funcionabilidad..... | 75 |
| Figura 32. Aspectos de estructurabilidad..... | 75 |
| Figura 33. Aspectos de factibilidad productiva..... | 76 |
| Figura 34. Aspecto estético formal..... | 76 |
| Figura 35. Interfaz gráfica del software Z-Suit de Zortrax..... | 81 |
| Figura 36. Interfaz gráfica del software Wireware 2.0 de Pensa Labs..... | 81 |
| Figura 37. Interfaz física..... | 83 |
| Figura 38. Interfaz física..... | 83 |
| Figura 39. Botón de encendido y apagado con indicador LED..... | 84 |
| Figura 40. Gafas de protección 1710T, antiempañante con marco negro, marca 3M..... | 85 |
| Figura 41. Dimensiones máximas al inicio del trabajo..... | 86 |
| Figura 42. Dimensiones máximas al finalizar el trabajo..... | 86 |
| Figura 43. Interacción usuario/producto al 95 percentil..... | 88 |
| Figura 44. Interacción usuario/producto al 5 percentil..... | 89 |
| Figura 45. Tornillos para el desmontaje de la carcasa..... | 91 |
| Figura 46. Disposición de componentes internos..... | 91 |
| Figura 47. Secuencia del proceso de doblez..... | 93 |
| Figura 48. Sistema de extrusión..... | 95 |
| Figura 49. Detalle del sistema de doblez..... | 96 |
| Figura 50. Detalle del sistema de doblez..... | 96 |
| Figura 51. Detalle de acabado de esmalte mate sobre metal..... | 97 |
| Figura 52. Detalle de acabado pintura electrostática..... | 98 |
| Figura 53. Rodamiento 608 2RS (8x22x7)..... | 100 |
| Figura 54. Motor de paso bipolar NEMA 17 / 2.8 V, 1.7 A..... | 100 |
| Figura 55. Motor de paso bipolar NEMA 23 / 6.3 V, 2.6 A..... | 101 |
| Figura 56. Solenoide push-pull – 12VDC..... | 101 |
| Figura 57. Ventilador genérico de 4 x 4 cm..... | 102 |
| Figura 58. Módulo relay compatible con Arduino de 5 V..... | 102 |
| Figura 59. Fuente de poder DC multipropósito de 12 V/20 A/240 W..... | 103 |
| Figura 60. Arduino UNO Rev.3..... | 103 |
| Figura 61. Arduino CNC Shield v3..... | 104 |
| Figura 62. Driver motor paso a paso DRV8824..... | 104 |
| Figura 63. Driver motor paso a paso TB6560..... | 105 |
| Figura 64. Carcasa principal de acero al carbono / plancha LAF de 1mm de espesor..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| Figura 65. Tapa de plancha de aluminio de 3mm de espesor..... | 106 |
| Figura 66. Detalle de sistema de uniones entre componentes..... | 107 |
| Figura 67. Detalle del diseño las patas regulables con regatones vinílicos..... | 108 |
| Figura 68. Detalle del sistema de rack..... | 109 |
| Figura 69. Detalle de la propuesta estético formal 1..... | 115 |
| Figura 70. Detalle de la propuesta estético formal 2..... | 115 |
| Figura 71. Detalle de la propuesta estético formal 3..... | 116 |
| Figura 72. Detalle de la propuesta estético formal 4..... | 116 |



1. Introducción

Desde su aparición, la tecnología se ha convertido en un aspecto fundamental en el continuo desenvolvimiento de la raza humana, ocupándose cada vez más de tareas o actividades necesarias que podían requerir de recursos excesivos para que el ser humano pueda enfatizar sus conocimientos y habilidades en tareas y actividades más relevantes para el desarrollo de la sociedad.

Posteriormente, cuando Smith y Marx (1996) argumentan que más allá del “determinismo tecnológico” planteado a inicios del siglo pasado por autores como Robert Heilbroner (1919-2005) y Bruce Bimber en su trabajo de investigación titulado: “Tres caras del determinismo tecnológico” (1996), donde la idea de tecnología como único catalizador del esfuerzo humano influía en el imaginario popular considerando el desarrollo tecnológico como único motor de cambio social, podemos entender que la condición socioeconómica de un país, no determina necesariamente el desarrollo tecnológico del mismo.

Entonces, tomando como referencia el antecedente teórico revisado, el presente trabajo de tesis tiene como objetivo resolver una necesidad tecnológica a través del diseño de una máquina-herramienta controlada por computadora para el conformado de varillas metálicas con el fin de producir piezas diseñadas de las mismas.

La importancia de desarrollar este tema radica en la elaboración de un concepto de producto gestado desde el análisis de un contexto local específico para la resolución de un esquema inicial de cadena de valor industrial, de tal forma que se pueda develar un método factible para el ejercicio del diseño industrial trabajando con la industria local como insumo para la generación de valor agregado en la manufactura nacional.

Dentro de un entorno globalizado, el Perú, no es ajeno a la tendencia de la incorporación de herramientas de prototipado rápido que alimentan a las metodologías ágiles de diseño para la resolución de necesidades.

Las herramientas de fabricación digital son, cada vez más, instrumentos que permiten no solo optimizar el tiempo de ejecución de maquetas y prototipos; sino también se han vuelto un activo fijo para la producción de baja escala de productos, en el contexto del

emprendimiento empresarial, generando nuevas aplicaciones e implicancias, no solo en medios académicos, sino también en la pequeña y mediana industria local, abriendo nuevos espacios para el desarrollo del consumo local y las industrias culturales como la denominada “Artesanía Digital” o “Cultura Maker”.

Revisando el estado del arte de la fabricación digital en Lima, podemos identificar patrones y tendencias locales que sustentan la exploración de máquinas con ciertas características específicas con respecto al nivel de usabilidad, compatibilidad, mantenimiento, accesibilidad y receptividad para con los materiales disponibles en el mercado local, teniendo en cuenta los requerimientos y necesidades de los actores de la pequeña y mediana industria además del ámbito académico. El trabajo termina centrándose entonces, en la adaptación de una nueva tipología existente de maquinaria CNC de escritorio a las necesidades e insumos locales.

Durante la primera parte se estudia la base teórica en la cual se sustenta el planteamiento del proyecto de diseño. Se repasan los antecedentes técnicos de las máquinas de control numérico computarizado, además se realizan investigaciones sobre el contexto local y como estas herramientas funcionan dentro de un sistema nacional de innovación y su relación con la microeconomía de la ciudad de Lima además de los alcances y nichos productivos que devienen de las mismas.

Posteriormente en la segunda etapa del trabajo de tesis se utiliza la primera parte como insumo para la elaboración de un cuestionamiento teórico que pueda ser resuelto desde la práctica del diseño industrial. Estos cuestionamientos terminan siendo las bases especulativas para la elaboración de los requerimientos de diseño y pretexto para la aplicación metodológica de las distintas herramientas proyectuales del diseño. Desde el estudio del estado del arte, el desarrollo del concepto y posteriormente la propuesta de diseño que responda a las necesidades encontradas desde los distintos marcos presentados en la primera parte.

Finalmente, la última etapa del trabajo aborda la aplicación técnica de los conceptos teóricos revisados en la segunda etapa a manera de respuesta a las distintas problemáticas identificadas. Durante esta última parte se intentan resolver los requerimientos de diseño que surgen como parte de la investigación inicial, para posteriormente proceder con la validación

de las propuestas de distintos aspectos propios del método de diseño como factores humanos, técnicos productivos, funcionales, etc.

Después del desarrollo final de la propuesta de diseño se añade la documentación necesaria a manera de representación de los distintos aspectos tratados durante la resolución de las hipótesis además de generar una reflexión sobre los aportes de diseño, conclusiones y recomendaciones finales.



2. Marco del Proyecto

2.1. Marco Teórico

Desde las primeras máquinas de coser controladas por tarjetas metálicas perforadas del francés Joseph M. Jacquard en 1808, para mayor información véase el Anexo 1, la primera revolución industrial develó los principios de la automatización programada y las posibilidades que esta le genera a la industria. (Duran, 2014).

A partir de este periodo podemos hablar del control numérico como el principal método para responder de manera efectiva al requerimiento de uniformidad y estandarización traducido en procesos de manufactura precisos para la producción a escala.

Cada hito en el avance tecnológico, acompañado en simultaneo del cambio de las tendencias de cada generación, como fuente de exigencias y posibilidades para la manufactura a lo largo de nuestra historia industrial, les han proporcionado a los sistemas de control numérico un sin número de aplicaciones, llegando a adquirir una presencia casi cotidiana en nuestras vidas.

Es por este motivo es que podemos afirmar que los sistemas de control numérico aplicados en los procesos de manufactura aún significan una continua exploración tanto en la gran producción a escala como en la mediana y pequeña industria.

Según el portal web SIDECO (2016) las primeras máquinas de control numérico computarizado desarrolladas en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) en 1952 fueron de acceso exclusivo para el campo militar y la investigación académica, no es sino hasta 3 años más tarde que la comercialización de dichas máquinas y la demostración masiva de las posibilidades para la industria de manufactura en los Estados Unidos, logra que la sociedad adapte rápidamente los conceptos de producción de alta precisión a gran escala elevando los estándares de calidad en los productos y enriqueciendo las distintas actividades proyectuales como el Diseño Industrial que por aquella década se encontraba en plena consolidación como disciplina independiente.

Hay que tener en cuenta también el desarrollo de las tecnologías de la comunicación en las últimas dos décadas como un factor determinante en la actual consolidación de las tecnologías de fabricación digital en los procesos de diseño, prototipado rápido y manufactura. Desde que la libertad de información dejó de ser un paradigma democrático para convertirse en una fuente de conocimiento real a través de la Internet abierta, la divulgación y el libre accesos a las nuevas tecnologías de fabricación permitieron el surgimiento de agrupaciones sociales colaborativas y de redes de información cada vez más especializadas que complementaron la implementación y adaptación de las nuevas herramientas de fabricación digital, tanto el diseño asistido por computadora como la materialización física de objetos y las transformación mecánica de los mismos.

2.1.1. Principios Básicos del Control Numérico Computarizado

Desde sus inicios hasta la actualidad, el concepto de máquina programada se ha valido básicamente de los procesos de manufactura ya conocidos para reemplazar la intervención del hombre en la manipulación de la herramienta por una computadora, es por esta razón que en la actualidad se puede definir un esquema general de máquina de control numérico computarizado.

Absolutamente todas las herramientas de prototipado rápido se basan en un sistema definido por una computadora donde se realiza la representación final del objeto deseado a través de softwares CAD (Computer Aided Design) y, que, a su vez, mediante un software CAM (Computer Aided Manufacturing) traduce la información que nos permite previsualizar el volumen final, en un código alfanumérico (Código “G”) que le permita a la máquina ejecutar las ordenes necesarias para, que a través del desplazamiento del material o la herramienta instalados, trabajar aditiva o sustractivamente el objeto diseñado.

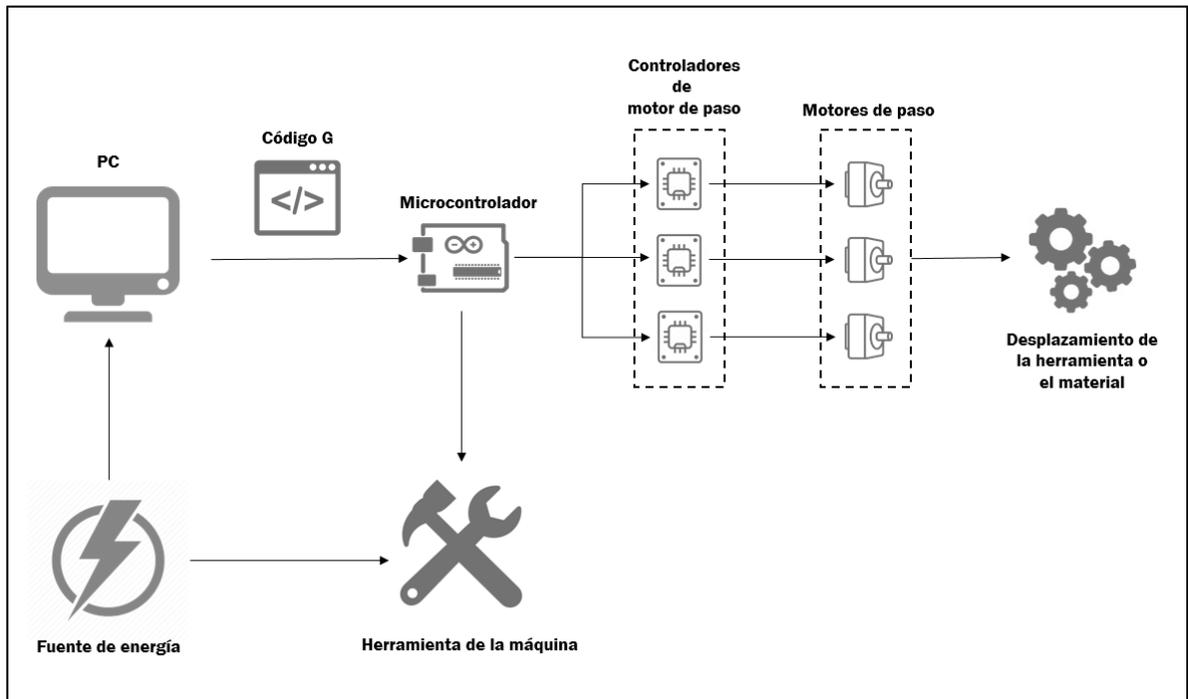


Figura 1. Esquema Básico de una Máquina CNC.

Fuente: Elaboración propia.

Dicho proceso puede ser apreciado de mejor forma en el esquema. Podemos identificar que la orden de mecanizado parte del computador, puede ser tanto alámbrica (a través de un cable de comunicación USB), como inalámbricamente (por medio de una memoria portátil USB o una tarjeta SD). Esta orden ya se encuentra codificada dentro de los parámetros del “Código G”, que ha sido generado gracias al software CAM, que por lo general es un software proporcionado por la empresa que desarrolla la máquina, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la misma, delimitando los parámetros en la configuración de las aplicaciones para que correspondan adecuadamente a las posibilidades de la maquinaria.

Una vez que el código fue transmitido a la máquina, el microprocesador actúa como el cerebro del sistema mecánico, direccionando las órdenes necesarias a los componentes eléctricos y electrónicos para realizar el mecanizado correspondiente al diseño previamente concebido en el software CAD.

2.2. Marco Social

Como se ha desarrollado en la primera parte de este trabajo de investigación, existen varios momentos en la historia dónde la innovación tecnológica supone grandes cambios sociales,

dichos cambios sociales conllevan una gran variedad de modificaciones en el desenvolvimiento normal de las sociedades. Todo este constante proceso evolutivo en la dinámica de la convivencia entre tecnología, industria y comunidad contribuye también a la generación de los llamados “Sistemas Nacionales de Innovación” descritos por Freeman (1987) sobre la innovación en Japón en donde podemos identificar tres grandes agentes en la consolidación de un esquema para el ordenamiento, la promoción y las garantías para la innovación tecnológica en un país, estos son: La Industria, El Estado y la Academia. En la Figura 2, se muestra un ejemplo de la cadena funcional para empresas relacionadas con biomateriales.

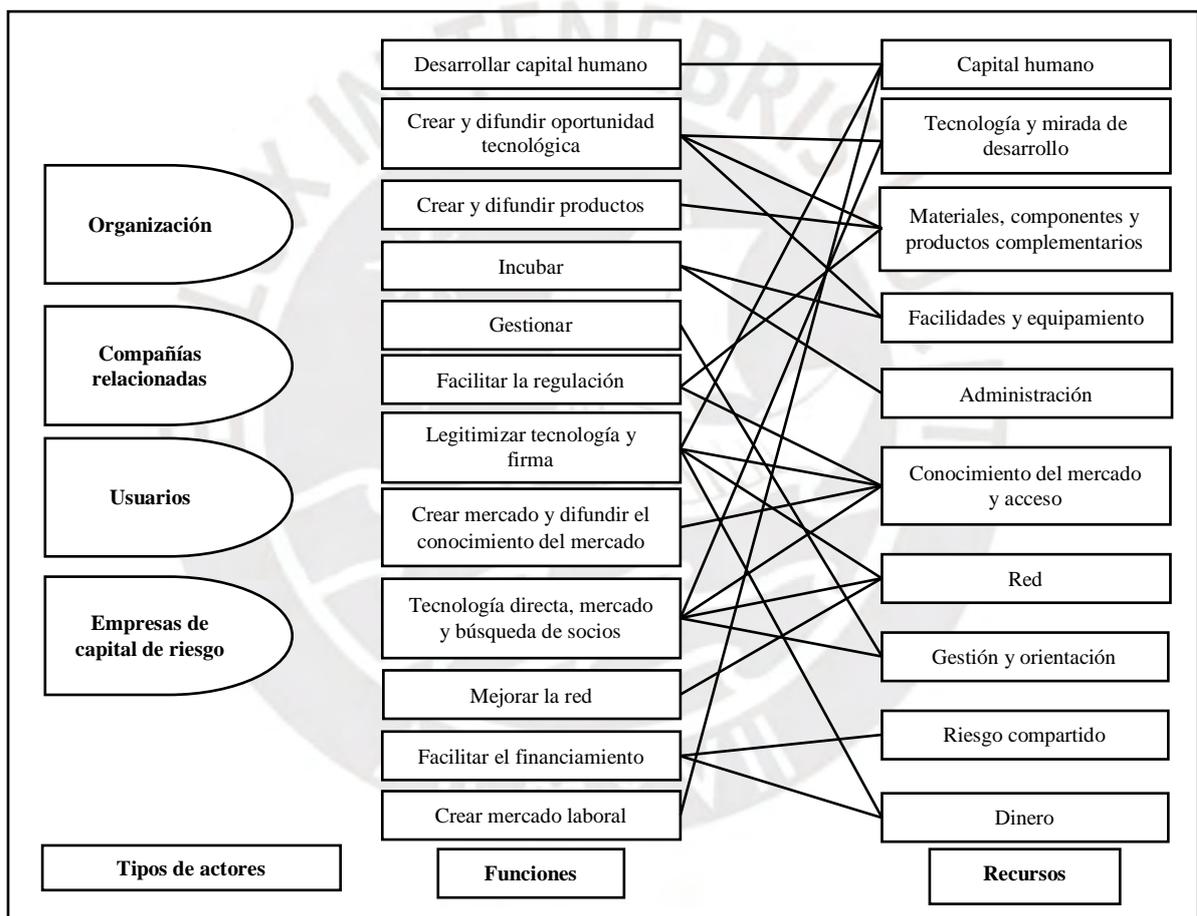


Figura 2. Esquema de un Sistema Nacional de Innovación.

Fuente: Rickne (2001).

Teniendo en cuenta a los actores que conforman un sistema integrado de innovación, podemos establecer a la Industria como el principal generador de innovación tecnológica, debido a que aplica los nuevos conceptos investigados de forma académica para

materializarlos y masificarlos en el marco legal que propone el Estado para el desenvolvimiento de dicha dinámica.

Dentro de las distintas categorías en la Industria, la pequeña y mediana empresa cumple un papel relevante en la economía mundial debido a que constituye una opción comercial con características propias que difieren de las grandes empresas de manufactura. La posibilidad de realizar productos personalizados, la flexibilidad de complementar los procesos productivos mediante servicios adicionales y la facilidad de generar vínculos emocionales con la comunidad, son algunos de los beneficios que presentan en comparación a la oferta estandarizada de los grandes fabricantes.

Por otro lado, según Gutiérrez y Baumert (2018) el concepto de innovación tecnológica, ha sido partícipe fundamental de la generación de riqueza y progreso económico según algunos grandes pensadores clásicos de la economía, como Adam Smith (1776) y Schumpeter (1934), por ser este un proceso que implica la mejora o creación de nuevos productos, procesos o métodos de gestión, producción y organización.

Según el Valdivieso (2015) manifiesta en un artículo publicado en la Revista de la Escuela de Negocios, que en nuestro país la pequeña y mediana empresa conforman cerca del 42% de la participación del PBI y contempla más del 80% de la Población Económicamente Activa (PEA), mientras que para el 2018 se espera que esta cifra alcance el 75% de la PEA, según se indica en un artículo publicado en el Diario CORREO publicado en 20 de Junio de 2018. Estas cifras representan una implicación significativa a nivel socio-económico del país por el papel que desempeñan en el proceso de cambio tecnológico como fuente de actividad innovadora, y por la dimensión de competencia adicional que generan debido a su gran diversidad de oferta, además de ser una plataforma atractiva para el desarrollo del Diseño Industrial como generador de valor agregado de los productos y servicios que buscan ofrecer.

Finalmente, cabe resaltar que en el periodo 2012 – 2014, más del 60% de empresas del sector manufacturero realizó actividades de innovación, ya sean capacitaciones, adquisiciones de activos tecnológicos o implementación de nuevas metodologías en sus procesos, según se indica en el artículo titulado “La innovación marcó la pauta de las empresas manufactureras”, publicado el 5 de enero de 2017 en el Diario El Comercio. Por otro lado, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEA, 2015) dentro del universo de la industria

manufacturera en nuestro país, el 61,2% de empresas dedicadas a la fabricación de productos en metal realizaron actividades de innovación. Véase la Figura 3 y Figura 4.

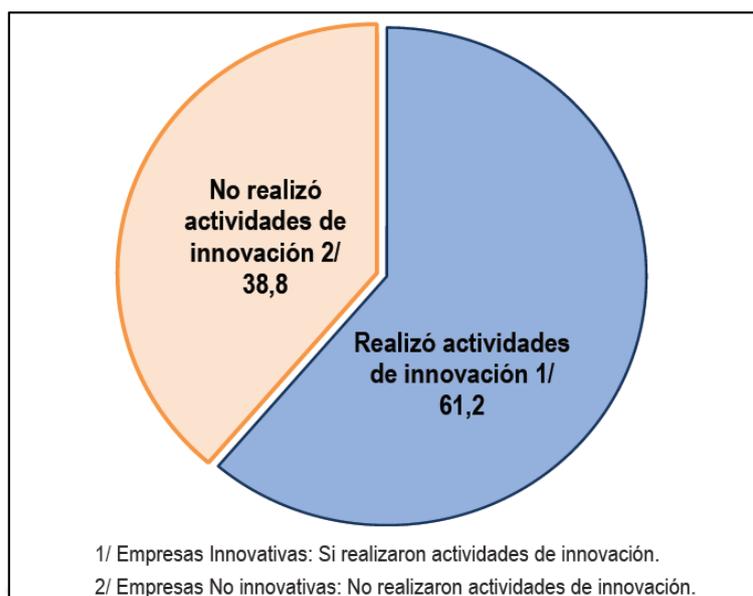


Figura 3. Porcentaje actividad de innovación empresa manufacturera, 2012-2104.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015).

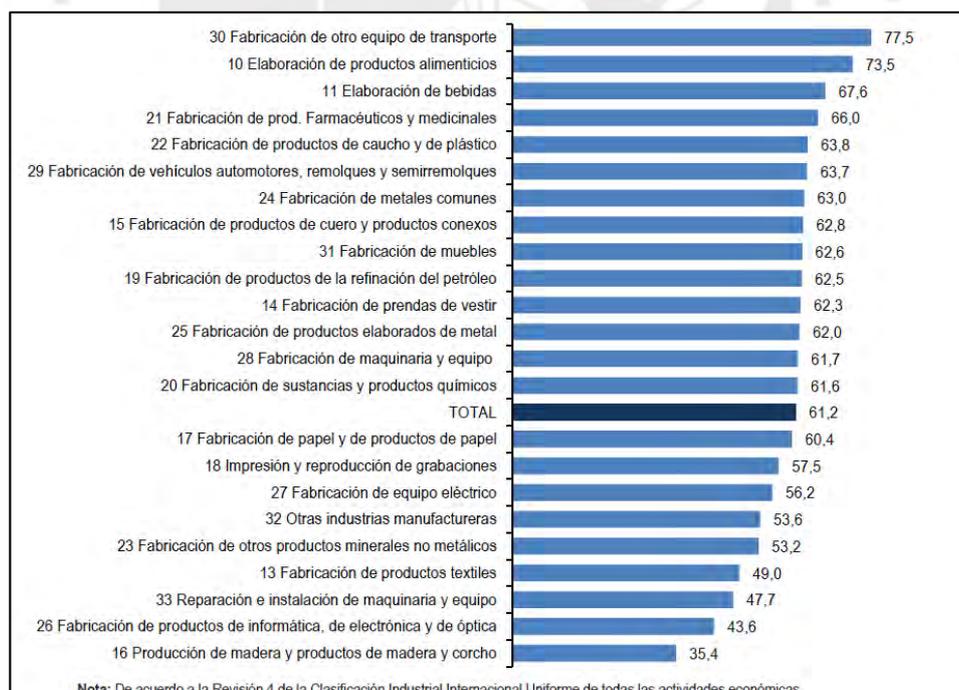


Figura 4. Actividad de innovación empresa manufacturera, 2012-2104.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015).

Todo este ejercicio de medición sobre la innovación en la industria nacional y la implementación de un primer esquema de Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e

Innovación regido por la Ley Marco de Ciencia y Tecnología N° 28303, promulgada por el Congreso de la República del Perú (2007), el cual se refiere a la intención por la implementación y generación de innovación tecnología en función de la productividad y el desarrollo humano en el Perú.



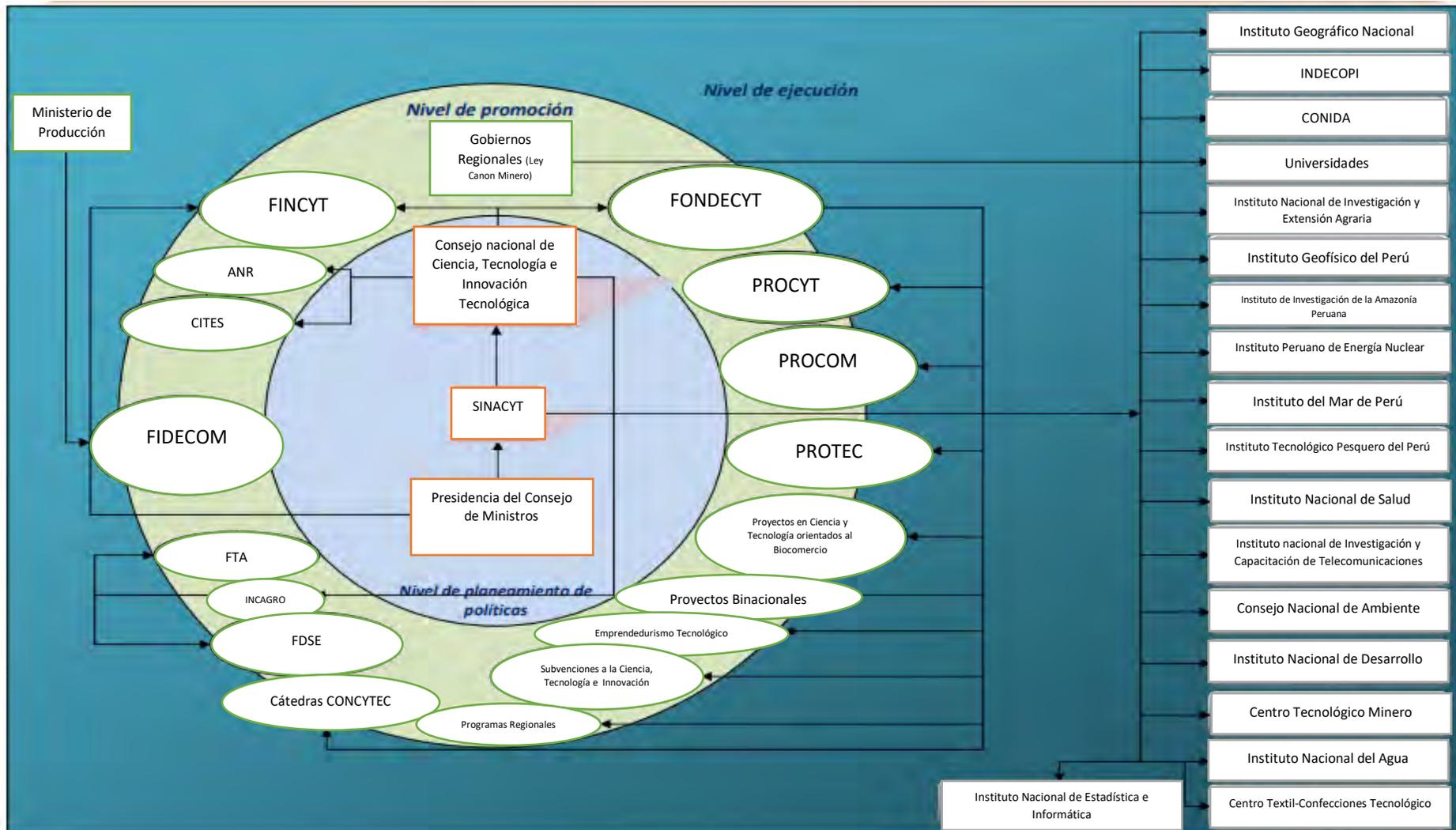


Figura 5. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Perú.

Fuente: UNESCO (2016), División de Política Científica y Fortalecimiento de capacidades. Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe.

Por último, es oportuno reconocer las oportunidades laborales que genera y sigue generando la tecnología con control numérico computarizado (CNC). Dichas oportunidades se pueden encontrar en 3 grandes sectores económicos como son:

- **Las Industrias manufactureras.** A través de personal capacitado como ayudantes, operadores CNC, programadores CAD y CAM, técnicos en mantenimiento de maquinaria, profesionales independientes que fabriquen sus propios productos, marcas de diseño independiente y servicios de manufactura digital en general.
- **El Comercio.** Desarrollo de aplicaciones CNC, venta de repuestos, venta de maquinarias para la manufactura, venta de accesorios complementarios y herramientas en general.
- **La Educación.** Instituciones de educación técnica especializadas en procesos de manufactura, Organización de cursos, seminarios y eventos especializados en maquinaria CNC, proyectos de investigación académica en instituciones de educación superior, implementación de laboratorios de manufactura, instrucción en CNC en general.

2.3. Marco Cultural

Sanabria (2018) argumenta que durante los últimos 10 años, hemos sido testigos de cómo el libre acceso a la información y el desarrollo de redes a través de la Internet ha consolidado la creación del conocido “Movimiento Maker” muchas veces apoyado también en instituciones educativas con programas de divulgación tecnológica como el MIT (Massachusetts Institute of Technology) que dentro de las instalaciones del Media Lab cuenta con el Centro de Bits y Átomos, iniciativa interdisciplinaria que explora los límites de la computación y la ciencia física, y cuyo campo académico estudia, básicamente, cómo convertir los datos en objetos y los objetos en datos, principio fundamental para entender el término de “Fabricación Digital”.

Esta corriente cultural basada en el concepto de “democratización de la tecnología” ha permitido dilucidar de manera práctica y través de distintas redes de investigación y laboratorios dedicados a la fabricación digital, cómo el vínculo de la tecnología y el

desarrollo humano de cada sociedad funciona dentro de un sistema de innovación tecnológica, desde el cambio de tecnología para la generación de valor agregado en las distintas escalas de industria, hasta el desarrollo de las capacidades humanas; generando una plataforma propicia para continuar propagando de manera cíclica y autosostenible cada vez más cambio tecnológico.

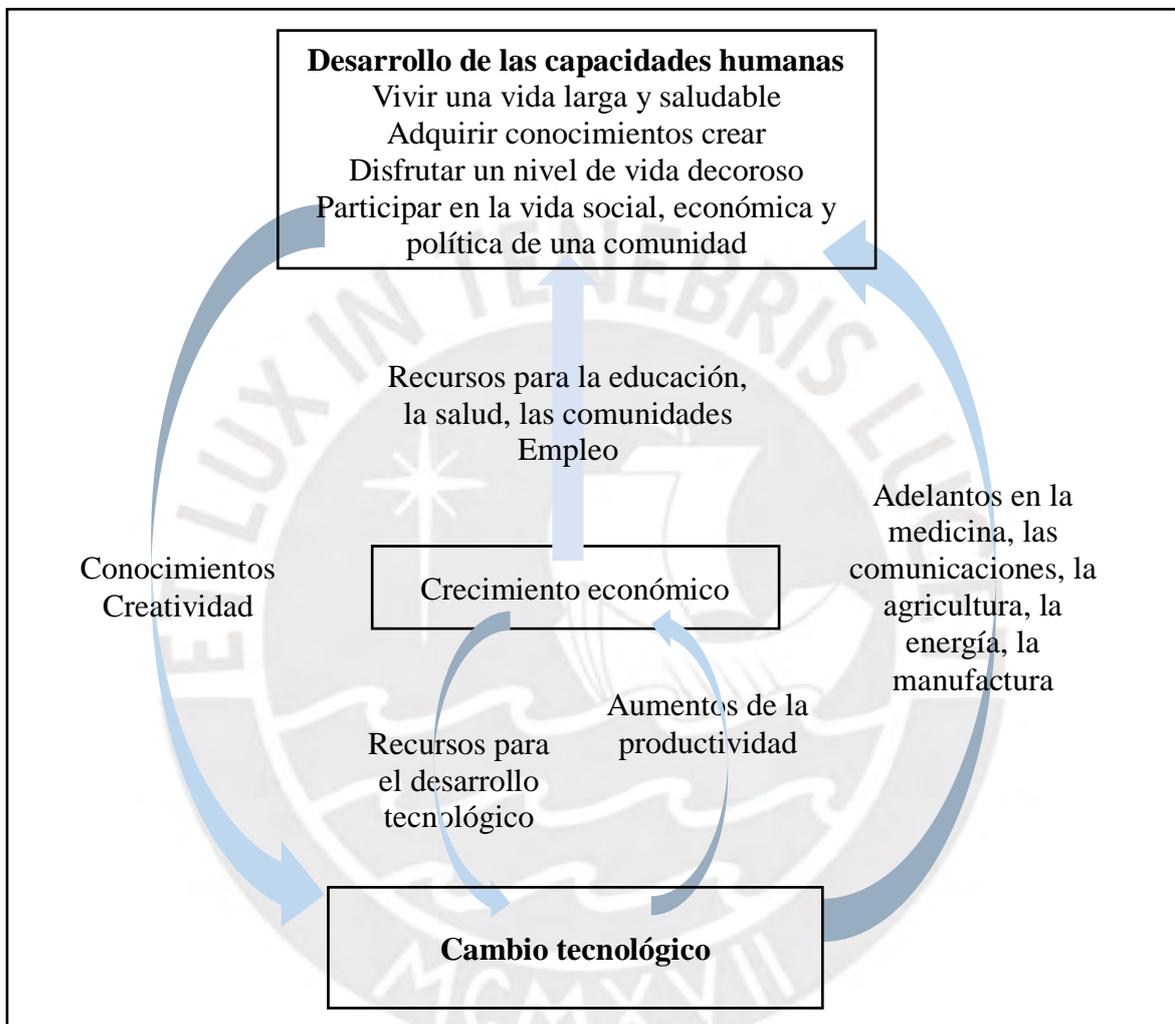


Figura 6. Vínculos entre la tecnología y el desarrollo humano.

Fuente: Informe sobre el Desarrollo Humano (2001).

2.3.1. Fabricación Digital en Lima

En la ciudad de Lima, ya es posible localizar proyectos y emprendimientos empresariales de base tecnológica. Actualmente podríamos encontrar en la capital alrededor distintas empresas u organizaciones que se apoyan en las herramientas de fabricación digital para ofrecer productos y servicios. Dentro de ellas podemos destacar cinco (05), principalmente:

- **Lima Makers.** Primer Makerspace, pionero en empoderar a la población con las aptitudes necesarias para crear objetos físicos, útiles y funcionales utilizando tanto manufactura analógica como digital, además de ofrecer servicios de diseño y producción a baja escala a pequeños y medianos empresarios, así como servicios de prototipado rápido para emprendedores y empresas. (LIMA Makers, 2018).
- **iFurniture.** Pequeña empresa manufacturera de muebles personalizados que emplea, tanto conocimientos de carpintería tradicional como herramientas de fabricación digital para generar colecciones flexibles que puedan adaptarse a las distintas exigencias de los usuarios. (iFurniture, 2018).
- **Rat Lab Systems.** Empresa peruana especializada en el diseño y fabricación de máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) para automatizar herramientas y procesos de manufactura. (Rat Lab Systems, 2018).
- **Zolid.** Empresa peruana dedicada al diseño de productos personalizados y en gran medida a brindar servicios de prototipado rápido con alta precisión para empresas. (Zolid, 2018).
- **Fab Lab Perú.** – Asociación de laboratorios de Fabricación digital perteneciente a la red Fab Lab que afilia a laboratorios pertenecientes a la red en el Perú, cuya mayoría reside en instituciones de educación superior dentro de las cuales podemos nombrar a : Tecsup, Universidad de Ingeniería y Tecnología, Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad de la Creatividad de América Latina y Universidad San Martín de Porres; y que tiene como pilares principales: la educación sobre conceptos de fabricación digital, la creación de capacidad organizacional y de servicios; y oportunidades de negocio. (Fab Lab Perú, 2018).

Si bien estos ejemplos demuestran que es posible generar un cambio tecnológico desde el interior de nuestra sociedad, aún existe una gran brecha donde la informalidad, el bajo nivel cultural y la falta de información y divulgación sobre los beneficios de la investigación e innovación tecnológica en la economía, aletargan la inserción del Perú dentro de un sistema

activo de innovación dentro de la región latinoamericana, siendo este un país pionero en estos aspectos, pero muy lento en adaptarlos y desarrollarlos.

2.3.2. Experimentación Mediante Prototipos

Uno de los ámbitos más importantes en el empleo de maquinaria con control numérico computarizado (CNC) para el prototipado rápido viene siendo el de la validación de productos y el emprendimiento, ámbito que ha sabido desarrollarse en las ya conocidas incubadoras de emprendimiento, laboratorios de fabricación digital o aceleradoras de emprendimiento especializadas en hardware o productos tangibles, además también podemos apreciar el uso de herramientas de fabricación en escuelas de carreras proyectuales tales como diseño de producto, diseño industrial, arquitectura y arquitectura de interiores; ya que, como parte de una metodología de diseño, siempre es necesario tangibilizar los conceptos, ya sean en maquetas, modelos o prototipos que busquen ser lo más cercanos a un producto final.

Dentro de un proceso de innovación, que puede sucederse tanto en el ámbito académico como en el del emprendimiento empresarial, un prototipo significa una etapa esencial para la exploración y evaluación de conceptos durante el desarrollo de una solución, debido a que es una representación física y/o virtual del diseño que se pretende validar. Al igual que el desarrollo de cualquier producto, un prototipo también evoluciona, gracias a la iteración por medio del ensayo y error.

El simple hecho de poder interactuar con una representación física de la solución de diseño, le permite al diseñador y/o al emprendedor, explorar y descubrir incidencias que se pudieron obviar, para poder general alternativas a partir de la observación y, de esta manera, tener un desarrollo de la solución mucho más satisfactorio, asegurando el lanzamiento y explotación del producto que se desea producir.

Todas estas etapas de inspiración, evolución y validación de un producto a través de prototipos, se pueden apoyar, fácilmente, en herramientas de fabricación digital debido al gran nivel de precisión y optimización de tiempo y materiales que ofrecen; La impresión 3D, el corte láser y el mecanizado CNC, son técnicas para el prototipado rápido que enriquecen la fabricación de prototipos, ahorrando tiempo en el ejercicio proyectual y asegurando un

acercamiento dimensional casi real en el desarrollo de un proceso de diseño e innovación. Generando más tiempo y espacios de investigación dentro del proyecto para el aprovechamiento de actividades que requieren de un mayor empleo de recursos humanos, como la misma actividad de diseñar.

2.4. Marco Tecnológico

Bazhal (2016) señala que el concepto de “Innovación Tecnológica” responde al entendimiento de la práctica de crear o modificar un bien o servicio y su introducción al mercado, o si se quiere, de manera más amplia de acuerdo a lo planteado por J. Schumpeter en el año de 1934; también los nuevos métodos de producción o nuevas estrategias de comercialización, apertura de nuevos mercados, nuevas fuentes de materias primas y nuevas estructuras de mercado.

Todas estas características de la Innovación Tecnológica deberían soportar los procesos de cambio tecnológico en un país, sin embargo, existen distintos tipos de enfoque que dependen del contexto y la idiosincrasia de una sociedad, por ejemplo, no se puede pretender que un país en vías de desarrollo genere dentro de su territorio, en primera instancia, el cambio tecnológico que requiere, lo más prudente sería importar innovación tecnológica ya desarrollada del exterior y adaptarla a sus requerimientos y necesidades.

Este enfoque en particular es muy recurrente en la región de América Latina y responde a los lineamientos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016), dicha forma de lidiar con el contexto global en cuanto a avance tecnológico se refiere, puede generar leves chispazos de innovación, mas no un cambio cultural generacional, y esto se debe al condicionante económico de un país pobre que considera el principal destino de sus recursos, las necesidades más urgentes como son la alimentación, la educación y la salud.

Esta condición de esperar la innovación de países más desarrollados para incorporarla en nuestro sistema nacional de innovación puede parecer, a simple vista, una salida práctica y efectiva para subsanar el déficit que venimos arrastrando las últimas décadas en investigación y educación, debido a la expectativa que genera el desarrollo de nuevos bienes, servicios y métodos comerciales que se gestarían en nuestro país. Sin embargo, aún no existe

un marco legal sólido que acompañado de reformas educativas reales sirvan para vincular distintas disciplinas como ciencia, arte, tecnología, diseño, historia y demás recursos humanos que conformen un ecosistema propicio para generar el cambio tecnológico masivo que se desea.

No obstante, es necesario resaltar que dentro de las posibilidades y recursos tecnológicos y comerciales, referentes a materiales y procesos de manufactura tradicionales y digitales, que podemos encontrar en la ciudad de Lima, existe un ecosistema o red de proveedores de materiales y servicios de fabricación que contienen una gran variedad de recursos mediante los cuales, las empresas y emprendedores que apuestan por el cambio tecnológico como un medio efectivo para el desarrollo humano, pueden utilizar como insumo en favor de su proceso de innovación tecnológica. Según el Centro de Innovación Tecnológica (CIT, 2014), este ecosistema está descrito a manera de base de datos en la publicación del Taller de Modelación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Lima de Agosto del 2014. (Véase Anexo 2)

A partir de esta publicación podemos relacionar que desde hace más de 3 años hay una oferta considerable de servicios de prototipado rápido y fabricación digital, dentro de las cuales podemos encontrar: el corte láser, la impresión 3D y el ruteado CNC además del diseño asistido por computadora que viene siendo la herramienta más popular a través de los softwares de Autocad.

Actualmente, el crecimiento del mercado de la manufactura digital sigue en aumento y son cada vez más las empresas que ofrecen servicios de fabricación digital, no sólo para la gran industria como el corte láser de planchas de acero, el corte por chorro de agua y el plegado CNC, sino también para la mediana y pequeña industria como la impresión 3D para moldes de pequeña producción.

Cabe resaltar que aún no existe un estudio específico sobre los usuarios de fabricación digital en la ciudad de Lima, y mucho menos en el Perú, pero, podemos deducir que, según estudios de la Encuestadora GFK sobre la generación “Millennial” en el Perú, publicado en el Diario La República, el 13 de marzo del 2017, en un artículo escrito por Lozano (2017), señalando que el sector poblacional que estaría más vinculado con las nuevas tecnologías serían jóvenes y jóvenes adultos nacidos entre mediados de los años ochenta e inicios de los dos mil, pues

representan al 69% de la mitad de la población conectada con la Internet de zonas urbanas en el Perú, esto significa, que este segmento poblacional, tiene un amplio dominio de la tecnología y además está dispuesto a experimentar con nuevas formas de relacionarse con esta, ya sea desde un ámbito recreacional o profesional, situación favorable que permitiría expandir los conceptos y aplicaciones de la fabricación digital en los Millennial vinculados al ejercicio profesional de actividades proyectuales como la arquitectura, el diseño gráfico, las artes plásticas, el diseño industrial o de producto, la ingeniería, etc. Además de significar una herramienta de gran relevancia para la ejecución de proyectos de emprendimiento, basados en productos tangibles debido a las facilidades que ofrece la manufactura digital para el prototipado rápido y la producción a baja escala con niveles de calidad y precisión muy competitivos.

2.5. Marco Ambiental

La “Cultura Maker” y la fabricación digital han ido, desde el 2005, modificando lenta pero significativamente las plataformas tradicionales de comercio sustentadas por las grandes industrias, logrando una apertura del comercio global a escalas locales, apoyándose en los factores de personalización y empatía con el usuario, conquistando, de esta forma, ámbitos donde los productos de fabricación a gran escala no lograban solucionar del todo las necesidades de las nuevas generaciones de consumidores. Debido a esta transformación en la forma en la que consumimos productos y servicios, actualmente podemos encontrar distintas iniciativas de emprendimiento local fruto de la democratización de la tecnología. Como se ha mencionado brevemente en el subcapítulo del Marco Cultural, ya existen empresas que se desenvuelven en un contexto de innovación tecnológica a una escala local, reforzados por el auge de la pequeña y mediana empresa como modelos económicos accesibles y de gran proyección. Sin embargo, el hecho evidente de que la gran industria y los conceptos de obsolescencia programada generen grandes volúmenes de contaminación en países del primer mundo, no implica que la producción local basada en la fabricación digital, constituya un posible medio para la generación de desperdicios, si es que no se aplican conceptos sustentables en el diseño de los productos.

De acuerdo a Cerdá y Khalilova (2017) desde 1980 se ha venido consolidando el término de “Economía Circular” planteado por Pearce y Turner en el cual podemos integrar a los agentes involucrados en toda la cadena de producción de un objeto y de manera holística,

transformarla, de tal forma que los desperdicios que esta genera sean los mínimos posibles o en su defecto no existan residuos materiales sin afectar los ciclos productivos.

