Diseño y construcción de un sistema de extracción, filtrado y deposición de residuos tóxicos suspendidos durante la combustión del material de aporte en soldadura blanda (estudio de un caso Vacusonic Biotech LTDA)

Fabian Esteban Romero Colmenares

Trabajo de Grado para Optar el Título de Diseñador Industrial

Director

Juan Carlos Moreno Muñoz

MCs. en Diseño Industrial en el Área de Ergonomía

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías físico-Mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2018

Tabla de contenido

Introducción 16

2. Planteamiento del problema de diseño 20

3. Objetivos 23

Objetivo General 23

Objetivos Específicos 18

4. Marco teórico 24

4.1. Marco de referencia conceptual 24

4.1.1 Dispositivo de soldadura, soldador o cautín 25

4.1.2 Fundente o pasta limpiadora 25

4.1.3 Material de aporte 25

4.1.4 Inhalación de humos tóxicos 26

4.1.5 Efectos en la salud 32

4.2. Antecedentes de la situación de estudio 42

5. Metodología 48

5.1 Fase exploratoria 48

5.1.1 Inmersión en el Contexto 49

5.2 Primera comprobación técnica 50

5.2.1 Muestreo de gases 50

5.2.2 Prueba de absorción 50

5.3 Segunda comprobación técnica 50

5.4 Comprobación ergonómica 50

5.5 Fase Creativa 51

5.6 Revisión del diseño del producto 51

5.6.1 Parametrización de Componentes 51

5.6.2 Definición de Manufactura 52

5.6.3 Definición de Color y Símbolo 52

5.7 Fase de verificación y validación 52

5.7.1 Ciclo de vida del producto 52

6. Fase exploratoria 53

6.1. Análisis del puesto de trabajo general y las tareas 53

6.1.1 Método OWAS 58

6.1.2 Método RULA 60

6.2 Proceso de soldadura blanda 65

6.2 Mercado 68

6.2.1 Soporte para cautín 69

6.2.2 Tercera mano 70

6.2.3 Punta de cautín 70

6.2.4 Cautín Weller 71

6.2.5. Cautín con regulador de temperatura 72

6.2.6. Cautín Weller 73

7. Requerimientos de diseño 74

7.1 Atributos de diseño 74

7.1.1 Parámetros para determinar requerimientos humanos 75

7.1.2 Parámetros para determinar requerimientos técnico-productivos 76

7.1.3 Parámetros para determinar requerimientos funcionales 77

7.1.4 Parámetros para determinar requerimientos formal-estéticos 78

7.1.5 Parámetros para determinar requerimientos expresivo-formales 79

7.2 Requerimientos de diseño 79

8. Fase de construcción técnica 85

8.1 Comprobación técnica 1 85

8.1.1 Conclusiones de la comprobación técnica 1 96

8.2 Construcción formal 97

8.2.1 Alternativa formal 1 99

8.2.2 Alternativa formal 2 100

8.2.3 Alternativa formal 3 102

8.2.4 Alternativa formal 4 103

8.2.5 Matriz de selección de concepto 105

8.3 Comprobación técnica 2 109

8.3.1 Diseño de detalle 109

8.3.3 Conclusiones de la comprobación técnica 2 114

8.4 Soluciones 115

8.4.1 Encajes mecánicos 116

8.4.2 Rosca 118

8.4.3 Imanes 118

8.5 Materiales 120

8.5.1 Polímeros termoestables 120

8.5.2 Baquelita 121

8.6 Comprobación técnica 3 121

8.6.1 Comprobación del material 121

8.6.2 Conclusiones de la comprobación del material 123

8.6.3 Filtro 125

9. Revisión del proceso de diseño 127

9.1 Modelo fabricado para validación y comprobación 128

9.2 Fabricación del modelo funcional 133

9.3 Identidad visual 135

9.3.1 Marca 136

9.3.2 Construcción 137

9.3.3 Color 138

9.3.4 Tipografía 139

10. Fase de verificación y validación 139

10.1 Verificación 139

10.2 Validación de usabilidad 145

10.2.1 Objetivo 145

10.2.2 Aspectos a evaluar del diseño 145

10.2.3 Materiales 145

10.2.4 Muestra 146

10.2.5 Participantes 146

10.2.6 Variables 146

10.2.7 Tareas 147

10.2.8 Actividades 147

10.2.9 Procedimiento 148

10.2.10 Resultados Prueba 150

11. Conclusiones 159

Referencias Bibliográficas 161

Lista de tablas

Tabla 1. Análisis del puesto de trabajo y las tareas para la producción de equipos en la empresa 53