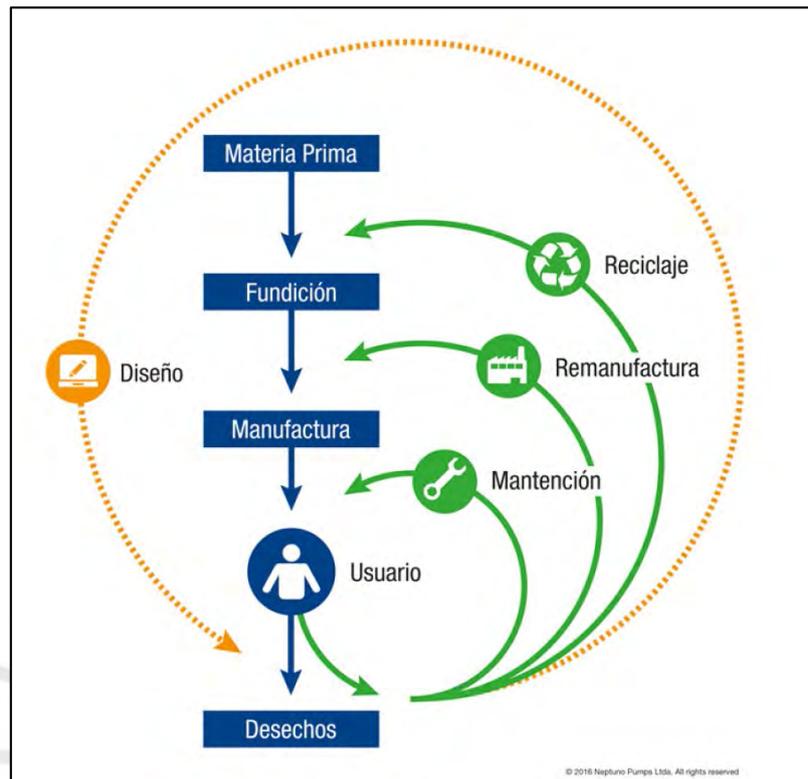


Figura 7. Esquema de un diseño en una economía circular.

Fuente: Cerdá y Khalilova (2017).

Es necesario tener en cuenta el papel del Diseño Industrial en la consolidación de un ciclo productivo limpio, si bien no existe una gran industria de transformación de la materia, existen los medios necesarios en cuanto a cartera de materiales de larga duración, de mantenimiento accesible y una cultura de la reparación sostenida por generaciones de maestros artesanos la ya mencionada creciente cultura maker.

3. Planteamiento del problema

Habiendo explorado las distintas perspectivas contextuales en las que se desarrolla el trabajo de investigación, es necesario definir las problemáticas identificadas que requieran de la intervención del Diseño Industrial para aproximar una posible solución a través del diseño de un producto.

Basado en que la problemática de la fabricación local radica básicamente en tres aspectos fundamentales; el estructural, el de disponibilidad de componentes electrónicos y mecánicos y finalmente el de producción de piezas específicas.

Es necesario considerar procesos, materiales y componentes adecuados que permitan la elaboración correspondiente del sistema de mecanismos, que se puedan hallar en el mercado local y permitan, a través del diseño, tener una disposición adecuada de los elementos para poder realizar el mantenimiento correspondiente y el reemplazo de piezas sin necesidad de volver obsoleta a la máquina y garantizar un funcionamiento prolongado.

Si bien la PYME es un sector de gran importancia para el desarrollo del país, todavía mantiene muchas limitaciones que le impiden competir en un mercado globalizado. La falta de acceso a beneficios financieros, el elevado costo de renovación tecnológica y de capacitación además de la poca disposición por la asociación para fines comunes, son algunos problemas que afronta.

Además de dichas dificultades, el mercado peruano no cuenta con un sector comercial definido que integre el rubro de maquinarias para la producción a mediana o baja escala y mucho menos de máquinas de control numérico que cubran estas necesidades específicas, lo cual se puede traducir en un déficit de herramientas adecuadas para la generación de una mejor oferta.

Por estos motivos es pertinente considerar los sectores revisados en el marco social y cultural del proyecto para identificar el mejor contexto para una nueva herramienta de control numérico computarizado, de tal forma que pueda satisfacer una demanda específica y a partir de ahí, proyectar un crecimiento escalado como producto y/o servicio.

En este sentido, hacemos referencia a trabajos de investigación referentes a la producción de herramientas y máquinas de fabricación digital dónde se pueden nombrar trabajos nacionales e internacionales como:

La tesis para optar el grado de Master de Ciencias en Ingeniería Mecánica en la Universidad Urbana de Illinois de Wei Qin, *design and analysis of a small-scale cost effective CNC milling machine*.

La tesis de Luis Santillán Navarrete para optar el grado de Ingeniero Mecatrónica en la UNAM de México, *diseño de una máquina fresadora-barrendera CNC*.

Y la tesis para optar el título de Ingeniero Mecatrónico de Alonso Ricardo Pérez Espinoza, en La Pontificia Universidad Católica del Perú, *diseño de una cortadora láser CNC de CO2 para acrílicos y madera*; entre otros, que demuestran una clara línea de abordaje de este tema desde una visión puramente ingenieril, dejando de lado, como se puede observar en los resultados obtenidos en los trabajos, el lenguaje visual, los factores humanos, estudios de ergonomía, composición, consideraciones productivas, de materiales, conceptos estructurales en función al medio ambiente, capacidad instalada local y demás aspectos propios del Diseño Industrial y su metodología proyectual.

Por estos motivos, es necesario revisar el aporte del Diseño Industrial y sus métodos para complementar el desarrollo del producto de una forma mucho más integral.

3.1. Justificación

Las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la manufactura de bienes, además de los talleres artesanales de servicios de fabricación, mantienen como activos fijos distintos tipos de herramientas para la producción, estas son, en su mayoría el mismo tipo de herramientas que se pueden encontrar en un taller artesanal. Estos se construyen sobre los talleres tradicionales de artesanos anteriores a la revolución industrial y reemplazan la mayoría de las herramientas manuales simples con herramientas motorizadas con el fin de ahorrar tiempo.

Las máquinas de control numérico constituyen una nueva era en los procesos de manufactura por su alto grado de precisión, las nuevas tecnologías de fabricación digital buscan introducir cada vez más a las personas a estos procesos mediante máquinas CNC de pequeño y gran formato. Sin embargo, estas se encuentran dirigidas únicamente al mercado doméstico o a la gran industria; son muy pocas las herramientas de manufactura digital pensadas para un sector de producción de pequeña y mediana escala o para pequeños talleres de fabricación y laboratorios de prototipado rápido.

Si bien ya podemos contar con herramientas de fabricación digital en el mercado local, es oportuno revisar la evidencia que nos ofrece la popularidad de cada tipo de herramienta. Dentro del universo de máquinas existentes, solo algunas parecen haber podido ser aceptadas e incorporadas por la dinámica de la innovación tecnológica en el Perú, estas herramientas como cualquier otra tiene un campo de acción y utilidad específicas, estas condiciones representan soluciones para problemas de prototipado y fabricación determinados, por lo tanto se pueden identificar, dentro del contexto peruano, ventajas y desventajas de cada tipo de herramienta de fabricación digital, las cuales se describen a continuación.

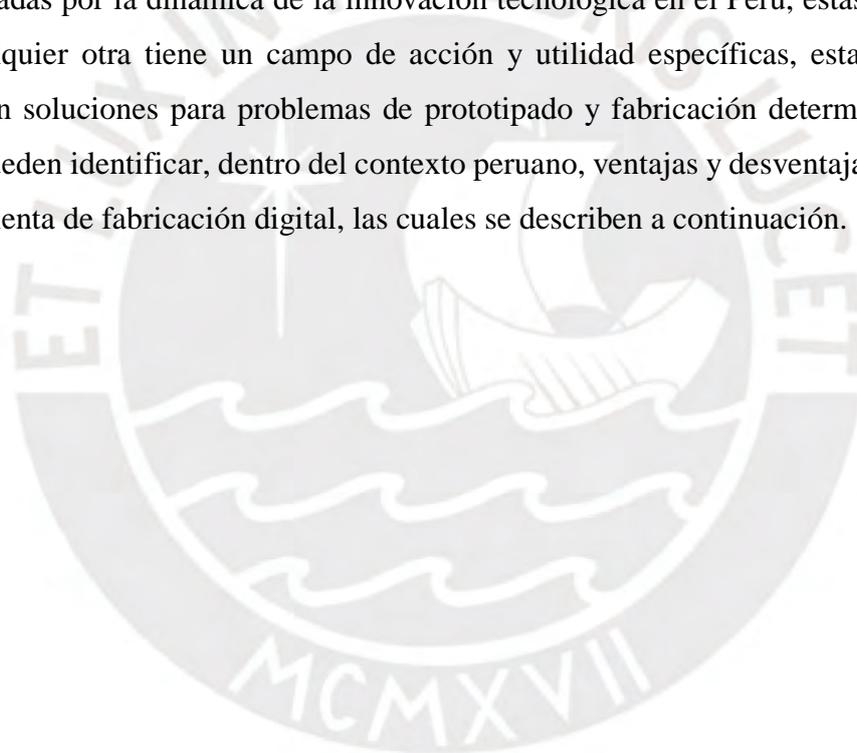


Tabla 1. Ventajas y desventajas del Corte Láser.

| Técnica de Fabricación | Ventaja | Desventaja |
|------------------------|--|--|
| Digital | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso rápido (mm/seg). • No requiere mayor conocimiento de software CAD, más allá del dibujo vectorial 2D. • Se puede trabajar con materiales muy accesibles, que se pueden encontrar en librerías (MDF, cartulina, papel, cartón planchas de acrílico, etc.). • Permite generar volúmenes en base a construcción de planos rígidos. • Se puede encontrar fácilmente en la ciudad por la gran demanda que tiene como herramienta para la elaboración de maquetas para arquitectura y la producción a mediana escala de merchandising y displays para retail. • Permite economizar el uso de materiales. | <ul style="list-style-type: none"> • La gran oferta de servicios de esta técnica ha reducido la calidad del trabajo debido a la escasez de personal técnico calificado. • No se experimentan todas las posibilidades que ofrece esta técnica por la gran difusión de solo algunas de las posibilidades que tiene como es la generación de planos para la construcción de maquetas. • Con excepción del acrílico, los materiales que se pueden mecanizar requieren de un acabado superficial previo. • La inmediatez de este proceso ha generado gran cantidad de propuestas innecesarias por falta de criterios de diseño. |
| Corte Láser | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la Impresión 3D.

| Técnica de Fabricación | Ventaja | Desventaja |
|------------------------|--|---|
| Digital | <ul style="list-style-type: none"> • Permite experimentación morfológica tridimensional. • Permite prototipar formas de gran complejidad en cortos tiempos. • Gran nivel de precisión dimensional. • Permite prototipar modelos en plástico para producción directa mediante moldes. • Gran variedad de materiales a disposición para el proceso FDM (Deposición de Material Fundido.). | <ul style="list-style-type: none"> • Necesita de conocimientos avanzados de software CAD para el modelado 3D de piezas. • Se requiere capacitación especializada para operar las máquinas debido a la cantidad de parámetros que hay que considerar. • A diferencia del corte láser este es un proceso mucho más lento y costoso debido a que los materiales necesarios para la impresión deben ser importados. • El hecho de poder obtener un elemento de gran complejidad dimensional genera una falsa idea de objeto diseñado con fines lógicos. • No es adecuado para producción seriada en plazos cortos. • No es posible reducir la merma de material debido al soporte necesario para la construcción del volumen en sentido vertical. |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del Fresado CNC 2D.

| Técnica de Fabricación Digital | Ventaja | Desventaja |
|-----------------------------------|--|---|
| Fresado CNC 2D | <ul style="list-style-type: none"> • Permite trabajar con materiales de formato industrial (tableros de madera y aglomerados). • Gran reducción en el desperdicio de material • Permite mecanizar formas de gran complejidad y gran variedad de ensambles en tiempos cortos. • Se puede prescindir de un carpintero experimentado para la fabricación de objetos. • Alta precisión en objetos de gran tamaño. • Fácil acceso a materiales de gran formato para el ruteado en el mercado local. | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere capacitación especializada para operar las máquinas debido a la cantidad de parámetros que hay que considerar. • El gran formato con el que se trabaja requiere de instalaciones adecuadas para su uso. • Debido a la naturaleza de los materiales con los que se trabaja, genera desperdicios como aserrín y polvillo durante el proceso de mecanizado. • Las piezas obtenidas requieren, necesariamente, tratamiento superficial y acabados. |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del Fresado CNC 3D.

| Técnica de Fabricación Digital | Ventaja | Desventaja |
|-----------------------------------|---|---|
| Fresado CNC 3D | <ul style="list-style-type: none"> • Gran nivel de precisión dimensional para el prototipado de piezas en pequeño formato. • Permite mecanizar materiales a través del arranque de viruta. • Permite exploración tridimensional de alta complejidad. • Es posible obtener una pieza final sin necesidad de acabados superficiales por la gran calidad de acabado y precisión además de la posibilidad de mecanizar materiales usados directamente en productos o sistemas de productos como el nylon, el aluminio, polímeros rígidos, maderas sólidas, etc. | <ul style="list-style-type: none"> • Necesita de conocimientos avanzados de software CAD para el modelado 3D de piezas. • No es adecuado para producción seriada en plazos cortos. • Se requiere capacitación especializada para operar las máquinas debido a la cantidad de parámetros que hay que considerar. • Debido al gran nivel de precisión y acabado superficial, hacen de este un proceso lento y costoso en comparación a otras herramientas de fabricación digital. • Generalmente solo se puede encontrar en laboratorios dentro de universidades y en centros especializados de prototipado por el uso específico que se le da dentro de la investigación. |

Fuente: Elaboración propia.

Siendo estas, las herramientas más utilizadas dentro del ecosistema de innovación tecnológica local, desde su llegada al país, han sido casi escasos los esfuerzos por buscar nuevas herramientas que funcionen dentro del contexto nacional, si bien han habido intentos de producir o replicar alguna herramienta de fabricación digital, la gran mayoría, han sido abarcados desde la perspectiva de la ingeniería mecánica, electrónica o mecatrónica;

demostrando la funcionalidad de los mecanismos a manera de catálogo de los mismos, sin incorporar conceptos propios del diseño industrial que permitirían que el producto final o prototipo tenga un acercamiento más real y lógico en cuanto a la relación de función y forma en favor del usuario.



4. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Diseñar una máquina de control numérico computarizado para producción de piezas de metal a baja escala, utilizando materiales y componentes en el sistema de mecanismos accesibles en el mercado local de Lima – Perú, adaptando su usabilidad a diferentes modelos de negocio en las pequeñas y medianas industrias nacionales, promoviendo una metodología de diseño de máquinas de fácil ensamblaje y mantenimiento para las empresas.

4.2. Objetivos Específicos

- Utilizar materiales y componentes en el sistema de mecanismos accesibles en el mercado local de Lima – Perú.
- Adaptar la usabilidad a diferentes modelos de negocio en las pequeñas y medianas industrias nacionales.
- Promover la metodología de diseño de máquinas de fácil ensamblaje y mantenimiento en las empresas del Perú.

5. Hipótesis

5.1. Hipótesis General

Después de analizar el contexto local en cuanto a máquinas/herramientas de fabricación digital se refiere, además de revisar las ventajas y desventajas de las máquinas de prototipado rápido más usadas en el Perú, se puede considerar a la **Dobladora de Alambre y Varilla CNC de Escritorio**, como una opción que permitiría trabajar materiales a los cuales se pueden acceder fácilmente en el mercado local, además de no necesitar conocimientos avanzados de software CAD tridimensional (Serían suficientes conocimientos básicos a nivel vectorial bidimensional) para la generación de piezas a una escala adecuada y en un tiempo considerable con respecto a la precisión que lograría al mecanizar los materiales.

Esta opción, además de gozar de características que conversan en gran medida con las capacidades y usos que se manejan en el rubro de la fabricación digital local, tiene como factor determinante la característica de “novedad” debido a que es un producto desarrollado hace solo 3 años por PENSA LABS (2018) en Inglaterra como resultado de un estudio de factibilidad para la fabricación digital en ecosistemas saturados de las mismas máquinas como las descritas anteriormente: Impresoras 3D, Cortadoras láser y Fresadoras CNC de tres y cuatro ejes. Esto significa que una máquina con estas características generales, no solo cubriría una demanda que no estaba siendo considerada por el simple hecho de la inexistencia del producto, sino que serviría como una herramienta más para el desarrollo tecnológico local, situación que propiciaría más oportunidades de investigación, generaría valor agregado para la pequeña y mediana industria y hasta complementaria los servicios de prototipado ya existentes.

5.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis Especifica 1

Ahora bien, si ya existe un antecedente consolidado en cuanto a la tipología de dobladora de varilla CNC de escritorio, importar la máquina, no es necesariamente la mejor solución, si bien es una máquina resuelta, los factores económicos en cuanto a la importación de tecnología pueden hacer que esta solución demande mucha más inversión y riesgo en comparación a una posible máquina de fabricación local que resuelva la misma problemática pero que no esté enmarcada en el único contexto de “escritorio”, sino que esté disponible

también para adecuarse al sector educativo y experimental a través de laboratorios de fabricación digital o de prototipado en general.

También es posible aprovechar la oferta de materiales y procesos de manufactura locales para adaptar el concepto planteado por **PENSA LABS**, pero, tomando en cuenta los recursos que ofrece el mercado peruano en cuanto a materiales y procesos de manufactura, reduciendo costos, acercando la tecnología a una población diferente a la europea occidental, teniendo la posibilidad de recibir retroalimentación directa y demostrando las ventajas de la fabricación digital para la generación de bienes y valor agregado en los productos de diseño, además de sentar un precedente local de fabricación de herramientas tecnológicas para la innovación a través de la fabricación digital.

Hipótesis Específica 2

Inicialmente, implementar este tipo de herramienta con prestaciones tan específicas, puede resultar en estrategias de mercadotecnia demasiado forzadas, el público objetivo que demanda herramientas de fabricación digital se encuentra, en gran medida; en laboratorios de manufactura digital, instituciones de educación superior que desarrollan proyectos de investigación sobre innovación tecnológica y pequeñas empresas que brindan servicios de prototipado.

Por este motivo, sería necesario, en este caso, plantear la incorporación de la máquina dobladora de varilla CNC como una herramienta complementaria a activos y espacios ya existentes donde se practique la fabricación digital, ya sean, en un inicio, laboratorios de manufactura digital y empresas que brinden servicios de prototipado, debido a la familiaridad que estos espacios ya tienen con la tecnología de control numérico computarizado, para poder, de esta forma, intentar introducirse dentro de una base más sólida del ecosistema de innovación nacional.

Sería pues, en esta primera etapa, donde se explorarían los límites de la maquinaria, alcances y posibilidades que esta ofrecería al mercado local, además de mostrarse ante la sociedad y empezar a buscar nuevos nichos de mercado donde podría desenvolverse en procesos o parte de procesos de manufactura a pequeña y/o mediana escala.

Hipótesis Específica 3

Con respecto a la problemática identificada, sobre la presencia del Diseño Industrial como parte de la metodología en los proyectos de investigación relacionados al desarrollo de máquinas de fabricación digital con un acercamiento contextual específico, es importante mencionar que uno de los objetivos de este trabajo es demostrar que más allá del ejercicio de la ingeniería, que asegura un funcionamiento adecuado de la máquina, existe un vacío en la comunicación humano-máquina que excede no solo al diseño de una interfaz adecuada, sino a la conformación estructural, distribución de componentes y elección de acabados superficiales para terminar de complementar y enriquecer la investigación y establecer las condiciones propicias para resolver un producto acabado, con consideraciones reales y consecuentes con su contexto, con posibilidades de ser producido industrialmente.



6. Metodología

6.1. Estado del Arte

El análisis de productos similares a la propuesta que se va a desarrollar, está conformado por 3 versiones de una dobladora de varilla CNC, la primera es la versión original DIWIRE producida por PENSA LABS, la segunda es una versión mejorada del DIWIRE, el DIWIRE PRO que posee algunas mejoras y configuraciones extra, y finalmente, se analizará a WYR, dobladora de alambre diseñada por Edgar Aguilar Arenales, diseñador Industrial que desarrolló su propia versión de la DIWIRE como proyecto final del diplomado internacional de fabricación digital FABACADEMY en su versión 2016.

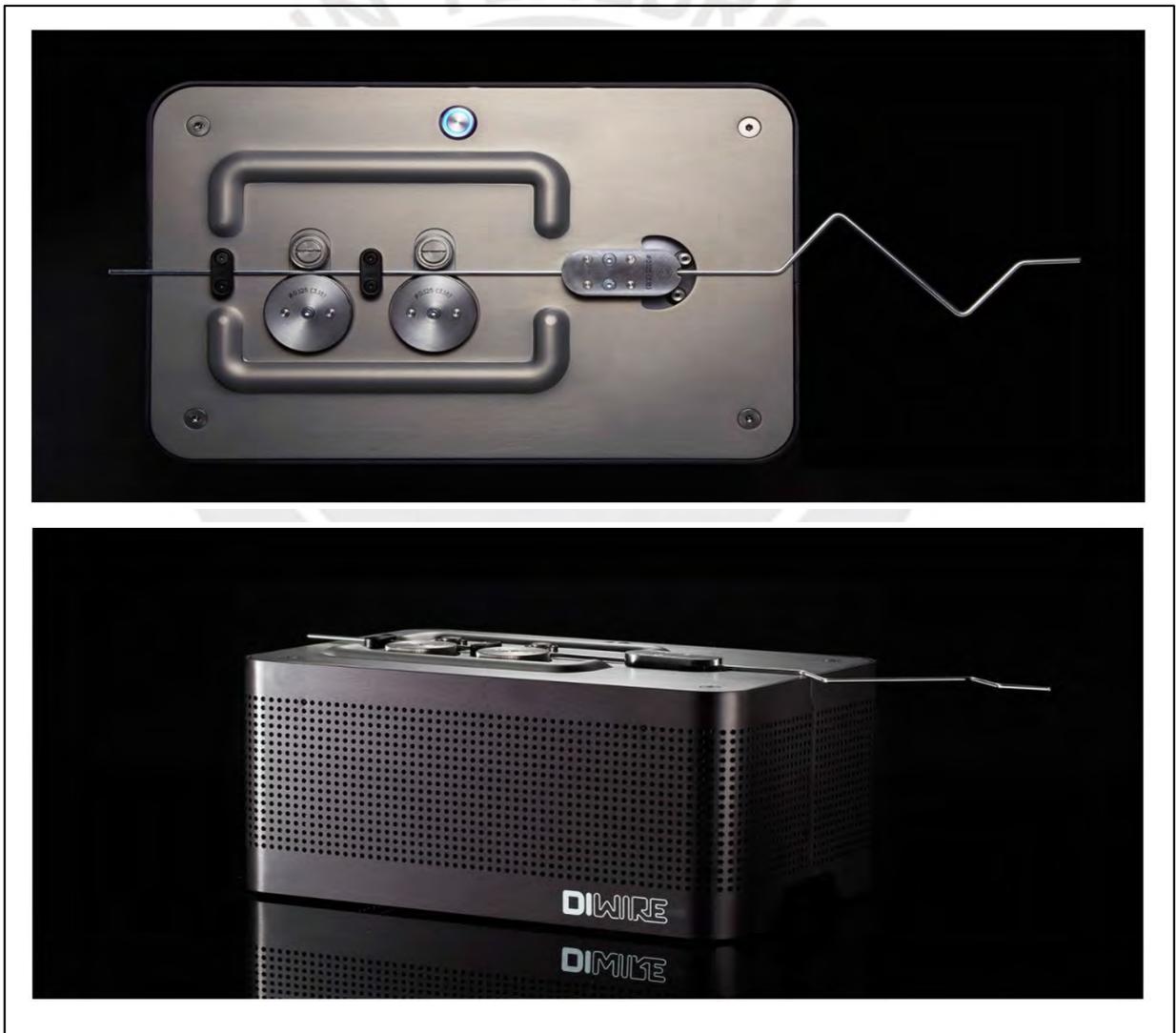


Figura 8. Dobladora de varilla CNC DIWIRE.

Fuente: Página web de PENSA LABS

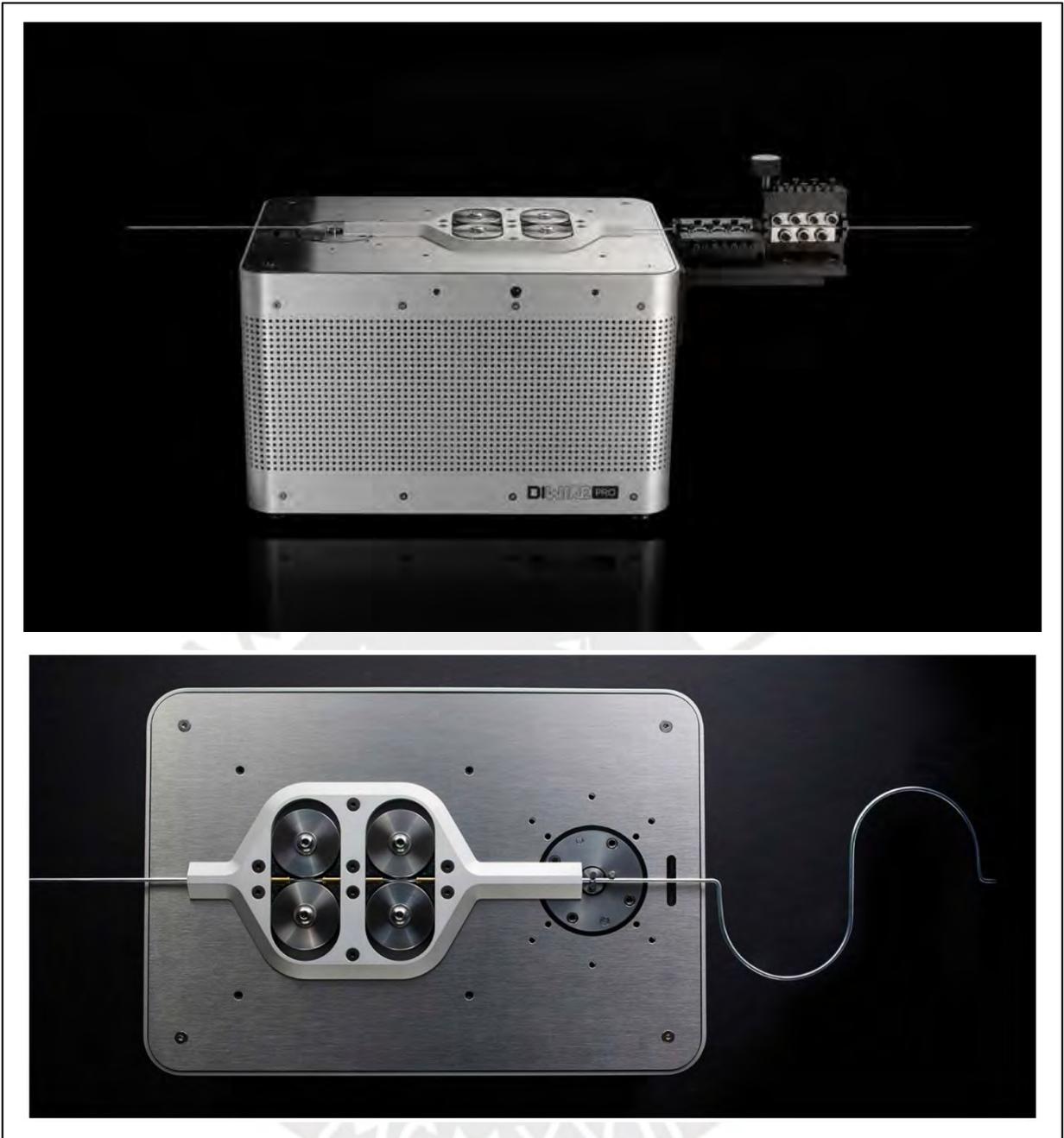


Figura 9. Dobladora de varilla CNC DIWIRE PRO.

Fuente: Página web de PENSA LABS

Sobre los modelos revisados, estos responden a una necesidad inicial de herramientas CNC de escritorio para la fabricación de piezas pequeñas de varilla metálicas. Sin embargo, la naturaleza de estas máquinas parece estar inscrita en un contexto de estudio de diseño.

La construcción y el hermetismo sobre la mecánica del funcionamiento interno ubican a esta nueva tipología de máquinas en una calificación de “Plug and Play”, es decir, terminan

siendo dirigidas a un público sin experiencia técnica, que busca de la manera más efectiva producir piezas de diseño.

Esta presentación de los productos está motivada por el análisis contextual occidental de países desarrollados, para ser más exactos, la ciudad de Nueva York en Estados Unidos; habiendo tenido como centro de incubación el Reino Unido desde el 2012. Si bien es una visión válida para un producto de estas características; parece estar obviando varias etapas de evolución de la propuesta, como podemos observar en la evolución de las impresoras 3D.

Se asume el diseño final como la solución máxima a la necesidad y se presenta como tal, sin embargo, si revisamos los distintos escenarios donde las herramientas de fabricación digital se desenvuelven; son en los espacios de innovación, investigación y en los talleres de micro producción o “Maker spaces” donde las herramientas CNC, aparte de resolver necesidades productivas, se retroalimentan y crecen como producto con respecto al alcance de las mismas generando comunidades de adeptos que intervienen y enriquecen los alcances de la herramienta. Esta interacción es conocida desde la aparición de impresoras 3D de código abierto de la marca RepRap.

Con respecto a la información técnica de ambas propuestas de Pensa Labs, se puede revisar el ANEXO 3 que contiene un cuadro comparativo entre ambas versiones.

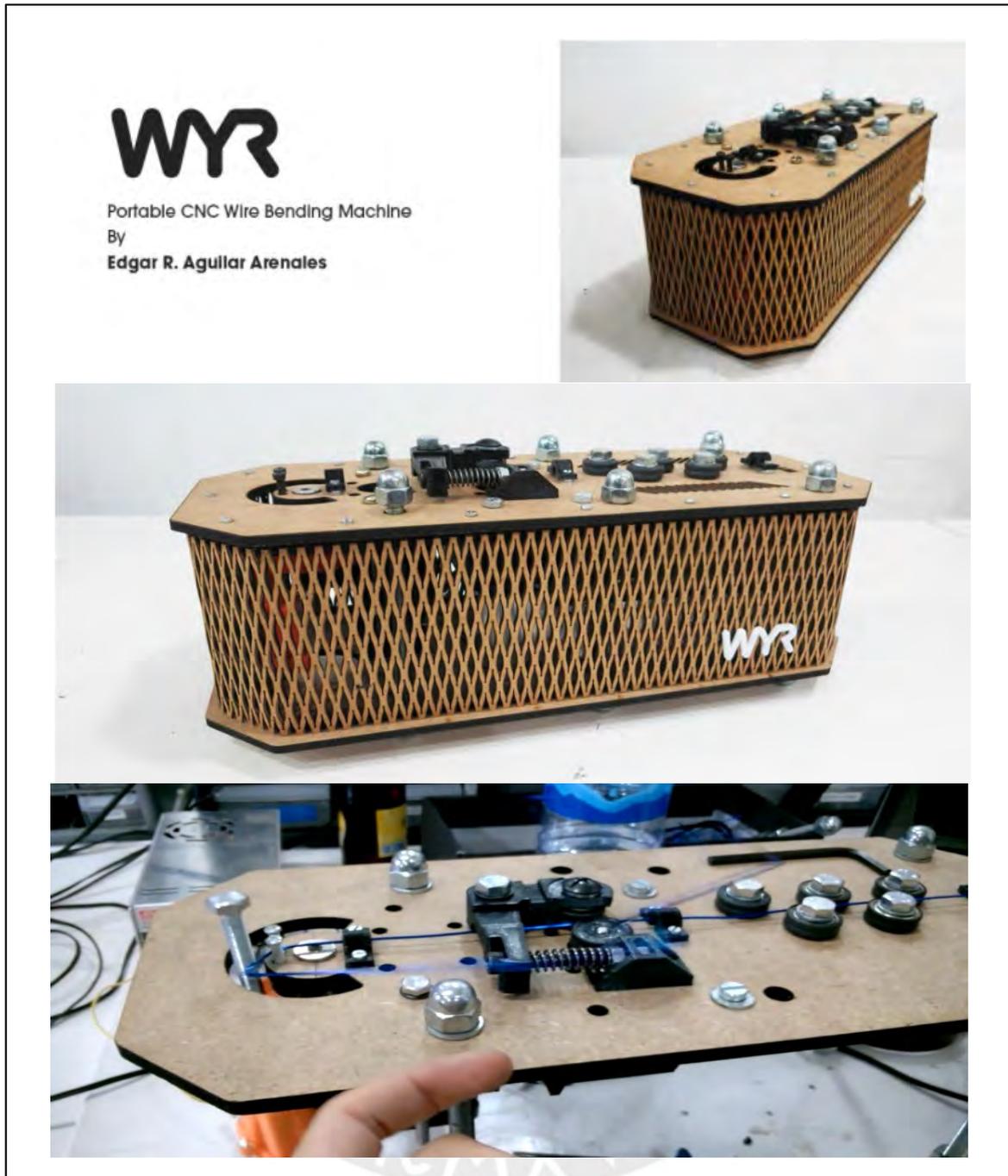


Figura 10. Dobladora de varilla CNC WYR.

Fuente: Página web del Fab Academy de Edgar R. Aguilar Arenales

Revisando la propuesta del trabajo de investigación WYR, desarrollado como un proyecto final de un diplomado internacional de fabricación digital en el laboratorio de fabricación digital del Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IAAC) en el año 2016, el aporte radica en la visión de código abierto y de libre acceso a la información. La mayoría de los componentes son 100% replicables en laboratorios de fabricación digital que cuenten con máquinas de corte láser y de impresión 3D, sin embargo, esta propuesta termina siendo un

intento de demostrar que el concepto es aplicable y replicable en los contextos expuestos en el análisis de los productos de PENSA LABS, más no termina siendo una solución sostenible en el tiempo con respecto a la fiabilidad del producto y la atención a los distintos requerimientos de diseño que una máquina con estas características requiere para poder solucionar necesidades productivas reales.

En conclusión, el estado del arte de esta tipología de maquina CNC de escritorio, logra revelar un estado intermedio entra la solución comercial para inexpertos y la propuesta educativa de una solución replicable sin el soporte técnico adecuado, además de evidenciar una necesidad de analizar más contextos aplicables a la interacción de las máquinas de fabricación digital con respecto a los espacios en los que se desenvuelve y los distintos tipos de usuarios o potenciales usuarios con los que interactúan.

6.2. Enfoque De La Propuesta

Debido al aparente estancamiento en la producción de nuevas máquinas de fabricación digital de escritorio como son las impresoras 3D, fresadoras CNC y cortadoras láser, vienen surgiendo, en los últimos años, distintas propuestas como impresoras de resina de alta definición, o grabadoras láser portátiles, que siguen girando en torno a los conceptos básicos de fabricación aditiva (con respecto a las impresoras 3D), o delimitaciones técnicas que aún no se han podido superar con respecto a la versatilidad y la personalización. Esta situación se debe a que, la velocidad con la que han ido evolucionado y comercializándose este tipo de herramientas de manufactura ha superado en gran medida a la exploración y crecimiento de sus posibilidades.

Es por este motivo, que el enfoque de la propuesta no pretende forzar el crecimiento comercial de las herramientas de fabricación digital, sino, ampliar la oferta de herramientas específicas para que los usuarios tengan nuevas opciones con las cuales experimentar y renovar sus conocimientos sobre procesos de manufactura digital.

Finalmente, queda determinar que, el contexto específico donde se ubica la propuesta de diseño es el de un laboratorio de fabricación digital, centro de innovación tecnológica, emprendimiento de base tecnológica que se dedique al prototipado de productos o, inclusive, los espacios de manufactura digital abierta al público en general como los “Maker Spaces”.

Por lo tanto, el objetivo final de la propuesta es el de diseñar una maquina CNC dobladora de varilla metálica, basadas en los planteamientos iniciales revisados en el estado del arte, como el de mantener una interfaz de usuario amigable y de flexibilidad para el enriquecimiento del funcionamiento, ofreciendo una plataforma de código abierto para el beneficio del usuario técnico experto; Que contemple el contexto real del producto y los actores dentro del sistema de fabricación digital adaptándose a distintas formas de uso, utilizando insumos y procesos de fabricación locales y que trabaje con materiales de fácil acceso como varillas de dimensiones estándar considerando el aspecto económico tanto en la producción, como en el mantenimiento y los consumibles. Además de demostrar la importancia del Diseño Industrial en el mejoramiento de procesos productivos y en proyectos de investigación sobre innovación tecnológica.

Y, en consecuencia, promover nuevas técnicas de manufactura digital en el medio local, fomentar la investigación del diseño de producto dentro del contexto socioeconómico peruano para poder, en un futuro, familiarizar a las PYMES con la fabricación digital, reducir las cargas de manufactura analógica dentro de los procesos productivos dentro de las empresas de producción de bienes y aprovechar los insumos locales en beneficio de la implementación de nuevas tecnologías.

6.3. Requerimientos de Diseño

Según Rodríguez (1985) para poder definir una propuesta de diseño dentro de un contexto real, después de haber evaluado las posibilidades del medio local, se van a determinar a continuación, los aspectos técnicos a tener en consideración al momento de diseñar la solución, de esta forma el proceso creativo tendrá elementos reales en los cuales apoyarse para poder proponer libremente las disposiciones que puedan satisfacer, en la medida de lo posible, la mayor cantidad de requerimientos expuestos.

De esta forma es posible contrarrestar posteriormente la solución propuesta, con los requerimientos específicos indicados y obtener las conclusiones y recomendaciones necesarias al final del trabajo.

6.3.1. Requerimientos de Uso

6.3.1.1. Interfaz Digital

Para poder definir adecuadamente una interface digital del software controlador de la máquina, sería necesario ampliar el campo de estudio y entrar a definir conceptos de programación y arquitectura de software, sin embargo, existe una base de código abierto como programa beta para el uso específico de una dobladora de varilla CNC producido por PENSA LABS durante el periodo de prueba de la primera versión del DIWIRE.

Esta plataforma permite ser modificada de acuerdo a los requerimientos de cada usuario, sin embargo, por efectos del trabajo de investigación solo se indicarán los elementos de control virtual necesarios para que la máquina opere adecuadamente.

6.3.1.2. Interfaz Física

Debido a lo especificado en el planteamiento de la hipótesis del trabajo, la interfaz física, cumple un rol relevante en la conexión real entre el objeto y el usuario, indica la forma en que se debe manipular la máquina, a través del lenguaje visual sugiere las zonas específicas donde se debe realizar cada parte de la secuencia de uso del aparato, hace la comunicación entre el operario y la máquina entendible y amigable.

Estos aspectos deben responder directamente a un estudio de estándares de comunicación visual e interface en sistemas referidos a fabricación digital, y, a su vez, rescatar elementos establecidos de tecnología ya conocida de las herramientas eléctricas manuales en las cuales se basa la propuesta de dobladora de varilla CNC.

La comunicación no necesariamente debe estar supeditada al tacto manual, texturas, pulsadores, palancas, etc. sino también debe incluir elementos complementarios como sonidos o luces que indiquen tareas, o respondan a interacciones inmediatas durante la secuencia de uso.

6.3.1.3. Seguridad

En cuanto a la seguridad del operario durante la manipulación de la maquinaria, se deben considerar todos los pasos requeridos en el proceso de mecanizado y transformación del material para garantizar la ausencia de riesgos para el usuario en el manejo, aplicación o dosificación.

6.3.1.4. Relación Dimensional (Antropometría)

En cuanto a las dimensiones deseadas de la máquina, es necesario realizar un estudio preliminar del área promedio de un equipo para instalaciones dedicadas a la fabricación digital, los espacios determinados para el desarrollo de manufactura digital, por lo general no suponen espacios tan libres por las dimensiones específicas con las que trabajan las máquinas promedio, delimitan su área real de trabajo.

Sin embargo, se deben considerar necesariamente las dimensiones máximas del material con el que se trabaja, y realizar el cálculo necesario para la libertad de movimiento del material al momento del mecanizado, considerando al operario y las demás actividades que se realizan en el mismo ambiente físico.

6.3.1.5. Ergonomía

Los requerimientos ergonómicos van a ser sugeridos por metodologías de evaluación de riesgo disergonómico para determinar los esfuerzos biomecánicos que responderán directamente a los componentes de la interface física, además de garantizar la adecuación del producto al usuario en aspectos como: ruido, temperatura, iluminación, fatiga, peso y vibración de ser necesarios, o en su defecto, presentar las sugerencias ambientales necesarias para causar el menor síntoma molestia al operario.

6.3.1.6. Mantenimiento

Con respecto a los requerimientos específicos de mantenimiento, es necesario tenerlos en cuenta al momento de definir la conformación de los componentes en la estructura general para permitir el libre acceso a cada una de las piezas que sufra desgaste, contemplar el orden

de ensamblaje para poder desmontar los sistemas internos sin afectar de manera parcial o permanente el funcionamiento general de la máquina.

6.3.1.7. Transporte

Si bien este tipo de productos no cambia de ubicación continuamente a lo largo de su vida útil, este requerimiento sirve para considerar la manipulación del equipo al momento de ser transportado distancias cortas dentro de un mismo ambiente, o al ser colocado al momento de la instalación en el lugar donde se vaya a colocar.

6.3.2. Requerimientos de Función

6.3.2.1. Mecanismos

Los mecanismos que se elijan para solucionar el sistema de transformación van a estar relacionados a 2 tareas básicas para el funcionamiento de la dobladora de varilla CNC, un sistema específico de extrusión y control de avance del material a través de motores de pasos y un sistema de rodamientos, y un segundo sistema de ejecución del doblado planteado de manera preliminar como una guía para asegurar la direccionalidad del material a ser doblado y un sistema de min excéntrico solenoide, ambos controlados en paralelo y en coordinación por los componentes electrónicos para activar su funcionamiento.

6.3.2.2. Resistencia

La resistencia del material responderá específicamente a las propiedades físicas de los materiales y los tratamientos durante la manufactura de los mismos que se elijan para la fabricación de la máquina, si bien es una herramienta de transformación de material y eso supone un desgaste físico de los elementos en contacto al material que se trabaja, existen opciones en el mercado local para poder responder a las exigencias de esfuerzo que requiere la máquina para ejecutar el trabajo.

6.3.2.3. Acabados

Los acabados superficiales del producto deberían surgir como decisiones basadas en las conclusiones de la definición específica del contexto en el que se va a ubicar la máquina, si debe prestar condiciones de acabado superficial para más de una situación y/o entorno de

trabajo, este requerimiento debe ser lo más sensato posible para poder desempeñarse adecuadamente en donde se le requiera.

6.3.3. Requerimientos Estructurales

6.3.3.1. Componentes

Los componentes a ser considerados en el diseño, para una distribución lógica de los mismos, corresponderían al esquema básico que presentan las máquinas CNC presentado en los principios básicos del control numérico computarizado; entonces, hay que tener en cuenta un microcontrolador o cerebro de la máquina, controladores específicos para los motores de paso, los motores de paso que ejecutan los comandos y desplazan los elementos que ejecutan el trabajo de la máquina, una fuente de energía con capacidad de alimentar tanto a los componentes eléctricos como a la herramienta mecánica, y un sistema de pin solenoide para ejecutar el doblaje del material.

6.3.3.2. Carcasa

La carcasa debe funcionar como el elemento estructural que engloba y vincula todos los elementos del sistema, debe ser el agente unificador de interface y función interna, a la vez que protege a los componentes que no deban estar expuestos y presente los que deban tener algún tipo de relación con él operario, además de determinar las áreas generales de configuración del trabajo, desmontaje para mantenimiento, tomas eléctricas, anclajes, etc.

6.3.3.3. Uniones

Las uniones deben ser elementos significativos del sistema de integración entre los componentes, se encargarán de vincular el sistema interno con la estructura y la carcasa, asegurando la rigidez y firmeza de la máquina.

6.3.3.4. Estabilidad

La estabilidad del producto tendrá como elementos a tener en cuenta, el centro de gravedad y los puntos de apoyo, ambos deben trabajar en conjunto a la distribución de componentes y al análisis integral de los mismos para poder tener un balance global del centro de la masa del objeto y ubicar los puntos de apoyos, estos deben ser, de preferencia, regulables y de un

material que amortigüe o disminuya la vibración que transmiten los componentes electromecánicos.

6.3.4. Requerimientos Técnico-Productivos

6.3.4.1. Modo de Producción

El modo de producción exige, por las condiciones del mercado local previamente identificadas, una sinergia entre procesos de manufactura analógicos y digitales, donde los elementos que requieran precisión y tolerancias mínimas para asegurar un funcionamiento adecuado para las exigencias de la fabricación digital, sean producidos con herramientas de control numérico computarizado como el corte láser de planchas de acero, plegado CNC y alguna otra técnica que requiera la construcción por el grado de precisión que exija la función de cada pieza. Sin embargo, los procesos de ensamblaje y montaje de los elementos, así como las conexiones eléctricas deberán ser resueltas de manera tradicional con las herramientas adecuadas para cada tipo de trabajo.

6.3.4.2. Normalización y Estandarización

En la medida de lo posible, sería recomendable trabajar las piezas y anclajes dentro del sistema métrico, aunque no es imperativo debido a popularidad del sistema imperial en el Perú, el concepto de fabricación local será, en la mayoría de los casos, el que guíe la elección de la estandarización de los elementos y materiales para fabricar la máquina.

Con respecto a los componentes electrónicos y electromecánicos, se pueden utilizar elementos de hardware libre que responden a sistemas globales y libres de licencias y de libre acceso por los usuarios, sin embargo, estos sistemas trabajan con ciertos elementos específicos como los motores de paso de la norma NEMA, muy usados en la construcción de máquinas de fabricación digital siendo los más usados NEMA 17 para impresoras 3D y NEMA 23 para fresadoras CNC de escritorio.

También hay que tener en cuenta la posibilidad de resolver en el diseño la modulación y simplificación de las partes para ampliar su versatilidad.

6.3.4.3. Materias Primas

Es necesario definir también, en este punto, las características y especificaciones de los materiales que se usarán para la fabricación, las normas técnicas de las planchas de acero que se utilizarían para la carcasa, aluminio y polímeros, con los cuales se fabricarán las piezas del equipo, cada especificación deberá estar descrita en los planos técnicos del producto.

6.3.4.4. Tolerancias

La ventaja de usar tecnología de fabricación en el proceso de manufactura de la maquina permite tener, en gran medida, control sobre los límites máximos y mínimos de la capacidad de los equipos y materias primas.