Tabla 2. Tiempo de soldadura de los equipos de la empresa 57

Tabla 3. Resultados OWAS 59

Tabla 4. Atributos de diseño 75

Tabla 5. Atributos y requerimientos deseables 80

Tabla 6. Atributos y requerimientos obligatorios 81

Tabla 7. Atributos y requerimientos estándar 82

Tabla 8. Jerarquización de requerimientos 83

Tabla 9. Elementos electrónicos según función 85

Tabla 10. Presión y caudal según el tipo de rodete 91

Tabla 11. Elementos y partes de la carcasa según función 98

Tabla 12. Criterios de selección a partir de requerimientos 106

Tabla 13. Escala para la clasificación de conceptos 106

Tabla 14. Matriz de selección de concepto 108

Tabla 15. Alternativas para características sin definir 115

Tabla 16. Filtros y sus características. 120

Tabla 17. Sistemas y mecanismos para verificación 140

Tabla 18. Actividades según aspectos a evaluar 147

Tabla 19. Resultados usabilidad: Participante 1 150

Tabla 20. Resultados usabilidad: Participante 2 151

Tabla 21. Resultados usabilidad: Participante 3 151

Tabla 22. Resultados usabilidad: Participante 4 151

Tabla 23. Resultados usabilidad: Participante 5 152

Tabla 24. Resultados usabilidad: Participante 6 152

Tabla 25. Resultados usabilidad: Participante 7 152

Tabla 26. Resultados efectividad 154

Tabla 27. Resultados eficiencia 154

Tabla 28. Resultados satisfacción 157

Lista de figuras

Figura 1. Partículas en suspensión 27

Figura 2. Tabla de composición de material de aporte comercial 28

Figura 3. Envenenamiento de los pulmones por inhalación de cadmio 30

Figura 4. Toxicocinética del plomo en el organismo humano 31

Figura 5. Mano caída generada por exposición al plomo 33

Figura 6. Anemia como síntoma en la sangre de la exposición al plomo 35

Figura 7. Tamaño de las partículas 36

Figura 8. Partículas que pueden ingresar en el cuerpo 37

Figura 9. Puesto de trabajo 43

Figura 10. Extractor de banco 44

Figura 11. Extractor de piso con brazo ecualizable 44

Figura 12. Extractor de campana 45

Figura 13. Elementos complementarios para el proceso de soldadura 45

Figura 14. Vitralismo 48

Figura 15. Proceso de producción en la empresa 56

Figura 16. Ejemplos fotografías para aplicación de OWAS 59

Figura 17. Fotografía para aplicación de RULA 61

Figura 18. Diagrama adquisición de producto 66

Figura 19. Diagrama uso del producto 67

Figura 20. Diagrama de mantenimiento de producto 68

Figura 21. Base para cautín 69

Figura 22. Tercera mano 70

Figura 23. Puntas de cautín 71

Figura 24. Cautín Weller con iluminación 72

Figura 25. Estación de soldadura WEP 908 73

Figura 26. Cautín Weller tipo lápiz 73

Figura 27. Cautín Techman TS-031 86

Figura 28. Cautín Techman: Punta 87

Figura 29. Miniature DC Motor 88

Figura 30. Tipos de rodetes en ventiladores centrífugos 90

Figura 31. Modelado de rodete con álabes curvos hacia adelante 93

Figura 32. Modelado de rodete con álabes rectos 93

Figura 33. Modelado de rodete con álabes curvos hacia atrás 94

Figura 34. Flujómetro usado para la medición de caudal lineal 94

Figura 35. Diagrama guía para construcción formal 97

Figura 36. Piezas principales de la carcasa 98

Figura 37. Construcción alternativa formal 1 99

Figura 38. Alternativa formal 1 100

Figura 39. Alternativa formal 1: Vista explosionada 100

Figura 40. Construcción alternativa formal 2 101

Figura 41. Alternativa formal 2 101

Figura 42. Alternativa formal 2: Vista explosionada 102

Figura 43. Construcción alternativa formal 3 102

Figura 44. Alternativa formal 3 103

Figura 45. Alternativa formal 3: Vista explosionada 103

Figura 46. Construcción alternativa formal 4 104

Figura 47. Alternativa formal 4 104

Figura 48. Alternativa formal 4: Vista explosionada 105

Figura 49. Producto referencia para evaluación de alternativas 107

Figura 50. Modelado de la pieza inferior del mango 109

Figura 51. Modelado de la pieza superior del mango 110

Figura 52. Modelado de la pieza de la tapa 111

Figura 53. Vistas frontales del modelado de la base para la instalación de la punta 111

Figura 54. Modelado de las piezas para el filtro 112

Figura 55. Componentes internos 112

Figura 56. Modelo de madera para comprobación 113

Figura 57. Prueba de prototipado 3D 114

Figura 58. Presillas para plásticos 116

Figura 59. Variables de encajes mecánicos 117

Figura 60. Uniones mecánicas con elementos adicionales 117

Figura 61. Modelado de rosca en material polimérico 118

Figura 62. Imanes de neodimio y lámina imantada 119

Figura 63. Modelado para comprobación técnica 3 122

Figura 64. Construcción de modelo en baquelita 122

Figura 65. Acabado e instalación del modelo 123

Figura 66. Aplicaciones libres para medir sonido y vibración 124

Figura 67. Pieza mango superior 128

Figura 68. Pieza mango superior detalle 128

Figura 69. Pieza mango inferior 129

Figura 70. Pieza mango inferior detalle 129

Figura 71. Pieza tapa 130

Figura 72. Pieza tapa detalle 130

Figura 73. Motor con recubrimiento 131

Figura 74. Filtro y soporte 131

Figura 75. Ensamble interno 132

Figura 76. Ensamble completo 132

Figura 77. Planos cortados en lámina de baquelita 133

Figura 78. Unión de planos para la conformación de las piezas 133

Figura 79. Instalación de imanes 134

Figura 80. Piezas finales construidas con planos seriados 134

Figura 81. Modelo instalado 135

Figura 82. Logo Humano 136

Figura 83. Modulación del logo 137

Figura 84. Colores logo Humano 138

Figura 85. Aplicaciones cromáticas logo Humano 138

Figura 86. Tipografía logo Humano 139

Figura 87. Fotografías del puesto de trabajo con cautín tradicional 141

Figura 88. Fotografía general del producto en uso 142

Figura 89. Fotografías detalle de la punta del producto en uso: absorción 143

Figura 90. Medición de ruido 144

Figura 91. Aplicación de prueba de usabilidad 148

Figura 92. Modelo funcional durante las pruebas de uso 150

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN, FILTRADO Y DEPOSICIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS SUSPENDIDOS DURANTE LA COMBUSTIÓN DEL MATERIAL DE APORTE EN SOLDADURA BLANDA (ESTUDIO DE UN CASO VACUSONIC BIOTECH LTDA)*

AUTOR: FABIAN ESTEBAN ROMERO COLMENARES**

PALABRAS CLAVE: RESIDUOS TÓXICOS, SOLDADURA BLANDA, FILTRADO.

DESCRIPCIÓN:

El proceso de soldadura blanda como parte de la fabricación de productos con componentes electrónicos, se lleva a cabo para realizar la unión de dos elementos o segmentos metálicos como un método heterogéneo que se caracteriza por el uso de temperaturas aproximadas de 400° C.

El material de aporte usado para completar el proceso de soldadura se compone generalmente de plomo y estaño, y la combustión de estos elementos genera óxidos metálicos y compuestos orgánicos volátiles que resultan de gran toxicidad para el cuerpo, afectando sistemas respiratorio, digestivo, sanguíneo y nervioso.

Siguiendo una metodología proyectual se alcanza el diseño de una herramienta manual que permite llevar a cabo el proceso de soldadura blanda y de forma paralela extrae, filtra y deposita los residuos tóxicos generados durante la combustión del material, incorporando elementos electrónicos para obtener un sistema de extracción y haciendo uso de filtros de partículas cargados electrostáticamente. Adicionalmente, el producto logrado ofrece protección ante quemaduras por medio del aislamiento de las piezas que presentan mayor temperatura durante el uso. Fabricado el diseño a través de un modelo funcional se realizan las correspondientes pruebas de validación y verificación en el entorno real de trabajo y con la colaboración de profesionales en el área de la ingeniería electrónica.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Juan Carlos Moreno Muñoz, Diseñador Industrial.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SYSTEM OF EXTRACTION, FILTERED AND DEPOSITION OF TOXIC RESIDUES SUSPENDED DURING THE COMBUSTION OF FILLER MATERIAL IN SOFT SOLDERING (STUDY OF A CASE VACUSONIC BIOTECH LTDA)*

AUTHOR: FABIAN ESTEBAN ROMERO COLMENARES**

KEYWORDS: TOXIC RESIDUES, SOFT SOLDERING, FILTERED.

DESCRIPTION:

The process of soft welding as part of the manufacture of products with electronic components, is carried out to realize the union of two metal elements or segments as a heterogeneous method that is characterized by the use of approximate temperatures of 400° C.

The filler material used to complete the soldering process is usually composed of lead and tin, and the combustion of these elements generates metallic oxides and volatile organic compounds that result in great toxicity to the body, affecting the respiratory, digestive, circulatory and nervous systems.

Following a projectual methodology, is achieved the design of a manual tool that allows carrying out the soft soldering process and in a parallel way it extracts, filters and deposits the toxic waste generated during the combustion of the material, incorporating electronic elements to obtain an extraction system and making use of electrostatically charged particle filters. Additionally, the obtained product offers protection against burns by means of the isolation of the parts that present higher temperatures during use. Constructed the design through a functional model, the corresponding validation and verification tests are carried out in the real work environment and with the collaboration of professionals in the area of electronic engineering.