Cada factor de tolerancia dependerá del tipo de proceso de manufactura que se utilice, y estos dígitos deberán estar indicados en los planos técnicos del producto.

6.3.4.5. Embalaje

En este punto en específico sería prudente indicar de manera general las condiciones y características del material o los materiales que protegerían la mercancía para su manejo, almacenaje o transporte, además de los procedimientos necesarios para empaquetarlo.

6.3.4.6. Costos

Este requerimiento debería ser resuelto mediante la suma de costos de mano de obra directa, materiales, gastos de manufactura y costos indirectos de fabricación además del cálculo de la utilidad respectiva.

Este cálculo puede aproximarse en un primer momento a través del proceso de prototipado al momento de definir las condiciones finales del producto, lo cual nos permitiría proyectar de manera general los costos finales en caso se plantee una fabricación a mayor escala, sin embargo, estos datos pueden ser especificados de manera general a través de porcentajes teniendo como referencia los costos del prototipo.

6.3.5. Requerimientos Estético-Formales

En referencia a las consideraciones estético-formales para el diseño, se debe considerar la apariencia general del producto, guardando relación con la estética del contexto donde se planea implementar la máquina, respetar la unidad y el ritmo de los elementos que conforman el paisaje material del espacio de trabajo.

Por ser esta una herramienta de trabajo, la función de la máquina debe ser clara y reflejarse en la simplicidad formal, mostrando una relación coherente entre sus partes para definir las propiedades indicativas de las partes que la conformarán a través de la forma, el color y la textura, estructurando la percepción del producto y sus acabados.

6.3.6. Algoritmo de Diseño

Para establecer un proceso de diseño ordenado, es necesario indicar los hitos o estamentos que permitan una correlación lógica para el problema específico. En el caso particular de la máquina dobladora de varillas, se empieza por la definición de la tipología del producto, luego se establecen los parámetros físicos básicos como: dimensiones componentes, materiales y procesos de fabricación; teniendo en cuenta la optimización de cada uno de los ítems mencionados.

Una vez establecidos los aspectos físicos que compondrán la máquina y como se relacionan cada uno de ellos a través de la fabricación de los mismos, se proyecta la estructura general a manera de integración, de tal forma que se puedan generar opciones coherentes a los factores de uso del dispositivo, así como el entendimiento de las piezas y la función que cumplen cada una de ellas en el producto.

Finalmente se proponen soluciones que integren los aspectos técnicos a través de una morfología adecuada, que converse directamente con las propiedades específicas de los materiales y componentes seleccionados para la materialización de diversas propuestas estético-formales específicas de la máquina.

La propuesta preliminar tendría que satisfacer en primera instancia los parámetros planteados en el diagrama lógico de factibilidad de la máquina a través de un proceso de validación, tal y como se presenta en el siguiente diagrama de flujo.

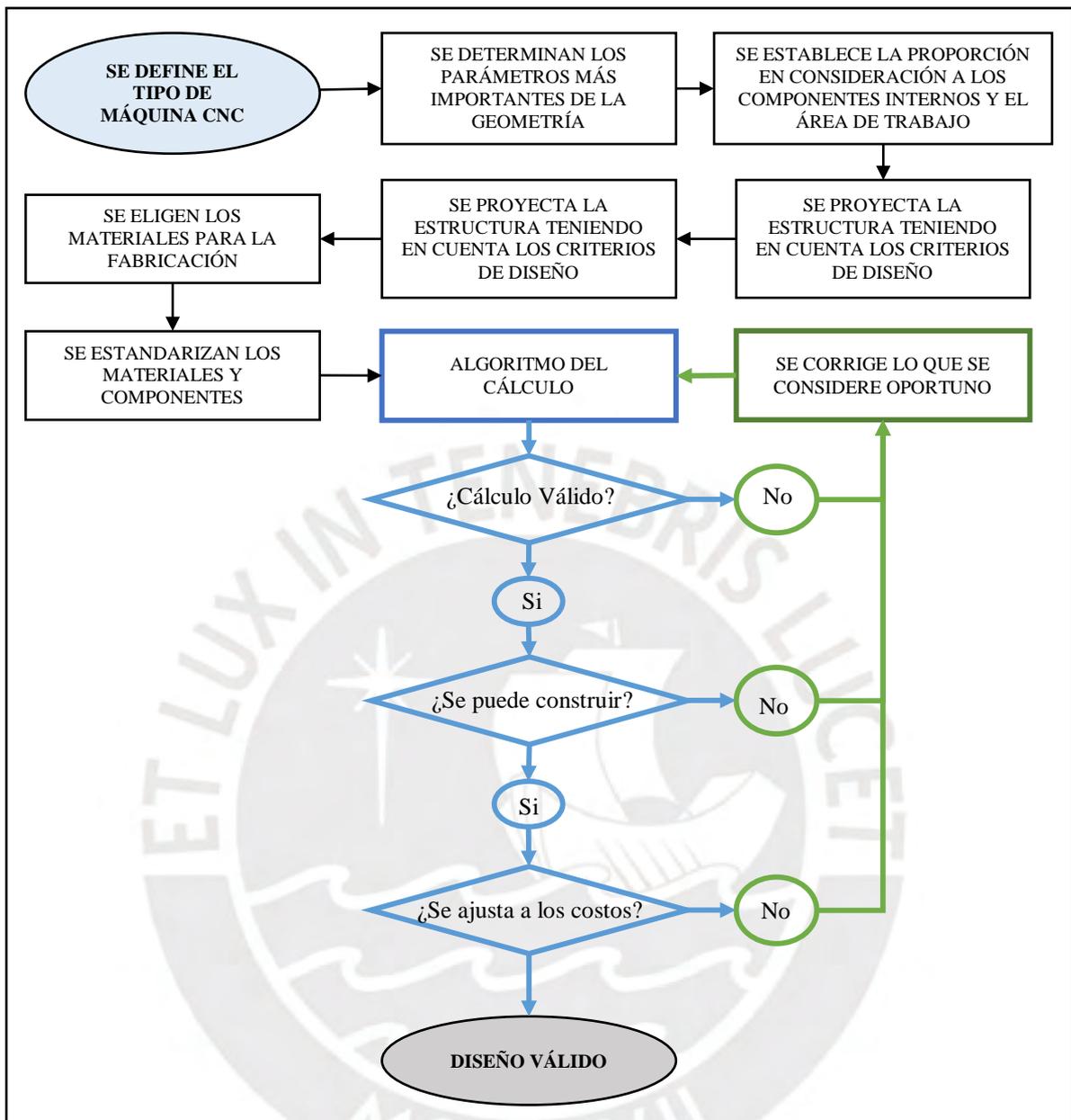


Figura 11. Proceso de validación de la máquina.

Fuente: Elaboración propia

6.3.7. Sistemas Generales

Si bien, el lineamiento de trabajo presentado en el algoritmo de diseño plantea una resolución integral de las partes atendiendo a los distintos parámetros técnicos que requiere proyectar una máquina de control numérico computarizado, es conveniente, a manera de estudio, identificar los distintos sistemas que interactúan en el funcionamiento de una máquina dobladora de varilla controlada por computadora.

Dentro de los sistemas generales en los que se puede dividir el aspecto funcional de la máquina están:

- **Carcasa:** Sistema conformado por los elementos que protegen, de manera general, los componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos del dispositivo, además determina la composición de la interfaz analógica debido a la naturaleza de exterioridad que presenta con respecto a los elementos que alberga.
- **Sistema Electrónico:** El sistema electrónico está compuesto básicamente por 3 tipos de elementos; una fuente de poder, un microcontrolador general, y los controladores específicos para motores de paso, además de la plataforma modular de conexión entre el microcontrolador principal y los controladores de motor de paso correspondientes a los motores NEMA 17.

Por otro lado, la fuente de alimentación además de enviar energía eléctrica al microcontrolador principal, que a su vez alimenta a los controladores de motor NEMA17 y el sistema de ventilación, alimenta directamente a dos componentes; al controlador de motor de paso NEMA23 y al actuador electromecánico que forma parte del sistema de doblez.

- **Estructura:** El sistema estructural puede definirse a través de los elementos que generan vinculación de piezas principales, armando un esqueleto rígido que catalice la estabilidad de la máquina y la autoportancia de la misma, en este sentido los anclajes de pernos, elementos estructurales como vigas o soportes internos, sistemas de anclaje a estructuras internas; además de los elementos que forman parte de la carcasa resolverían en primera instancia los requerimientos físicos que le permita a la máquina realizar su trabajo de manera estable con respecto a las condiciones físicas y mecánicas que esta requiera.
- **Sistema de Extrusión:** Con respecto a los elementos que conforman el sistema de extrusión de varilla, estos deberán tener un componente que genere un tránsito controlado de la varilla, es decir, más allá de la implicancia técnica de la palabra extrusión que infiere la conformación de material en frío o caliente a través de un

troquel para generar un perfil definido a lo largo de un mismo eje, se rescata la acepción que refiere al trabajo de trasladar en un mismo eje un material calibrado de una misma sección.

Este proceso, como se indica anteriormente en este punto, requiere de componentes que mantengan al material alineado y controlen el tránsito longitudinal de la varilla para poder generar la porción de sección necesaria entre doblado y doblado.

Los componentes comprendidos deberían ser; un motor de paso NEMA 17 o superior que controle el avance del material, además de elementos mecánicos como rodamientos que aseguren la alineación longitudinal adecuada y evite la posible deformación del segmento principal que aún no haya sido doblado.

- **Sistema de Doblez:** Finalmente, el sistema de doblado, es el conjunto de elementos que realizan la acción de conformación del material.

Este sistema está compuesto de cinco componentes, los cuales trabajarían en simultáneo al momento de doblar la varilla; el principal es el motor de paso NEMA 23 o superior cuya función es la de controlar el giro de la herramienta que dobla, este motor se encontraría montado en un puente estructural que se apoya en las caras internas de la estructura de la máquina para poder mantener el eje del motor fijo a 90° del suelo; la pieza de acople entre el motor de paso y la herramienta de doblado sería una pieza plástica que transmita el giro y mantenga la rotación concéntrica entre ambos elementos sin perder precisión.

Los últimos 2 elementos del sistema de doblado son el actuador solenoide que empuja la varilla de un lado a otro manteniendo como guía angular su propio eje principal, y los codos de varilla de acero ensamblados en la superficie principal de la carcasa estructural que cumplen la función de puntos de apoyo para el doblado y determinan el radio mínimo del plegado.

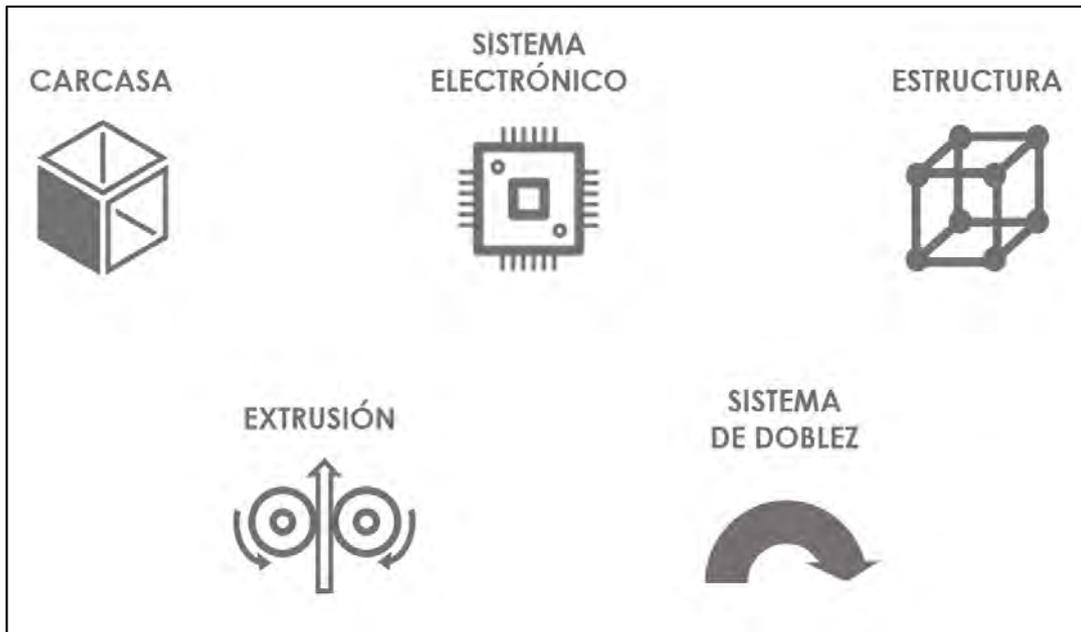
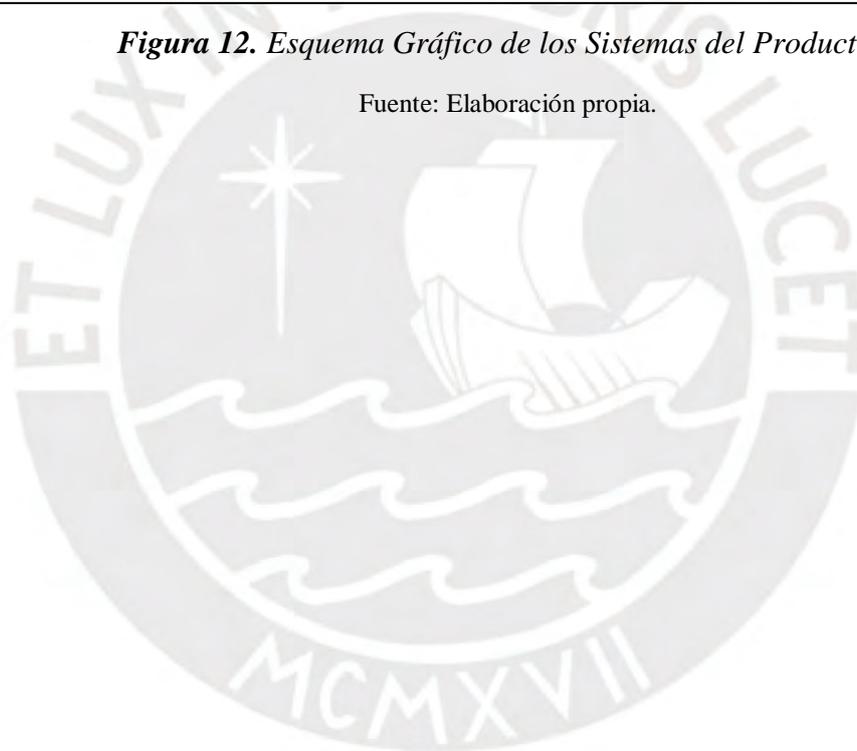


Figura 12. Esquema Gráfico de los Sistemas del Producto.

Fuente: Elaboración propia.



7. Desarrollo De La Propuesta De Diseño

A continuación, como parte del desarrollo de la propuesta de diseño se plantea una resolución específica a cada punto planteado en la etapa de definición de los requerimientos de diseño basados en las observaciones de los distintos conceptos expuestos en el marco del proyecto.

En primera instancia se definen las motivaciones formales y de valoración del producto en cuanto al concepto, para después plantear una propuesta de solución, validarla, y finalmente, resolver el primer prototipo funcional; consiguiendo de esta forma las conclusiones finales del trabajo de investigación presentada en un producto.

7.1. Fase de Concepto

Con la finalidad de esclarecer un concepto que defina la línea de solución del producto, se deben establecer las ideas fundamentales que abarquen, en gran medida, una o varias directrices que puedan converger dentro de un mismo campo proyectual, que presente las cualidades físicas del producto, y, que además, haga un llamado a las posibles cualidades intangibles necesarias para la orientación de la percepción del futuro usuario; presentando de esta forma las cualidades psicológicas que se van a proyectar en el producto.

Con respecto a algunas de las cualidades físicas que se pretenden determinar con la enunciación de las palabras que albergan el concepto del producto, podemos incluir los componentes físicos visibles del producto, la calidad intrínseca, el envase del mismo y de ser posible la marca.

La imagen, el posicionamiento que pondría tener en el mercado, el factor humano y su relación con el entorno además de la calidad percibida son aspectos que se deben considerar al momento de plantear las palabras concepto con respecto a las cualidades psicológicas de la máquina.

Finalmente, las cualidades intangibles deben ser ideas relacionadas al mantenimiento, garantías y posibles asesoramientos que se puedan plantear como aspectos complementarios al producto.

Teniendo en consideración las cualidades que deben ser proyectadas al momento de plantear el concepto del producto se presenta en este caso específico la siguiente colección de ideas:

BIDIMENSIONAL – LINEAL – RACIONAL – AUSTERO – TECNOLÓGICO –
SÓLIDO – DURABLE – EFICIENTE – PRECISO.

Para darle un soporte visual al concepto se presenta a continuación a manera de “Moodboard” el siguiente collage de imágenes de productos relacionados a las ideas expuestas.

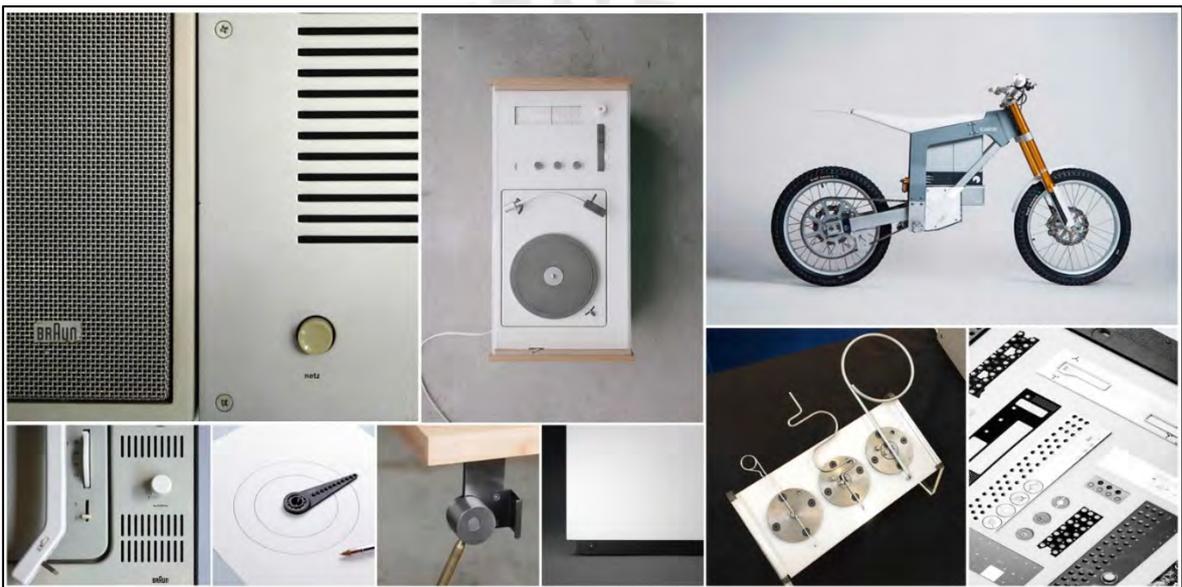


Figura 13. Collage de imágenes de productos relacionados a las ideas expuestas.

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Validación

Como parte de la metodología proyectual aplicada en este trabajo de investigación se presenta el siguiente proceso de validación que consta de 3 etapas.

El diseño CAD para proyectar el concepto y la solución preliminar, la maqueta para visualizar y experimentar la volumetría del producto a escala real y finalmente la opinión de expertos para validar las soluciones propuestas y rediseñar los aspectos que se consideren pertinentes.

7.2.1. Diseño CAD Preliminar

El primer acercamiento a la tridimensionalidad del producto, es el desarrollo en CAD del modelado 3D de la propuesta de diseño, teniendo como referencia los aspectos establecidos en los requerimientos de diseño y las directivas del concepto desarrollado anteriormente; este proceso permite, en primera instancia, proyectar las cualidades constructivas con respecto a las dimensiones y ubicación de los componentes así como el diseño de las piezas necesarias para el funcionamiento y vinculación de los distintos sistemas que conforman el dispositivo, además de ser una herramienta de representación visual de las soluciones que se piensan ejecutar.

En el desarrollo CAD de la propuesta de diseño se determinan además de la integración de componentes, los posibles materiales y acabados de la máquina, se prueban distintas configuraciones y optimización de procesos productivos, constructivos que permitan complacer las etapas establecidas en el algoritmo de diseño para la factibilidad del producto.

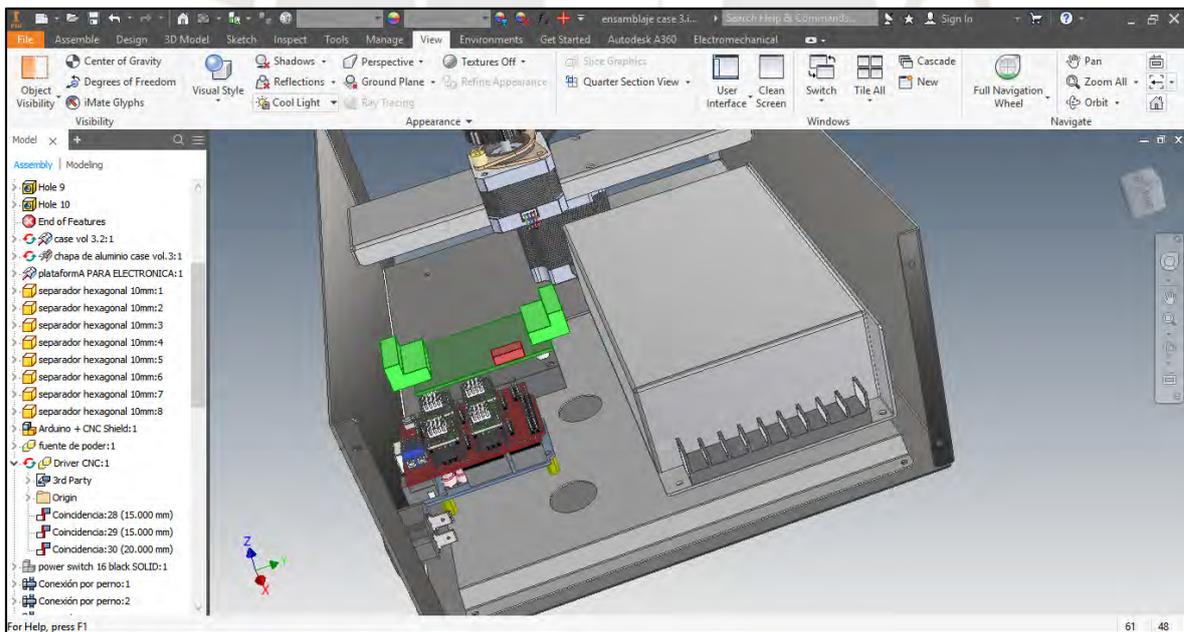


Figura 14. Ensayo de Ensamblaje de Componentes, AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Los softwares de desarrollo CAD permiten no solo previsualizar la volumetría del producto sino también ordenar bidimensionalmente los esquemas lineales que permitan la evaluación y ubicación de los elementos funcionales de los sistemas internos y externos.

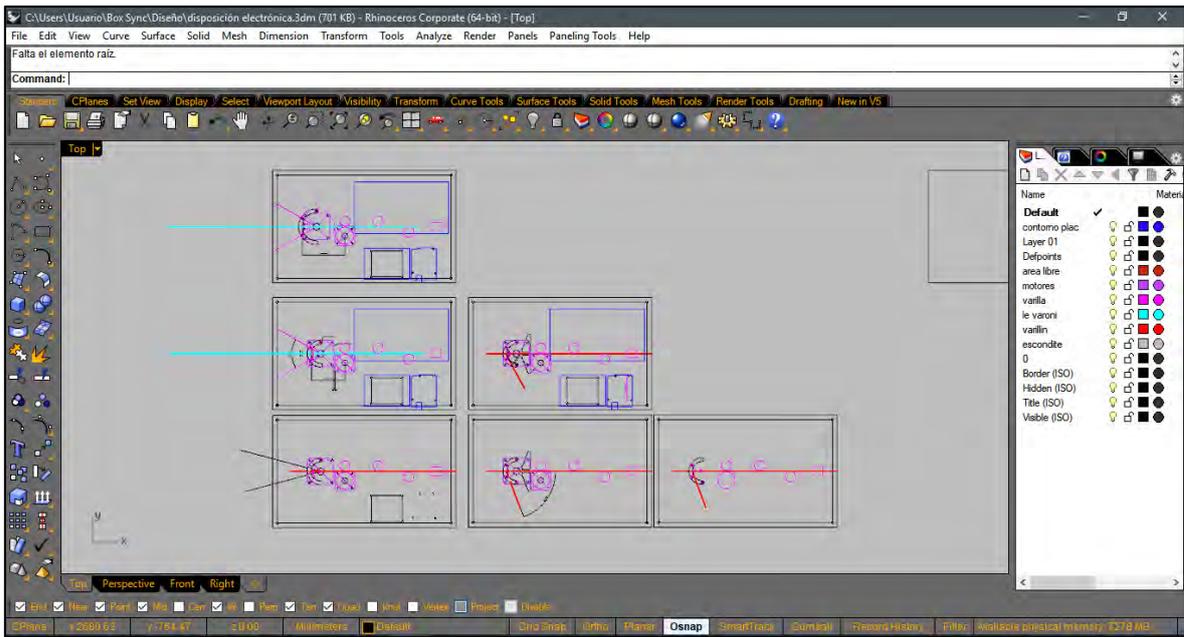


Figura 15. Ensayo de distribución de la electrónica y los componentes del sistema de doblez, RHNOCEROS 5.

Fuente: Elaboración propia.

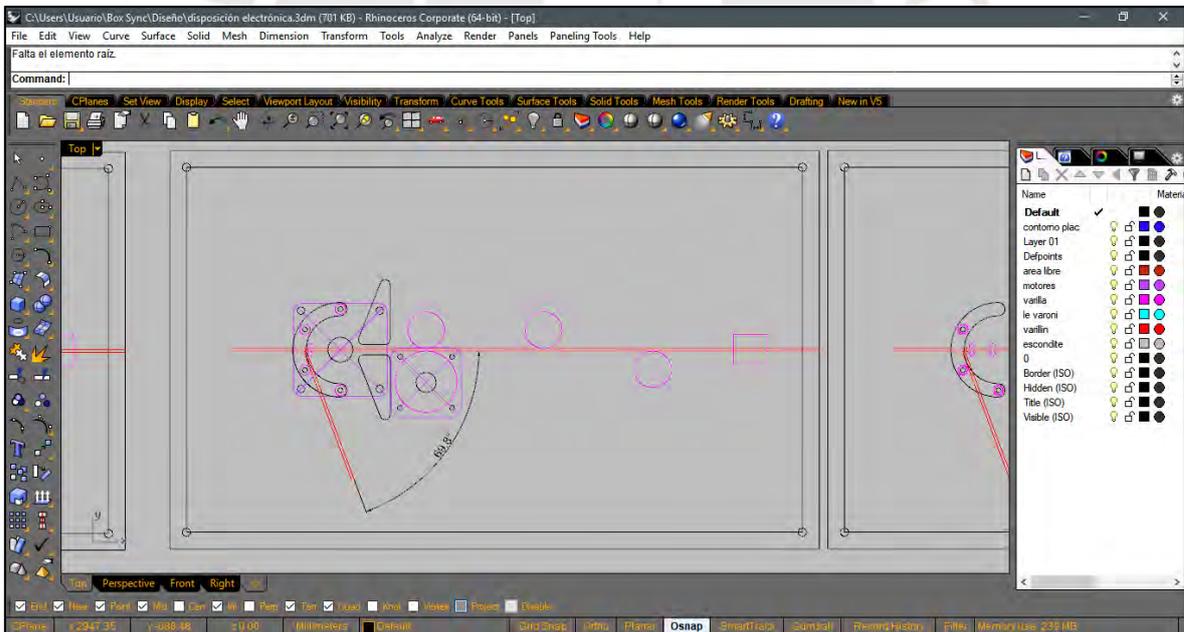


Figura 16. Ensayo de los alcances del sistema de doblez, RHNOCEROS 5.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2. Maqueta

Una vez que se han planteado todos los aspectos del diseño preliminar en formato digital, se prepararon los archivos para representar la volumetría del sistema estructural y de la carcasa junto con los componentes internos y externos.

Para una mayor aproximación a un contexto de producción real, se utilizan, en la medida de lo posible, los componentes electrónicos, mecánicos y electromecánicos reales; de esta forma se pueden probar no solo el orden de ensamblaje de la máquina, sino también la estructurabilidad de la misma y la distribución de componentes.

Adicionalmente se emplearon 2 herramientas de fabricación digital en esta etapa de maqueta: el corte láser y la impresión 3D FDM (deposición de material fundido).

Con respecto al corte láser, se utilizó un tablero en MDF de 3mm de espesor y el desarrollo de la estructura se resolvió en software vectorial bidimensional para aprovechar la precisión del corte láser y ensayar los orificios donde se ensamblarían tanto componentes electrónicos como mecánicos y actuadores.

Para resolver inicialmente las piezas plásticas diseñadas, se utilizó la impresión 3d como medio para representarlas, el material elegido fue filamento de ABS y la precisión de impresión de 0.09 mm en el eje Z. En este caso en particular se empleó la impresora 3D modelo M200 de la marca Zortrax por las cualidades de gran precisión que presenta dentro del mercado de impresoras 3D de escritorio.

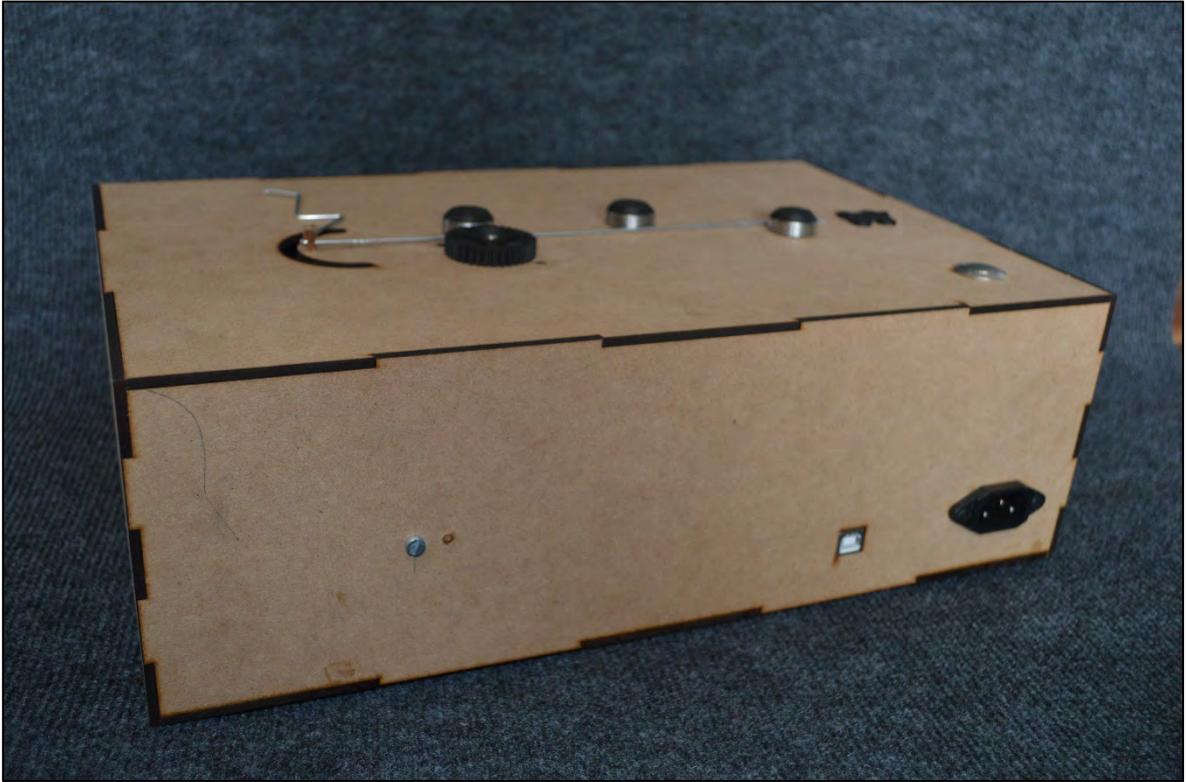


Figura 17. Detalle del ensamblaje de la carcasa en MDF de 3 mm.

Fuente: Elaboración propia.

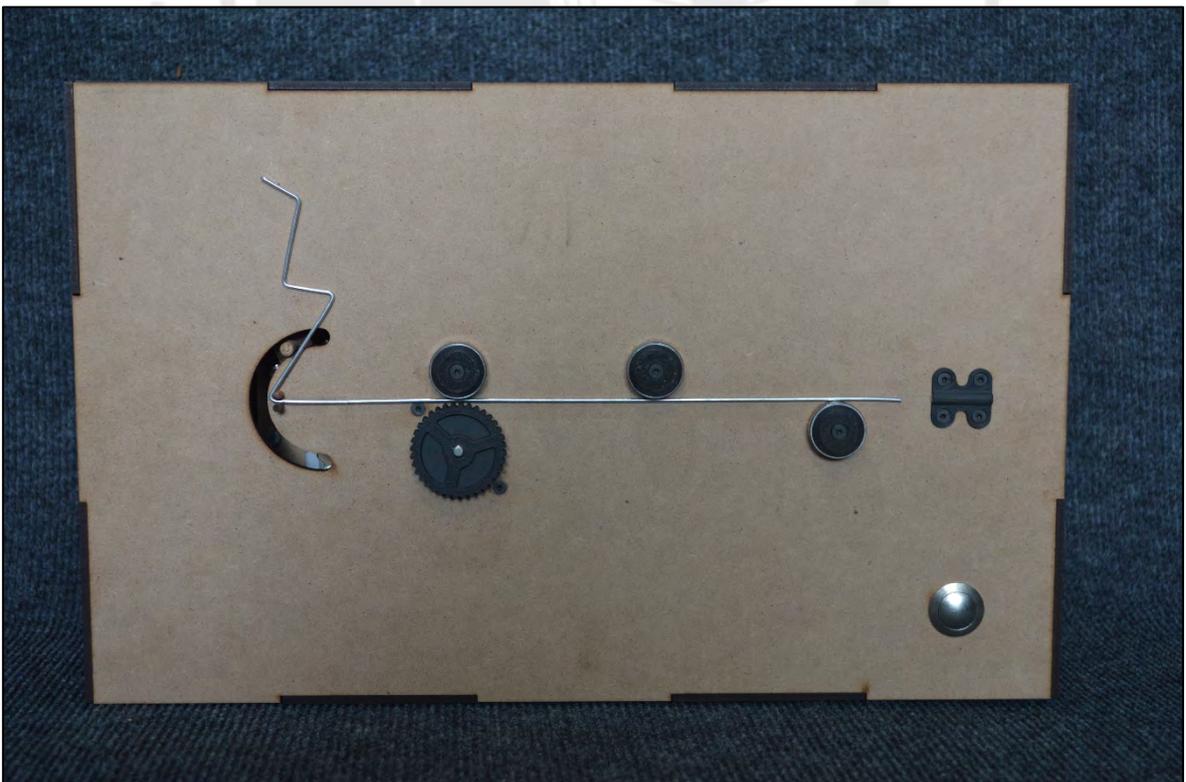


Figura 18. Detalle del ensamblaje de la interfaz principal.

Fuente: Elaboración propia.

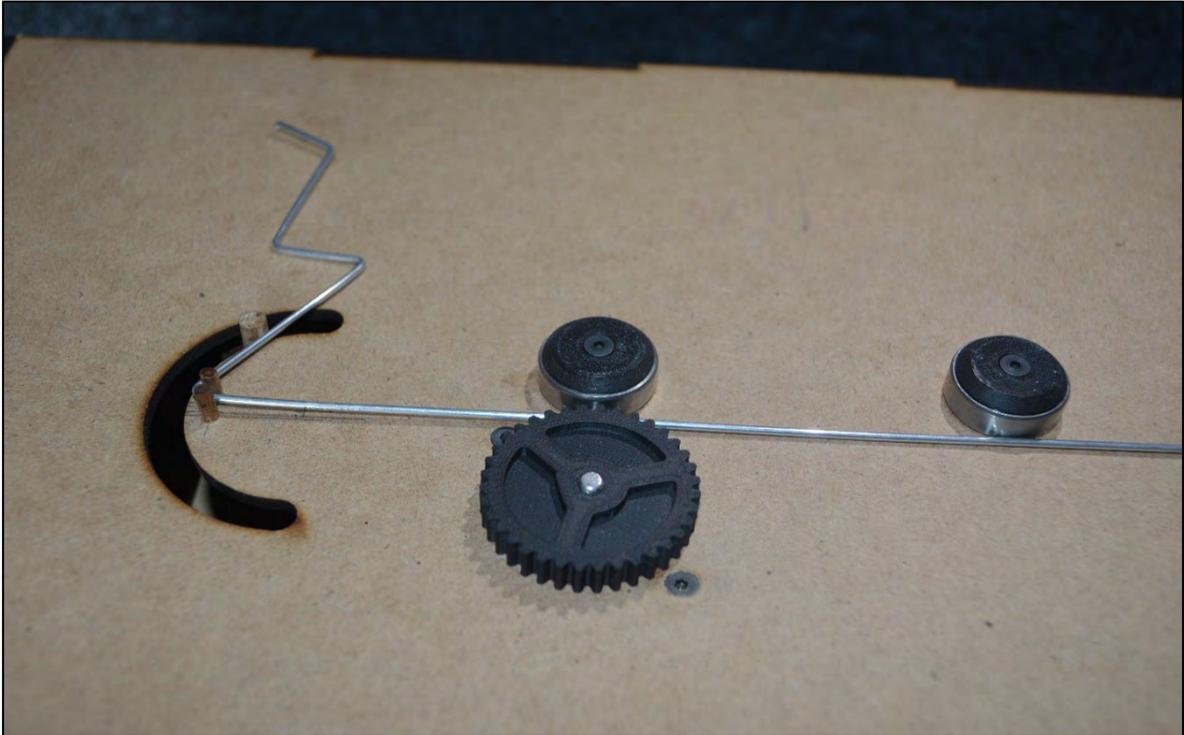


Figura 19. Detalle de los sistemas de extrusión y doblés.

Fuente: Elaboración propia.

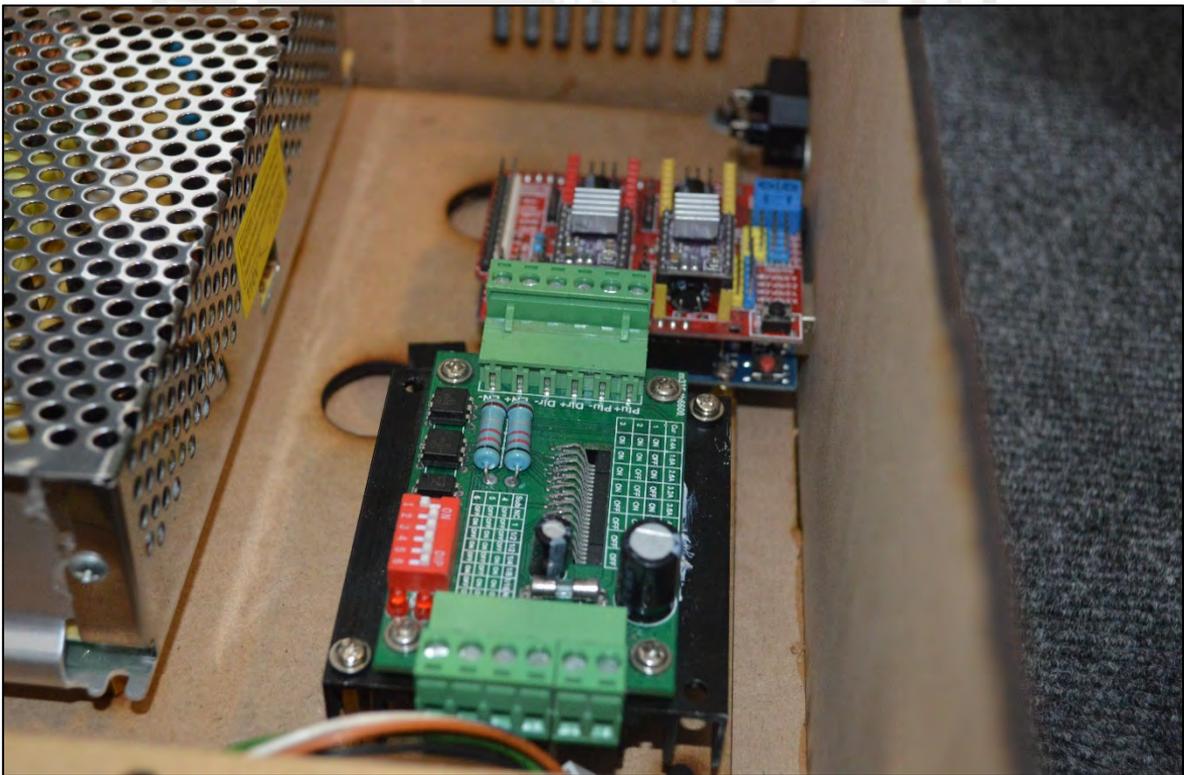


Figura 20. Detalle del ensamblaje interno de componentes 1.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Detalle del ensamblaje interno de componentes 2.

Fuente: Elaboración propia.

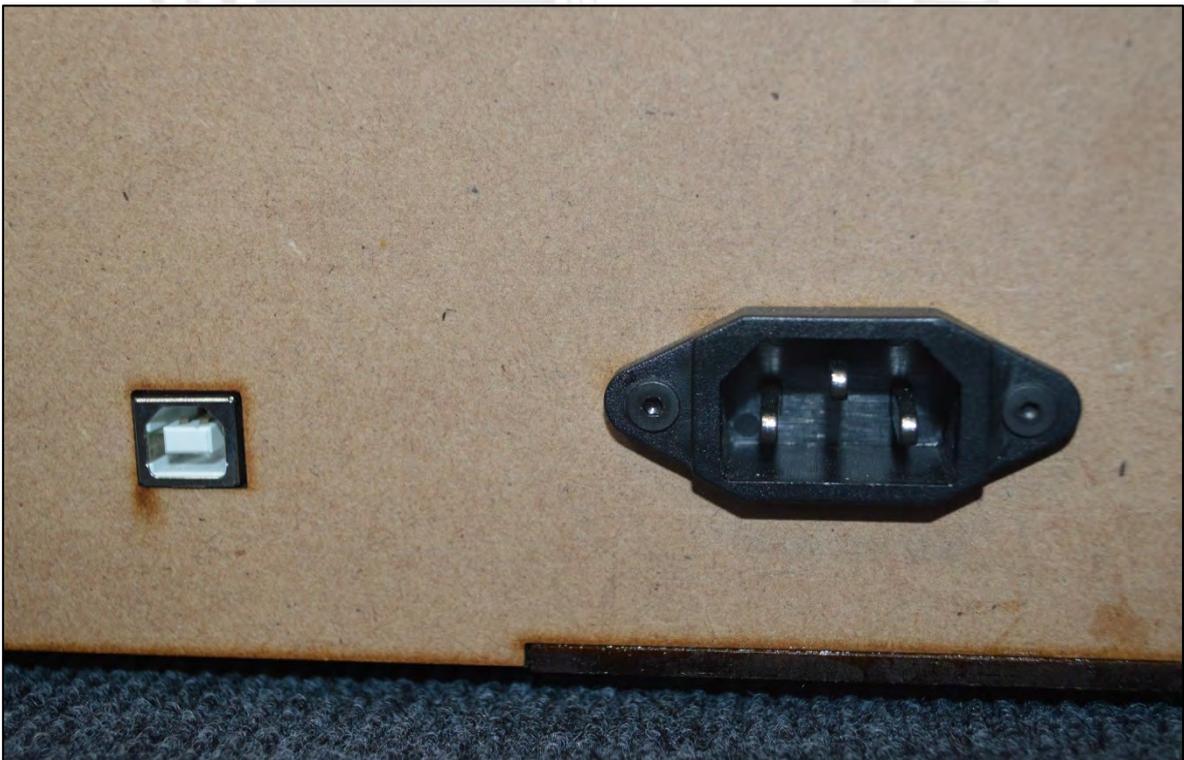


Figura 22. Detalle del montaje de componentes.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 23. Detalle de piezas plásticas diseñadas e impresa en 3D.

Fuente: Elaboración propia.

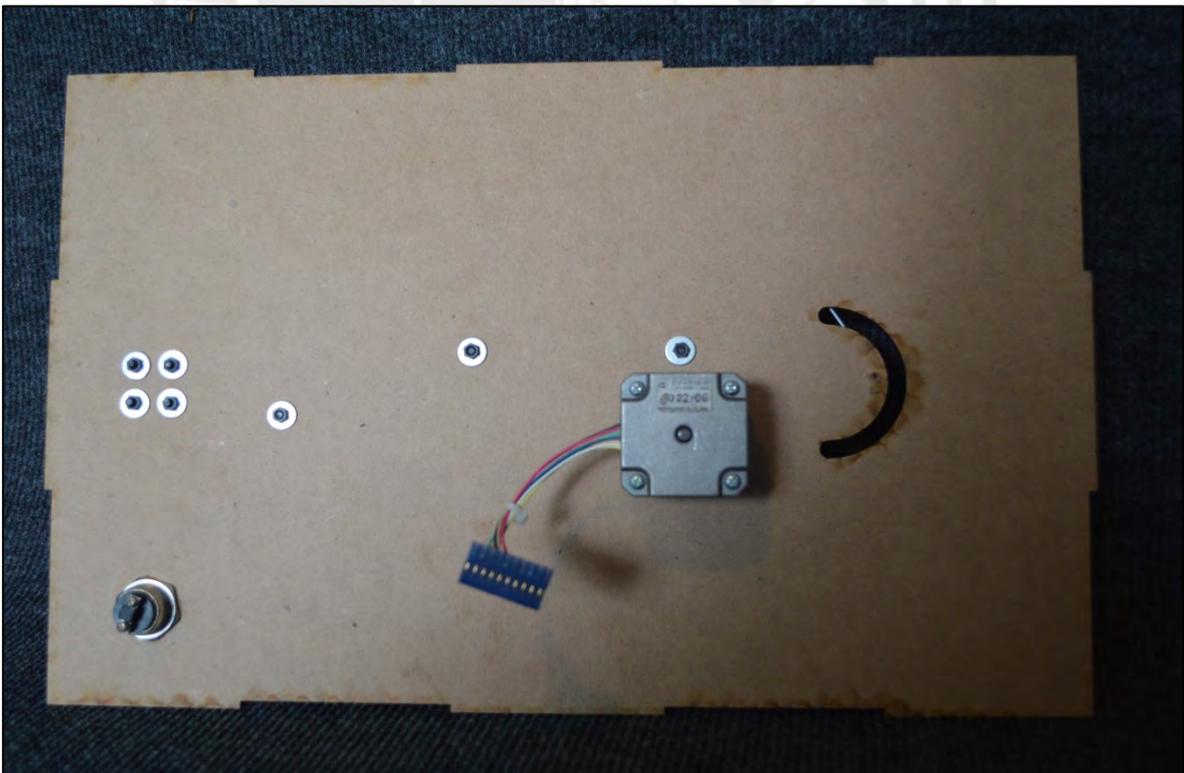


Figura 24. Detalle posterior del anclaje del sistema de extrusión.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.3. Opinión de Expertos

Si bien la maqueta es una aproximación bastante cercana a la realidad, para poder hacer una presentación complementaria a la maqueta, fue necesario utilizar el diseño CAD preliminar, se utilizaron imágenes renderizadas para representar la apariencia final que se la máquina, señalando los componentes que se plantean utilizar, el modo de uso, así como una representación del contexto, la interfaz física del producto y finalmente los distintos tipos de prototipos que se podrían realizar con la dobladora de varilla (ANEXO 3).