*Bachelor Thesis.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: Juan Carlos Moreno Muñoz, Industrial Designer.

Introducción

VACUSONIC BIOTECH LTDA es una empresa santandereana dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de equipos electrónicos para el campo de la medicina estética, con lo que a lo largo de sus años de existencia ha logrado posesionarse como una de las mejores del país, abriendo mercado en varios países de américa como Ecuador, Perú, Bolivia y EEUU.

Esta empresa basada en los principios de la investigación e innovación lleva aproximadamente 4 años generando convenio con la Universidad Industrial de Santander, brindando la oportunidad a estudiantes de niveles avanzados de la Escuela de Diseño Industrial de incorporarse a la empresa en calidad de practicantes y de esta manera generar su proyecto de grado para que por medio de la experiencia laboral alcance el perfil integral que se busca tanto en la universidad como en la escuela de diseño.

De esta manera surge la idea de llevar a cabo este proyecto enfocado en una problemática evidente en los procesos de fabricación al interior de la empresa y a su vez en gran parte de la industria de la electrónica, con lo que además de querer brindar una solución a un problema específico identificado, el proyecto reviste un trasfondo social y por ende de mayor trascendencia.

Está claro que antes de cualquier fabricación o comercialización de un producto exitoso, está el bienestar del personal encargado de dichos procesos, y es justo donde este proyecto ha querido enfocarse, ahondando en una problemática que viven diariamente los operarios encargados de la tarea de soldadura blanda, al estar expuestos por largos periodos de tiempo a los humos o vapores tóxicos que se generan como residuo al ejecutar la labor.

A lo largo de esta propuesta o plan de proyecto se expondrá con bases sólidas las consecuencias o dificultades a nivel de salud y calidad de vida que se generan en el trabajador encargado del procedimiento antes mencionado, se propondrá una metodología para analizar, desarrollar y como

punto final sugerir y fabricar una alternativa que solucione de la mejor manera posible esta dificultad.

Así las cosas se busca realizar un proyecto con bases sólidas, que llegue a satisfacer una necesidad social palpable y peligrosa que se encontró específicamente al interior de la empresa donde se llevará a cabo la práctica empresarial pero que trasciende en importancia en general a muchas de las industrias locales y nacionales.

2. Planteamiento del problema de diseño

La soldadura blanda como tarea y parte fundamental del sistema productivo de diversas industrias como la joyería, la juguetería y sobretodo la electrónica, ha tenido una evolución lenta en los últimos 50 años en lo referente a su objetivo, ejecución y herramientas. Esta tarea surge de la necesidad específica de unir dos materiales o segmentos, metálicos o termoplásticos, manteniendo o mejorando sus propiedades químicas y mecánicas.

La soldadura desde sus inicios más precarios como la herrería, cumple con todos los elementos para catalogarse como un sistema, lo que se conoce en el argot como las 5M (Mano de obra, materiales, maquinas o herramientas, medio ambiente y medios escritos o protocolo) y al llevar a cabo dicho sistema se debe considerar cada paso para que su resultado sea cada vez más eficiente.

En busca de conseguir su objetivo primordial que es unir materiales, la soldadura se ha dividido en varios subsistemas o métodos según los requerimientos de la unión que se vaya a ejecutar, dentro de estos encontramos la soldadura en frio, la soldadura por presión, la soldadura con gas, la soldadura de arco y muchas otras, dentro de las cuales se encuentra la soldadura blanda.

La soldadura blanda es un método heterogéneo que se realiza para unir metales de distinta naturaleza sin el uso del metal de aportación o también dos metales de naturaleza similar pero usando un metal de aportación diferente. La característica principal de este tipo de soldadura es que la temperatura de fusión del metal es menor a 400 °C.

Para llevar a cabo esta tarea se requiere de un material de aporte que generalmente se presenta en un carrete de hilo, un fundente o pasta limpiadora, y también un soldador o comúnmente conocido como cautín.

El procedimiento ideal para realizar la unión es limpiar las secciones a unir con el fundente o pasta; de igual manera se limpia la punta del cautín. Posterior a esto se calienta el cautín y con el

calor generado se funde el material de aporte, “mojando” las partes que desean fundirse. Al enfriarse el empalme queda hecho.

Los metales de aportación son los encargados de unir las dos piezas. La idea es que su temperatura de fusión sea igual o menor a la de los metales que desean adherirse. Generalmente estos hilos son aleaciones de dos o más metales dependiendo de su uso, pero según sondeos de mercado, la aleación que más se utiliza es estaño-plomo, usada en el 71% de los casos.

VACUSONIC BIOTECH LIMITADA es una empresa colombiana dedicada a la investigación, innovación, desarrollo y producción de equipos electromédicos y estéticos, desde una visión ética y responsable. Respondiendo a las necesidades del mercado con la más avanzada tecnología basada en micro controladores de alta velocidad.

Vacusonic, cuenta con una planta de producción ubicada en el barrio San Francisco de la ciudad de Bucaramanga; en ella se lleva a cabo el proceso de fabricación de la gama de equipos que ofrece al mercado. Este proceso tiene tres etapas primordiales. El pre-ensamble, que es cuando se adecuan las cajas o carcasas de los equipos. La fase de soldadura que es en la que el operario lleva a cabo todas las uniones electrónicas necesarias, tarjetas, contactos, cableado, entre otras. Y por último el ensamble que es cuando se procede a incorporar en la caja o carcasa el montaje electrónico y se hacen conexiones de pantalla, ventilación y salidas de energía, fase en la que también es necesario el uso de la soldadura blanda. Entre los productos fabricados por la empresa que requieren de la soldadura para su producción se encuentran lipoderm, thermolip cool, presso linf (presoterapia), carboxel (touch y senior), sonireductor, e-cavitacion, e-face, GS pocket, gymnast (8 y 16 electrodos), body fit, electroporación y plasma gel maker.

Así las cosas, se aprecia que la producción de equipos electro médicos requiere en un 70% el uso de la soldadura blanda con base estaño-plomo, lo que en términos de tiempo significa que el operario asignado a esta tarea pasa entre 5 y 6 horas aproximadamente al día ejecutándola.

Los recursos humanos y físicos con que cuenta la empresa permiten realizar los distintos procesos de producción con gran eficacia, pero a pesar de esto el personal de la planta manifiesta la necesidad de mejorar las condiciones ambientales del área de trabajo, ya que al llevar a cabo la tarea de soldadura blanda están en constante exposición a los gases o restos tóxicos que se generan producto de esta, gases que en su gran mayoría están cargados de plomo, un elemento reconocidamente dañino para la salud humana.

La inhalación de humo, indistintamente de la fuente que lo genere o de las sustancias que contenga, es como tal un gran riesgo para la salud. En una fase temprana puede generar síntomas llevaderos como tos, ronquera, dolor de garganta, dolor de cabeza, dificultad para respirar o irritaciones en los ojos. Pero teniendo en cuenta el caso puntual de la soldadura blanda, presenta agravantes como la fuente generadora, la inminente carga tóxica y la contínua exposición del operario que la ejecuta. Estos casos pueden llevar a serios problemas de salud comprobados que va desde afecciones respiratorias, hasta aparición de cáncer, envenenamiento, infertilidad y claramente la muerte.

De esta manera se aprecia la problemática que existe puntualmente en el área de producción de la empresa Vacusonic Biotech ltda, que no es más que una pequeña muestra de lo que ocurre en la inmensa cantidad de plantas y procesos de producción del gran número de industrias en el que la tarea de soldadura blanda es parte fundamental de su sistema de fabricación, lo que evidencia que más que un problema puntual, la correcta eliminación de los gases tóxicos generados durante la ejecución de esta tarea exige correctivos inmediatos.

3. Objetivos

Objetivo General

Diseñar y construir un sistema de extracción, filtrado y deposición de los residuos tóxicos generados al llevar a cabo la tarea de soldadura blanda durante el proceso de fabricación de equipos electrónicos para medicina estética (estudio de un caso Vacusonic Biotech LTDA).

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema que garantice la extracción de residuos tóxicos suspendidos durante la combustión del material de aporte en soldadura blanda.
- Procurar que los gases tóxicos residuales tengan el menor desplazamiento posible por el ambiente de trabajo antes de su extracción y posterior a la deposición.
- Asegurar la filtración y deposición de los gases tóxicos extraídos por el elemento diseñado a fin de descontaminar el ambiente de trabajo.
- Satisfacer por medio del elemento a diseñar los requerimientos de tipo ergonómico propios del tipo de herramienta y la tarea específica.
- Disminuir el riesgo de accidentalidad generado por el manejo de alta temperatura expuesta en la herramienta del cautín.

4. Marco teórico

A continuación se plantean las bases teóricas sobre las cuales se construye el presente trabajo. Este marco teórico consta en primer lugar de una serie de referencias conceptuales que servirán para describir o ilustrar de manera más específica el caso de estudio, temas como la soldadura desde el punto de vista general hasta llegar específicamente a la soldadura blanda. Analizando también algunos datos acerca de la inhalación de gases tóxicos o la relación del ser humano con metales pesados entre otras cosas.

Como segunda medida se expondrán los antecedentes del tema de estudio; para iniciar se dará un repaso por la historia, trayendo a colación lo pertinente con el fin de ver en qué condición se encuentra el problema y en segundo lugar se mostrarán algunos ejemplos de los distintos intentos o alternativas que se han llevado a cabo hasta el momento para solucionar la necesidad planteada y de esta forma conocer el entorno del estudio.

4.1. Marco de referencia conceptual

La soldadura nació como respuesta a la necesidad de unir dos piezas o partes metálicas y con el paso de los años ha ido desarrollándose y subdividiéndose en diversas ramas, atendiendo a los requerimientos específicos del proceso de producción o construcción para el que sea empleada, de esta manera aparecen distintos métodos para soldar, entre ellos la soldadura blanda.

La soldadura blanda aparece para suplir la necesidad de soldar dos piezas de tamaño pequeño, y es popular en procesos de ensamble de juguetería, fabricación de joyería y sobretodo en la producción de piezas y equipos electrónicos. Esta tarea consta de varios pasos y requiere el uso de algunos elementos específicos para garantizar la calidad de la unión a realizar, como por ejemplo:

4.1.1 Dispositivo de soldadura, soldador o cautín:

Esta es una herramienta eléctrica que es utilizada por el operario básicamente para generar el calor necesario en el punto en el que se realizará la unión. Esta consta de un mango cilíndrico en un material aislante al calor, y una pieza metálica cuya finalización o punta varía según lo que se vaya a soldar. Internamente una conexión de cables y resistencia que al instalarse en una fuente de energía calientan la pieza metálica a la temperatura ideal para efectuar la tarea.

4.1.2 Fundente o pasta limpiadora:

El fundente es una masa, polvo o líquido que se utiliza en el proceso de soldadura blanda con tres objetivos principales. El primero es como limpiador o anticorrosivo, tanto de las piezas a soldar como del soldador o cautín; la segunda función que cumple es aislar las partes a unir del contacto con el aire, evitando con esto la generación de burbujas o porosidades que debiliten la adhesión; por último favorecen la humidificación del material base por parte del metal de aportación.

4.1.3 Material de aporte:

Es el metal que se agrega al momento de hacer la unión y este debe cumplir con algunas características fundamentales: la primera, tener la capacidad de mojar el metal base; la segunda es una buena fluidez y el punto de fusión ideal para los metales que se vayan a unir; por último debe ser capaz de generar una unión sólida que cumpla con las exigencias en cuanto a la resistencia mecánica y a la corrosión en el estado normal en que se utilizará la pieza soldada.

Contando con los materiales y herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso, se debe conocer la correcta ejecución de la tarea, acerca de la cual se puede dividir en tres pasos fundamentales que se relacionan directamente con el uso de los implementos antes explicados. En primer lugar se deben preparar las partes o piezas a unir, limpiarlas y dejarlas sin ningún tipo de

viruta, óxido o suciedad, (para esto usamos la pasta de soldadura). El segundo paso es preparar el soldador o cautín; conectándolo a la red eléctrica o a la fuente de energía para de esta forma llevarlo a la temperatura indicada para realizar la labor, debe también limpiarse la punta del soldador con la pasta, eliminando vestigios de usos anteriores. Por último y estando las piezas juntas se agrega material fundente y con el cautín se calienta hasta derretir el metal de aportación, el cual caerá sobre el punto de la unión generando al momento de solidificarse con la temperatura ambiente la soldadura de las partes.

Este proceso se ejerce durante largos periodos y en constantes repeticiones. Como se trata de una tarea que combina electricidad, altas temperaturas y fundición de material, tiene estipuladas o sugeridas algunas medidas de seguridad industrial como gafas o caretas con el fin de proteger los ojos de algún tipo de salpicadura; también se recomienda el uso de guantes para evitar quemaduras con el soldador eléctrico cuando este está caliente. Por último se sugiere que la tarea no se realice en un lugar cerrado buscando que el encargado del área evite inhalar los vapores producidos.

4.1.4 Inhalación de humos tóxicos:

Es precisamente este factor el que más nos compete para esta investigación, ya que a pesar de que como se acaba de mencionar dentro de las consideraciones de seguridad industrial, se recomienda que el área o planta de trabajo no sea un lugar cerrado, eso con el fin de que haya una ventilación adecuada. Llevado a la realidad de los procesos productivos de la mayoría de empresas es algo que poco se considera, al ser una labor de naturaleza manual y cuasi artesanal no se realiza en un área específica, incluso no se mantiene aislada de otros puestos de trabajo, como puede fácilmente observarse en fabricantes en su mayoría de pequeña y mediana capacidad.