Ambas las herramientas de representación, la maqueta y las láminas de presentación del producto sirvieron como referentes para la obtención de la opinión de un grupo de profesionales del diseño con experiencia en la fabricación digital y el diseño de productos.

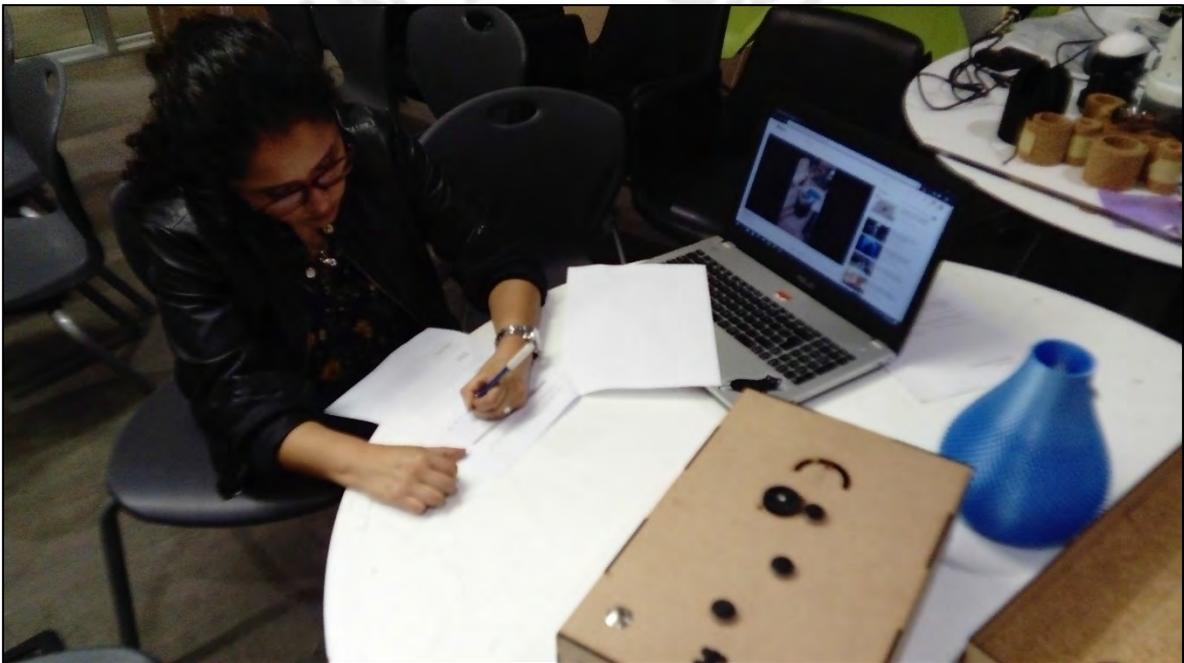


Figura 25. Registro de validación en sala VEO PUCP.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Registro de validación en LIMAMAKERS.

Fuente: Elaboración propia.

Para dicho fin se diseñó una tabla de valoración basada en los requerimientos de diseño vinculados estrictamente al diseño de producto, la cual permitiría atribuir un valor numérico a cada solución específica que se presentaba y volver una opinión en un factor cuantitativo. Sin embargo, también se adicionaron cajetines donde los entrevistados podían redactar opiniones o sugerencias con respecto a los aspectos que se deberían tomar en cuenta, corregir o reformular.

Gracias a los cajetines de opinión al final de la encuesta, se pudo recopilar diversas opiniones técnicas en cuanto a los aspectos generales del diseño, los resultados pueden ser revisados en el ANEXO 4, toda esta información obtenida enriquece la propuesta inicial recopilando distintos puntos de vista, además de esquematizar las apreciaciones sobre el producto para una posterior evaluación de criterios.

En las siguientes imágenes se presenta el diseño de la encuesta de opinión de expertos.

FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

Nombre y Apellidos

Grado Académico

Profesión

Institución donde labora

Cargo que desempeña

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | | | |
| | Seguridad | | | | | |
| | Tamaño | | | | | |
| | Peso | | | | | |
| | Mantenimiento | | | | | |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | | |
| | Durabilidad | | | | | |
| | Materiales y acabados | | | | | |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | | |
| | Sistema de anclajes | | | | | |
| | Estabilidad | | | | | |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | | | | |
| | Procesos productivos | | | | | |
| | Costos de fabricación | | | | | |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | | | | |

Figura 27. Diseño de encuesta de opinión de expertos.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|-------------|
| USABILIDAD | |
| FUNCIONALIDAD | |
| ESTRUCTURABILIDAD | |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | |
| ESTÉTICO FORMAL | |

Figura 28. Diseño de cajetines de opinión.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.4. Conclusiones de la validación

Para las entrevistas de validación se seleccionaron 7 profesionales vinculados directamente a las herramientas de fabricación digital, laboratorios de investigación, talleres de prototipos y la docencia de materias relacionadas al Diseño Industrial.

A cada uno de ellos se les presentó las diapositivas adjuntas en el ANEXO 3, además de la maqueta física para que puedan tener una opinión más real con respecto no solo a la apariencia final de la propuesta y sus aplicaciones, sino también a las condiciones reales de los componentes y a los aspectos tangibles como peso, tamaño, estabilidad, estructurabilidad y aspecto estético formal a través de las proporciones y composición de elementos y formas. Cada ítem que se evaluó, tenía una valoración de 1 a 5 donde:

- 1 No satisface los requerimientos del ítem
- 2 Satisface algunos requerimientos del ítem
- 3 Satisface parcialmente el ítem
- 4 Satisface la mayoría de requerimientos del ítem
- 5 Satisface completamente los requerimientos del ítem

Gracias a la cuantificación de los aspectos de diseño evaluados, fue posible consolidar en cuadros estadísticos las tendencias de la apreciación de cada uno de los participantes, así como la valoración de cada aspecto general del diseño.

Los cuadros que se muestran a continuación corresponden a la tabulación de las respuestas de los entrevistados, ejercicio que permite visualizar los aspectos que se consideran resueltos en mayor y menor media.

Finalmente se presentan los cuadros con los cajetines de opinión personal, con la síntesis de las opiniones de cada participante en cada uno de los aspectos generales del diseño.

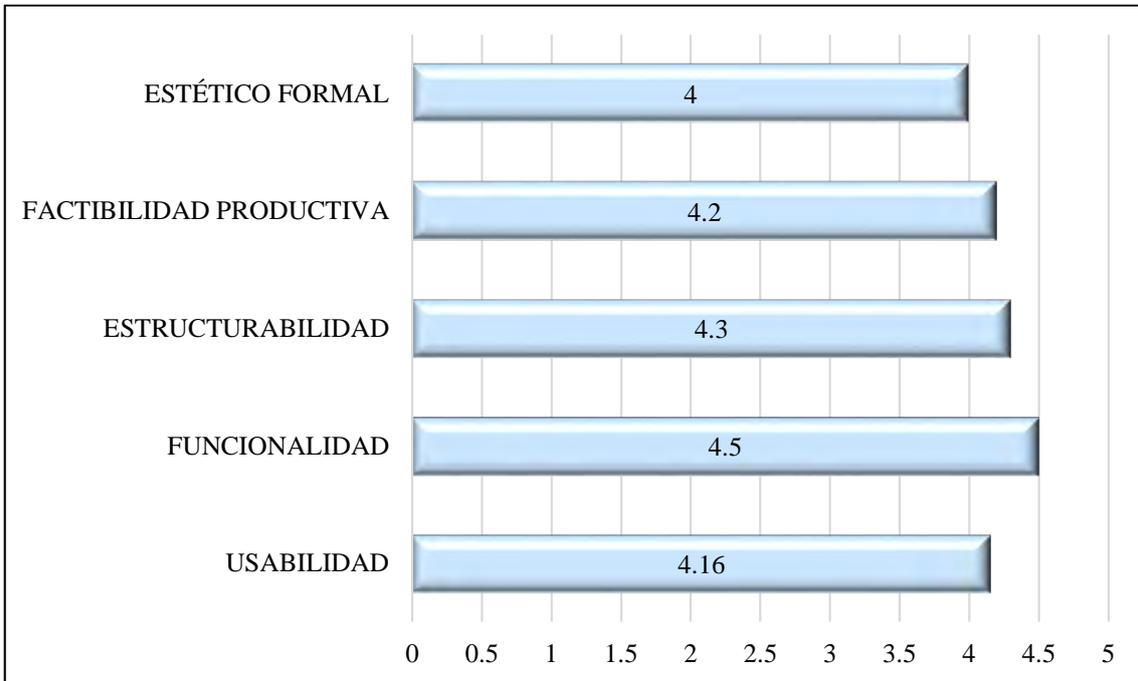


Figura 29. Aspectos generales del diseño.

Fuente: Elaboración propia.

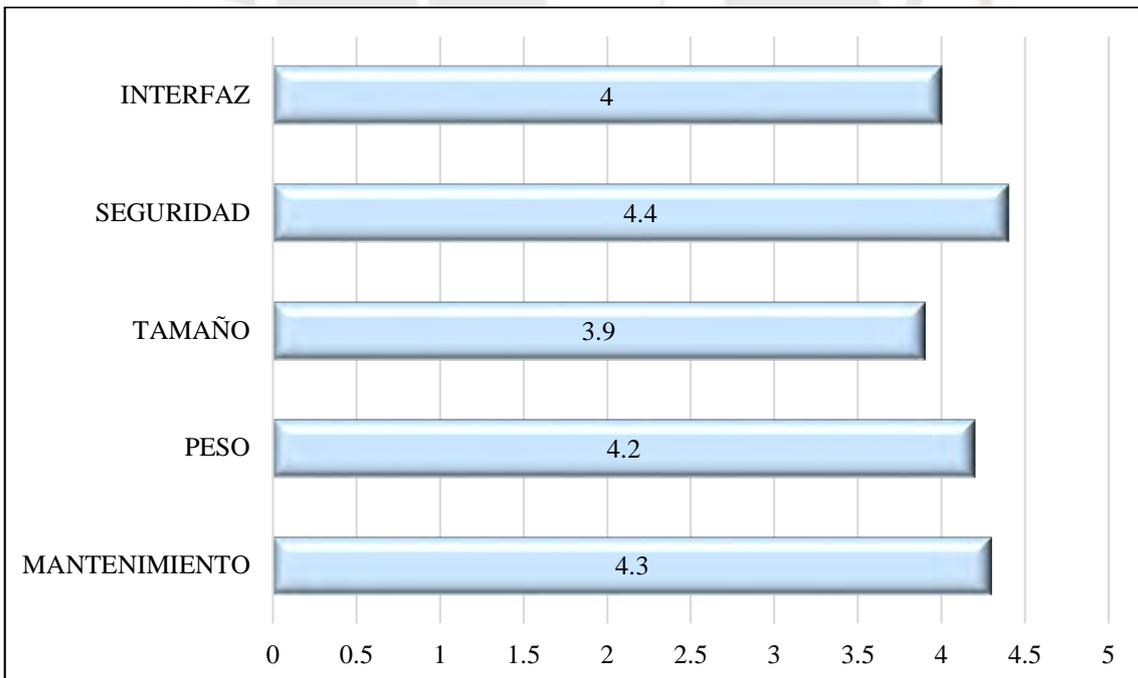


Figura 30. Aspectos de usabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

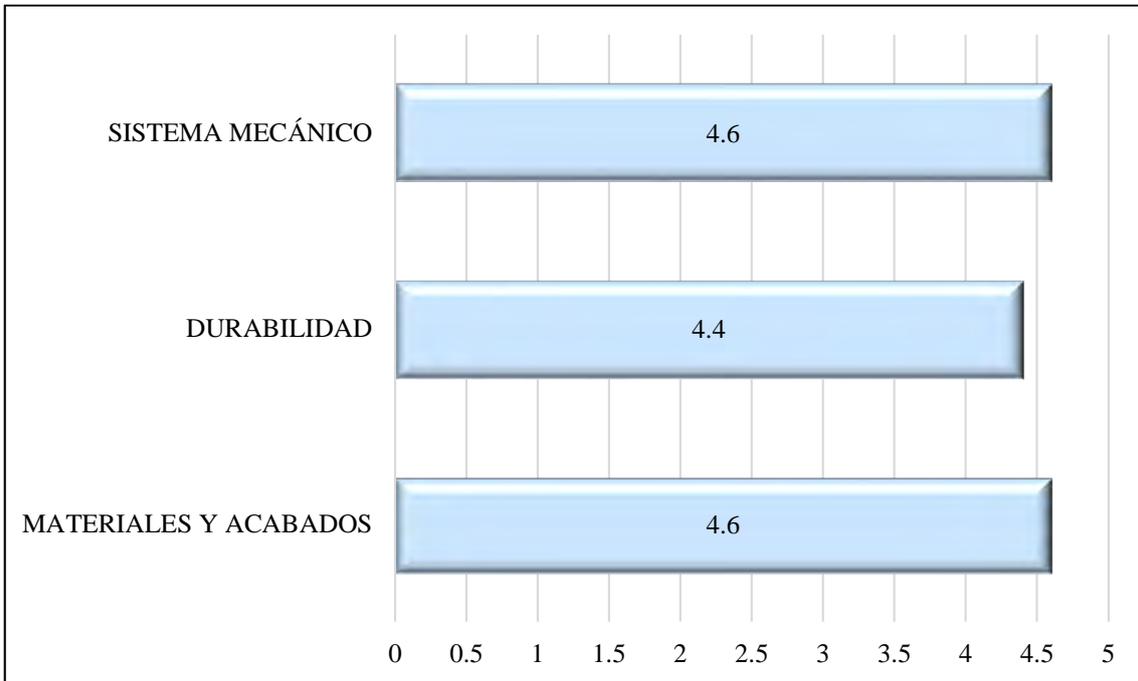


Figura 31. Aspectos de funcionalidad.

Fuente: Elaboración propia.

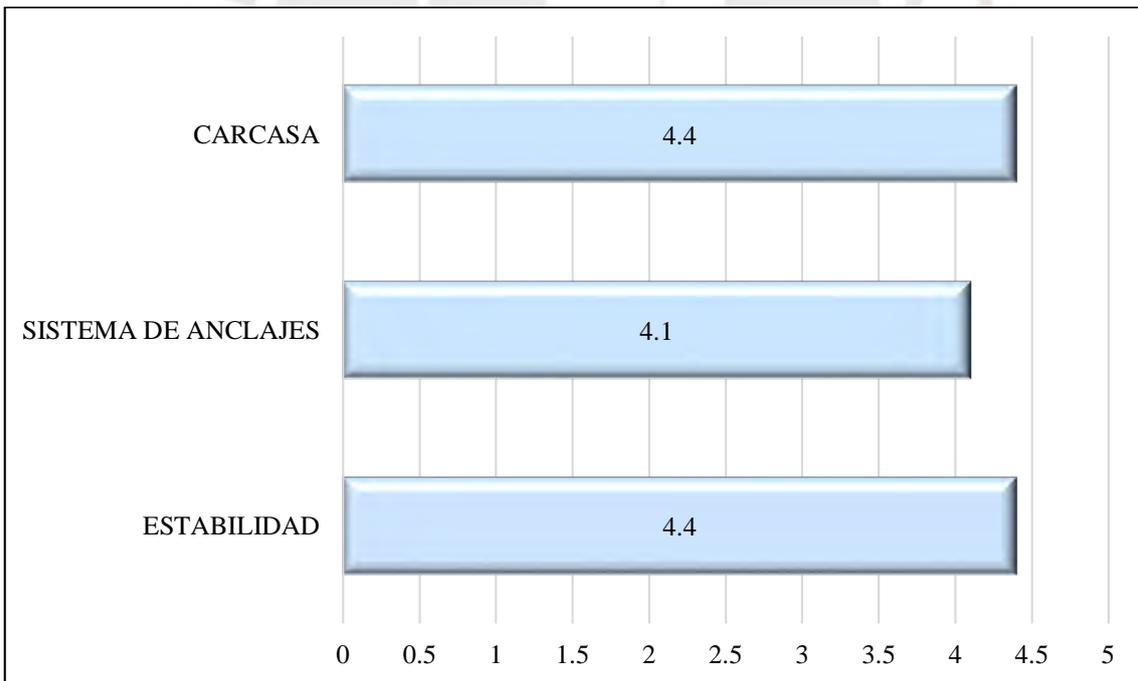


Figura 32. Aspectos de estructurabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

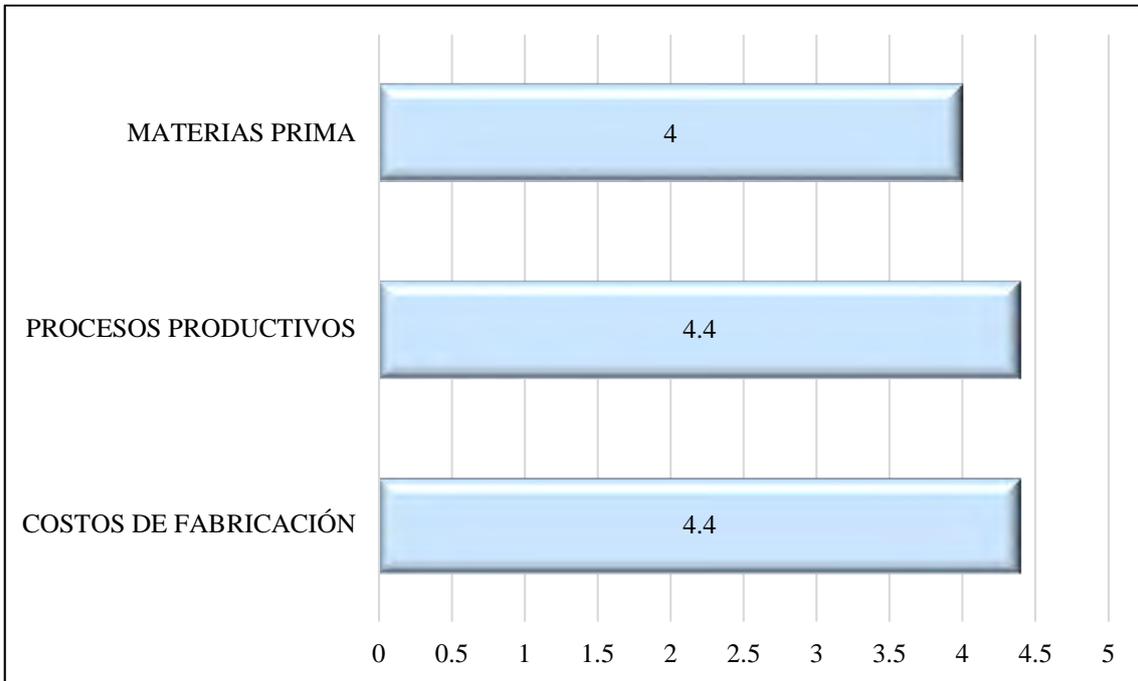


Figura 33. Aspectos de factibilidad productiva.

Fuente: Elaboración propia.

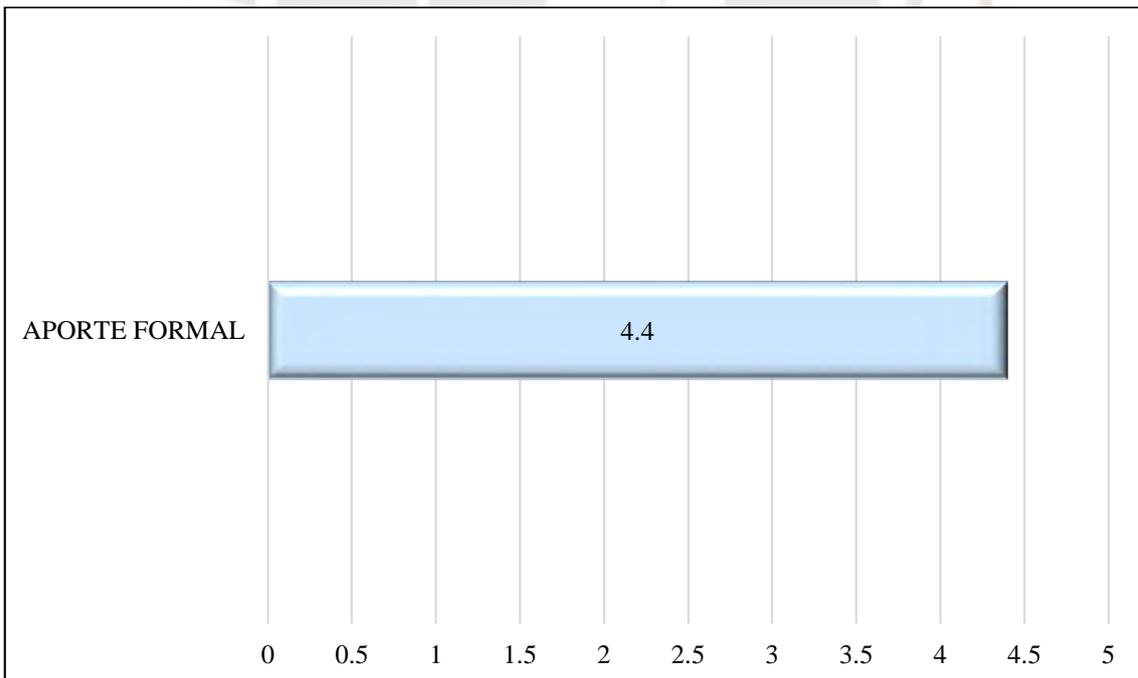


Figura 34. Aspecto estético formal.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Aspectos y sus respectivas observaciones

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|--|
| USABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar más campos de aplicación. • Evaluar el uso de señalética. • Protección en el sistema de extrusión. • Considerar una versión posterior con una placa electrónica única. |
| FUNCIONALIDAD | <ul style="list-style-type: none"> • Incluir accesorios y/o “upgrades” para la máquina. • Incluir una segunda guía para la varilla cerca al punto de dobléz. • Probar con mayor cantidad de dientes en el disco extrusor. • Debería incluir accesorios de corte para retirar el material doblado. • Considerar un espacio para transportar los cables de alimentación. |
| ESTRUCTURABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> • Indicar el riesgo de apoyo cuando la máquina esté colgada en la pared. • Considerar la redistribución del flujo de ventilación. • Considerar la gravedad y la reducción de vibración en la posición vertical. • Las patas roscadas pueden tener seguros de nylon. • El rack debería tener agujeros con desface para el montaje y desmontaje de la pared. • Considerar recubrimientos de goma para los rodamientos guía. • Revisar la disposición interna de componentes. |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar procesos de fabricación masiva. • Desarrollar esquemas de costo para fabricación industrial. • Experimentar con el dobléz de otros materiales. • Comparar y analizar la factibilidad usando fabricación digital. |

ESTÉTICO FORMAL

- Incorporar un logo, nombre e imagen comercial al producto.
 - Considerar opciones de color y personalización.
-

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Definición de la Propuesta

Con la finalidad de establecer una definición de propuesta coherente, se plantean a continuación la resolución específica a cada uno de los requerimientos de diseño presentados anteriormente.

7.3.1. Uso

Para poder definir un esquema general de uso, y, antes de proponer individualmente las características necesarias que debe cumplir cada aspecto que compone finalmente al producto en sí, cabe establecer una primera secuencia de uso del producto de forma general, de tal manera que se presente, en este caso específico, una propuesta de solución que deba ser desarrollada por profesionales de la ingeniería electrónica y la ingeniería informática con respecto a los comandos digitales para el proceso adecuado del uso.

Sin embargo, cabe resaltar que el resto de requerimientos resueltos sí son consecuencias del ejercicio del diseño del producto, siempre y cuando no sean necesarios los conocimientos requeridos en cuestiones de arquitectura de software o diseño digital de programas.

A continuación, se presenta una propuesta preliminar del conjunto de acciones requeridas para el uso de la dobladora CNC de varilla.

Tabla 6. *Secuencia de pasos generales para el uso de la máquina*

SECUENCIA DE PASOS GENERALES PARA EL USO DE LA MÁQUINA

Inicialmente la máquina debe estar colocada en una posición fija en una de las 2 posibles posiciones para su funcionamiento, ya sea horizontalmente sobre una mesa de trabajo rígida o asegurada en la pared a través del rack específico para la máquina.

Primero, se carga la varilla a través de la guía superficial inicial, pasando por los rodamientos y finalmente por el extrusor, para pasar entre los pines de doblado y topar ligeramente con el pin de bronce del solenoide. En esta posición ya habremos cargado el material (revisar *Fig.47*).

Utilizando un software dedicado, que debe ser diseñado específicamente para la máquina, introducir la información necesaria del material como el diámetro calibrado de la varilla, el tipo de material y la longitud del mismo.

Una vez configurada la información básica del material, iniciar, a través del software dedicado, una secuencia de pre-calibración automática, movilizándolo la varilla adelante y hacia atrás, de tal forma que el inicio de la varilla coincida con el punto tangente central del poste del solenoide que ejecutará el doblado.

Posteriormente, para terminar el proceso de calibración, a través de las flechas direccionales del teclado movilizar el poste de doblado del solenoide y aproximarlos hasta lograr un contacto tangencial leve entre este y la varilla. Así se concluiría la etapa inicial de calibración.

Ahora, una vez colocado el material, y a través del software dedicado, importar el archivo vectorial y definir la cantidad de puntos de doblado, para finalmente ejecutar el proceso de doblado de varilla.

Finalmente, una vez terminado el proceso, con ayuda de un alicate de corte, separar la varilla doblada de la varilla sin procesar.

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.1. Interfaz Digital

Para establecer los parámetros generales del contenido de un software dedicado apropiado para el funcionamiento adecuado de la máquina se proponen a continuación los siguientes ítems a tener en cuenta para el diseño del software.

Tabla 7. Funciones necesarias para el diseño del software dedicado.

| Aspecto General | Funciones Específica |
|------------------|---|
| ARCHIVO | <ul style="list-style-type: none"> • Abrir y guardar archivos de proyectos existentes. • Generar una extensión propia para los archivos producidos por el software, éste puede ser “.2DK”. • Importar los formatos de intercambio de vectores conocidos como DXF, SVG, EPS y PDF. • Eliminar archivos no deseados. • Ejecución del proceso de doblado. |
| EDICIÓN | <ul style="list-style-type: none"> • Modificación de la cantidad de puntos de dobléz y longitud de las secciones entre cada dobléz. |
| CONFIGURACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de pre-calibración y calibración manual del material. • Introducción de la información requerida del material. • Actualización del software y el firmware dedicados. • Configurar unidades de medida para el trabajo. • Configuración general de aspectos de la interfaz del software dedicado. |
| PREVISUALIZACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> • Simulación del proceso de dobléz. • Pre visualización de la varilla doblada. |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se muestran como ejemplo las siguientes imágenes que refieren a la diagramación de los elementos interactivos de la interfaz digital de software que deben ser tomados en cuenta, es necesario procurar un lenguaje simple como el que se presenta, apoyándose de íconos que adviertan las funciones que realizan de manera clara e intuitiva.

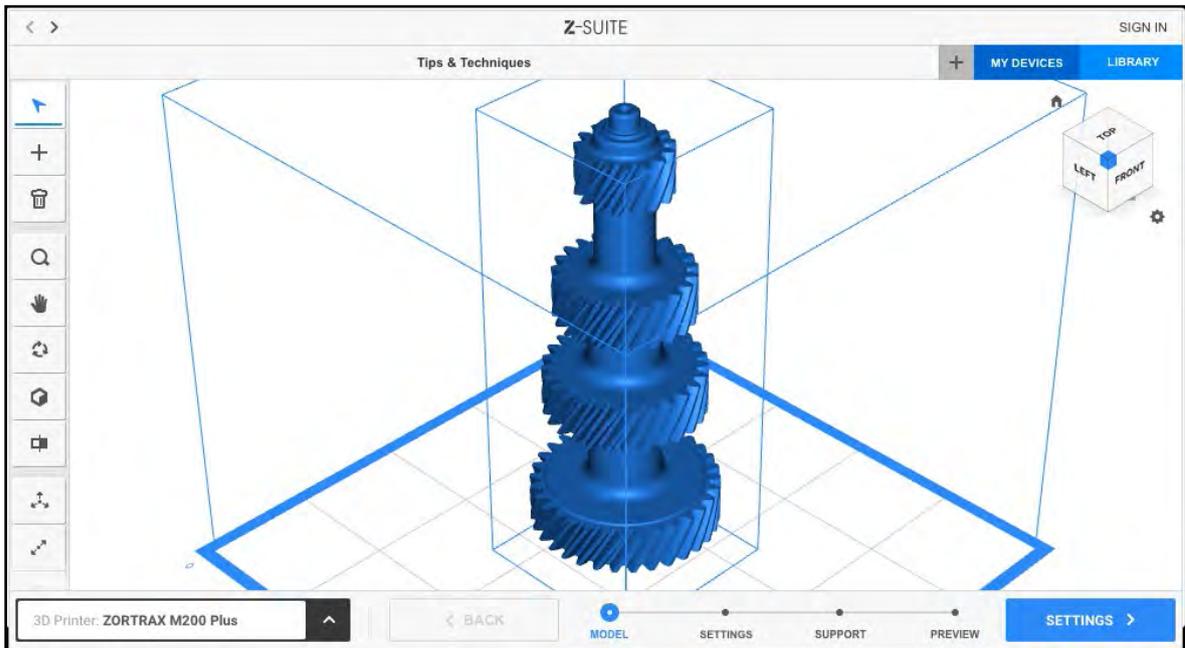


Figura 35. Interfaz gráfica del software Z-Suit de Zortrax.

Fuente: Página web de Zortrax.

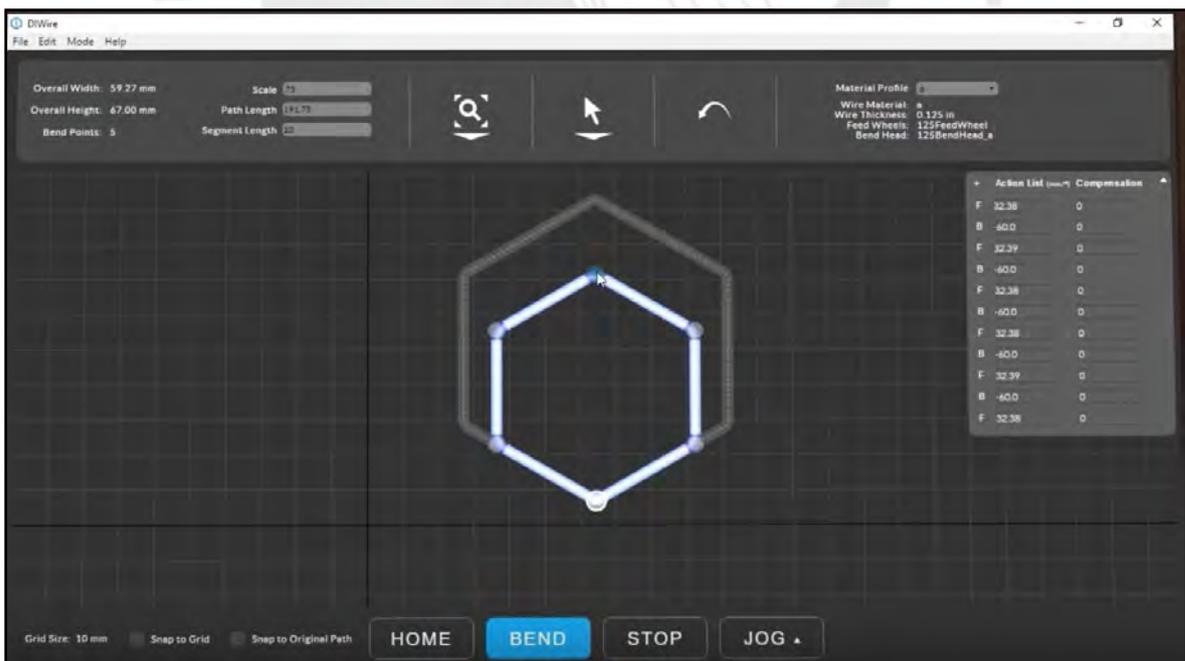


Figura 36. Interfaz gráfica del software Wireware 2.0 de Pensa Labs.

Fuente: Página web de Pensa Labs.

7.3.1.2. Interfaz Física

Los aspectos propuestos como parte de la resolución a los requerimientos de diseño relacionados a la interfaz física del producto, se pueden catalogar en 2 grupos: **Aspectos Tangibles** y **Aspectos Intangibles**.

Con relación a los aspectos tangibles se puede determinar un lenguaje no verbal atribuido a las propiedades indicativas del diseño donde encontramos una diferenciación, no solo de materiales, colores y texturas como refuerzo a la indicación funcional de cada pieza que compone la máquina, sino también de la composición y diagramación de cada elemento dentro y fuera de la dobladora de varilla.

Por ejemplo, todos los materiales plásticos ubicados en la superficie de trabajo son de color negro, pues indican una relación directa con el material a ser doblado, estos también indican el recorrido de la varilla a través de la dirección compositiva que generan los elementos en la superficie.

La diferenciación de los 2 componentes que conforman la carcasa del producto, no solo corresponde a 2 tipos de aleaciones, si bien el aluminio y el acero de bajo carbono presentan propiedades que las convierten en opciones para proteger los componentes internos y estructurar al producto, la parte superior de aluminio no tiene más acabado superficial que el anodizado industrial que recibe, esta disposición responde al desgaste que tendría esta zona de la máquina con el trabajo continuo. A diferencia de la parte inferior de la carcasa que, si requiere un acabado de pintura para evitar la oxidación, además de preservar la percepción de limpieza del producto.



Figura 37. Interfaz física.

Fuente: Elaboración propia.

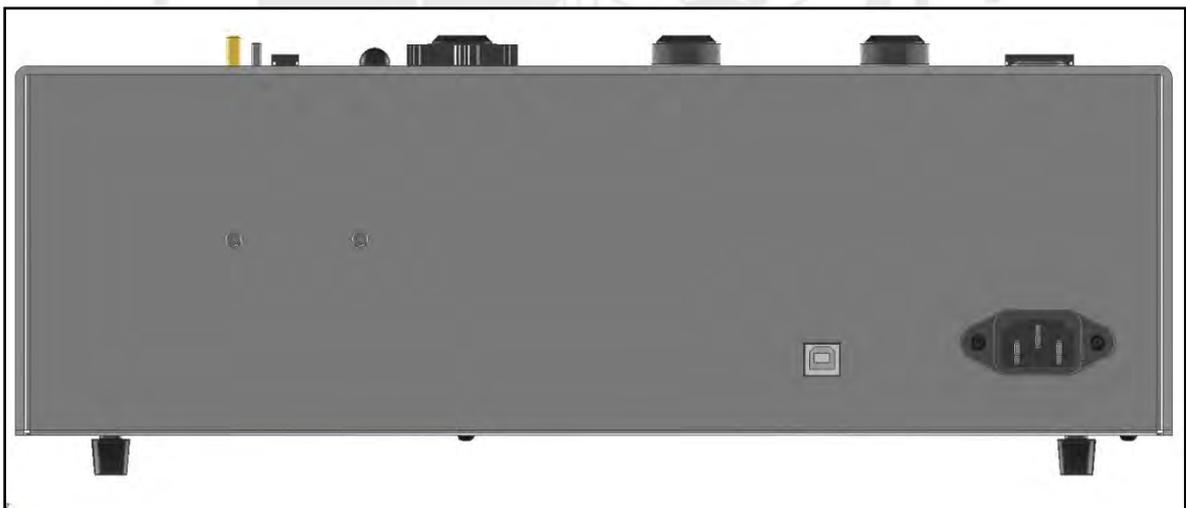


Figura 38. Interfaz física.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando hablamos de los aspectos intangibles de la interfaz física nos referimos específicamente en indicaciones lumínicas y sonoras, en el diseño de la máquina, el interruptor de encendido de la máquina tiene como elemento diferencial un halo de luz led para indicar el encendido y el apagado.



Figura 39. Botón de encendido y apagado con indicador LED.

Fuente: Página web de Adafruit.

Finalmente, para resolver las indicaciones sonoras de la interfaz física, se establece que serán siete indicaciones diferenciadas generadas digitalmente por la placa del controlador en una resolución de 8bits a través de la computadora a la que se encuentre conectada la máquina.

Estas indicaciones se ejecutarán en siete momentos del proceso de manufactura:

Al encender la máquina, al iniciar la pre-calibración, al finalizar la pre-calibración al iniciar el trabajo, al finalizar el trabajo, si hubiera ocurrido algún problema durante el trabajo, y al apagar la máquina.

7.3.1.3. Seguridad

Siguiendo en parte las recomendaciones obtenidas en la encuesta de opinión a expertos con respecto a los aspectos a tener en cuenta para la seguridad del usuario, se considera oportuno indicar en un documento del producto, como lo es un manual de usuario propiamente

redactado con el apoyo gráfico adecuado, recordar al operario de la máquina no manipularla mientras esta ejecuta el trabajo, además de usar los EPP básicos indispensables, en este caso específico solo es necesario recordar utilizar protectores oculares debido al uso de varillas de diámetros pequeños que puedan ingresar a la zona ocular.



Figura 40. Gafas de protección 1710T, antiempañante con marco negro, marca 3M.

Fuente: Página web de 3M Perú.

Cabe resaltar también tener especial cuidado al momento de empotrar el rack a la pared, siendo esta pared de ladrillos mas no de drywall, como precaución.

7.3.1.4. Relación Dimensional (Antropometría)

Definiendo la relación dimensional del producto con su entorno, se puede advertir inicialmente los requerimientos mínimos de espacio libre necesario tanto en la posición horizontal como en la posición vertical anclada en la pared.

En la siguiente imagen se muestran las consideraciones mínimas para las dimensiones requeridas en el espacio designado de trabajo al iniciar el proceso de doblado, donde la varilla está de color azul.

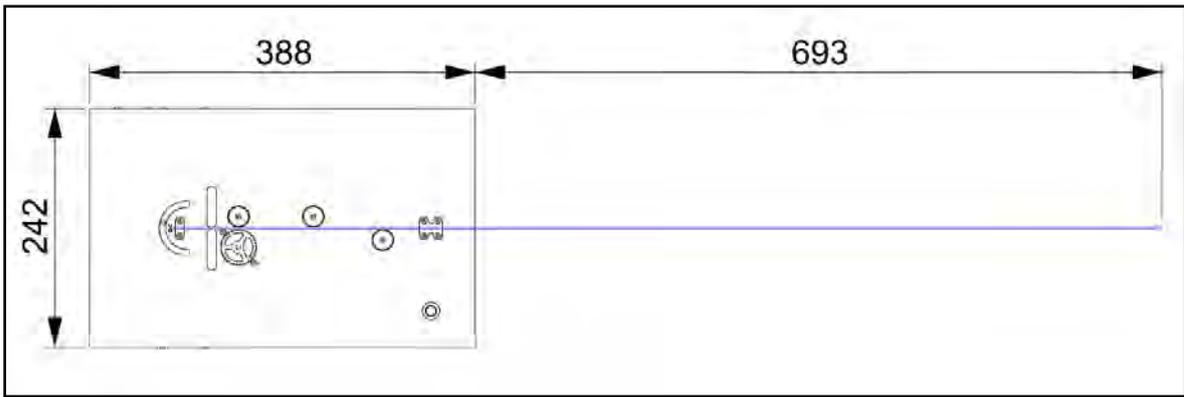


Figura 41. Dimensiones máximas al inicio del trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, para definir los alcances máximos posibles al concluir el proceso de doblado, se toma como ejemplo el caso extremo donde solo se realice un doblado en el último punto de doblado posible según la estructura de la máquina utilizando en real magnitud el área máxima disponible como espacio de trabajo, siendo este 1,86 metros.

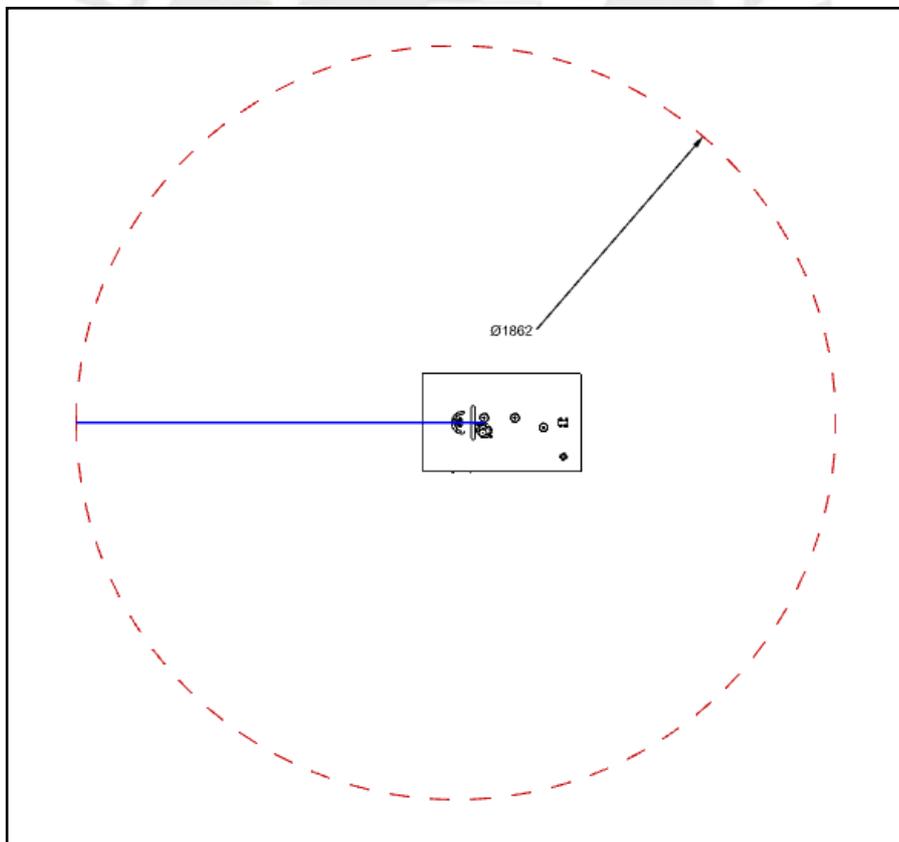


Figura 42. Dimensiones máximas al finalizar el trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.5. Ergonomía

Definiendo los aspectos ergonómicos considerados en el diseño del producto, cabe resaltar que los requerimientos para riesgos disergonómicos quedan parcialmente descartados tratándose de una máquina de control numérico computarizado, tipología que exime al operario de operaciones repetitivas y manipulaciones forzadas.

Sin embargo, dentro del estudio integral de los aspectos ergonómicos que se definen para el objeto de estudio del presente trabajo de tesis, se presenta a continuación un esquema de interacción Usuario/Producto en ambas posiciones dispuestas para el uso del producto con ambos percentiles ergonómicos extremos teniendo como referente al 95% con 1,75 metros de altura y al 5% con 1,45 metros de altura.