“Las partículas en suspensión son la acumulación de diminutas piezas de sólidos en una atmosfera determinada, generada por una actividad ya sea natural o causada por el hombre. Sus

características principales son: tamaño, forma, densidad, adhesividad, reactividad y toxicidad; Su dimensión se mide en micrómetros o micras y estas a su vez determinan el grado de peligrosidad para la salud ya que las partículas mayores tienden a asentarse rápidamente, por lo cual no causan graves afecciones al ser humano, en cambio las partículas finas, al ser inhaladas, vía los pulmones (debido a lo cual se les denomina «respirables»), pueden adsorberse sobre las superficies de las células y, en consecuencia, afectar a las personas" (Baird Colin, 2004). Por tanto los humos de soldadura o metalúrgicos están catalogados dentro de las pequeñas partículas, estas se forman cuando el metal vaporizado se condensa rápidamente en el aire, manteniéndose en suspensión, midiendo cerca de un micrómetro (un quinto del diámetro de un cabello humano), pero colectivamente forman a menudo una nube visible.

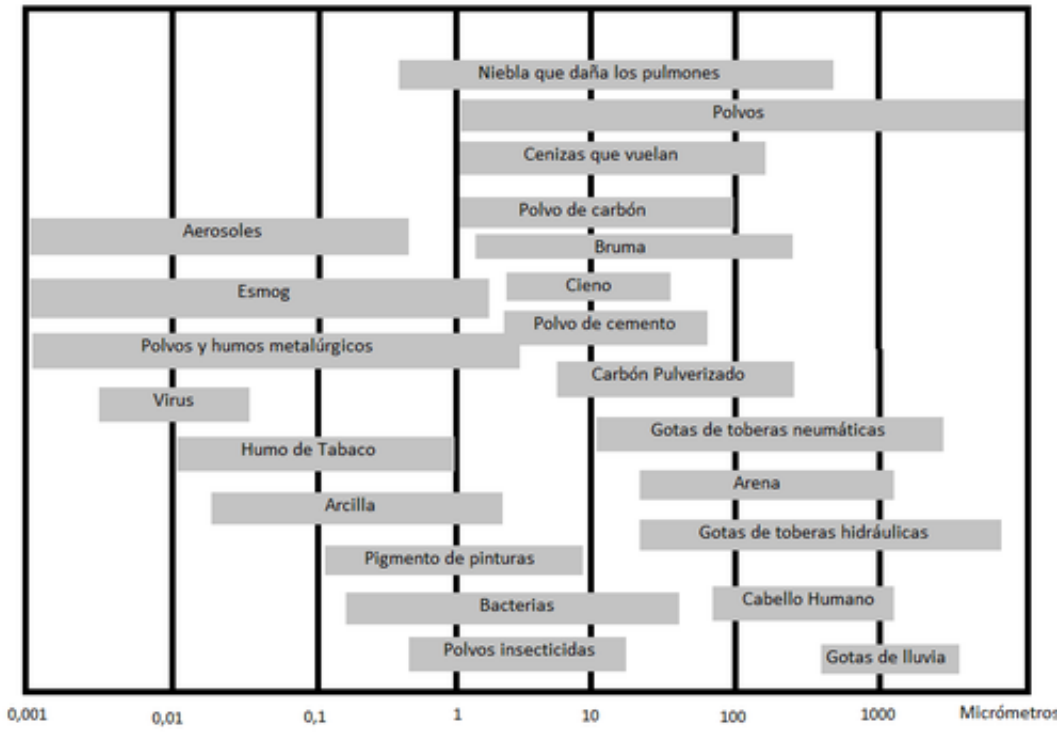


Figura 1. Partículas en suspensión (Alley Roberts, 2000)

Sus efectos asociados a la salud dependen del metal específico presente en el humo, y pueden ir desde enfermedades de corto plazo a otras más graves, que involucran desórdenes neurológicos y/o daño pulmonar.

Es pertinente entonces conocer la composición específica de las aleaciones utilizadas como material de aporte en los distintos procesos de soldadura blanda, y de esta manera concretar los riesgos reales a los que están expuesto los encargados de realizar esta labor y las distintas enfermedades que pueden provocar estos compuestos.

A continuación se expone una lista de las aleaciones más utilizadas en la industria para la realización de soldadura blanda y los porcentajes pertenecientes a cada compuesto. (Lista de la empresa comercializadora de material para soldadura fuerte y blanda.

Producto	Composición nominal %				
	Ag	Pb	Sn	Zn	Otro
40 Sn / 60 Pb Buena para preformas, Use fundente ácido.	0	60	40	0	0
50 Sn / 50 Pb Aleación úso general, Use fundente ácido.	0	50	50	0	0
60 Sn / 40 Pb Soldadura blanda electrónica.	0	40	60	0	0
63 Sn / 37 Pb Reacción eutécnica maxima.	0	37	63	0	0
78.4 Cd / 16.6 Zn / 5 Ag (Br 056) Soldadura blanda de alta temperatura.	5	0	0	16.6	78.1 Cd
80 Au / 20 Sn Aleación de baja ductibilidad.	0	0	20	0	80 Au
95 Cd / 5 Ag Soldadura blanda de alta temperatura.	5	0	0	0	95 Cd
95 Sn / 5 Sb Para Cu con Cu, resistencia a la fluencia.	0	0	95	0	5 Cd
97.5 Pb / 2.5 Ag Aleación eutécnica homogénea.	2.5	97.5	0	0	0

Figura 2. Tabla de composición de material de aporte comercial. Tomado de: Lucas-Milhaupt, Inc. Disponible en: https://www.lucasmilhaupt.com/es-MX/products/fillermetals/solderingalloys/11/. (2009)

Se puede observar la gran variedad de metales que pueden hacer parte del material de aporte en la soldadura blanda, compuestos en su mayoría considerados tóxicos, su toxicidad varía dependiendo de muchos factores como el tipo de exposición, el tiempo de exposición y el modo de ingestión o contacto de estos vapores residuales con la persona, algunas de las consecuencias más conocidas son.

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. USA

Estaño (Sn):

Los peligros de la exposición a estaño varían según la forma de exposición, naturalmente estamos en contacto con alguna cantidad de estaño en el ambiente, los suelos, el agua y en muchos productos o empaques del que hace parte, el contacto con la piel o la ingestión son por lo general inofensivas, los riesgos incrementan cuando se inhala en forma de gas o humo en ambientes cerrados, esta absorción por parte del ser humano puede generarle desde dolores de estómago, irritación de vías respiratorias y ojos, anemia, y problemas del hígado y del riñón.

Cadmio (Cd):

Las consecuencias por la inhalación de cadmio son similares a los de estaño, pero en su fase más crítica los efectos tóxicos del Cadmio se manifiestan en los huesos y riñones (órganos blancos) Afectando principalmente enzimas e interactuando con grupos SH de las proteínas, generando radicales libres. Entre los daños que produce en estos órganos podemos citar osteomalacia en los huesos y necrosis del epitelio pulmonar. Su inhalación puede causar también daño en los pulmones (como presenta la figura 3), enfermedad renal, cólico gástrico, o nauseas.