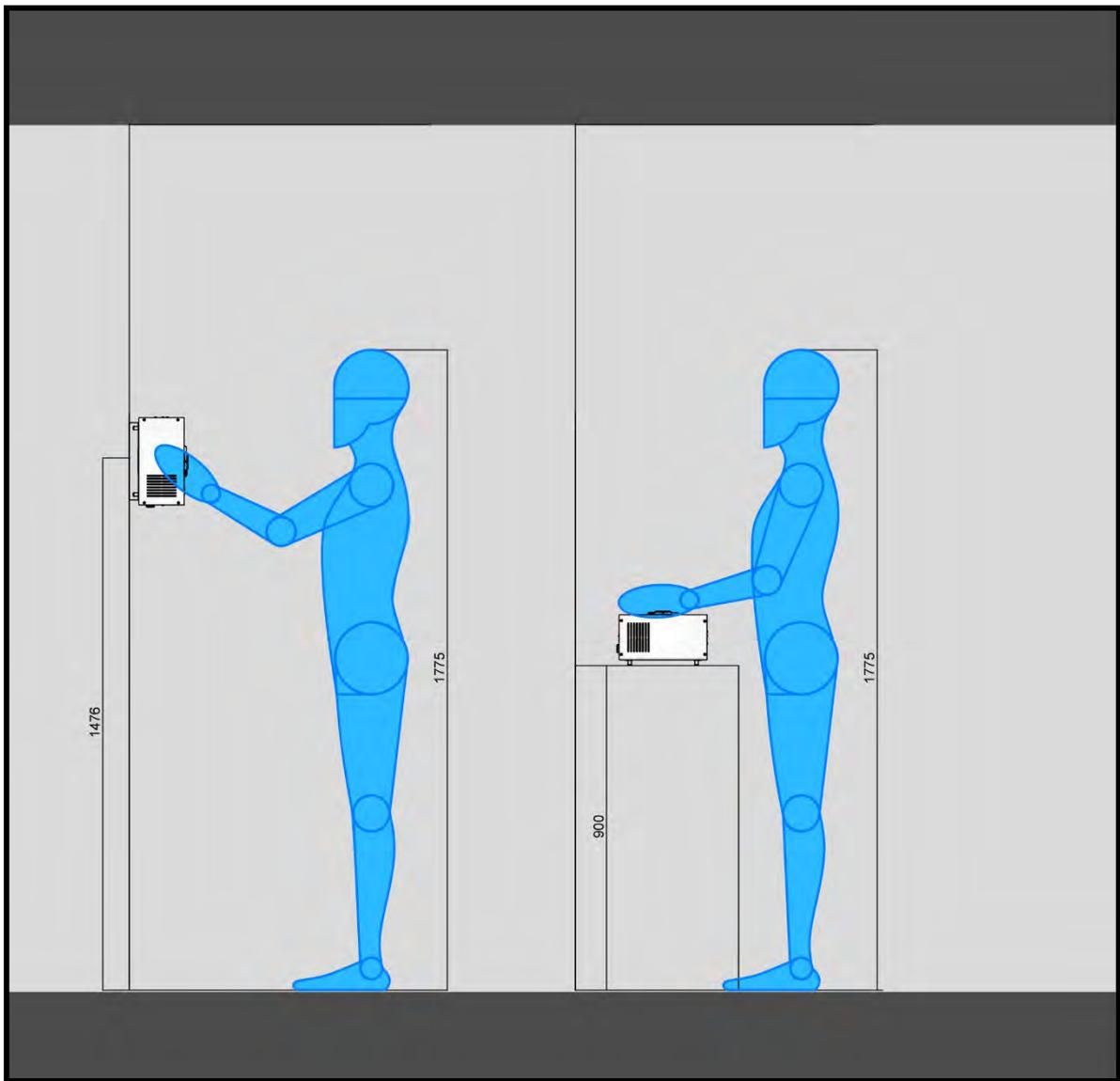


Figura 43. Interacción usuario/producto al 95 percentil.

Fuente: Elaboración propia.

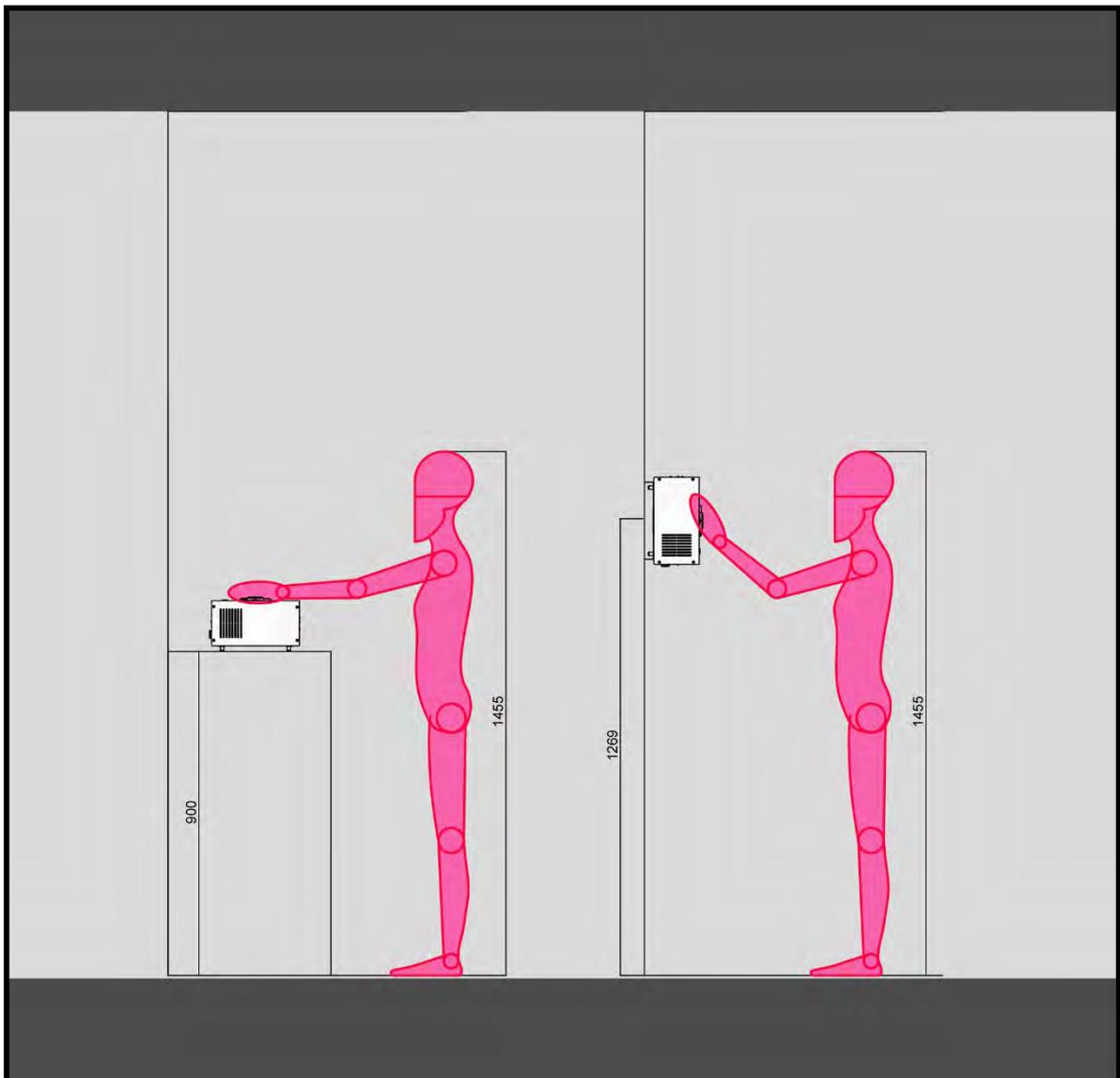


Figura 44. Interacción usuario/producto al 5 percentil.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los atenuantes dispuestos para el confort en las distintas consideraciones ergonómicas podemos especificar las siguientes.

Ruido. - Durante el ejercicio de sus funciones, la dobladora de varilla CNC no debe emitir ningún sonido superior al de los motores de paso bipolares, cuyo nivel debe ser, inclusive, menor a los 10 decibeles, casi 50 decibeles, menor al estándar para trabajos repetitivos.

Temperatura. - Con respecto a la temperatura, siempre que se trabaje en un ambiente que permanezca a la temperatura ambiente regular no tendría que haber ningún problema. El

diseño contempla un flujo de ventilación activa interior que permite que la máquina pueda realizar largas jornadas de trabajo sin sufrir calentamiento de los componentes electrónicos internos.

Iluminación. - La iluminación recomendada para áreas de trabajo manual que requieren concentración establece que debe haber aproximadamente 500 Lux, que es una unidad de medida derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia, se utiliza generalmente para oficinas bien iluminadas.

Peso. - En referencia al peso, la máquina tiene un peso aproximado de 4 kilos, y no requiere ser manipulada en su totalidad más que para ubicarla en el área donde va a trabajar, es por esta situación que el peso de la misma no representa alguna posible fatiga pues esta situación no responde a intervalos repetitivos.

Vibración. - Para menguar los efectos de la vibración producida por la rotación y el esfuerzo de los motores, se han previsto regatones vinílicos que poseen un alto coeficiente de rozamiento y a su vez al no ser tan rígidos como una pieza plástica inyectada reducen el efecto de la vibración. En este caso también se recomienda ubicar la máquina en una mesa estable para que los regatones vinílicos puedan realizar su trabajo.

7.3.1.6. Mantenimiento

Para poder acceder a los componentes internos, solo basta con desentornillar los ocho tornillos autorroscantes distribuidos en los laterales de la máquina como se señala en la imagen.

La distribución interna de los componentes electrónicos responde a la necesidad de trabajar con componentes modulares que permita sustituir cualquiera de las piezas internas sin afectar a las demás.



Figura 45. Tornillos para el desmontaje de la carcasa.

Fuente: Elaboración propia

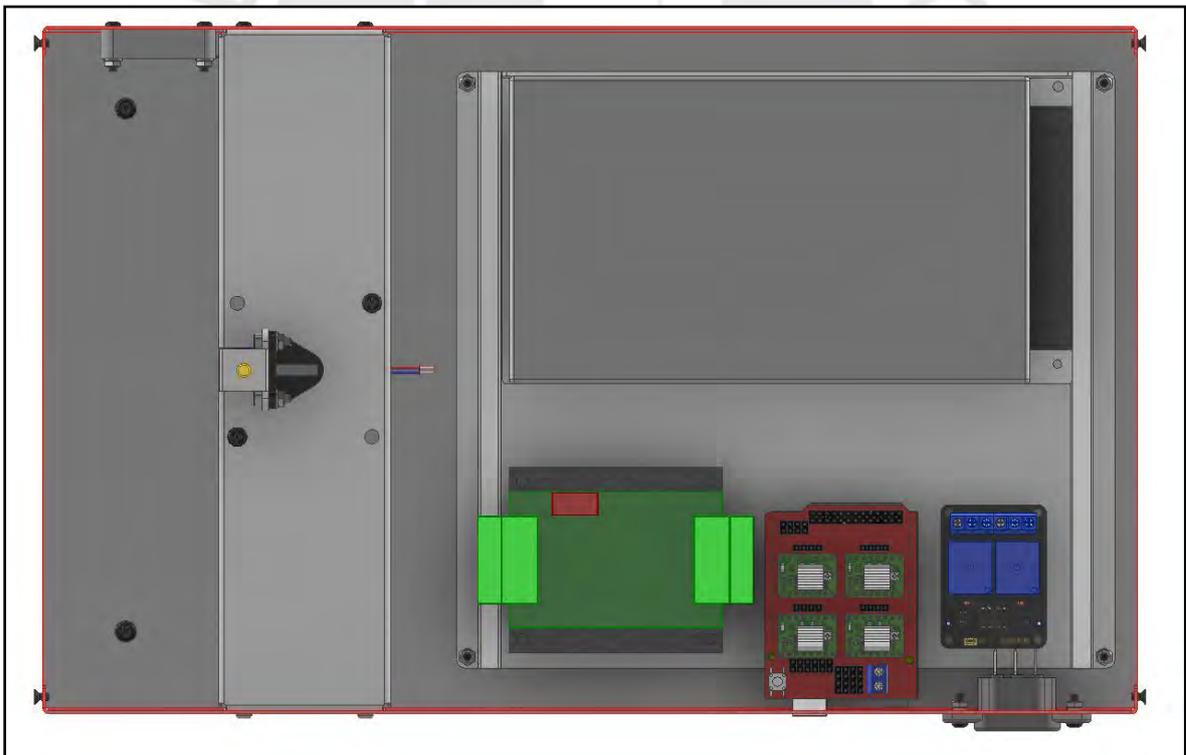


Figura 46. Disposición de componentes internos.

Fuente: Elaboración propia

7.3.1.7. Transporte

Se consideran como cambios en la ubicación de producto, básicamente 2 posiciones que se adecúan a los requerimientos específicos de los usuarios determinados anteriormente.

La posición principal es en la que la máquina se encuentra apoyada sobre sus 4 patas sobre una mesa de trabajo fija, las consideraciones de espacio se han establecido en el subtítulo de relación dimensional, además de explicar las propiedades ergonómicas de dicha posición.

La segunda posición es la que requiere del rack de montaje, dicha posición es una respuesta a las necesidades de aprovechamiento de espacio de los laboratorios de fabricación digital y prototipado rápido tanto en instituciones educativas como en empresa de dicho rubro.

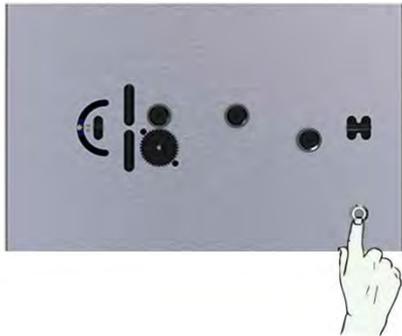
Dichas posiciones pueden ser revisadas en el ANEXO 3 como consideraciones iniciales en la primera etapa de propuesta de diseño.

7.3.2. Función

Definiendo los requerimientos de diseño, referentes a la función del producto, se busca responder cada uno de los siguientes ítems a través de sentencias resueltas como parte del ejercicio de diseño preliminar y validación, apoyándonos en las posibilidades del contexto local como se han venido desarrollando los requerimientos previos.

A continuación se representa una secuencia de imágenes que grafica el proceso básico dispuesto por la máquina dobladora de varilla para el doblado de las mismas. Se entiende como una secuencia repetitiva que se ejecuta desde el control numérico computarizado, sin embargo, la intención del gráfico es representar el funcionamiento autónomo del acto de doblado que sirva a manera de contenido ilustrativo, para comprender los conceptos de los distintos aspectos del funcionamiento detallados a continuación.

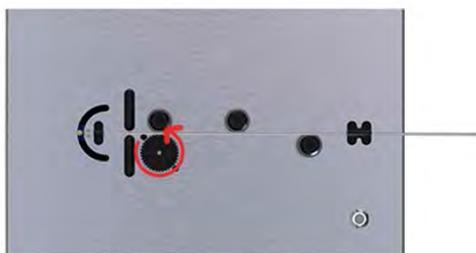
1.- Encendido



2.- introducción de varilla



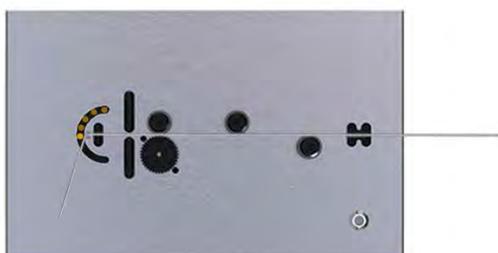
3.- Extrusión de varilla



4.- Solenoide de doblado se pone en posición y se levanta



5.- El solenoide dobla la varilla con apoyo de los pines de doblado



6.- El extrusor empuja la varilla y el solenoide se acomoda para el siguiente doblado

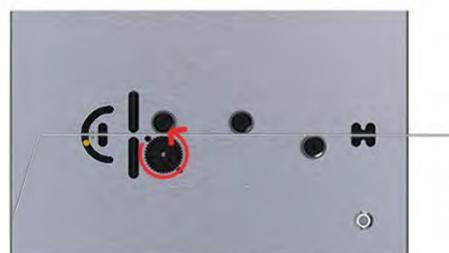


Figura 47. Secuencia del proceso de doblado.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente queda determinar las consecuencias del proceso de doblez a partir de las limitaciones del proceso y sus posibilidades.

Con respecto al radio interno del doblez se puede determinar el mínimo aproximado tomando como referencia el diámetro de los pines de doblez (3 mm), en consecuencia el radio de cada punto de doblez estará determinado por 1.5 mm.

Con respecto a los ángulos máximos generados por cada doblez, según el análisis realizado, se debe tomar en cuenta los aspectos de relación dimensional revisados en el capítulo de la definición del uso de la máquina, donde cada golpe de doblez puede generar como máximo un ángulo de $60^\circ \pm 1^\circ$, debido al recorrido dispuesto por la abertura para el pin de doblez del solenoide y el giro con mayor potencia dispuesto por el motor de paso NEMA 23 que aseguran aproximadamente nueve (09) Newton/Fuerza.

Por último, con respecto a las posibilidades de piezas conformadas, se incluyen piezas resueltas a manera de estructuras alámbricas bidimensionales que se pueden observar en las 3 últimas láminas de la presentación del ANEXO 4.

7.3.2.1. Mecanismos

Los principios y trabajos mecánicos que le dan funcionalidad al producto van a ser descritos, en este punto específico, teniendo un criterio de movilidad y acción para la ejecución del trabajo, debido a que existe un ítem independiente para analizar la estructura propuesta.

En ese sentido, dentro del sistema mecánico que realiza el trabajo de doblez de varilla, existe una sincronización entre dos subsistemas, esta sincronización es resuelta por el programa instalado en la placa del controlador principal (Arduino UNO) quien ordena las acciones de los componentes electromecánicos para la ejecución del trabajo persé.

El primero de los subsistemas es el integrado por los rodamientos recubiertos y el extrusor compuesto por un motor de paso bipolar NEMA17 y un engrane plástico insertado en este, que funciona como extrusor de la varilla controlando el avance o retroceso de la misma según corresponda.



Figura 48. Sistema de extrusión.

Fuente: Elaboración propia

El segundo subsistema mecánico es el encargado de realizar el doblado de la varilla, este se encuentra montado sobre un puente que se apoya en la estructura metálica de la máquina, el puente soporta un motor de paso bipolar NEMA23 con la fuerza suficiente para doblar una varilla de aluminio de 1/16" de diámetro.

Sobre el eje del motor de paso NEMA23, se inserta una pieza plástica diseñada para transmitir la fuerza de rotación hacia el solenoide "push-pull". El solenoide es un actuador electromecánico muy utilizado para cerraduras electrónicas, consta de una bobina interna que al recibir carga eléctrica ejecuta una acción mecánica, en este caso eleva el poste de bronce que se encarga de hacer el contacto tangencial con la varilla de aluminio, y eventualmente, doblarla utilizando de punto de pivote los pines de dobles de la carcasa superficial.

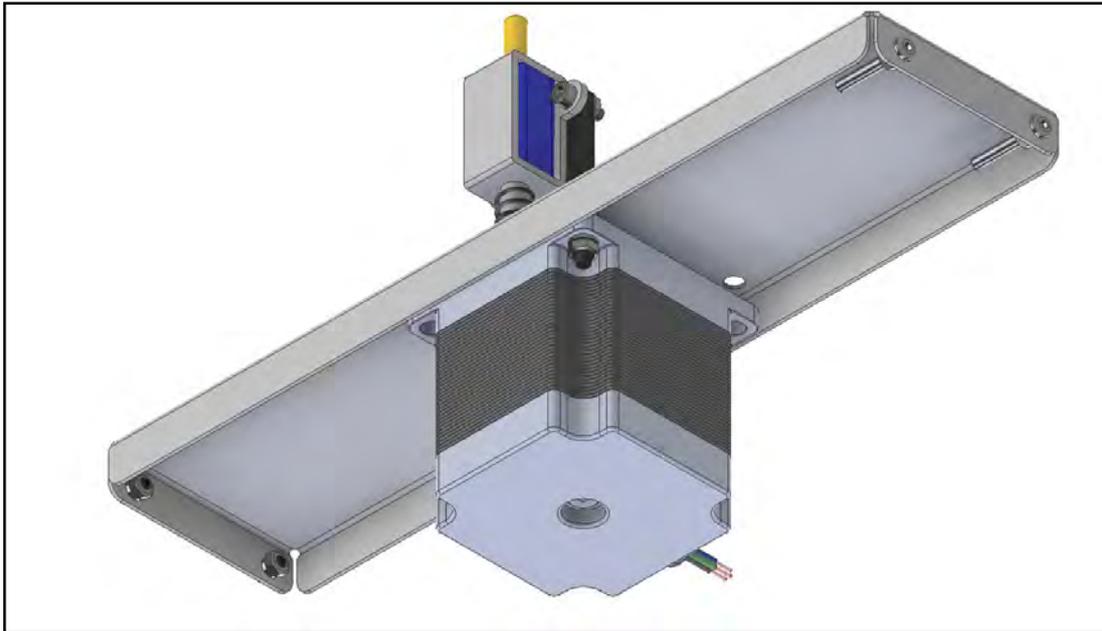


Figura 49. Detalle del sistema de dobléz.

Fuente: Elaboración propia

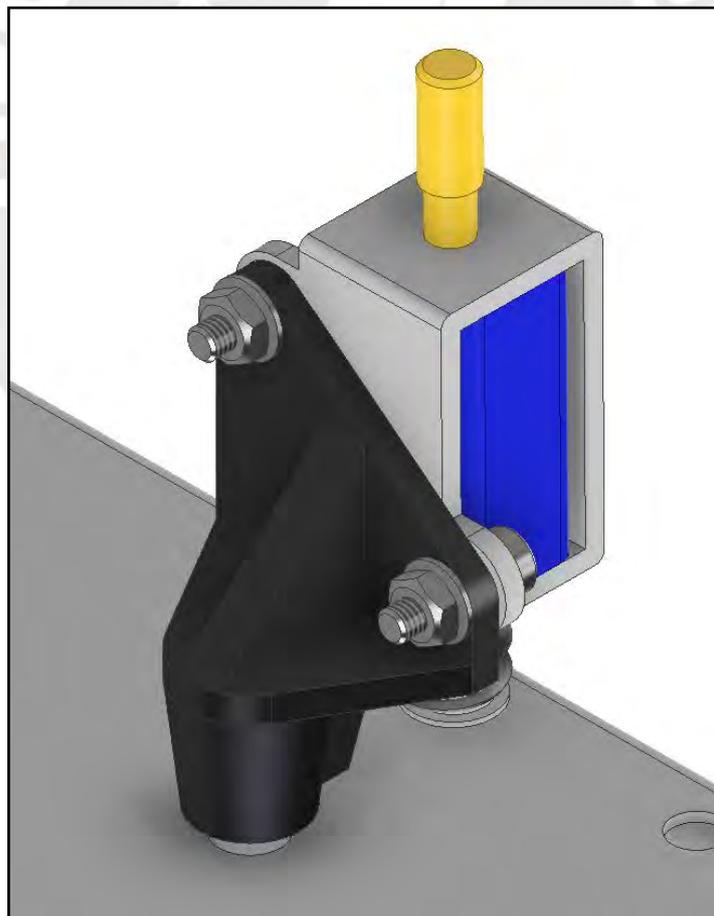


Figura 50. Detalle del sistema de dobléz.

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.2. Resistencia

La definición de los aspectos del producto que soportan los esfuerzos mecánicos el uso, están supeditados a resolver, en su gran mayoría los esfuerzos de compresión efectuado al doblar la varilla.

El efecto de las tensiones y presiones que se ejercen sobre la varilla de aluminio de 1/16” de diámetro, se manifiestan como un doblez del material. El punto de apoyo para la palanca creada por la rotación del poste de bronce del solenoide, son los pines de dobles que se encuentran roscados a la carcasa de aluminio de 3mm de espesor.

En la etapa de construcción de la maqueta para la validación, se pudo comprobar la resistencia de la varilla de aluminio de 1/16”, la cual ofrecía una resistencia menor a kilogramo fuerza que ejercía sobre ella la palanca que producía el motor de paso bipolar NEMA23.

7.3.2.3. Acabados

Las técnicas definidas para el acabado final del producto se sustentan en 2 de los componentes estructurales, la primera es la carcasa principal de plancha de acero LAF de 1mm de espesor, cortada con láser y plegada mediante plegado CNC, esta tendrá un acabado de esmalte sobre metal, con aspecto mate y de color, en primera instancia, blanco industrial. Este acabado es igual al de los hornos microondas.



Figura 51. Detalle de acabado de esmalte mate sobre metal.

Fuente: Página web de Sinerkab Soluciones Metálicas.

El segundo componente con un proceso de acabado superficial diferenciado es el rack de acero al carbono, con las mismas características de material que la carcasa principal y los mismos procesos productivos, sin embargo, el acabado superficial será el de pintura electrostática de color gris oscuro, siendo requerido el granulado más fino posible. Se ha elegido este tipo de acabado por sus propiedades frente al desgaste natural de piezas estructurales de tránsito medio.



Figura 52. Detalle de acabado pintura electrostática.

Fuente: Página web de Permetal del Sur.

7.3.3. Estructura

7.3.3.1. Componentes

Con respecto a la definición de los componentes que forman parte del producto, podemos conocerlos en mayor medida en el ANEXO 5 con los planos de fabricación de las partes diseñadas, sin embargo, es necesario diferenciar la tipología de los componentes involucrados en la conformación del producto.

A continuación, se presenta una tabla donde se establece un carácter por sistema definido y los componentes utilizados que se encuentran dentro de cada rubro.

Tabla 8. Tabla de componentes principales.

| CARACTER | COMPONENTE | FUNCIÓN | |
|-----------------|--|--|--|
| MECÁNICO | <ul style="list-style-type: none"> • Extrusor (pieza diseñada) • Rodamientos 608 2rs | <ul style="list-style-type: none"> • Transmisión del NEMA 17 • Guías para la varilla | |
| | ELECTROMECAÁNICO | <ul style="list-style-type: none"> • Motor de paso NEMA 17 • Motor de paso NEMA 23 • Actuador solenoide • Ventilador • Módulo relay | <ul style="list-style-type: none"> • Actuador del extrusor • Actuador del giro de dobléz • Actuador del pin de dobléz • Ventilación interna • Controlador eléctrico del solenoide |
| ELÉCTRICO | | <ul style="list-style-type: none"> • Fuente de poder • Botón de encendido con indicador LED | <ul style="list-style-type: none"> • Alimentación de energía • Actuador de encendido y apagado |
| | | ELECTRÓNICO | <ul style="list-style-type: none"> • Módulo Arduino UNO • Módulo CNC para Arduino UNO • Controlador DRV8824/DRV8825 • Controlador TB6560 |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 53. Rodamiento 608 2RS (8x22x7).

Fuente: Página web de Ebay.



Figura 54. Motor de paso bipolar NEMA 17 / 2.8 V, 1.7 A.

Fuente: Página web de Pololu Robotics & Electronics.

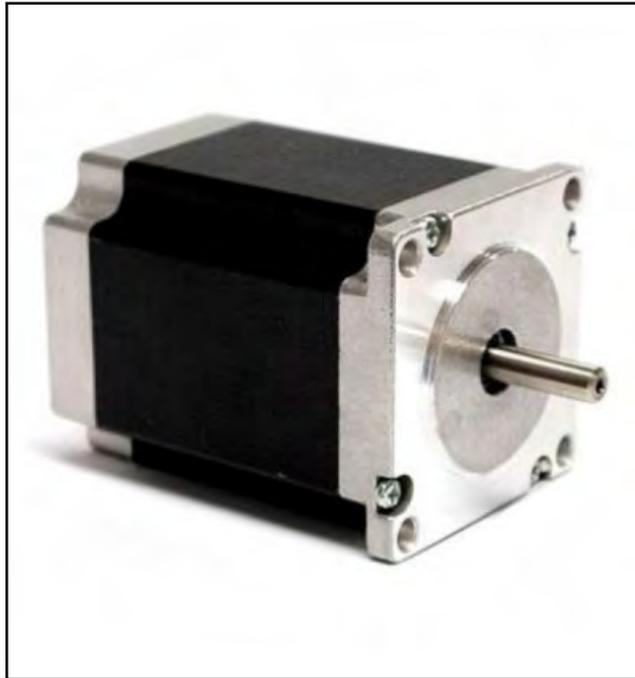


Figura 55. Motor de paso bipolar NEMA 23 / 6.3 V, 2.6 A.

Fuente: Página web de DIY Electronics

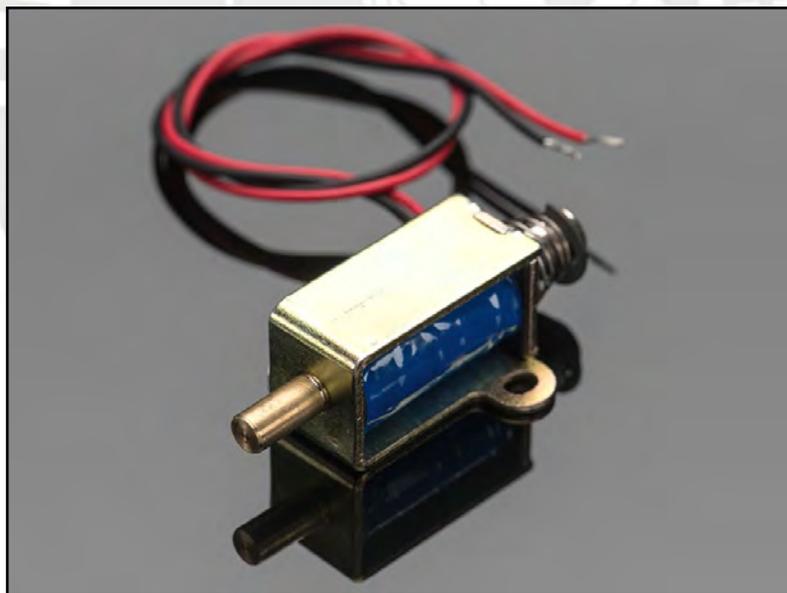


Figura 56. Solenoide push-pull – 12VDC

Fuente: Página web de Adafruit.



Figura 57. Ventilador genérico de 4 x 4 cm

Fuente: Página web de Bid or Buy

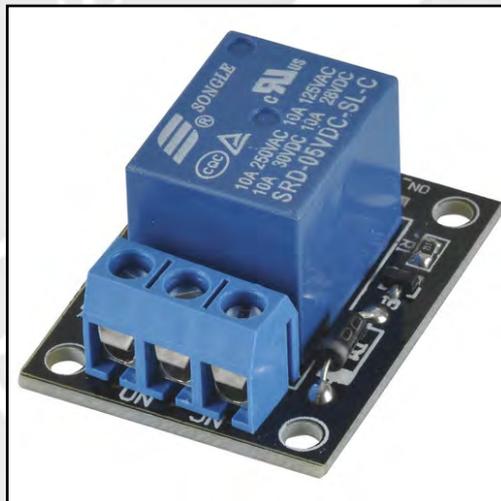


Figura 58. Módulo relay compatible con Arduino de 5 V.

Fuente: Página web de Jaycar Electronics



Figura 59. Fuente de poder DC multipropósito de 12 V/20 A/240 W

Fuente: Página web de Mindiamart



Figura 60. Arduino UNO Rev.3

Fuente: Página web de Brico Geek

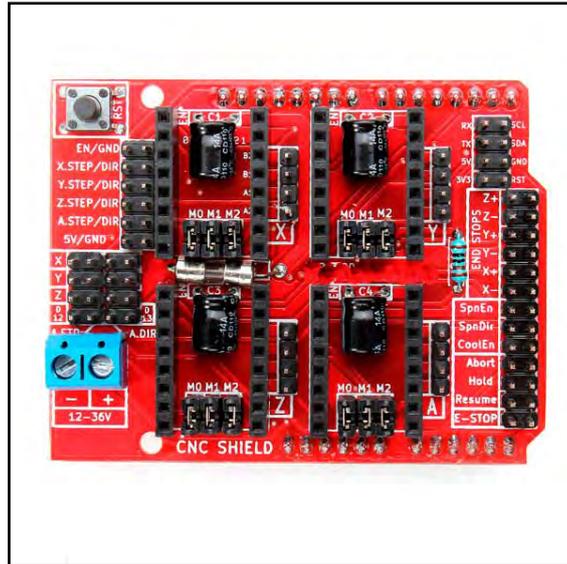


Figura 61. *Arduino CNC Shield v3*

Fuente: Página web de Mástoner

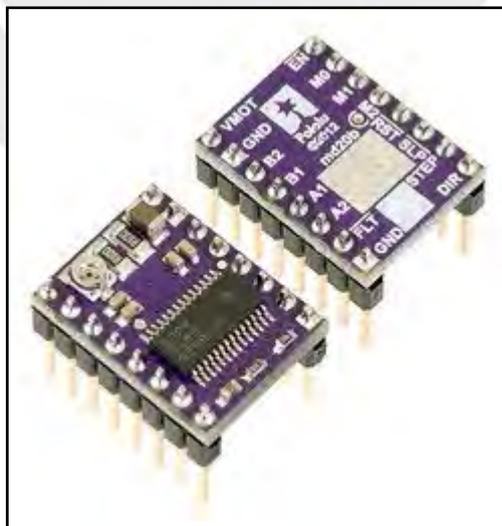


Figura 62. *Driver motor paso a paso DRV8824*

Fuente: Página web de Pololu Robotics & Electronics

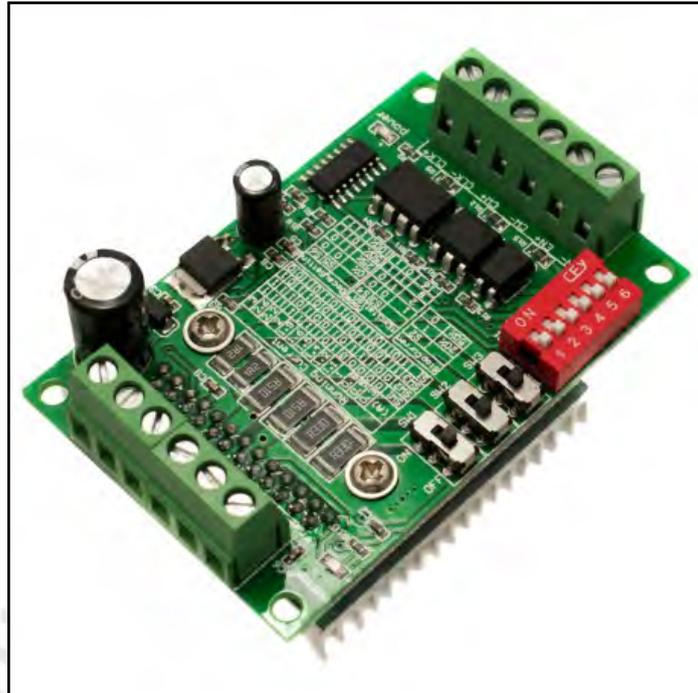


Figura 63. Driver motor paso a paso TB6560.

Fuente: Página web de Bigtronica

7.3.3.2. Carcasa

La definición final del sistema de carcasa corresponde a la implementación de dos piezas que se complementan para generar una estructura sólida que permita no solo albergar y proteger a los componentes internos, sino también funcionar como área de trabajo y soporte para diversos componentes mecánicos, electromecánicos, eléctricos y electrónicos.

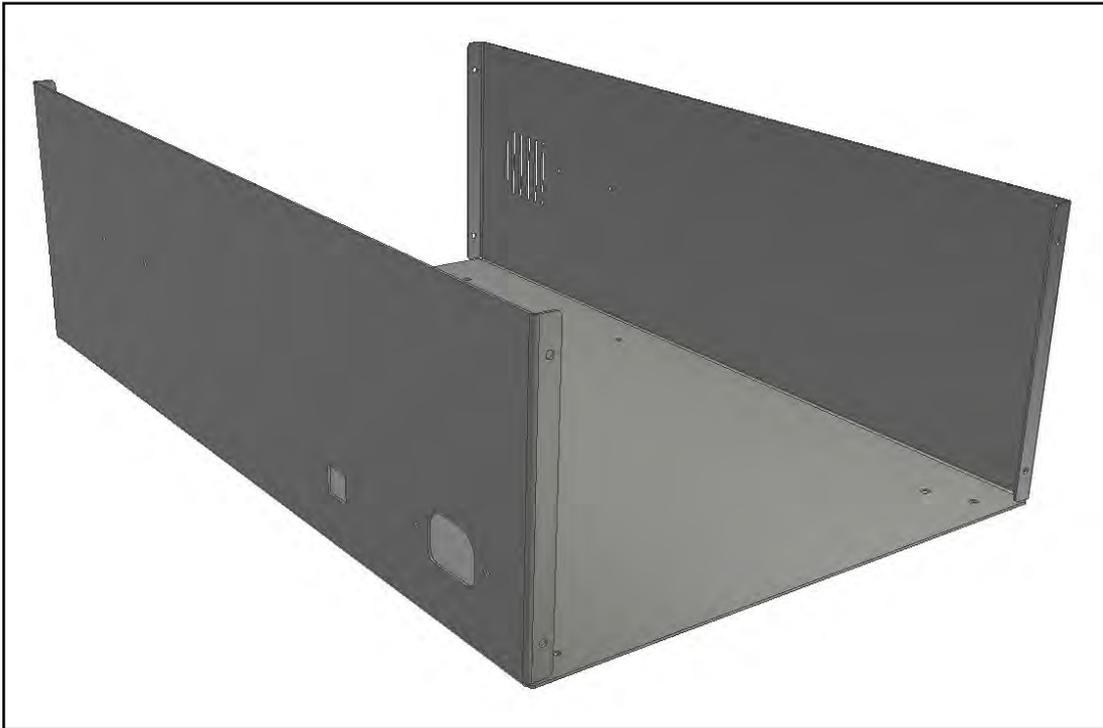


Figura 64. Carcasa principal de acero al carbono / plancha LAF de 1mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia

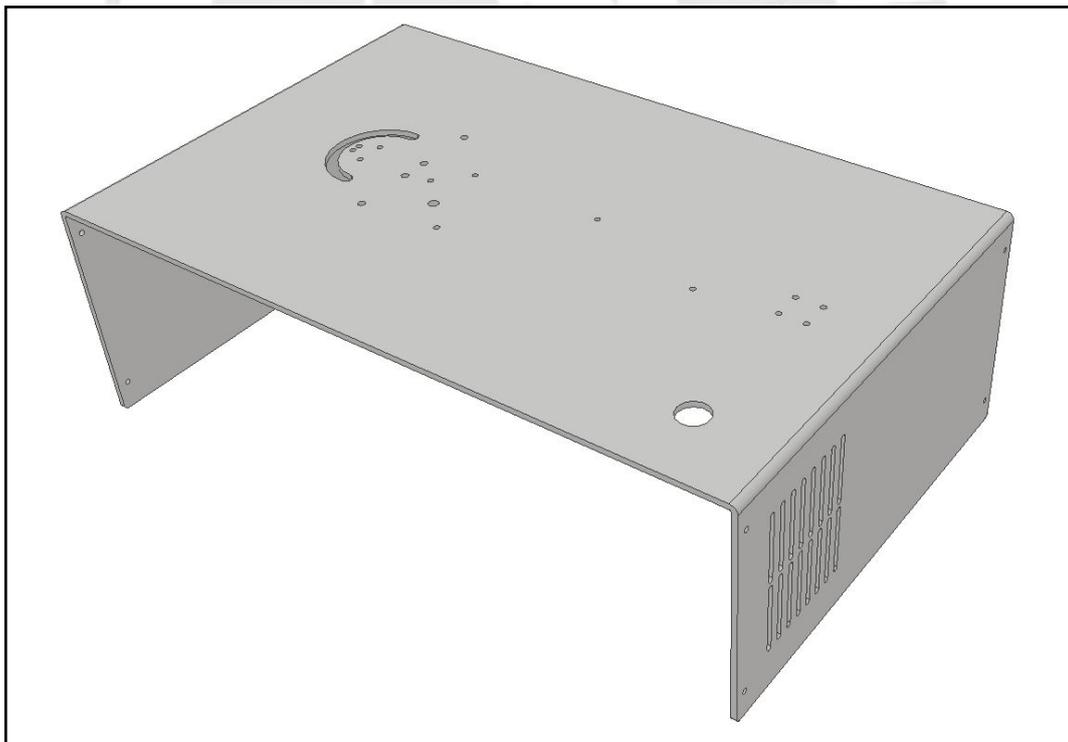


Figura 65. Tapa de plancha de aluminio de 3mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia

7.3.3.3. Uniones

Los elementos que definen el sistema de integración entre componentes están considerados como una combinación de pernos, arandelas de presión y tuercas en sistema milimétrico ISO, variando solo entre dos diámetros según la función de cada anclaje, estos corresponden a M3 y M4, los únicos pernos que no están familiarizados con esta configuración son los 8 pernos que vinculan las dos piezas de la carcasa debido a que son los últimos en colocarse en el orden de ensamblaje de las piezas, no hay forma de ajustar los pernos con arandelas de presión ni tuercas, por este motivo es que se utilizan pernos autorroscantes .



Figura 66. Detalle de sistema de uniones entre componentes.

Fuente: Elaboración propia

7.3.3.4. Estabilidad

En lo referente a la estabilidad o percepción de estabilidad funcional del producto, se consideran las dos posiciones de trabajo previamente expuestas en el aspecto de transporte del producto.

La posición básica horizontal tiene un sistema de patas regulables con regatones vinílicos o bummper que absorben la vibración producto del trabajo, estas mismas patas sirven de seguro para el anclaje al sistema de rack a mediante la tuerca insertada que contienen, estas sirven de seguro y cuentan con dos lados planos que interrumpen la revolución del volumen para poder acceder con una llave de tuercas de 10 mm.



Figura 67. Detalle del diseño las patas regulables con regatones vinílicos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 68. Detalle del sistema de rack.

Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Técnica y Producción

7.3.4.1. Modo de Producción

La organización del trabajo para la producción de las partes diseñadas, está englobada en el concepto de **Industria 3.0**, donde es posible trabajar con volúmenes semi industriales o de baja escala debido a la sectorización del público objetivo definido.

La diversificación de mercados nos permite localizar grupos de consumidores definidos y las actuales posibilidades que ofrece la manufactura digital, nos permite satisfacer necesidades sin requerir a modelos industriales de gran escala.

Es por este motivo que el trabajo de producción ha sido diseñado para adaptarse a las condiciones del contexto local en cuanto a las posibilidades de la fabricación digital, al ser

esta una máquina de control numérico computarizado, la precisión es un factor clave durante el proceso de producción, es por este motivo que la única intervención de procesos manuales se restringe al ensamblaje de las partes.

Los procesos de manufactura definidos para la fabricación específica de piezas son las siguientes.

Tabla 9. *Tabla de trabajos de manufactura y tolerancias consideradas.*

| PARTE DISEÑADA | PROCESOS DE FABRICACIÓN DIGITAL | TOLERANCIAS |
|---|--|--|
| Partes de la carcasa y el puente de montaje del sistema de doblez | <ul style="list-style-type: none"> • Corte láser • Plegado CNC | Entre 0,2 y 0,5 mm de tolerancia geométrica. |
| Partes de plástico | <ul style="list-style-type: none"> • Impresión 3D FDM (deposición de material fundido) en ABS | Precisión de 0.09 mm por capa Y 0.05% de precisión dimensional |

Fuente: Elaboración propia.

Si bien la impresión 3D no se considera un proceso de fabricación industrial, existen ejemplos de aplicaciones en la industria de manufactura de productos como los diseños de impresoras 3D de marcas independientes que utilizan piezas impresas en ABS como conectores o piezas de anclaje, demostrando, no solo la precisión de dicha tecnología, sino también la durabilidad de la misma, además de ser un elemento que se adapta a los conceptos de la tercera revolución industrial debido a la naturaleza autoreplicante de sus partes (la misma máquina puede fabricar sus propios repuestos).

Actualmente existen empresas en China que ofrecen servicios de impresión de piezas en 3D en volúmenes manejables para el ensamblaje de productos a mediana escala, es posible entonces considerar una producción de 100 o 1000 piezas impresas en 3D sin tener que recurrir a procesos industriales que requieren mayor inversión, pero que no se adaptan al

modelo de negocio local ni a la forma en la que funciona el ecosistema de la fabricación digital.

7.3.4.2. Normalización y Estandarización

En esta etapa de definición de medidas comerciales de las materias primas y resolución de las decisiones para la modulación y simplificación de partes para ampliar la versatilidad de las mismas, se ha elaborado la siguiente tabla para ordenar los materiales definidos con sus respectivas medidas comerciales y normativas correspondientes, todas de acceso inmediato en el mercado local.

Tabla 10. Tabla de materias primas.

| MATERIA PRIMA | MEDIDAS COMERCIALES | NORMA |
|--------------------------|--|--------------|
| Plancha de aluminio liso | 3.0 x 1,200 x 2,400 mm | AL 1050 |
| Plancha de acero LAF | 1.00 x 1,200 x 2,400 mm | ASTM A 1008 |
| ABS | Rollo de filamento de 1,75 mm de diámetro x 800 g +/- 5% | ISO 180:2004 |

Fuente: Elaboración propia.

7.3.4.5. Embalaje

En la definición de los materiales que protegen la mercancía para el almacenaje y transporte, se incluyen también los suplementos complementarios para el mantenimiento de la máquina, además de la información necesaria para el usuario, a continuación, se presenta una tabla con la definición específica de dichos elementos requeridos para definir el embalaje o envase primario y su contenido.

Tabla 11. Tabla de detalle de embalaje

| MATERIAL O ELEMENTO | FUNCIÓN |
|----------------------------|--|
| Caja de cartón | Proteger de manera externa la máquina y todo el contenido complementario |

| | |
|------------------------------|---|
| Espuma de alta densidad | Proteger las aristas de la máquina de golpes producto de la manipulación de la caja de cartón |
| Bolsa plástica | Envolver directamente a la máquina |
| Manual de Usuario | Brindar la información para la instalación y uso de la máquina, así como explicar el proceso de mantenimiento y describir los componentes internos y las consideraciones necesarias para el correcto funcionamiento del equipo. |
| Certificado de garantía | De ser necesario, informar sobre las cláusulas de garantía del producto |
| Llave de tuerca de 10 mm | Ajustar las patas con el rack cuando se decida usar la máquina en la segunda posición |
| Llaves Allen de M3 y M4 | Para desmontar y montar los pernos del producto |
| Piezas plásticas de repuesto | Reponer alguna pieza plástica que pueda dañarse por el uso |
| Lentes de protección | Cumplir con los estándares de seguridad |
| Cable de poder | Alimentación de la fuente de poder |
| Cable USB A/B 150 cm | Comunicación entre la máquina y la PC |
| Tarugos y tornillos | Elementos para el montaje del rack |

Fuente: Elaboración propia.

7.3.4.6. Costos

Con respecto a la definición de costos de fabricación, se presenta, a continuación, una tabla presupuestal del costo de fabricación del prototipo final, cabe considerar que no están teniendo en cuenta los costos indirectos de fabricación ni el cálculo de una producción a mediana escala, además de los elementos complementarios definidos en el embalaje, sin embargo, este presupuesto sirve como punto de partida para el escalamiento correspondiente y los cálculos presupuestales necesarios para una producción seriada.