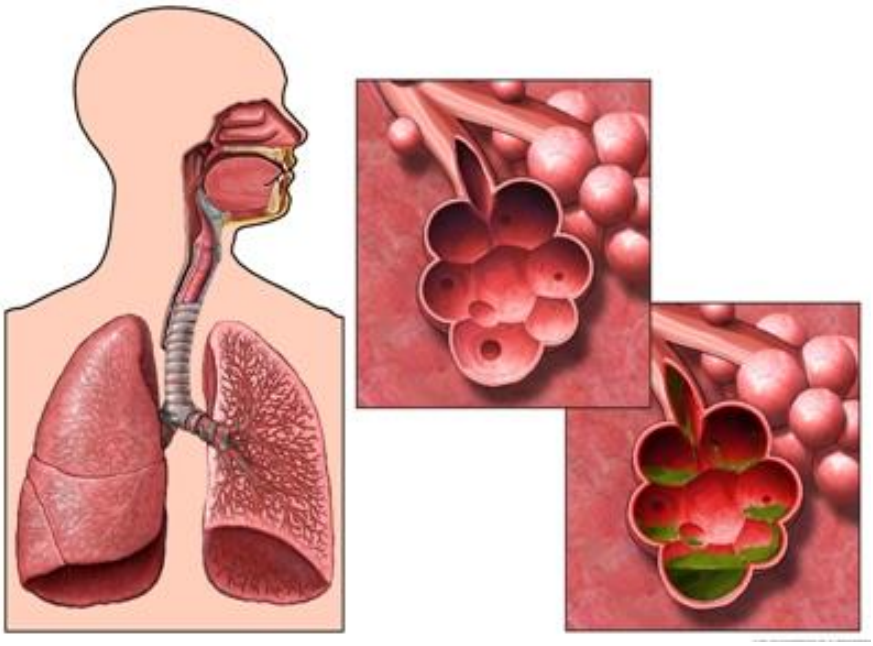


Figura 3. Envenenamiento de los pulmones por inhalación de cadmio. Fuente: http://omedicine.info/es/otravlenie-kadmiem.html

Zinc (Zn):

El Zinc es un elemento esencial en la dieta. Ingerir muy poco cinc puede causar problemas, pero demasiado cinc también es perjudicial.

La ingestión de grandes cantidades aun brevemente puede causar calambres estomacales, náusea y vómitos. Si se ingieren grandes cantidades durante un período más prolongado pueden ocurrir anemia y disminución de los niveles del tipo de colesterol que es beneficioso.

Inhalar grandes cantidades de polvos o vapores de cinc puede producir una enfermedad de corta duración llamada fiebre de vapores de metal. No se ha conocido hasta el momento cuales son los efectos a largo plazo de respirar altos niveles de cinc.

Plomo (Pb):

El plomo es quizá de todos los compuestos que se puede encontrar el más peligroso, los riesgos que genera su inhalación prolongada son ampliamente conocidos, a nivel de salud pueden ir

desde jaqueca, fatiga, náusea, calambres abdominales y dolor de articulaciones hasta, vómito y estreñimiento o diarrea sanguinolenta. En casos de exposición prolongada y repetitiva el plomo se acumula en el organismo generando problemas que revierten mayor gravedad, los cuales serán citados a continuación de un estudio realizado entre el año 2001 y 2006 por el Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional.

Como se presentan en la figura 4, el ingreso de plomo al organismo afecta diferentes órganos y en diferentes proporciones según su vía de entrada.

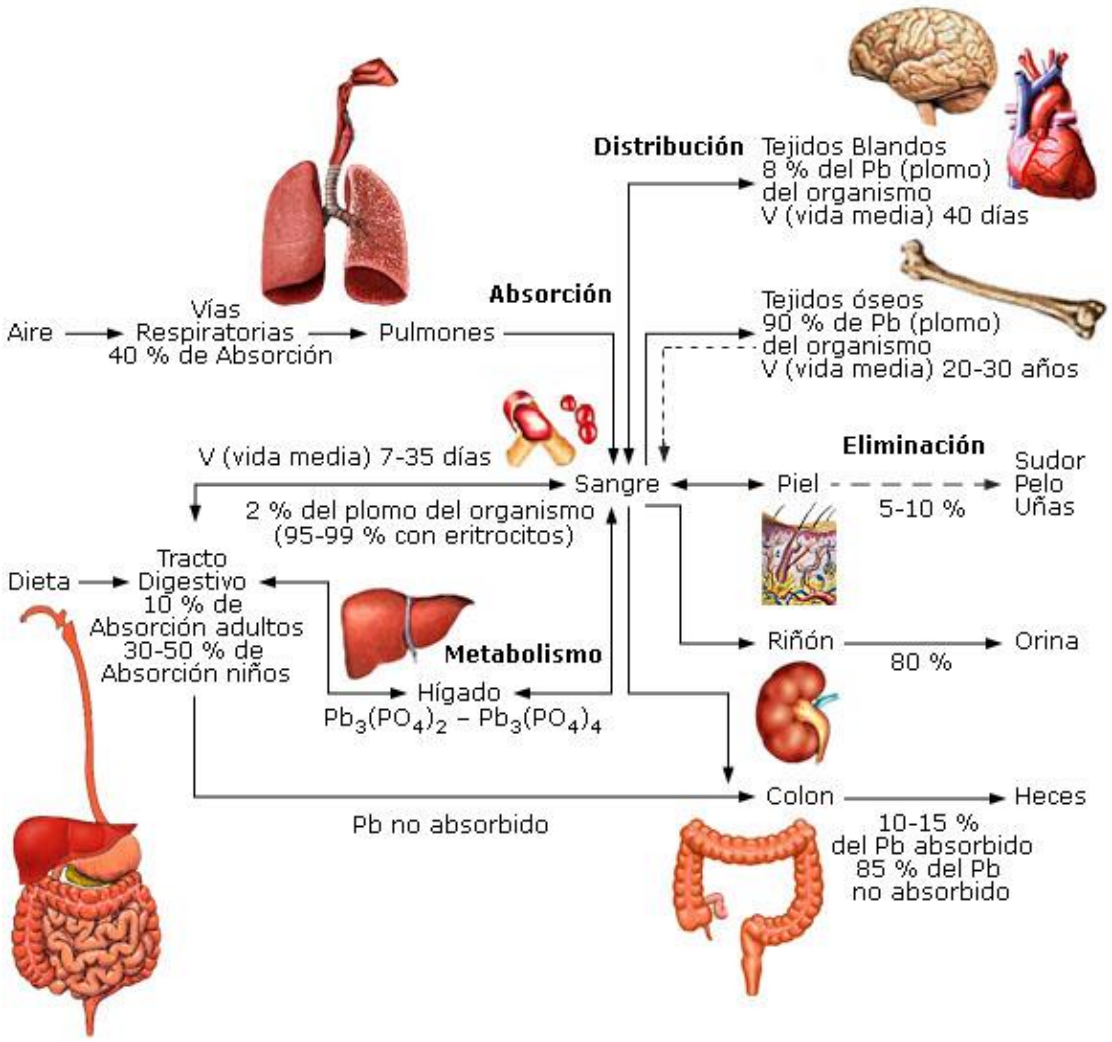


Figura 4. Toxicocinética del plomo en el organismo humano. Fuente: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002016000300006

4.1.5 Efectos en la salud

Efectos en el sistema nervioso central:

El sistema nervioso central (SNC) o función cerebral se daña en trabajadores con exposición de bajo nivel a largo plazo al plomo. Los síntomas típicamente ocurren con exposición de baja a moderada e incluyen olvido, irritabilidad, cansancio, jaqueca, fatiga, impotencia, libido disminuido (conductor sexual), mareo y depresión. Exposición repetida de los niveles de moderados a altos puede provocar encefalopatía (una degeneración progresiva de ciertas partes del cerebro). Síntomas tempranos de encefalopatía incluyen pesadez, irritabilidad, ciclo atencionales deficientes, jaqueca, temblor muscular, pérdida de memoria y alucinaciones. Síntomas más severos ocurren en exposiciones muy altas e incluyen delirio, falta de coordinación, convulsiones, parálisis, coma y muerte.