Tabla 12. Tabla costos

| ITEM | COSTO EN SOLES | OBSERVACIÓN |
|---|-----------------------|---|
| Plancha de acero LAF | 40 | Cantidad necesaria para una unidad |
| Plancha de aluminio liso | 70 | Cantidad necesaria para una unidad |
| Corte y plegado CNC | 200 | Precio total para todos los componentes que lo requiera |
| Acabado en esmalte blanco | 20 | |
| Acabado en pintura electrostática | 30 | |
| Fuente de poder | 60 | |
| ventilador | 5 | |
| Driver DRV8824 | 12 | |
| Driver TB6560 | 70 | |
| Arduino UNO | 90 | |
| Módulo CNC para Arduino | 30 | |
| Módulo relay | 11 | |
| Postes separadores de bronce para electrónica | 8 | |
| Motor de paso NEMA 17 | 25 | |
| Motor de paso NEMA 23 | 75 | |
| Cables | 10 | |
| Solenoides push-pull | 38 | Se consideran costos de importación |
| Botón de encendido con indicador LED | 26 | Se consideran costos de importación |
| Pernería | 25 | |
| Seguros internos para el cableado | 5 | |
| Toma de poder | 2 | |
| TOTAL | 850 | |

Fuente: Elaboración propia.

7.3.5. Propuesta Estético Formal

Finalmente, como resultado de la definición de propuesta de diseño, se presenta la apariencia final de la máquina nombrada “2DK”, que es una contracción de las palabras 2D y Dipstick, que en inglés significa “varilla calibrada”.

Con respecto a la apariencia del producto, se pueden apreciar claras influencias de algunas corrientes modernas del diseño desde el apogeo del “buen diseño” durante los años cuarenta. Las características estético formales de la máquina transmiten sensaciones ligadas a la sofisticación de los procesos industriales; Durante el diseño del producto planteado, se ensayan formas, texturas y colores que buscan alinearse a los procesos industriales en la satisfacción directa de las necesidades en cuanto a materiales y técnicas de producción; como por ejemplo el uso de técnicas pintura electrostática, el plegado de planchas metálicas, el corte láser, piezas de plástico inyectadas y anclajes expuestos de pernería.

El carácter del producto se sirve de los referentes del diseño moderno clásico como se aprecia en el moodboard; busca ser un producto de diseño simple y claro, donde se pueda apreciar la mezcla de la expresión de la utilidad, los materiales y el proceso en una conjunción visual satisfactoria, donde las formas sean claras y universales, tratando de ser útil y entendible para el público más amplio posible, teniendo en cuenta las necesidades modestas y el factor económico que implica la producción industrial.

En consecuencia, la propuesta estético formal busca ser un ejemplo de la sinergia de factores productivos en beneficio del usuario a manera de dominio de la máquina para el servicio del hombre y expresar los métodos utilizados para hacer un producto sin que los materiales aparenten ser lo que no son, ni disfrazar la producción en masa o la simulación de una técnica que fue utilizada.

Las siguientes imágenes son una representación digital del prototipo final mostrando en mayor medida la apariencia externa de la máquina, simulando los acabados finales y proporciones, así como la distribución de componentes externos.



Figura 69. Detalle de la propuesta estético formal 1.

Fuente: Elaboración propia



Figura 70. Detalle de la propuesta estético formal 2.

Fuente: Elaboración propia



Figura 71. Detalle de la propuesta estético formal 3.

Fuente: Elaboración propia



Figura 72. Detalle de la propuesta estético formal 4.

Fuente: Elaboración propia

8. Aportes De Diseño

Como primer aporte de diseño se puede rescatar la iniciativa resuelta de proponer una herramienta de fabricación digital diferente a las conocidas en el medio local.

También es oportuno notar el esfuerzo de considerar la mayoría de aspectos que puedan permitir la fabricación en el contexto local y adaptarlos mediante el diseño del producto a los requerimientos específicos obtenidos.

Otro aspecto a considerar como aporte de diseño en el trabajo de investigación es la propuesta de utilizar la máquina empotrada en la pared, esto debido al análisis del espacio promedio en los laboratorios de fabricación digital y las empresas de prototipado rápido, por lo general los espacios son muy reducidos y el uso eficiente del espacio es un reto que exige una búsqueda constante de soluciones.

La planificación del diseño de piezas para ser producidas mediante otras herramientas de fabricación digital como lo son el corte láser, el plegado CNC y la impresión 3D, engloban el concepto general de fabricación digital haciendo una declaración de consecuencia con el adecuado uso de la tecnología en el contexto de la Industria 3.0.

Sintetizar y acondicionar los sistemas ya existentes de productos similares, supone un análisis de diseño, que, en este caso específico, sirvió para resolver con la menor cantidad de componentes posibles un funcionamiento similar con limitaciones específicas.

A modo de aporte también, podemos considerar esta primera versión de la máquina como un punto de inicio para la continuidad en la investigación relacionada a las herramientas de fabricación digital y como el diseño de productos aporta a la definición de productos de diversas índoles, aún en contextos donde la competencia tecnológica, no necesariamente es una prioridad.

Haber sintetizado el esquema básico del control numérico computarizado para la transformación bidimensional de varillas calibradas significa un aporte para la posterior evolución de la propuesta escalando las dimensiones según lo requieran las nuevas especificaciones.

Las consideraciones en el diseño relacionadas a la modularidad de los componentes teniendo en cuenta la accesibilidad al mantenimiento de la máquina para asegurar una vida útil considerable.

El diseño de piezas específicas que complementan el funcionamiento y vinculan los componentes encerrando el concepto general sin romper la armonía con los componentes previamente diseñados y fabricados o de índole industrial.

Definición de las capacidades generales de la máquina para asegurar un correcto funcionamiento en las tareas específicas que deba realizar, sin perder el rumbo consecuente del fin de la máquina.

Conseguir una integración de las formas reduciendo en gran medida el uso de materiales, estableciendo parámetros estéticos minimalistas sin perder el aspecto tecnológico y la apariencia atemporal que se buscaba desde un principio con la definición del concepto del producto.

9. Conclusiones

En la actualidad, el mercado local de la fabricación digital, se encuentra en una situación monótona donde solo se importan modelos tecnológicos extranjeros y no se busca desarrollar soluciones para el contexto local dejando de aportar de esta manera al sistema nacional de innovación.

Las nuevas posibilidades que ofrece el diseño de la máquina den este trabajo de investigación, diversifica las aplicaciones de la fabricación digital desde rubros económicos como la artesanía hasta campos académicos con el estructuralismo sirviendo de esta manera para más de un modelo de negocio sin considerar los ya establecidos laboratorios de fabricación digital o empresas de manufactura digital o prototipado rápido.

Lima, como capital del Perú y centro financiero del país posee una evidente ventaja dentro del sistema nacional de innovación siendo una ciudad propicia para la exploración de nuevas propuestas de valor de base tecnológica.

Si bien existe una percepción sobre el campo de acción del diseñador industrial donde se promueve la incorporación del diseño en las empresas de manufactura, el Perú, al no ser un país industrializado, puede generar un clima de frustración frente a las nuevas generaciones de diseñadores industriales que poco a poco se van orientando a la autogestión y el emprendimiento. En este sentido es consecuente entender que la escasa industria de manufactura local debe convertirse no en un receptor de profesionales del diseño, sino en un insumo para la autogestión y la generación de valor desde el diseño a través de iniciativas independientes que apuesten por un alto nivel de diseño.

Las metodologías de diseño pueden generar una competencia holística dentro de las propuestas de valor con base tecnológica, siempre y cuando la participación del diseñador industrial no se considere como un aporte puramente estético, sino que se tenga en cuenta desde la concepción de la idea hasta la definición del producto.

Las nuevas tecnologías de fabricación digital constituyen una fuente de insumos necesarios para la diversificación de modelos económicos donde el diseñador industrial y de producto pueda desarrollar sus capacidades.

El esquema metodológico desarrollado en el presente trabajo, puede servir también para evaluar e investigar nuevos tipos de herramientas de fabricación digital

10. Recomendaciones

Si bien las herramientas de fabricación digital significan un gran ahorro de tiempo y esfuerzo en el proceso de manufactura, es necesario tener en cuenta las condiciones del diseño asistido por computadora aplicado a la manufactura digital y las consecuencias en los procesos más tradicionales.

El producto diseñado como resultado del trabajo de investigación, no es más que un primer paso para el desarrollo de este tipo de tecnología de manufactura digital, las estrictiones definidas en el trabajo responden a las básicas indispensables para lograr el objetivo propuesto de una dobladora de varilla CNC, el diseño está condicionado por el volumen interno de los componentes, esto significa que si se quisieran ampliar los límites de la

máquina, se puedan recurrir a componentes con características más robustas siguiendo en gran medida, el esquema básico planteado.

Es oportuno considerar también la nueva plataforma que se está consiguiendo para el desarrollo de herramientas y accesorios complementarios a la máquina dobladora de varilla, es necesario seguir explorando las posibilidades de la máquina.

Es recomendable también considerar, de pretender fabricar la máquina en volúmenes semiindustriales importar todos los componentes electrónicos directamente de la Republica Popular China a excepción de los componentes que pertenecen a Adafruit, debido a su carácter exclusivo.

Posteriormente, como parte de un plan de mejoras, considerar diseñar en conjunto con profesionales de la ingeniería electrónica una placa electrónica específica para la máquina, sin perder el concepto de modularidad.

Se recomienda complementar la experiencia del usuario implementando una comunidad virtual para compartir experiencias con el uso y manejo de la dobladora de varilla, las comunidades colaborativas de internautas es una gran fuente de insights para la continua mejora de los productos.

Se recomiendo explorar los límites mecánicos de la dobladora e varilla testeando diferentes tipos de materiales y diámetros de filamento, con esta práctica se pueden ir asentando las bases para el desarrollo posterior de una familia de productos relacionados a la conformación en frío de varillas de aleación.

El trabajo de investigación esta contextualizado a un nivel local, sin embargo, es conveniente evaluar la posibilidad de adaptar los resultados dentro de la comunidad andina donde se pueden presentar contextos muy similares, de esta forma proponer el inicio de una posible industria local de diseño y fabricación de herramientas de manufactura digital.

En versiones posteriores considerar prescindir del cable de comunicación USB e intentar resolver la comunicación mediante otro tipo de tecnología, ya sea a través de tarjetas de almacenamiento SD o inclusive la conectividad inalámbrica vía Wi-Fi.

Finalmente se recomienda considerar la posibilidad de diseñar una aplicación para dispositivos móviles que estén vinculadas con la recomendación anterior de implementación de comunicación inalámbrica.



11. Bibliografía

- Bazhal, I. (2016). *The Theory of Economic Development of J.A. Schumpeter: Key Features*. National University of "Kyiv-Mohyla Academy". Kiev, Ucrania. Recuperado de: https://mpira.ub.uni-muenchen.de/69883/1/MPRA_paper_69883.pdf%7D
- Bijker, W., Pinch, T., y Hughes, T. (1987). *The Social Construction of Technological Systems, Anniversary Edition. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Anniversary edition, London, England: The MIT Press. Recuperado de <https://bibliodarq.files.wordpress.com/2015/09/bijker-w-the-social-construction-of-technological-systems.pdf>
- Bimber, B. (1996). *Tres caras del determinismo tecnológico*. en Smith M., y Marx, L. (1996), pp. 95-116.
- CCL: Pymes emplean al 75% de la PEA en Perú (20 de Junio de 2018). *Diario CORREO*. Recuperado de: <https://diariocorreo.pe/economia/ccl-pymes-emplean-al-75-de-la-pea-en-peru-825759/>
- Centro de Innovación Tecnológica (CIT, 2014). *Taller de Modelación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Lima*. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.ulima.edu.pe/cit>
- Cerdá, E., y Khalilova, A. (2017). *Economía Circular*. Recuperado de: http://www.adbergueda.cat/media/actuacions/Economia%20Circular/economia_circular_estrategia_y_competitividad_empresarial.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016). *El cambio tecnológico y el nuevo contexto del empleo: tendencias generales y en América Latina*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40856-cambio-tecnologico-nuevo-contexto-empleo-tendencias-generales-america-latina>
- Congreso de la República del Perú (2007). *Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación. LEY N° 28303*. Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/6A4A8870DD76CFEF05257A76005953CB/\\$FILE/1_LEY_28303_LEY_MARCO_CIENCIA_TEGNOLOG%C3%8DA_INNOVACI%C3%93N_TECNOL%C3%93GICA.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/6A4A8870DD76CFEF05257A76005953CB/$FILE/1_LEY_28303_LEY_MARCO_CIENCIA_TEGNOLOG%C3%8DA_INNOVACI%C3%93N_TECNOL%C3%93GICA.pdf)

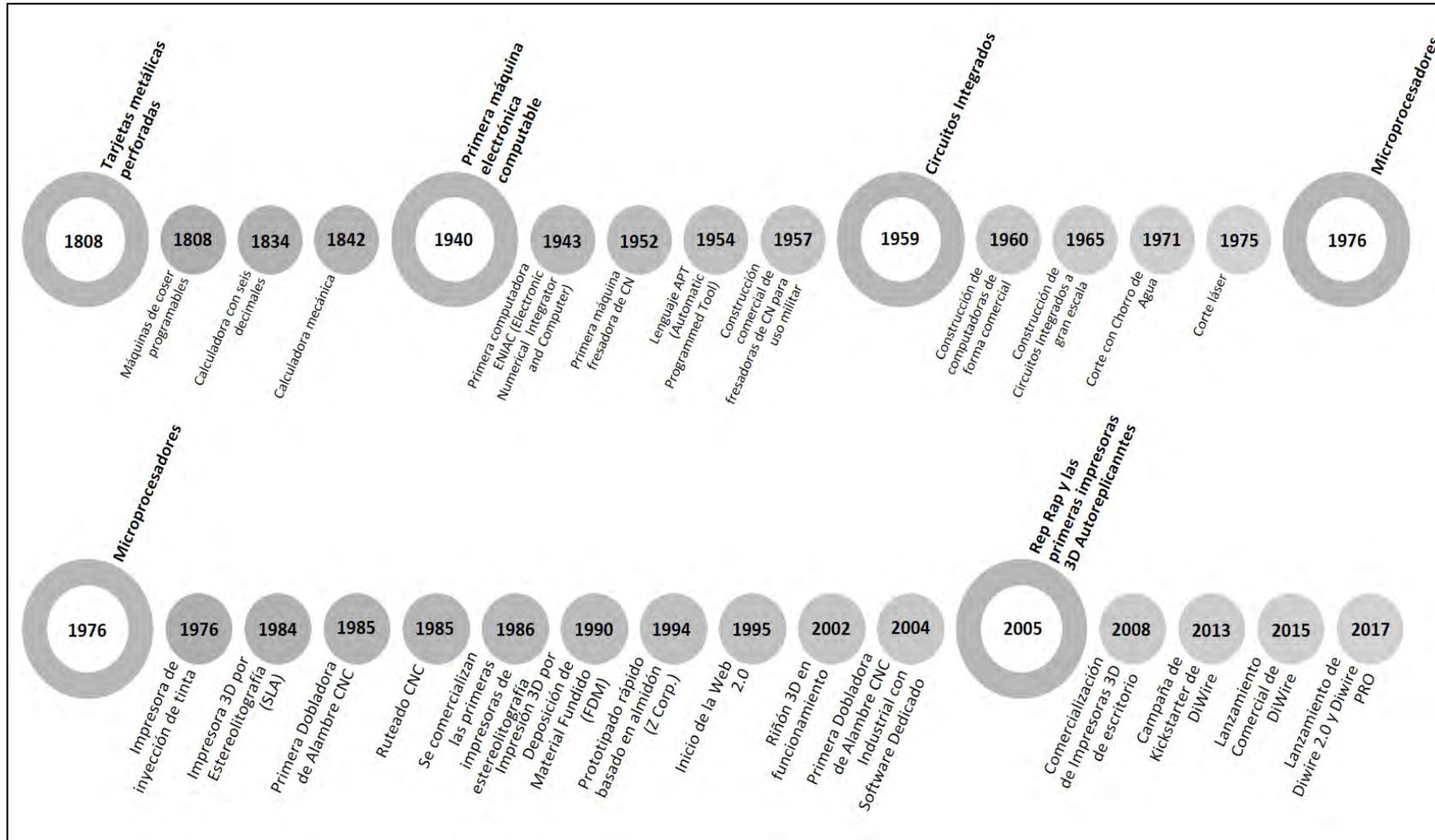
- Duran, W. (2014). *The Complete Story of Civilization: Our Oriental Heritage, Life of Greece*. Recuperado de:
https://books.google.com.pe/books?id=CfGPAAQBAJ&pg=PT11136&lpg=PT11136&dq=franc%C3%A9s+Joseph+M.+Jacquard+en+1808&source=bl&ots=6dTskLSSPm&sig=ScDGoMoMLNv2AwFXLqVI39_xc1k&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewiwnrfZ5pXfAhXFgpAKHZUVBzwQ6AEwGHoECAkQAQ#v=onepage&q=franc%C3%A9s%20Joseph%20M.%20Jacquard%20en%201808&f=false
- Fab Lab Perú (2018). *Asociación de laboratorios de Fabricación digital perteneciente a la red Fab La*. Recuperado de: <http://fab.pe/la-asociacion-fab-lab-peru/>
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lesson from Japan*. London, England. London Printer
- Gutiérrez, C., y Baumert, T. (2018). Smith, Schumpeter y el estudio de los sistemas de innovación. *Economía y Política*. 5(1), 93-111. doi: 10.15691./07194714.2018.003
- iFurniture (2018). *Carpintería digital*. Recuperado de. <http://www.ifurniture.pe/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015). *Más del 60% de las empresas manufactureras realizaron alguna actividad con fines de innovación*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/mas-del-60-de-las-empresas-manufactureras-realizaron-alguna-actividad-con-fines-de-innovacion-9508/>
- La innovación marcó la pauta de las empresas manufactureras (5 de Enero de 2017). *Diario El Comercio*. Recuperado de:
<https://elcomercio.pe/economia/peru/innovacion-marco-pauta-empresas-manufactureras-231729>
- LIMA Makers (2018). *Hacemos tus ideas realidad*. Recueprado de:
<http://www.limamakers.com/>
- Lozano, I. (13 de marzo de 2017). El 69% de los millennials en el Perú urbano usan internet. *Diario La República*. Recuperda de: <https://larepublica.pe/economia/1023055-el-69-de-los-millennials-en-el-peru-urbano-usan-internet>

- PENSA LABS (2018). *Benchtop CNC wire benders*. Recuperado de <https://www.pensalabs.com/>
- Rat Lab Systems (2018). *Empresa peruana especializada en el diseño y fabricación de maquinas*. Recuperado de: <https://vimeo.com/ratlabssystem>
- Ricknee, A. (2001). *Assessing the Functional of an Innovation System*. Paper presented to *DRUID Conference*. Aalborg, June 2001, pp 77-90.
- Rodríguez, G. (1985). *Requerimientos de diseño. Manual de Diseño Industrial. Curso básico*. Ciudad de México, México: Ediciones G. Gili, S.A. pp. 52-74. Recuperado de <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/16ManualDI.pdf>
- Sanabria, O. (2018). *Análisis de relaciones del movimiento maker con la educación en tecnología. Una mirada al semillero “Robótica e Impresión 3D” de la ETITC*. (Tesis de maestría) Universidad Distrital Fransisco José de Caldas. Caldas, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14324>
- SIDECO (2016). *Historia y origen de las máquinas CNC*. Recuperado de: <https://sideco.com.mx/historia-y-origen-de-las-maquinas-cnc/>
- Smith M., y Marx, L. (1996). *Historia y determinismo tecnológico*, Madrid, España: Editorial Alianza.
- UNESCO (2016). *División de Política Científica y Fortalecimiento de capacidades. Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe*. Recuperado de http://spin-be.unesco.org.uy/subida/docrelArchivos/Organigrama_Peru.pdf
- Valdivieso, A. (2015). *Las Pymes y su aporte a la economía peruana. Revista de la Escuela de Negocios*. Universidad de Lima, Lima –Perú. Recuperado de: http://fresno.ulima.edu.pe/sf/rd_bd4000.nsf/vImpresion/F74F2C37AF7C1F1305256F07005FD667?OpenDocument
- Zolid (2018). *Diseño de productos personalizados y en gran medida a brindar servicios de prototipado rápido con alta precisión para empresas*. Recuperado de: https://www.facebook.com/pg/zolid.pe/about/?ref=page_internal

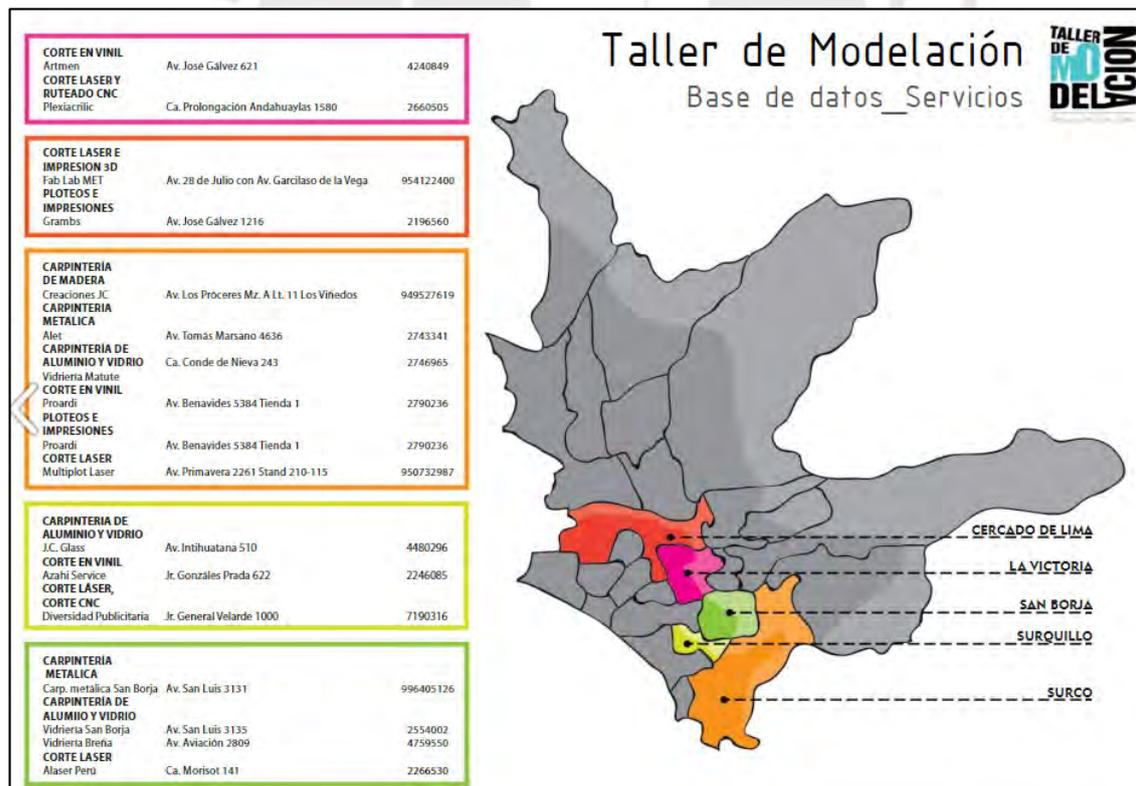
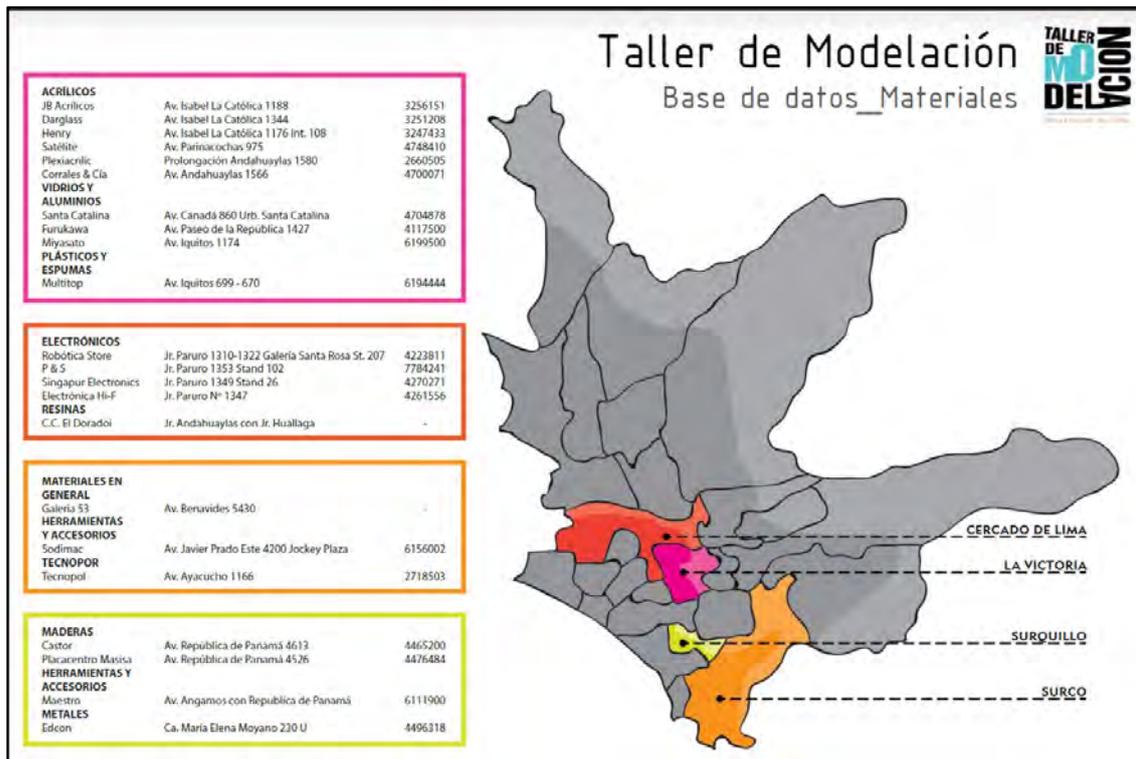
12. Anexos



12.1. Anexo 1. Línea de Tiempo 1



12.2. Anexo 2. Talleres de Modelación.



Taller de Modelación

Base de datos_Materiales



| MATERIALES | EMPRESA | DIRECCIÓN | DISTRITO | TELF |
|--------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------|-----------|
| - Acrílicos | JB Acrílicos | Av. Isabel La Católica 1188 | La Victoria | 3256151 |
| - Acrílicos | Darglass | Av. Isabel La Católica 1344 | La Victoria | 3251208 |
| - Acrílicos | Henry | Av. Isabel La Católica 1176 Int. 108 | La Victoria | 3247433 |
| - Acrílicos | Satlite | Av. Parinacochas 975 | La Victoria | 4748410 |
| - Acrílicos | Plexiacrilic | Prolongación Andahuaylas 1580 Alt. Av. Mexico | La Victoria | 2660505 |
| - Acrílicos | Prinart | Jr. Nevado Cayrego Mz. B1 Lt. 68 Urb. Las Delicias | Chorrillos | 2587174 |
| - Acrílicos, policarbonatos y vidrio | Corrales & Cia | Av. Andahuaylas 1566 | La Victoria | 4700071 |
| - Arcillas | Spondylus | Av. La Molina 1167 C.C. La Rotonda Tienda 115 | La Molina | 3486400 |
| - Arcillas poliméricas | Polyform | Calle Temis N° 181 Of. 302 Salamanca | Ate | 999718031 |
| - Electrónicos | Paruro PE | Av. Paseo de La República 3691 Oficina 302 | San Isidro | 4223811 |
| - Electrónicos | Robotica Store | Jr. Paruro 1310-1322 Galeria Santa Rosa Stand 207 | Cercado de Lima | 7784241 |
| - Electrónicos | P & S | Jr. Paruro 1353 Stand 102 | Cercado de Lima | 4270271 |
| - Electrónicos | Singapur Electronics | Jr. Paruro 1349 Stand 26 | Cercado de Lima | 4261556 |
| - Electrónicos | Electrónica Hi-Fi | Jr. Paruro N° 1347 | Cercado de Lima | 4262742 |
| - Ferrería | Ferremax | Av. Venezuela 1157 | Breaña | 3530163 |
| - Herramientas y accesorios | Sodimax | Av. Javier Prado Este 4200 Jockey Plaza | Santiago de Surco | 6156002 |
| - Herramientas y accesorios | Maestro | Av. Angamos con Av. República de Panamá | Surquillo | 6111900 |
| - Maderas | Castor | Av. Republica de Panamá 4613 | Surquillo | 4465200 |
| - Maderas | Placacetro Masisa | Av. Publica de Panamá 4526 | Surquillo | 4476484 |
| - Maderas | Casa del Carpintero | Av. Villa Marina 242-246 | Chorrillos | 2542891 |
| - Materiales en general | Galeria 53 | Av. Benavides 5330 | Santiago de Surco | - |
| - Materiales en general | Libreria La Clave | Calle Alcanforos 290 Tienda 13 | Miraflores | 4465698 |
| - Metales | Edcon | Calle María Elena Moyano 230 Urb. El Pedregal | Surquillo | 4496318 |
| - Plásticos y espumas | Multitop | Av. Iquitos 699 -670 | La Victoria | 6194444 |
| - Resinas y fibra de vidrio | Inversiones Giacchetti | Jr. Ucayali 189 Urb. Santa Patricia Etapa 2 | La Molina | 3488301 |
| - Resinas y fibra de vidrio | Cofivtecnica | Av. Bolognesi 189 | Barranco | 2474710 |
| - Tecnopor | Tecnopol | Av. Ayacucho 1166 | Santiago de Surco | 2718503 |
| - Vidrios y aluminios | Vidrios Aluminios Santa Patricia | Av. Javier Prado 6552 Urb. Santa Patricia | La Molina | 3480073 |
| - Vidrios y aluminios | Santa Catalina | Av. Canada 860 Urb. Santa Catalina | La Victoria | 4704878 |
| - Vidrios y aluminios | Furukawa | Av. Paseo de la Republica 1427 | La Victoria | 4117500 |
| - Vidrios y aluminios | Miyasato | Av. Iquitos 1174 | La Victoria | 6199500 |

Taller de Modelación

Base de datos_Servicios



| SERVICIOS | EMPRESA | DIRECCIÓN | DISTRITO | TELF |
|---|----------------------------------|--|-------------------|-----------|
| - Carpintería de madera | Creaciones JC | Jr. Bartolomé Herrera 672 | Comas | 990537156 |
| - Carpintería de madera | Carpintería M & L | Av. Los Próceres Mz. A Lt. 11 Los Viriedos | Santiago de Surco | 949527619 |
| - Carpintería metálica | Carpintería Metálica San Borja | Av. San Luis 3131 | San Borja | 996405126 |
| - Carpintería metálica | Alet | Av. Tomás Marsano 4636 | Santiago de Surco | 2743341 |
| - Carpintería metálica | Raubet | Calle El Hierro 253 Urb. Industrial Infantas | Los Olivos | 946020545 |
| - Carpintería de aluminio y vidrio | Vidrios Aluminios Santa Patricia | Av. Javier Prado 6552 Urb. Santa Patricia | La Molina | 3480073 |
| - Carpintería de aluminio y vidrio | Vidriería San Borja | Av. San Luis 3135 | San Borja | 2544002 |
| - Carpintería de aluminio y vidrio | Vidriería Breaña | Av. Aviación 2809 | San Borja | 4759550 |
| - Carpintería de aluminio y vidrio | J. C. Glass | Av. Intihuatana 510 | Surquillo | 4480296 |
| - Carpintería de aluminio y vidrio | Vidriería Matute | Calle Conde de Nieva 243 | Santiago de Surco | 2746965 |
| - Carpintería de aluminio y vidrio | Vidriería José Leal | Av. José Leal 334 | Lince | 4704934 |
| - Corte en vinil | Artmen | Av. José Gálvez 621 | La Victoria | 4240849 |
| - Corte en vinil | Azahi Service | Jr. Gonzáles Prada 622 | Surquillo | 2246085 |
| - Corte en vinil | Diprom | Calle Los Fruticultores 142 Of. 102 Urb. Las Acacias | La Molina | 4374464 |
| - Corte en vinil | Metacolor | Av. General Garzón 866 | Jesús María | 4239000 |
| - Corte en vinil | Proardi | Av. Benavides 5384 Tienda 1 | Santiago de Surco | 2790236 |
| - Corte láser | Multiplot Laser | Av. Primavera 2261 Stand 210-115 Galeria Full Center | Santiago de Surco | 950732987 |
| - Corte láser | La Casa del Diseño | Av. Primavera 2335 (Frente a la UPC) | Santiago de Surco | 4341411 |
| - Corte láser | Alaser Perú | Calle Morisot 141 | San Borja | 2266530 |
| - Corte láser | Moli Láser | Av. Sol de La Molina 1444 | La Molina | 948631099 |
| - Corte láser en metal | Cortes con Tecnología Avanzada | Calle Lord Nelson 236 (Tienda El Desván) | San Isidro | 976517402 |
| - Corte láser e impresión 3D | Fab Lab MET | Av. 28 de Julio con Av. Garcilaso de la Vega | Cercado de Lima | 954122400 |
| - Corte láser y ruteado CNC | Plexiacrilic | Prolongación Andahuaylas 1580 Alt. Av. Mexico | La Victoria | 2660505 |
| - Corte láser, ruteado CNC y chorro de agua | Diversidad Publicitaria | Jr. General Velarde 1000 | Surquillo | 7190316 |
| - Corte láser, impresión 3D y ruteado CNC | Andes Craft & Models | Jr. Manuel Candamo 886 | Lince | 4720424 |
| - Ruteado CNC | Casa del Carpintero | Av. Villa Marina 242-246 | Chorrillos | 2543891 |
| - Electrónica | Robótica El Profe | Jr. Paruro 1310-1322 Galeria Santa Rosa Stand 207 | Cercado de Lima | 7784241 |
| - Ploteos e impresiones | Copias Express | Calle Juan de Arona 645 | San Isidro | 2220557 |
| - Ploteos e impresiones | Grambs | Av. José Gálvez 1216 | Cercado de Lima | 2196560 |
| - Ploteos e impresiones | Proardi | Av. Benavides 5384 Tienda 1 | Santiago de Surco | 2790236 |
| - Ploteos e impresiones | I-copia | Av. Juan de Arona 621-625 | San Isidro | 6160806 |

12.3 Anexo 3. Cuadro comparativo entre las propiedades de DIWIRE y DIWIRE PRO



| FEATURES AND CAPABILITIES | D.I.Wire PRO | D.I.Wire Plus |
|--|--|---|
| WIRE SIZES & MATERIALS | | |
| Wire dimension range | Wide 0.028" (0.7mm) to 0.188 (4.8mm) Tall 0.025" (0.7mm) to 0.500" (12.7mm) | Square or Round 0.062" (1.6mm) or 0.125" (3.2mm) |
| Steel (stainless, spring temper, mild steel, or high carbon) | ✓ | ✓ |
| Brass, copper, nickel-chromium, aluminum and more | ✓ | ✓ |
| SHAPE CAPABILITIES | | |
| Maximum bend angle | 180° | 135° |
| Bump bend smooth curves | ✓ | ✓ |
| Roll bend smooth curves | ✓ | |
| CUSTOMIZABLE HARDWARE | | |
| Customizable feed wheels | ✓ | |
| Customizable bend tooling | ✓ | |
| Spool straightener option | ✓ | |
| Custom accessory mounts | ✓ | |

| | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| EASY TO USE SOFTWARE | | |
| Custom material profiles | ✓ | ✓ |
| G-code interpreter | ✓ | ✓ |
| Feed/Bend script mode | ✓ | ✓ |
| Import SVG files | ✓ | ✓ |
| ACCURACY | | |
| Bend Pin Accuracy | +/- 0.5° | +/- 0.5° |
| Feed Accuracy | +/- 0.004" (0.1mm) | +/- 0.008" (0.2mm) |

sales@pensalabs.com | www.pensalabs.com



| EXAMPLE: 1008 Galvanized Steel | | D.I.Wire PRO | | D.I.Wire Plus | |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|----------------|---|----------------|
| | Maximum bend angle | | 180° | | 135° |
| | Maximum velocity | feed rate | 10,000 mm/min | feed rate | 10,000 mm/min |
| | | bend rate | 10,000 deg/min | bend rate | 10,000 deg/min |
| | Time for 30 mm circle | bump | 26s | roll | < 1 s |
| 0.062" / 1.6mm | Minimum inside radius (centerline) |  | 2.4 mm |  | 2.4 mm |
| | Minimum parallel bend (centerline) |  | 4.8 mm |  | 16.3 mm |
| | Minimum bump bend size (centerline) |  | 8 mm |  | 14 mm |
| | Minimum roll bend size (centerline) |  | 8 mm |  | 52 mm |
| | Maximum bend angle | | 180° | | 135° |
| | Maximum velocity | feed rate | 10,000 mm/min | feed rate | 10,000 mm/min |
| | | bend rate | 9,500 deg/min | bend rate | 6,500 deg/min |
| | Time for 50 mm circle | bump | 30 s | roll | 1 s |
| 0.125" / 3.2mm | Minimum inside radius (centerline) |  | 4.8 mm |  | 4.8 mm |
| | Minimum parallel bend (centerline) |  | 9.6 mm |  | 17 mm |
| | Minimum bump bend size (centerline) |  | 18.4 mm |  | 26.5 mm |
| | Minimum roll bend size (centerline) |  | 29.1 mm | | not possible |

THE DIWIRE PRO IS DESIGNED WITH PROFESSIONAL APPLICATIONS IN MIND

MORE POWER

The bend axis can form up to 0.188" (4.8mm) diameter stainless steel; the feed axis has enough pull force to roll bend shapes or to straighten coils, up to 0.0625" (1.6mm) diameter spring steel.

CUSTOMIZABLE BEND TOOLING

The standard minimum radius is twice the material thickness, but bend tooling can be customized for your applications.

GREATER SPEED

Bend at twice the speed of the D.I.Wire Plus for most applications. Roll bend smooth shapes for even faster speeds.

MORE SHAPE CAPABILITIES

Bend up to 180° or form overlapping shapes, such as springs and helices.

MORE MATERIAL OPTIONS

Customizable tooling can accommodate any wire size between 0.028" (0.7mm) - 0.125" (3.2mm) in a variety of metals and wire shapes, including round, square, strap, and more.

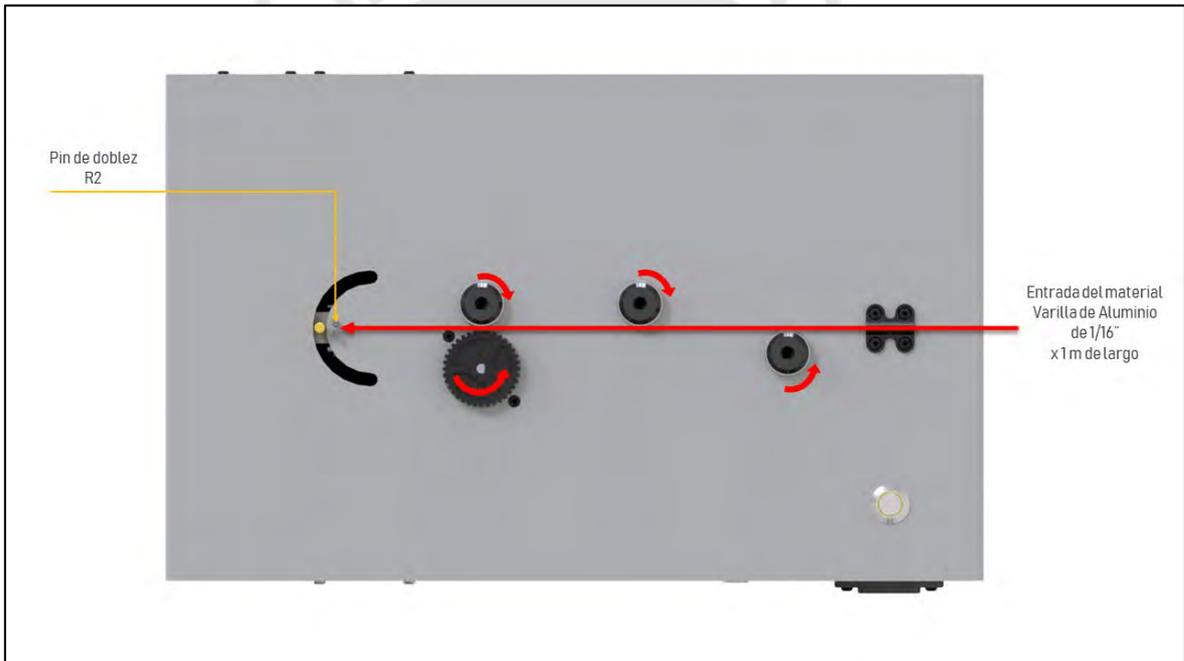
BUILT FOR ACCESSORIES

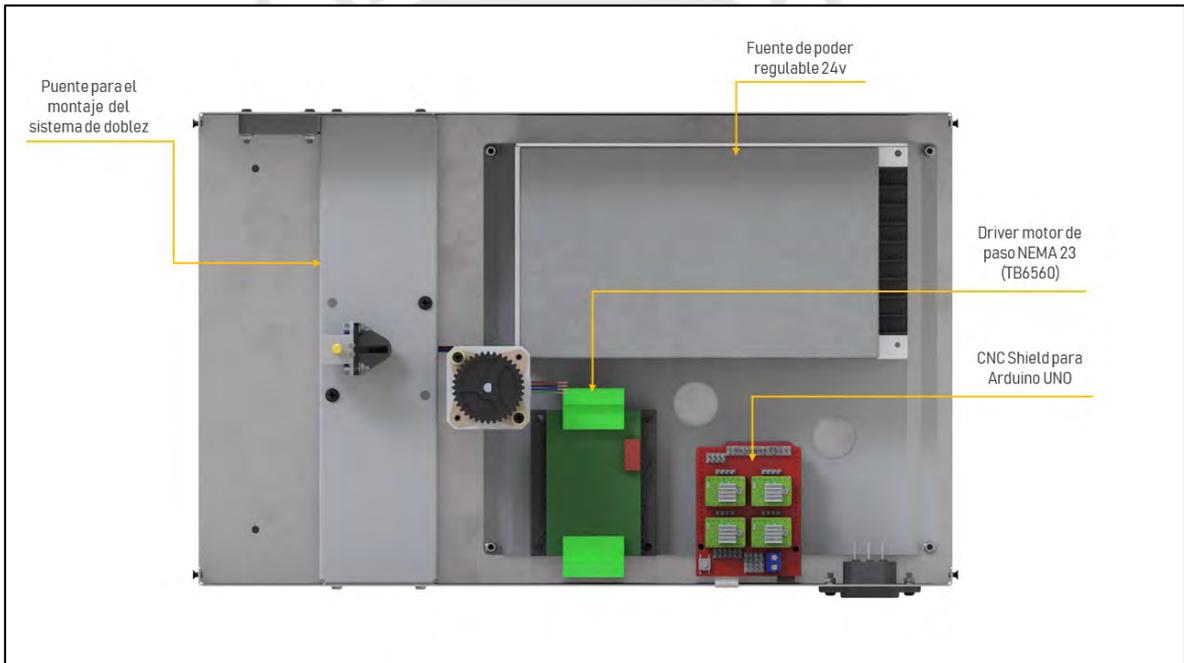
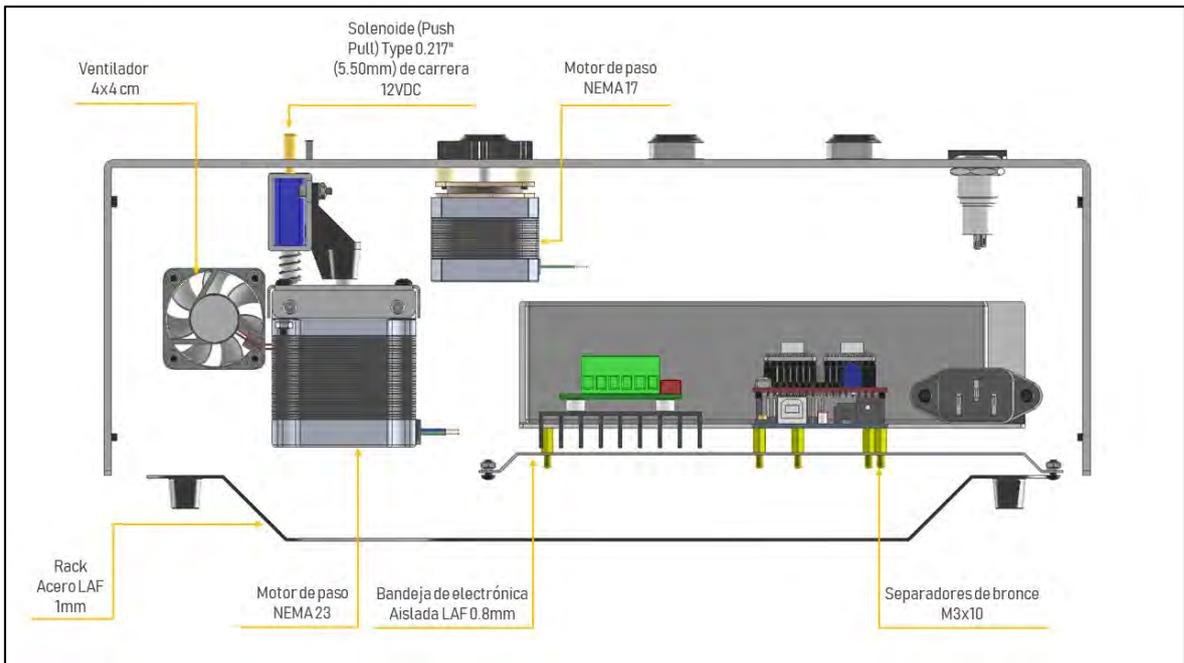
Designed to accommodate accessories that increase productivity, such as straighteners for coils and spools of wire 0.028" (0.7mm) - 0.0625" (1.6mm) in diameter. Sold separately.

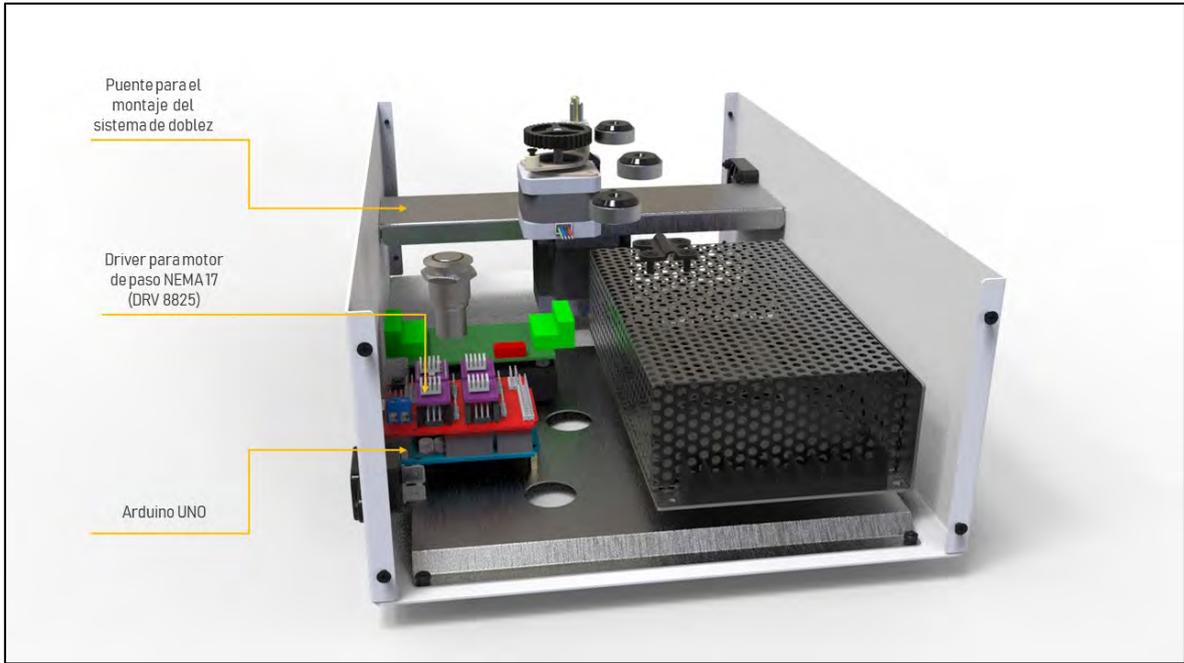
sales@pensalabs.com | www.pensalabs.com

12.4. Anexo 4. Máquina de control numérico computarizado para producción de piezas de metal a baja escala.

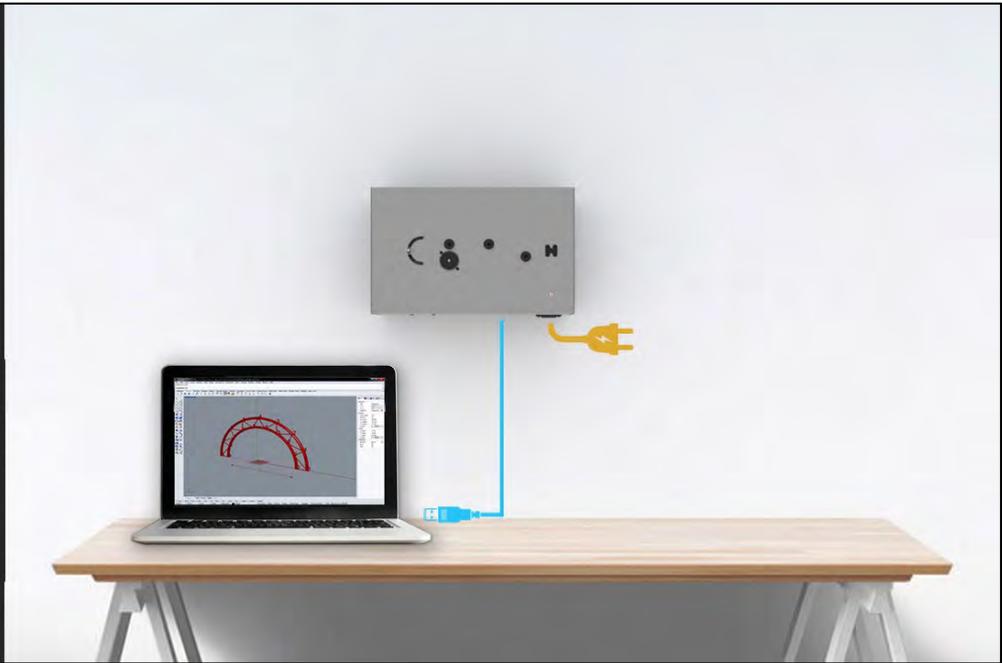








La máquina requiere conexión permanente con una computadora con el software controlador y a una toma de corriente de 220v



Costo aproximado del prototipo

PEN 730.00

Precio en el mercado de productos similares

USD 3675.00

Peso aproximado del producto

3.7 Kg





El contexto de la máquina es:
 >Talleres de prototipado
 >Makerspaces
 >Laboratorios de fabricación digital



Producto de
 PRESENT AND CORRECT en colaboración con PAPRESS

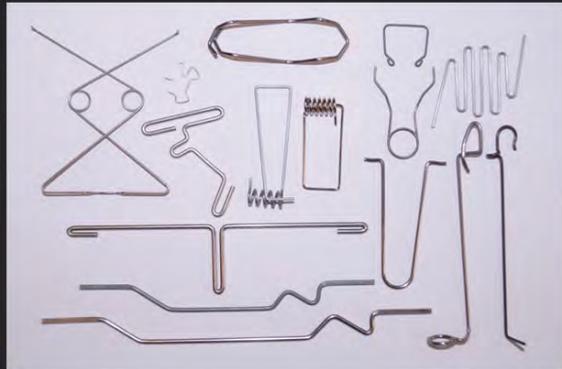
Producto de
 COLONEL SHOP



MAQUETA ARQUITECTÓNICA



Productos de VRC SPRINGS



Productos de VRC SPRINGS

12.5. Anexo 5. Resultados de la encuesta de opinion de expertos, 7 encuestas en total.

FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

Nombre y Apellidos Wilhelm Schütze Aulich
 Grado Académico BACHILLER CON ESTUDIOS EN MAESTRÍA
 Profesión DISEÑADOR INDUSTRIAL
 Institución donde labora UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE AMÉRICA LATINA (UCAL)
 Cargo que desempeña COORDINADOR LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | | | X |
| | Seguridad | | | | | X |
| | Tamaño | | | | X | |
| | Peso | | | | X | |
| | Mantenimiento | | | | X | |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | | X |
| | Durabilidad | | | X | | |
| | Materiales y acabados | | | | | X |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | X | |
| | Sistema de anclajes | | | | X | |
| | Estabilidad | | | | X | |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | | X | | |
| | Procesos productivos | | | | | X |
| | Costos de fabricación | | | | | X |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | | | | X |

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|---|
| USABILIDAD | ✓ |
| FUNCIONALIDAD | - SEGUNDA GUIA DE MATERIAL CERCA AL PIN DOBLADOR - PROBAR ESPACIADO DE DIENTES DEL ENGRANAJE ALIMENTADOR |
| ESTRUCTURABILIDAD | ✓ |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | - EXPLORAR POSIBILIDADES DE DOBLEZ DE OTRAS MATERIAS PRIMAS, EJEMPLO: VARILLA DE BRONZE, ALAMBRE DE COBRE. |
| ESTÉTICO FORMAL | ✓ |

Schüster

FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

Nombre y Apellidos RICARDO TORRES ARASÓN
 Grado Académico LICENCIADO
 Profesión DISENADOR INDUSTRIAL
 Institución donde labora LIMA MAKERS
 Cargo que desempeña GERENTE GENERAL

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | | X | |
| | Seguridad | | | | X | |
| | Tamaño | | | X | | |
| | Peso | | | | X | |
| | Mantenimiento | | | | | |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | | X |
| | Durabilidad | | | X | | |
| | Materiales y acabados | | | X | | |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | X | |
| | Sistema de anclajes | | | | X | |
| | Estabilidad | | | | X | |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | | | X | |
| | Procesos productivos | | | | X | |
| | Costos de fabricación | | | | X | |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | X | | | |

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|---|
| USABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ - Correcto que sea portátil, poco pesado y tenga la opción de ponerse a la pared ⊖ - Creo que las dimensiones son un poco grandes en el espesor y también (pero menos) en x e y ⊖ - No vendría mal una señalética que indique el uso |
| FUNCIONALIDAD | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Buen resumen de ir a lo básico de una wire CNC ⊖ Mostrar al menos 2 upgrades de la máquina pues es inevitable compararla con otras similares |
| ESTRUCTURABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Forma simple de estructurar ⊖ Organización de componentes internos no muy óptima ⊖ Mejorar soportes de alambre, falta de fricción. |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ - Está en un esquema de producción de Industria 4.0, esto le da grandes posibilidades ⊖ - Falta más detalle en este punto, explicar cómo es que se produce, lotes de cuantos y xq ⊖ - Falta un esquema de precios costos de desarrollo y producción. Al ser un proyecto de Ind 4.0 creo es indispensable |
| ESTÉTICO FORMAL | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ - Me gusta que sea como un cuadro u objeto ornamental y funcional. Ej reproductor de disco Muji ⊖ - Creo que podría ser más atractivo, basado en la simpleza del objeto (lenguaje) ⊖ Podrían definirse más los materiales finales opciones de color, etc personalización |

FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

Nombre y Apellidos MARCELA GONZALEZ ARIAS
Grado Académico LICENCIADA
Profesión DISEÑADORA INDUSTRIAL
Institución donde labora PUCP
Cargo que desempeña JEFE DE PRÁCTICA

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | X | | |
| | Seguridad | | | | X | |
| | Tamaño | | | | X | |
| | Peso | | | | X | |
| | Mantenimiento | | | X | | |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | X | |
| | Durabilidad | | | | | X |
| | Materiales y acabados | | | | | X |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | | X |
| | Sistema de anclajes | | | | X | |
| | Estabilidad | | | | X | |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | X | | | |
| | Procesos productivos | | X | | | |
| | Costos de fabricación | | X | | | |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | | X | | |

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|--|
| USABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> - Asegurarse de colocar colocar indicadores para el ingreso y dirección de material. - Cobertura para empuje de alimentación |
| FUNCIONALIDAD | <ul style="list-style-type: none"> - Deberían agregarse accesorios de corte para retirar el material doblado. - Los cables podrían tener un compartimiento o espacio en la carcasa, para en caso el usuario quiera transportar el dispositivo. |
| ESTRUCTURABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> - Indicar al usuario el riesgo de oromo cuando la estructura está fijada a la pared (max 25kg) |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | |
| ESTÉTICO FORMAL | |

FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Nombre y Apellidos | Jennyfer Wong |
| Grado Académico | Bachiller |
| Profesión | Ingeniería Industrial |
| Institución donde labora | PUCP - VEO 2D |
| Cargo que desempeña | Coordinadora |

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | | X | |
| | Seguridad | | | | X | |
| | Tamaño | | | X | | |
| | Peso | | | X | | |
| | Mantenimiento | | | | X | |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | X | |
| | Durabilidad | | | | | X |
| | Materiales y acabados | | | | X | |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | X | |
| | Sistema de anclajes | | | | X | |
| | Estabilidad | | | | | X |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | | | X | |
| | Procesos productivos | | | | | X |
| | Costos de fabricación | | | | | X |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | | X | | |

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|--|
| USABILIDAD | <ul style="list-style-type: none">- Mejorar la presentación del usuario y los campos de aplicación.- Considerar gráficos que inducen el uso y manual de usuario |
| FUNCIONALIDAD | <ul style="list-style-type: none">- Analizar la necesidad de dablear diferentes domemas. |
| ESTRUCTURABILIDAD | |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Comparar y analizar la factibilidad utilizando fabricación digital |
| ESTÉTICO FORMAL | |



FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

Nombre y Apellidos JOSÉ MIGUEL DE LOS RÍOS TELLO
 Grado Académico INGENIERO ELECTRÓNICO TITULADO
 Profesión INGENIERO
 Institución donde labora TECSUP
 Cargo que desempeña DOCENTE DE LA CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | | X | |
| | Seguridad | | | | | X |
| | Tamaño | | | | X | |
| | Peso | | | | | X |
| | Mantenimiento | | | | | X |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | X | |
| | Durabilidad | | | | | X |
| | Materiales y acabados | | | | | X |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | X | |
| | Sistema de anclajes | | | | X | |
| | Estabilidad | | | | | X |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | | | | X |
| | Procesos productivos | | | | | X |
| | Costos de fabricación | | | | | X |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | | | | X |

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|---|
| USABILIDAD | SE PUEDE OPTIMIZAR EL USO Y DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO INTERNO UNIFICANDO LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y DE CONTROL |
| FUNCIONALIDAD | _____ |
| ESTRUCTURABILIDAD | CONSIDERAR RE-DISTRIBUCIÓN DE DUCTOS DE VENTILACIÓN PARA CONTROLADORES DE MOTORES PARA OPTIMIZAR LOS ESPACIOS UTILIZADOS. |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | _____ |
| ESTÉTICO FORMAL | _____ |



FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Nombre y Apellidos | JORGE KANNA RAGAS |
| Grado Académico | BACHILLER EN DISEÑO INDUSTRIAL |
| Profesión | DISEÑADOR INDUSTRIAL |
| Institución donde labora | IOT LABS |
| Cargo que desempeña | DISEÑADOR |

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | X | | |
| | Seguridad | | | | X | |
| | Tamaño | | | | | X |
| | Peso | | | | | X |
| | Mantenimiento | | | | X | X |
| FUNCIONALIDAD | Sistema mecánico | | | | | X |
| | Durabilidad | | | | | X |
| | Materiales y acabados | | | | | X |
| ESTRUCTURABILIDAD | Carcasa | | | | | X |
| | Sistema de anclajes | | | | X | |
| | Estabilidad | | | | X | X |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Materias primas | | | | | X |
| | Procesos productivos | | | | | X |
| | Costos de fabricación | | | | | X |
| ESTÉTICO FORMAL | Aporte Formal | | | | X | X |

TABLA DE OBSERVACIONES

En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|---|
| USABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> - INTERFAZ : FALTA INFORMACIÓN DE USO EN EL AREA DE TRABAJO <li style="padding-left: 20px;">-> DISEÑO / AREA DE PELIGRO / ON/OFF - SEGURIDAD : EXPOSOR EXPOSITO SIN INDICACIÓN DE PELIGRO . <li style="padding-left: 20px;">BOTON ENCENDIDO A PAGADO + NOTIFIC D. CON INDICACIONES |
| FUNCIONALIDAD | |
| ESTRUCTURABILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> - SISTEMA DE ANCLAJES : LOS "PATAS ROSCADAS" PUEDEN INCORPORAR SEGUROS DE NYLON PARA MANTENER SU POSICIÓN - EL RACK PUEDE INCORPORAR AGUJEROS "  CON RANURAS PARA FACILITAR DESMONTAJE DE LA PARED - " HANGING HOLES " |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | |
| ESTÉTICO FORMAL | |

J. Kauriz

FICHA DE OPINION DE EXPERTOS

DATOS GENERALES

Nombre y Apellidos Claudia Margarita Aguilar Huczo
 Grado Académico Arquitecta Licenciada
 Profesión Arquitecta
 Institución donde labora Pedernal Studio
 Cargo que desempeña Gerente

TABLA DE OPINIÓN

En la siguiente tabla se presentan los aspectos requeridos para la validación de la propuesta a través de distintos criterios de diseño, cada ítem tiene una valoración de 1 a 5 donde:

| | |
|---|---|
| 1 | No satisface los requerimientos del ítem |
| 2 | Satisface algunos requerimientos del ítem |
| 3 | Satisface parcialmente el ítem |
| 4 | Satisface la mayoría de requerimientos del ítem |
| 5 | Satisface completamente los requerimientos del ítem |

A continuación, marque con una "X" la casilla que corresponda a su criterio.

| ASPECTO | ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|
| USABILIDAD | Interfaz | | | | | X |
| | Seguridad | | | | | X |
| | Tamaño | | | | X | |
| | Peso | | | | | X |
| FUNCIONALIDAD | Mantenimiento | | | | | X |
| | Sistema mecánico | | | | | X |
| | Durabilidad | | | | | X |
| ESTRUCTURABILIDAD | Materiales y acabados | | | | | X |
| | Carcasa | | | | | X |
| | Sistema de anclajes | | | | | X |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | Estabilidad | | | | | X |
| | Materias primas | | | | | X |
| | Procesos productivos | | | | | X |
| ESTÉTICO FORMAL | Costos de fabricación | | | | | X |
| | Aporte Formal | | | | | X |

TABLA DE OBSERVACIONES

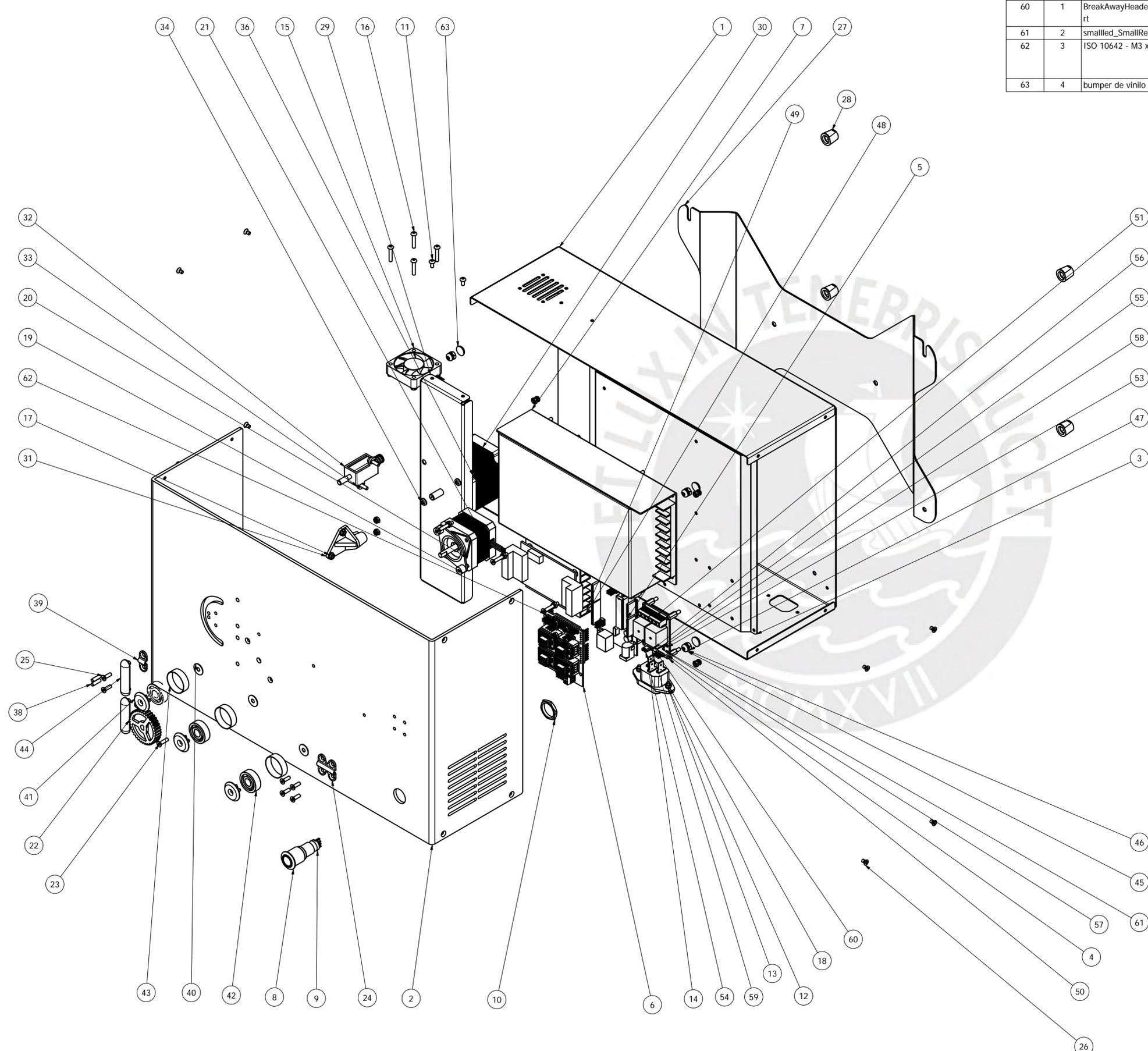
En la siguiente tabla se presentan los mismos aspectos expuestos para la validación, con la finalidad de conocer su opinión con respecto a la propuesta de diseño.

| ASPECTO | OBSERVACIÓN |
|-------------------------|--|
| USABILIDAD | - Sería de mi agrado que el tamaño se redujera para optimizar el espacio de trabajo que abarca. |
| FUNCIONALIDAD | - Encuentro este objeto muy funcional para estudios creativos, talleres de prototipado rápido e incluso talleres mecánicos. Los materiales son de buena resistencia y acabado. |
| ESTRUCTURABILIDAD | - Me preocupa la estabilidad al momento de anclar a la pared. Pienso que en esta posición podría sufrir cambios en la calibración o desajustes por vibración y gravedad en largos periodos de uso. |
| FACTIBILIDAD PRODUCTIVA | - Me parece muy factible. A costo muy accesible y su producción local es posible. |
| ESTÉTICO FORMAL | - Las imágenes que he visto no contemplan la aplicación de logo, nombre de producto o distintivo. Me parece importante contemplarlo con finalidad estética y de marketing. |



12.6. Anexo 6. Planos

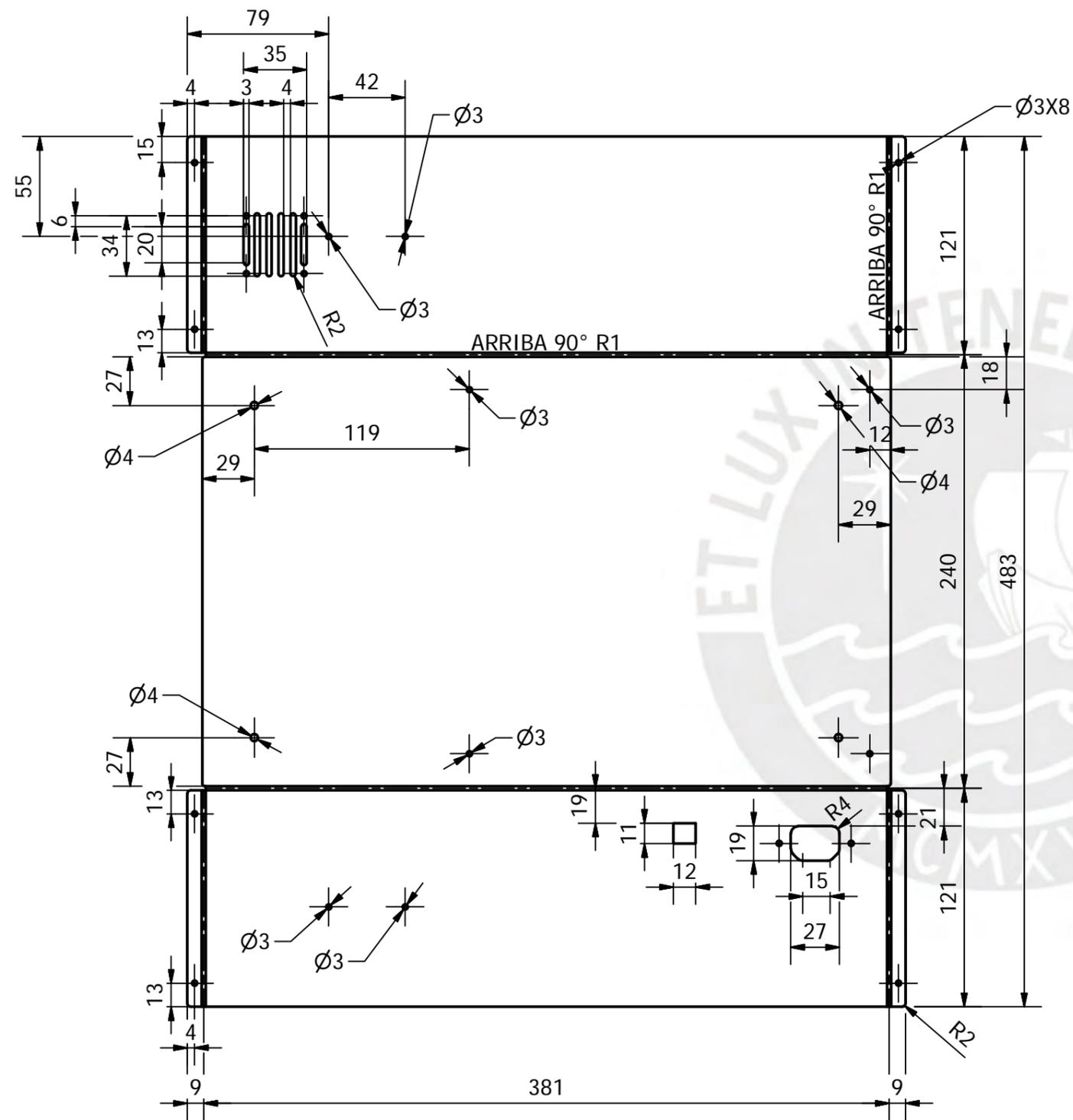




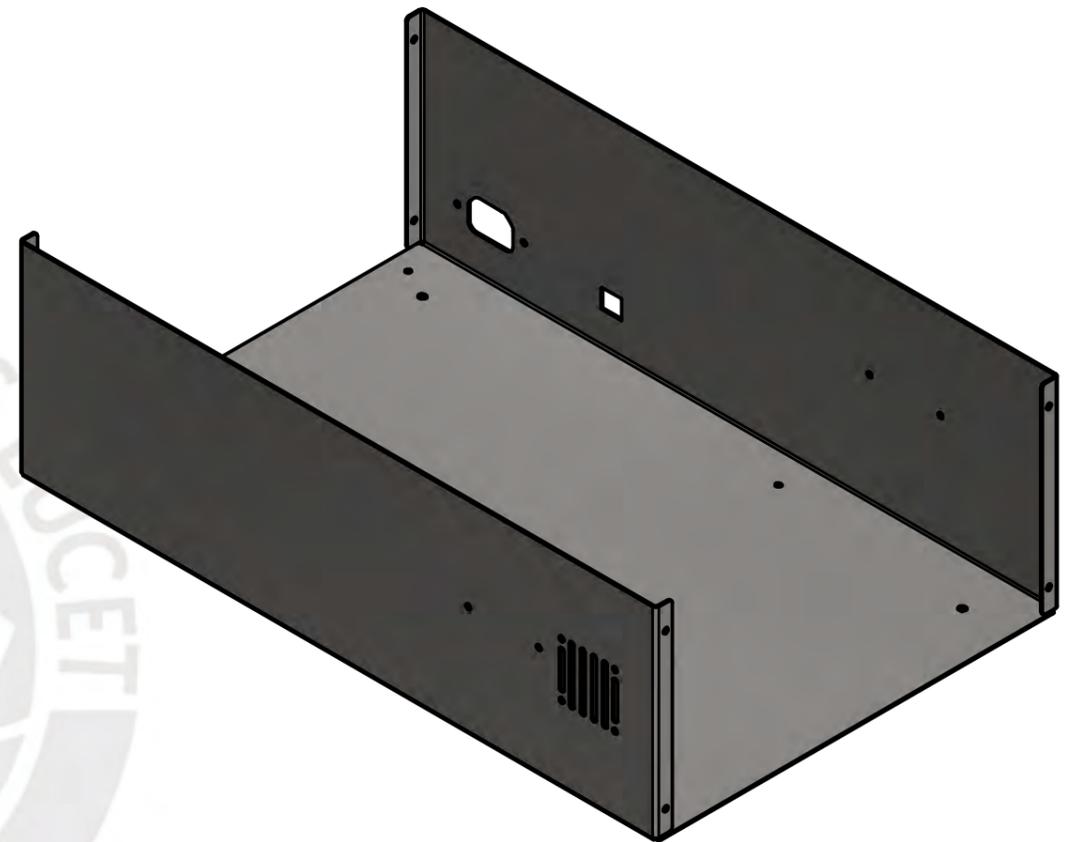
| LISTA DE PARTES | | | | LISTA DE PARTES | | | |
|-----------------|-------|--------------------------|---|-----------------|-------|--------------------------------------|---|
| NÚMERO | CANT. | NOMBRE | DESCRIPCIÓN | NÚMERO | CANT. | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
| 55 | 2 | PC-817 | | 1 | 1 | case vol 3.2 | |
| 56 | 2 | Relay | | 2 | 1 | chapa de aluminio case vol.3 | |
| 57 | 2 | smdres_102 | | 3 | 1 | plataforma para electronica | |
| 58 | 2 | smdres_115 | | 4 | 12 | separador hexagonal 10mm | |
| 59 | 1 | BreakAwayHeaders_3PinSho | | 5 | 1 | arduino | |
| 60 | 1 | BreakAwayHeaders_4PinSho | | 6 | 1 | CNC shield | |
| 61 | 2 | smalled_SmallRelay | | 7 | 1 | fuelle de poder | |
| 62 | 3 | ISO 10642 - M3 x 20 | Hexagon Socket Countersunk Head Screw-1 - Product grade A | 8 | 1 | phobya power switch body | |
| | | | | 9 | 1 | pin power switch | |
| | | | | 10 | 1 | thread washer | |
| | | | | 11 | 6 | ISO 7380-1 - M3 x 6 | Hexagon Socket Button Head Screw - Product grade A |
| | | | | 12 | 19 | NF E 25-515 - W3 | Single coil spring washers - Standard serie - Symbol W |
| | | | | 13 | 25 | ISO 4032 - M3 | Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B |
| | | | | 14 | 1 | IEC320-C14RCPT | Screw Panel Mount Unfiltered Power Entry Receptacle IEC 320-C14 |
| | | | | 15 | 1 | 40x40x10 DC Fan | STEP AP214 |
| | | | | 16 | 4 | ISO 7380-1 - M3 x 16 | Hexagon Socket Button Head Screw - Product grade A |
| | | | | 17 | 6 | ISO 7089 - 3 | Plain washers - Normal series - Product grade A |
| | | | | 18 | 2 | ISO 7380-1 - M3 x 10 | Hexagon Socket Button Head Screw - Product grade A |
| | | | | 19 | 2 | separador de motores nema 17 | |
| | | | | 20 | 1 | Nema 17 Mount Bracket Shock Absorber | |
| | | | | 21 | 1 | Nema 17 Stepper Motor length 34mm | |
| | | | | 22 | 1 | extrusor | |
| | | | | 23 | 2 | ISO 10642 - M3 x 12 | Hexagon Socket Countersunk Head Screw-1 - Product grade A |
| | | | | 24 | 1 | guia superficial | |
| | | | | 25 | 6 | ISO 10642 - M3 x 10 | Hexagon Socket Countersunk Head Screw-1 - Product grade A |
| | | | | 26 | 8 | ISO 7046-1 - M3 x 5 - 4.8 - H | Countersunk flat head screws (common head style) with type H cross recess |
| | | | | 27 | 1 | rack | |
| | | | | 28 | 4 | patita | |
| | | | | 29 | 1 | punte para el nema 23 | |
| | | | | 30 | 1 | Nema 23 Stepper Motor length 56mm | |
| | | | | 31 | 1 | soporte de solenoide | |
| | | | | 32 | 1 | Small Push-Pull Solenoid - 12VDC | |
| | | | | 33 | 2 | ISO 4762 - M3 x 10 | Hexagon Socket Head Cap Screw |
| | | | | 34 | 2 | ISO 7045 - M3.5 x 20 - 4.8 - Z | Pan head screw with type Z cross recess - product grade A |
| | | | | 35 | 2 | AS 1968 - 1976 - 3.5 | Helical spring lock washers (metric series) |
| | | | | 36 | 2 | ISO 4032 - M3.5 | Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B |
| | | | | 37 | 2 | Unbrako - M3 x 20 | Hexagon Socket Button Head Cap Screw |
| | | | | 38 | 2 | pinos de doblez | |
| | | | | 39 | 1 | guia superficial | |
| | | | | 40 | 3 | troquel pvc para base de rodaje | |
| | | | | 41 | 3 | seguro_rodamiento | |
| | | | | 42 | 2 | %3% BS 290 - SKF 608 | Single row ball bearings |
| | | | | 43 | 3 | termocontraible de rodajes | |
| | | | | 44 | 2 | rampa de seguridad | |
| | | | | 45 | 4 | ISO 7380-1 - M4 x 6 | Hexagon Socket Button Head Screw - Product grade A |
| | | | | 46 | 4 | AS 1968 - 1976 - 4 | Helical spring lock washers (metric series) |
| | | | | 47 | 4 | ISO 4032 - M4 | Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B |
| | | | | 48 | 1 | Driver CNC | |
| | | | | 49 | 4 | separador hexagonal 10mm | |
| | | | | 50 | 1 | RelayBase | |
| | | | | 51 | 2 | Terminator | |
| | | | | 52 | 2 | D1 | |
| | | | | 53 | 2 | sot-23-j3y | |
| | | | | 54 | 1 | Jumper | |

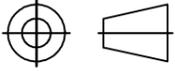
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
 FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

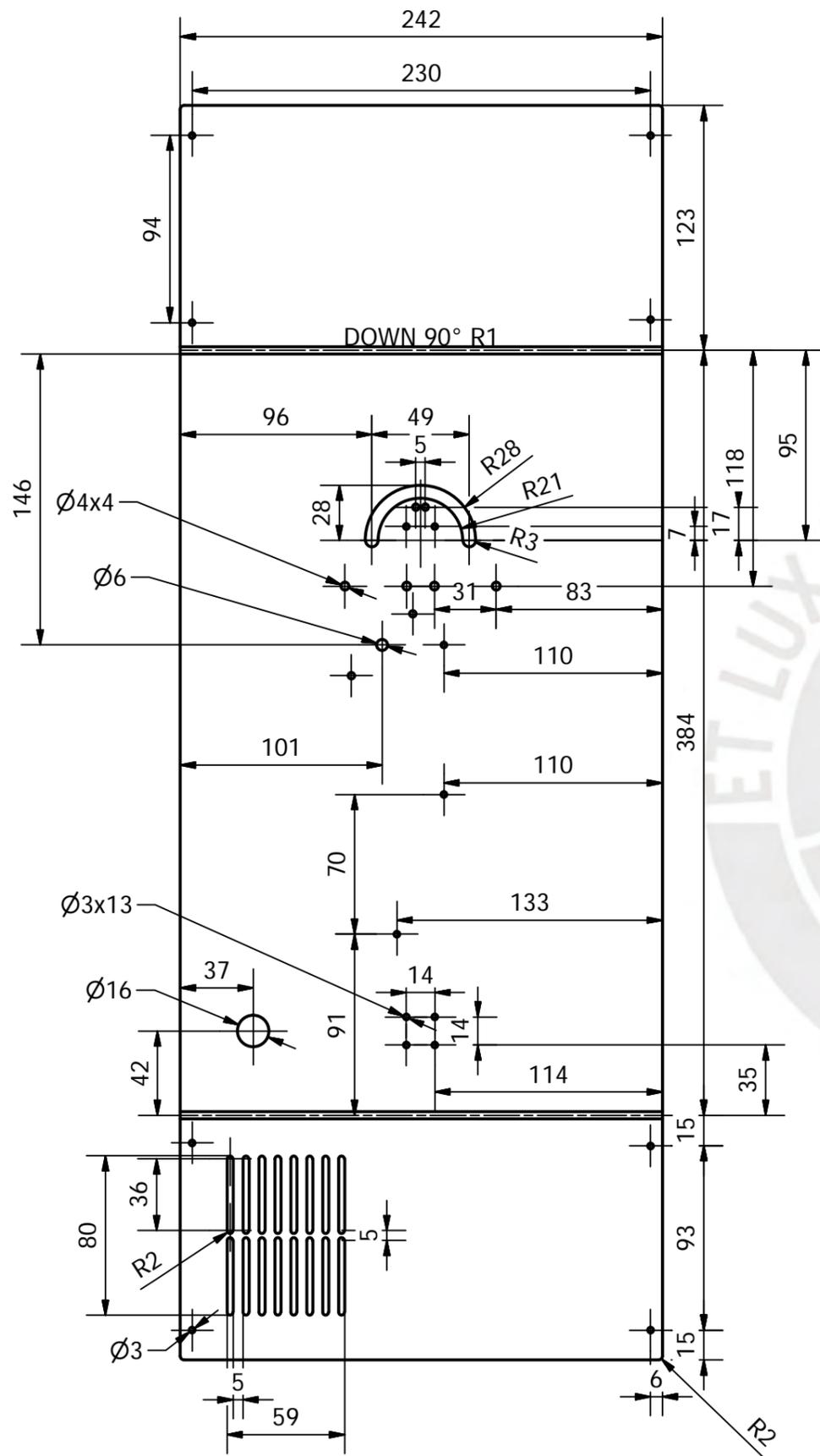
| | | |
|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| METODO DE PROYECCION | 2DK - WIRE BENDER | ESCALA |
| | Vista explosiva | 1 : 2 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A1 |



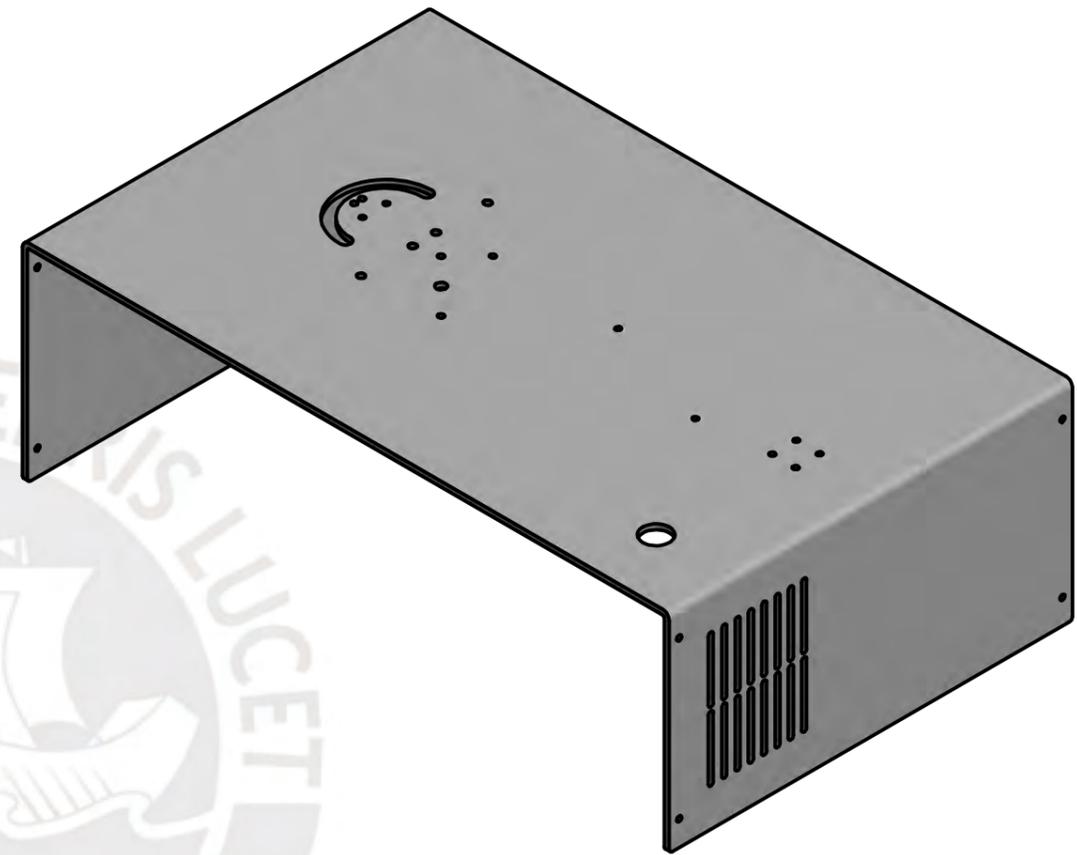
DESARROLLO
PLANCHA LAF DE 1mm

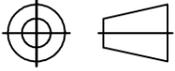


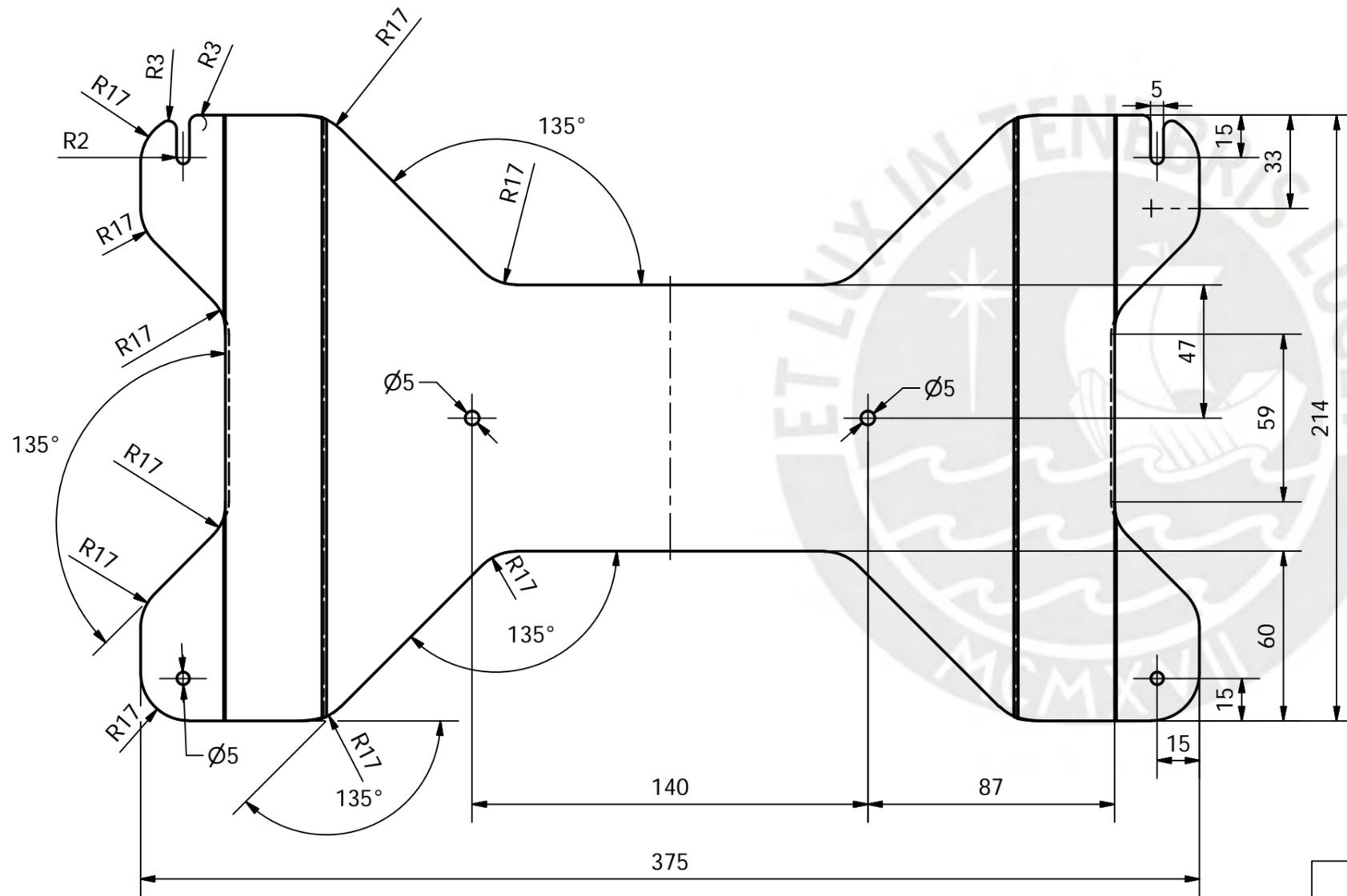
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU | | |
|---|--------------------------------|----------------------|
| FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
| METODO DE PROYECCION | 2DK - WIRE BENDER | ESCALA |
|  | Case | 1 : 3 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A3 |



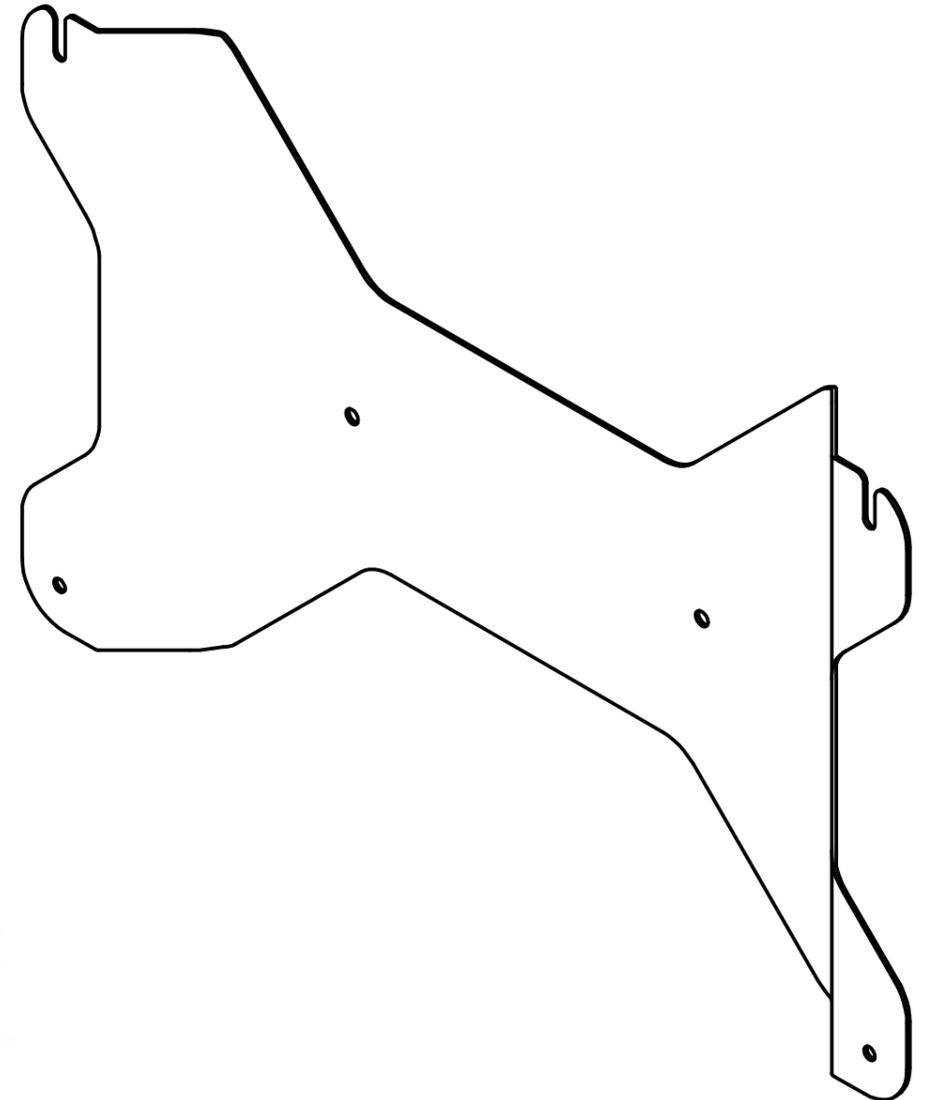
DESARROLLO
PLANCHA ALUMINIO DE 3mm



| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU | | |
|---|--------------------------------|----------------------|
| FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
| METODO DE PROYECCION | 2DK - WIRE BENDER | ESCALA |
|  | Chapa de aluminio case | 1 : 3 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A3 |