La exposición repetida a compuestos de plomo inorgánico puede afectar el comportamiento. Los trabajadores con plomo con exposición a largo plazo a niveles bajos de plomo han experimentado estados de carácter alterado. Los efectos de exposiciones moderadas incluyen perturbaciones en la coordinación ocular-manual, tiempos de reacción, desempeño motor visual y desempeño mental.

Se han observado perturbaciones de la visión en trabajadores después de meses a años de sobreexposición a compuestos de plomo inorgánico. Los síntomas van desde cambios visuales muy ligeros a disminución gradual de la visión, con recuperación lenta, en algunas instancias, progresión a ceguera.

Los cambios en la habilidad auditiva también han sido reportados en trabajadores expuestos al plomo, particularmente aquellos con exposición de moderada a alta.

Efectos en el sistema nervioso periférico:

La función nerviosa periférica (nervios de los brazos y piernas) se ha afectado en trabajadores expuestos a niveles de bajos a moderados de plomo inorgánico. Se ha visto que los efectos son reversibles luego de una exposición a cinco meses. Sin embargo, sólo puede darse recuperación parcial, particularmente si la exposición al plomo continúa o no se da tratamiento.

Se ha observado neuropatía periférica (ej. pérdida de mielina que aísla los nervios) luego de sobreexposición a largo plazo a compuestos de plomo inorgánico. Este desorden se conoce a veces como "parálisis por plomo" y los síntomas incluyen debilidad de los brazos y piernas y debilidad y parálisis de la muñeca, dedos y tobillos. La dexteridad manual disminuida (medida por la velocidad de golpeteo de los dedos de la mano) se ha reportado en trabajadores con exposición de baja a moderada al plomo inorgánico. Pie caído y muñeca caída (una inhabilidad para sostener el pie o la mano extendida) ocurre comúnmente con exposiciones más altas.

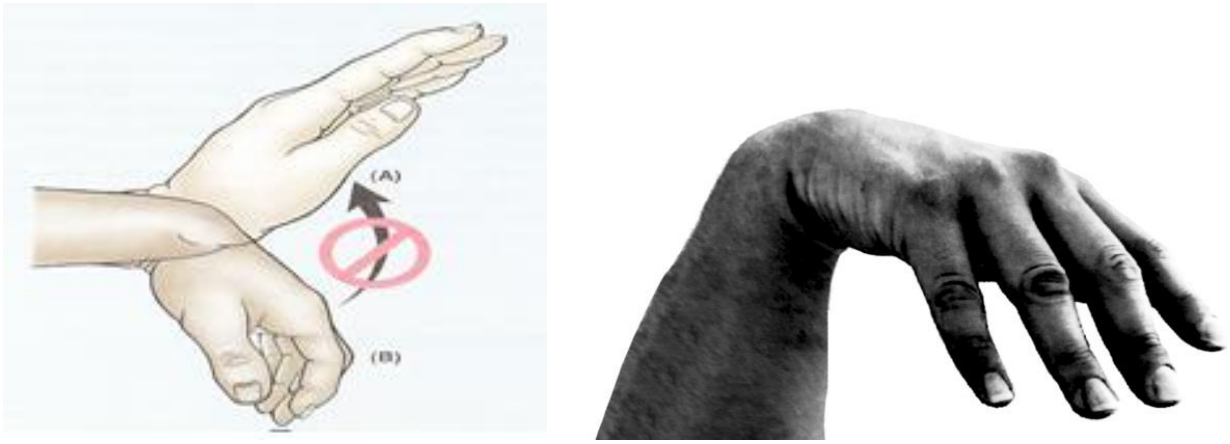


Figura 5. Mano caída generada por exposición al plomo. Fuente http://www.iinmed.com/2017/02/mano-caida-o-mano-radial-pendulo.html

Efectos en el sistema digestivo:

Los efectos en el tracto gastrointestinal se observan luego exposiciones a compuestos de plomo inorgánico, aunque algunas veces se ha notado en trabajadores con exposición moderada. Los síntomas incluyen pérdida de apetito, inflamación de las paredes estomacales (gastritis) y cólico.

Con severo dolor abdominal, calambres, náusea, vómito, estreñimiento, anorexia (pérdida del apetito), pérdida de peso y orina disminuida. En casos severos de exposición a plomo, un depósito de plomo se da en las encías cerca de la base de los dientes. Este depósito se ve como una línea azul grisáceo.

Efectos en los riñones:

Se han observado lesiones reversibles de riñón en algunos trabajadores con exposición baja repetida a compuestos de plomo inorgánico. El daño reversible del riñón se ha observado luego de exposiciones moderadas a largo plazo. Un número creciente de muertes debido a enfermedades del riñón se observó en trabajadores de la producción de plomo, soldadores y fundidores con exposición moderada al plomo.

Efectos en la sangre y en el corazón:

El plomo inorgánico puede provocar efectos nocivos en cierto tipo de células sanguíneas, incluyendo producción reducida de hemoglobina y ciclo de vida reducido y función de las células rojas. La producción reducida de hemoglobina se ha asociado con exposición de bajo nivel al plomo inorgánico en el lugar de trabajo. La hemoglobina es la molécula responsable de transportar el oxígeno a los tejidos corporales.

Se ha observado anemia en trabajadores expuestos al plomo en exposiciones moderadas. Las exposiciones bajas, moderadas o altas a compuestos inorgánicos de plomo pueden aumentar la presión sanguínea, particularmente en hombres. En dos estudios, se observaron anormalidades electrocardiográficas (ECG) en trabajadores con exposición moderada a compuestos inorgánicos del plomo.