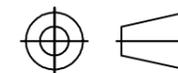
DESARROLLO
PLANCHA LAF DE 1mm



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

METODO DE
PROYECCION



2DK - WIRE BENDER

Rack

ESCALA

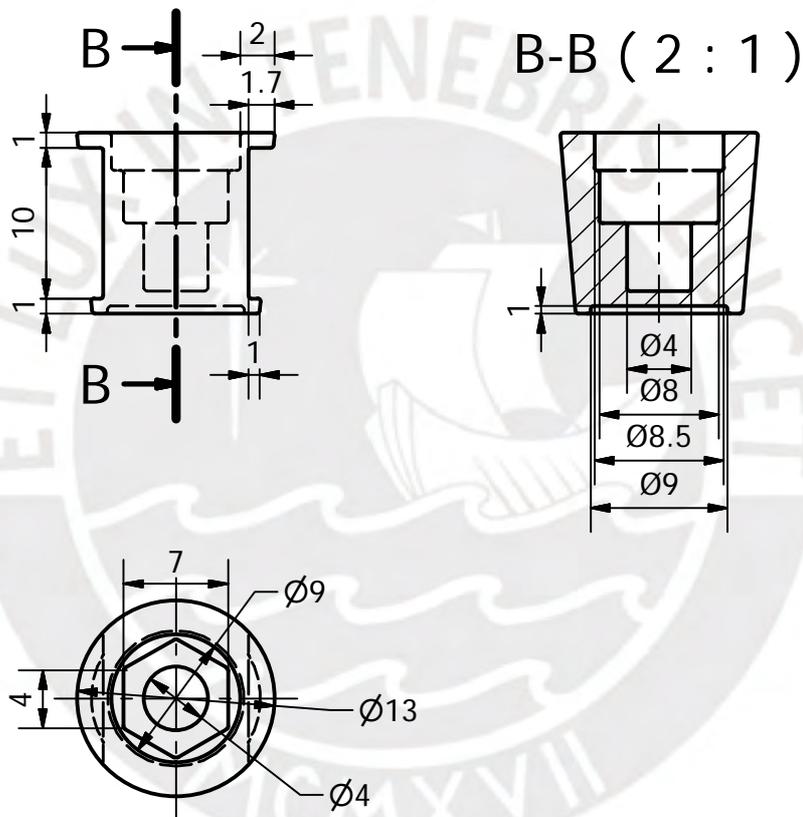
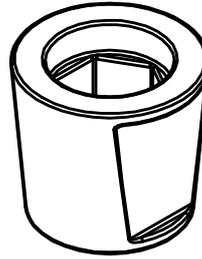
1 : 2

20091840

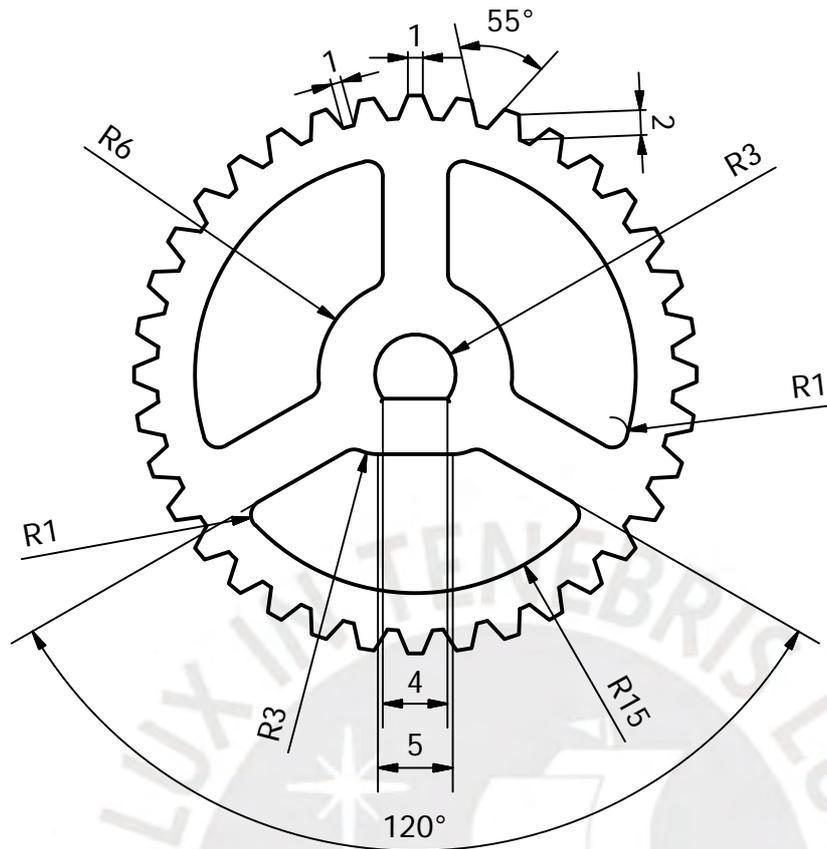
LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA

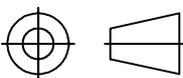
FECHA:
29/11/2018

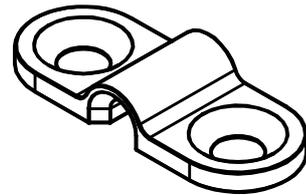
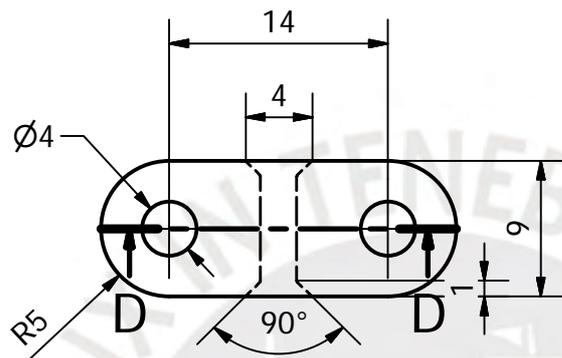
LAMINA:
A3



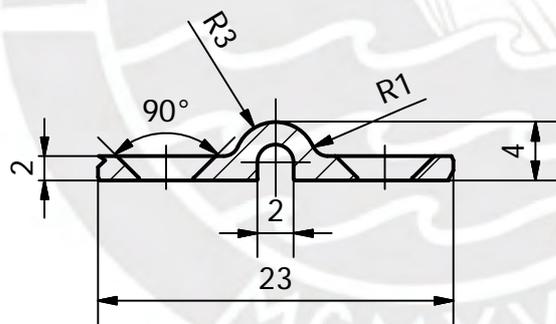
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
|---|---|----------------------------|
| METODO DE PROYECCION | 2DK - WIRE BENDER Pata de la base | ESCALA 2 : 1 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A4 |



| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
|---|--|----------------------------|
| METODO DE PROYECCION  | 2DK - WIRE BENDER Extrusor | ESCALA 2 : 1 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A4 |



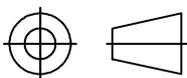
D-D (2 : 1)



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

METODO DE PROYECCION



2DK - WIRE BENDER

Guía superficial MINI

ESCALA

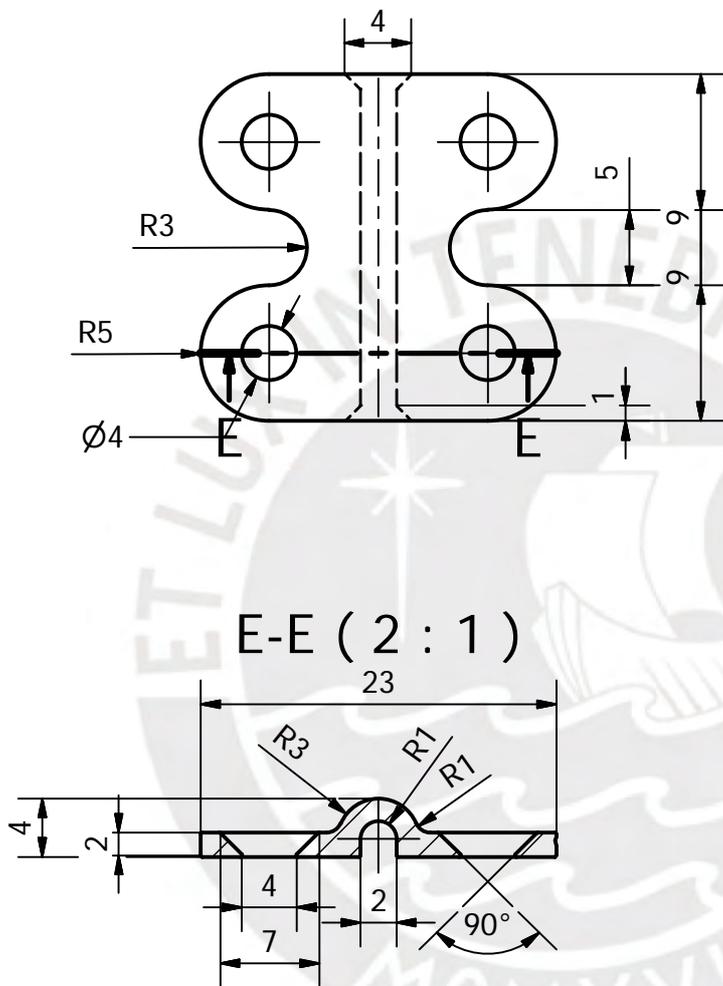
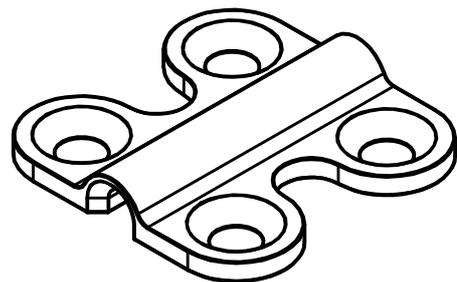
2 : 1

20091840

LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA

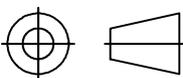
FECHA:
29/11/2018

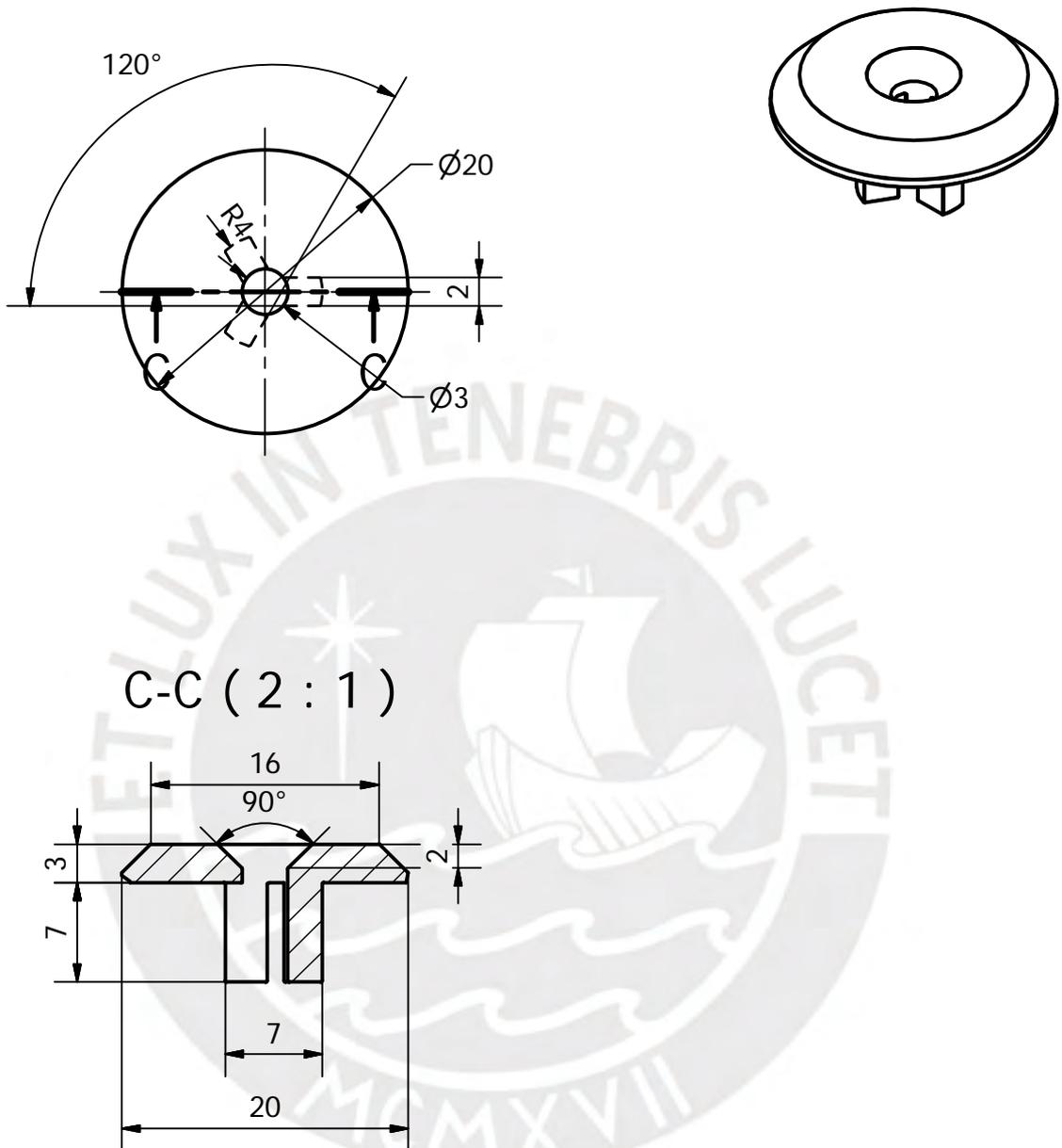
LAMINA:
A4

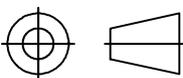


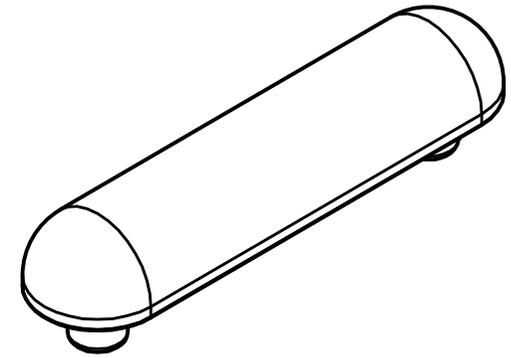
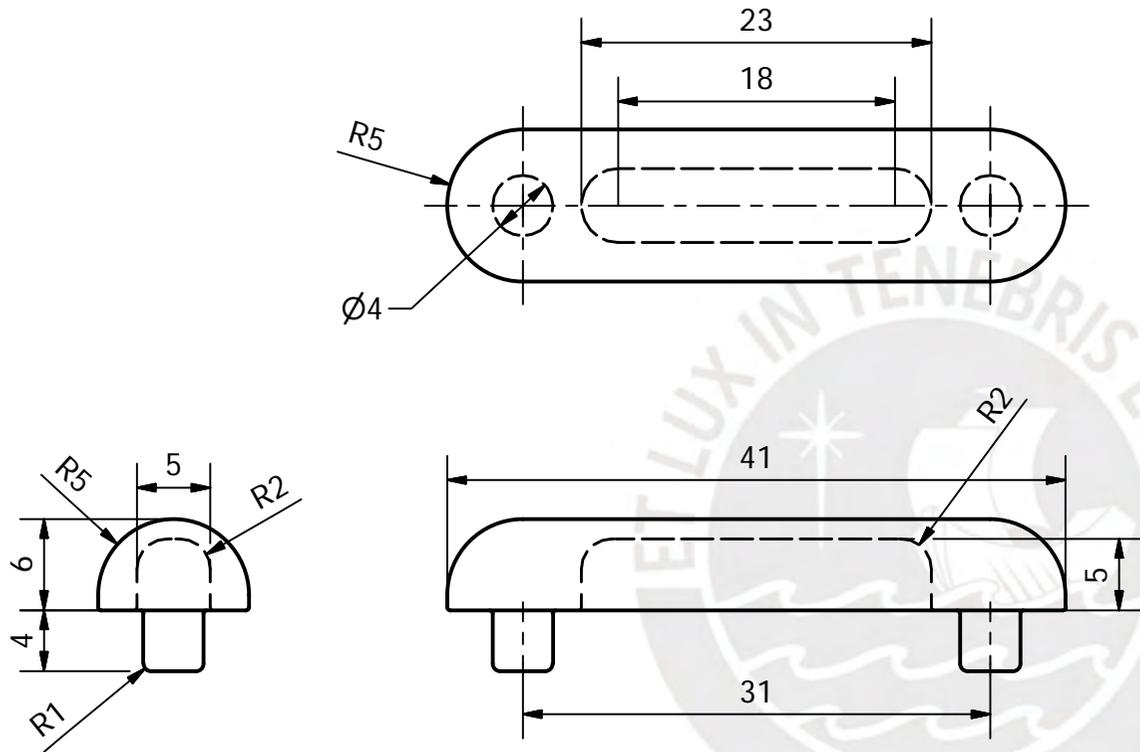
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

| | | |
|---|---|-----------------------------------|
| <p>METODO DE PROYECCION</p>  | <p>2DK - WIRE BENDER</p> <p>Guía superficial</p> | <p>ESCALA</p> <p>2 : 1</p> |
| <p>20091840</p> | <p>LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA</p> | <p>FECHA:</p> <p>29/11/2018</p> |
| | | <p>LAMINA:</p> <p>A4</p> |



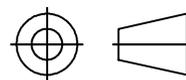
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
|---|--|----------------------------|
| METODO DE PROYECCION  | 2DK - WIRE BENDER Seguro de rodamiento | ESCALA 2 : 1 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A4 |



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

METODO DE PROYECCION



2DK - WIRE BENDER

Rampa de seguridad

ESCALA

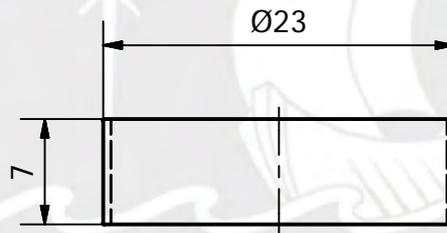
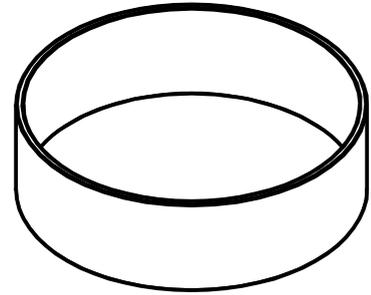
2 : 1

20091840

LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA

FECHA:
29/11/2018

LAMINA:
A4

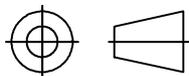


Termocontraible de 1mm

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

METODO DE PROYECCION



2DK - WIRE BENDER

Termocontraible de rodaje

ESCALA

2 : 1

20091840

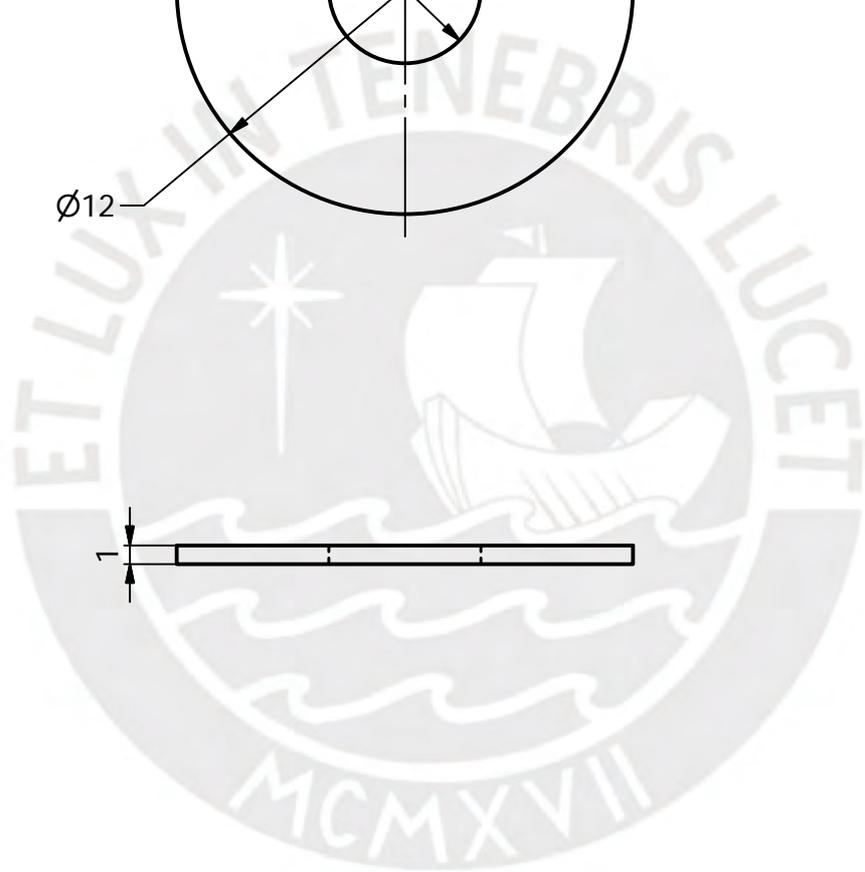
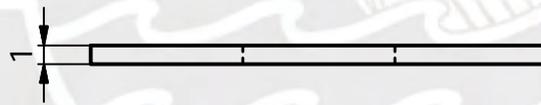
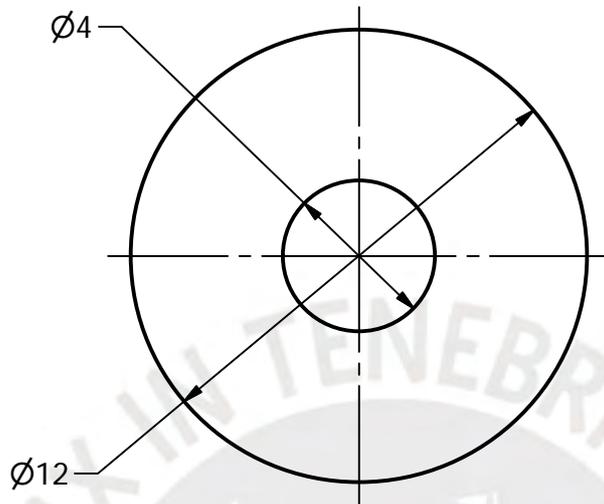
LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA

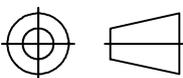
FECHA:

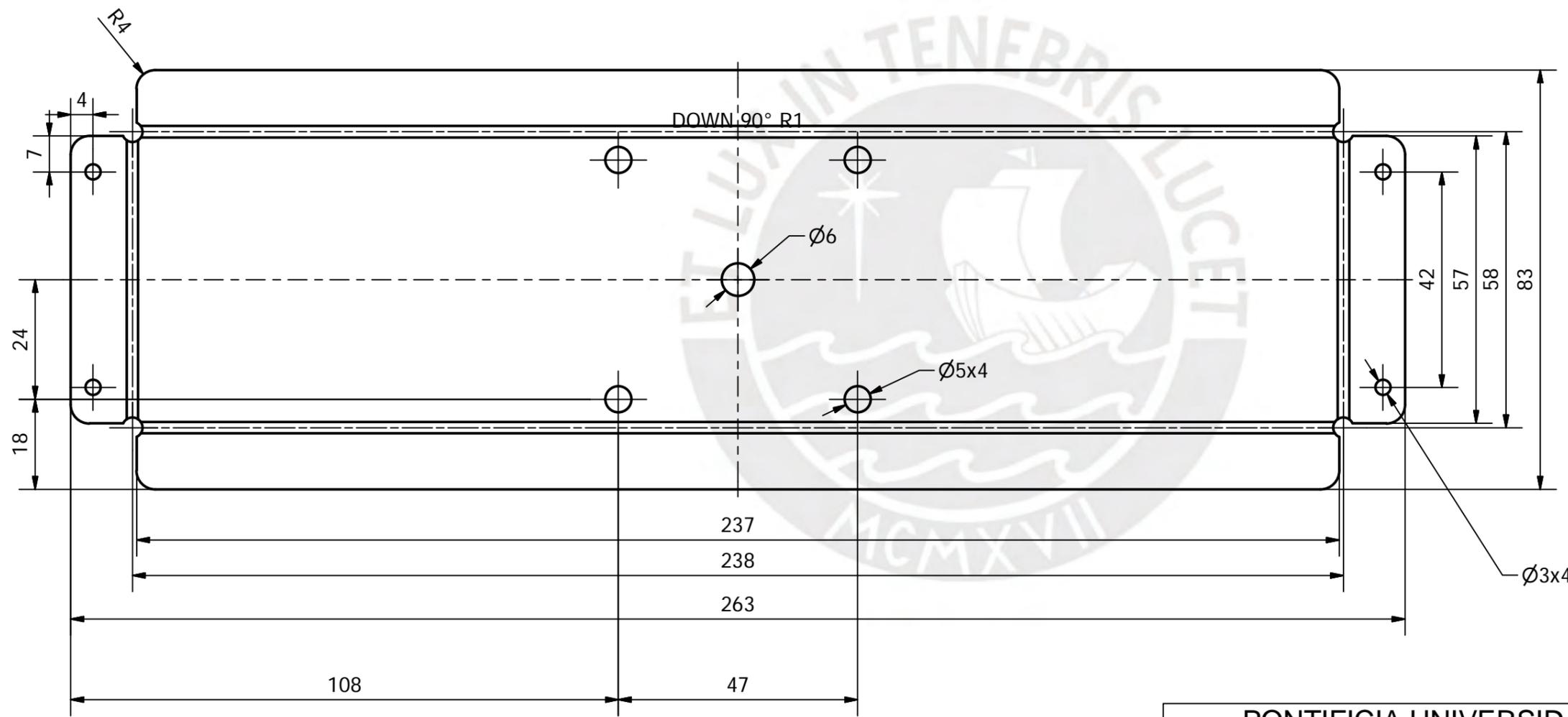
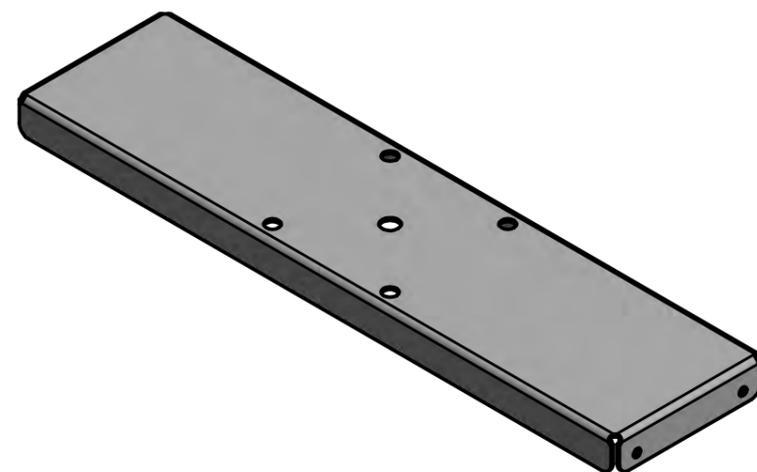
29/11/2018

LAMINA:

A4

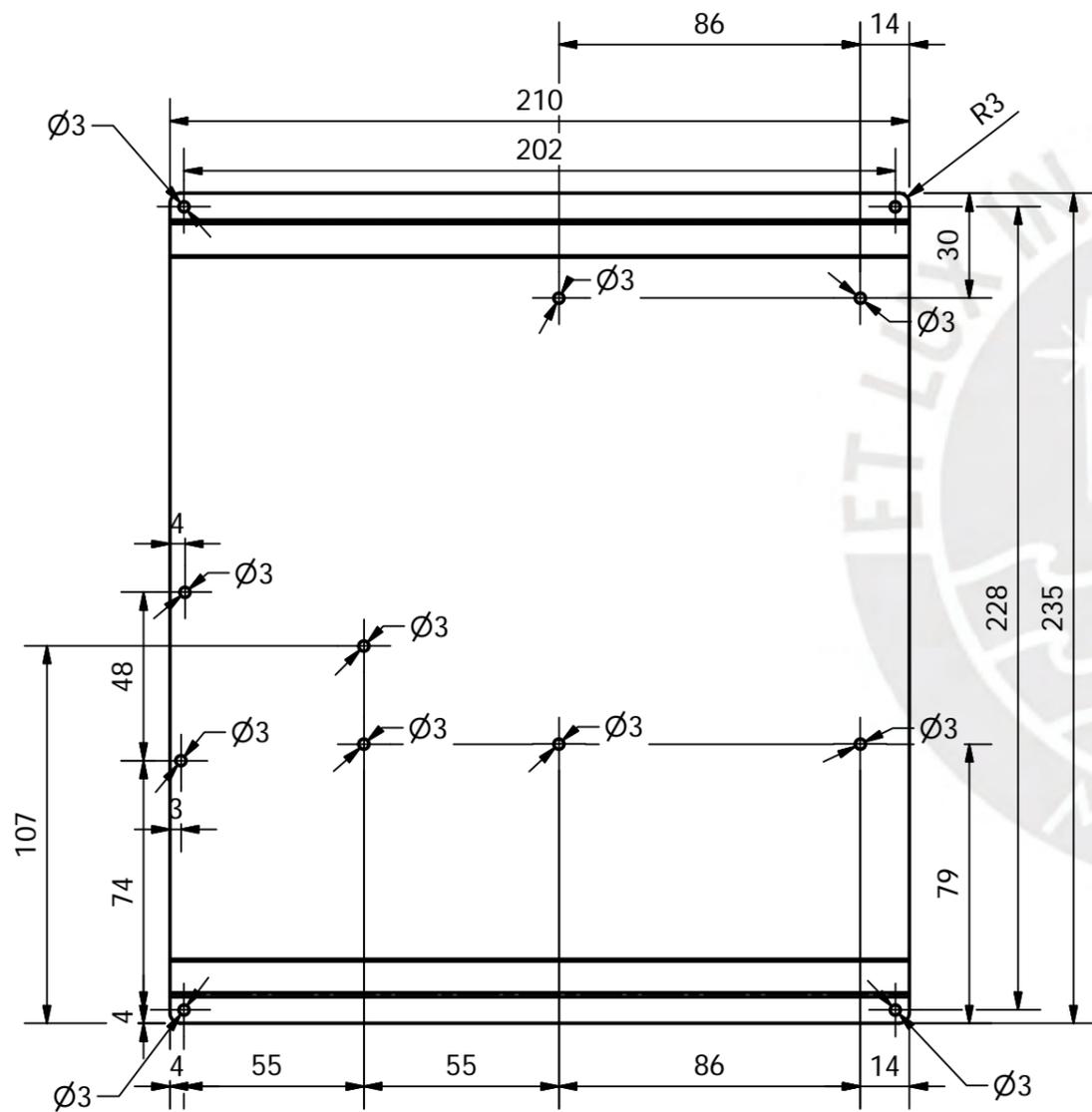


| | | |
|--|--|----------------------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
| METODO DE PROYECCION  | 2DK - WIRE BENDER Troquel PVC para rodajes | ESCALA 5 : 1 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A4 |

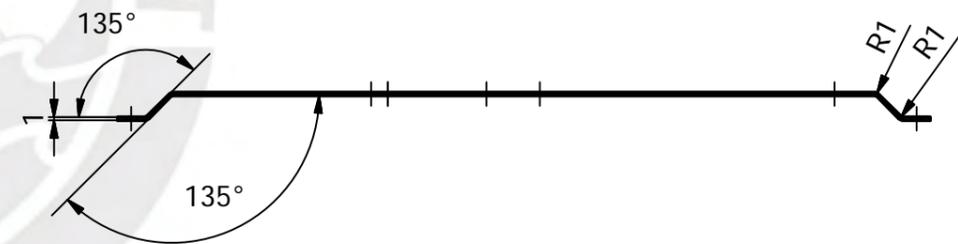
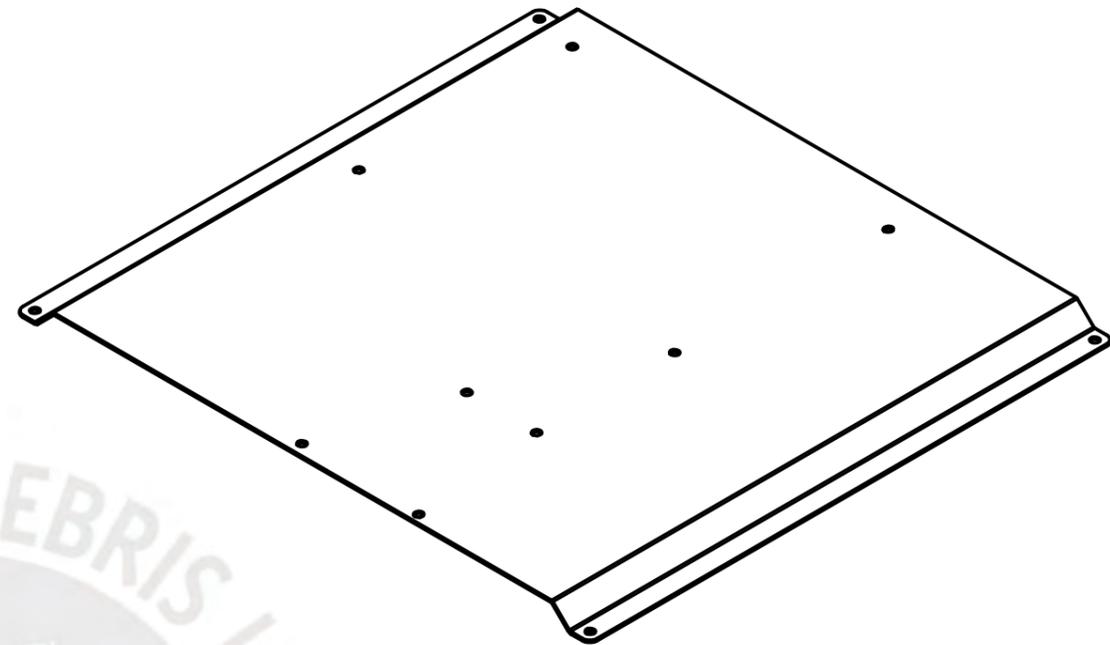


DESARROLLO
PLANCHA LAF DE 1mm

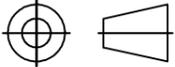
| | | |
|--|---|------------------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
| METODO DE PROYECCION | 2DK - WIRE BENDER Puente para NEMA 23 | ESCALA 1 : 1 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A3 |



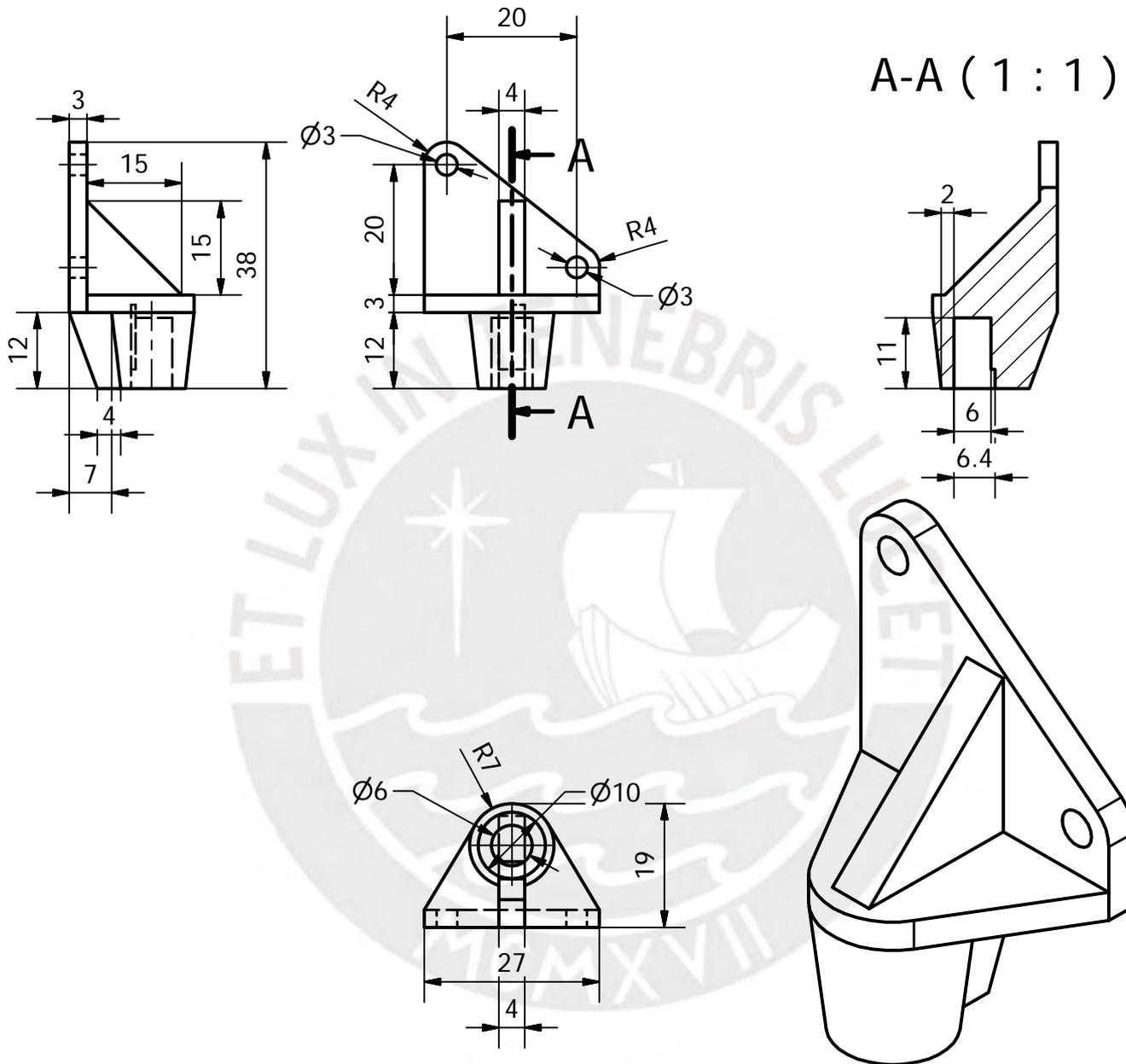
DESARROLLO



VISTA LATERAL PLEGADO

| | | |
|---|--------------------------------|------------------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU | | |
| FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
| METODO DE PROYECCION  | 2DK - WIRE BENDER | ESCALA 1 : 2 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A3 |

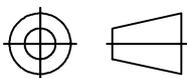
Plataforma para electrónica



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

METODO DE PROYECCION



2DK - WIRE BENDER

Soporte de solenoide

ESCALA

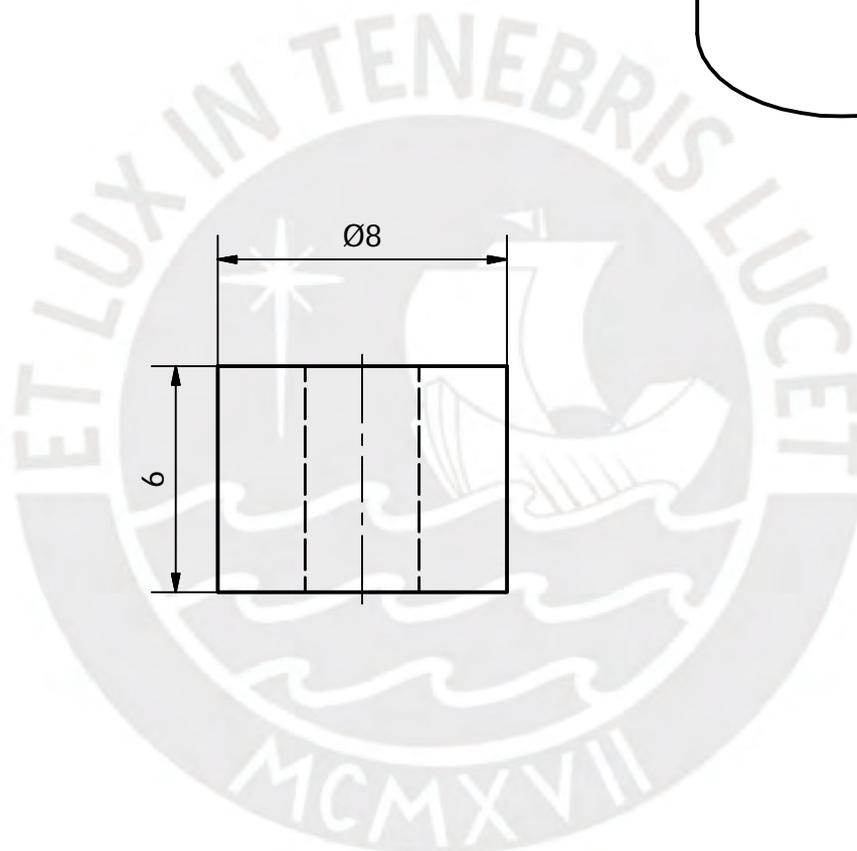
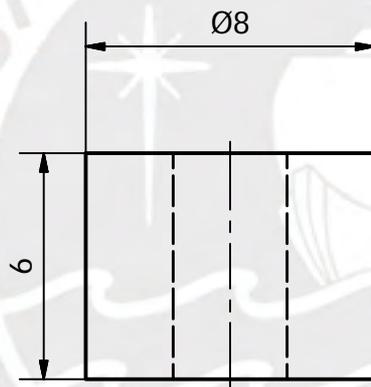
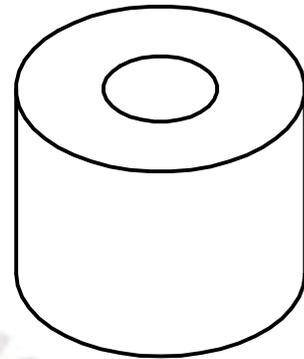
1 : 1

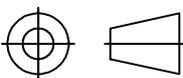
20091840

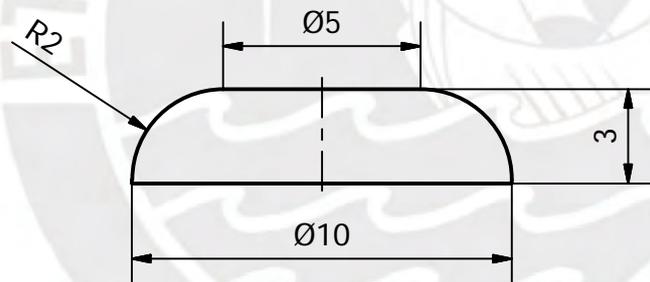
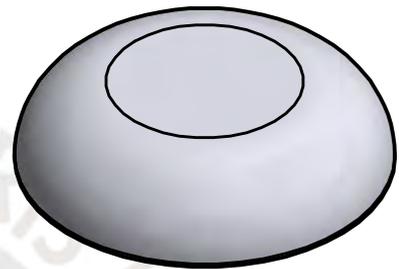
LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA

FECHA:
29/11/2018

LAMINA:
A4

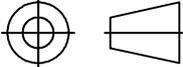


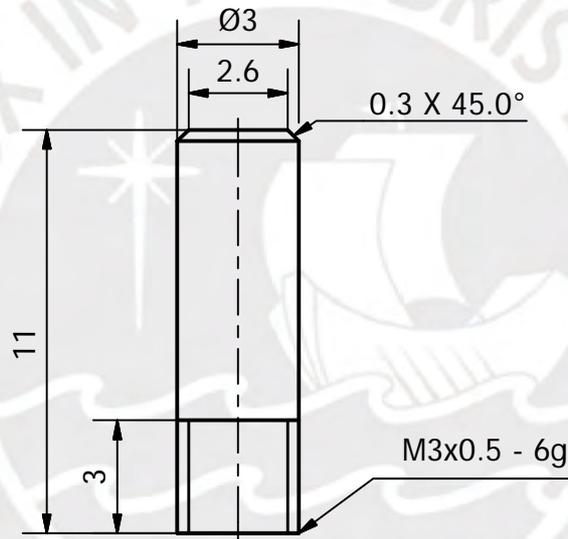
| | | |
|--|--|------------------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL | | |
| METODO DE PROYECCION  | 2DK - WIRE BENDER Separador de motores NEMA 17 | ESCALA 5 : 1 |
| 20091840 | LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA | FECHA: 29/11/2018 |
| | | LAMINA: A4 |



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

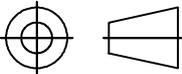
FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

| | | |
|---|---|-----------------------------------|
| <p>METODO DE PROYECCION</p>  | <p>2DK - WIRE BENDER</p> <p>Bumper de vinilo</p> | <p>ESCALA</p> <p>5 : 1</p> |
| <p>20091840</p> | <p>LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA</p> | <p>FECHA:</p> <p>29/11/2018</p> |
| | | <p>LAMINA:</p> <p>A4</p> |



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE ARTE Y DISEÑO - ESPECIALIDAD: DISEÑO INDUSTRIAL

| | | |
|---|--|-----------------------------------|
| <p>METODO DE PROYECCION</p>  | <p>2DK - WIRE BENDER</p> <p>Pines de doblez</p> | <p>ESCALA</p> <p>5 : 1</p> |
| <p>20091840</p> | <p>LUIS ARMANDO SIERRA DEL AGUILA</p> | <p>FECHA: 29/11/2018</p> |
| | | <p>LAMINA: A4</p> |