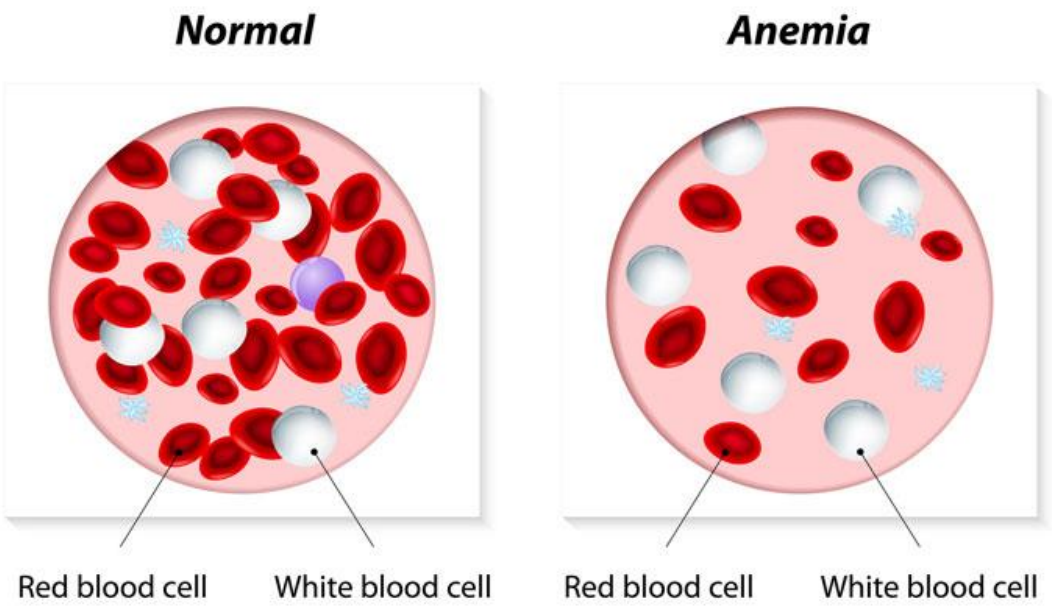


Figura 6. Anemia como síntoma en la sangre de la exposición al plomo. Fuente http://sintomasdelcancer.com/anemia-sintomas-causas-tipos/

Efectos en la tiroides y en el sistema inmune:

Que se haya o no asociado la exposición de largo plazo a plomo inorgánico con efectos nocivos en la tiroides y la función del sistema inmunológico, aún no se ha estudiado bien y la evidencia disponible es limitada. En estudio, instructores de armas de fuego con baja exposición al plomo inorgánico redujeron un número de algunos tipos de células del sistema inmunológico. Esta observación es un indicador muy temprano de respuesta inmune deficiente. Con niveles moderados de exposición, los trabajadores tuvieron más resfriados e infecciones, pero no tuvieron producción de anticuerpos deficientes.

Sensibilización de la piel:

Los compuestos inorgánicos de plomo no se conocen como sensibilizadores de piel. Un reporte de caso describe a un empleado expuesto al plomo que desarrolló piel seca, rojiza, y con picazón (dermatitis). La prueba de parches con el plomo elemental fue negativa. Este empleado y otro

empleado expuesto al plomo que había desarrollado dermatitis resultaron positivo en las pruebas de parches con dos sales de plomo. Estos reportes no pueden evaluarse debido a la insuficiencia de detalles.

De esta manera se puede ver que la toxicidad de la mayoría de los compuestos que forman las aleaciones para soladura del mercado son ampliamente conocidos y catalogados como tóxicos y peligrosos para la salud humana, tanto así que los fabricantes y vendedores de este tipo de material deben dar a conocer un documento en el que se expresa abiertamente la peligrosidad del uso irresponsable y constante de estos materiales.

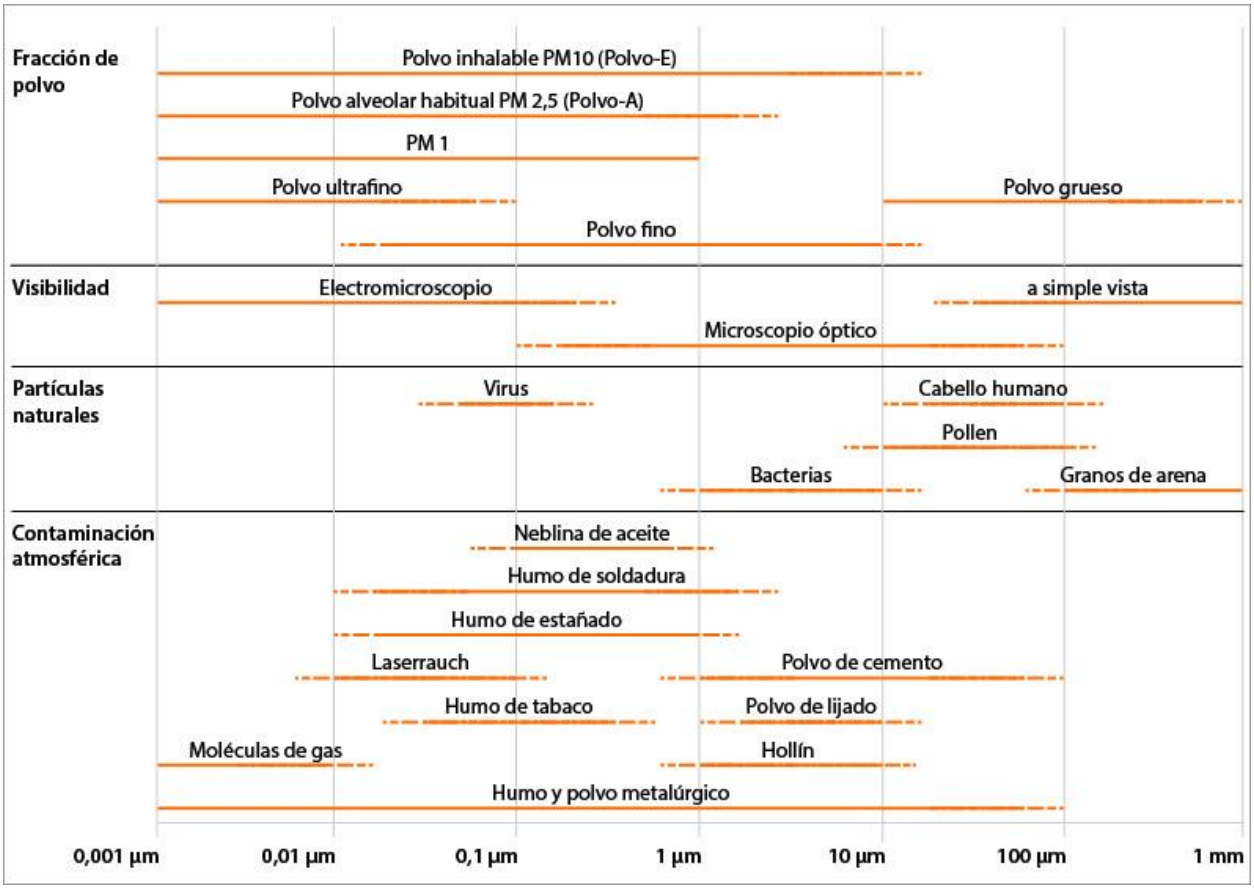


Figura 7. Tamaño de las partículas. Recuperado de https://www.kemper.eu/es/interesante-saber/humo-de-soldadura-en-general/que-tamano-tienen-las-particulas-individuales-en-el-humo-de-soldadura

Como se puede observar en la figura 7, las partículas que componen el humo de soldadura tiene dimensiones de entre 0,01 µm y menos de 10 µm. Estas partículas no pueden ser identificadas por los ojos.

Las partículas con un tamaño inferior a 1 µm son las de mayor peligro debido a que su tamaño les permite alcanzar los alvéolos. Las partículas ultrafinas atraviesan las membranas celulares, el torrente sanguíneo y incluso puede llegar hasta el cerebro.

En el humo de soldadura, casi todas las partículas son inferiores a 1 µm. Las partículas ultrafinas también están presentes en considerables cantidades, y por lo mismo, la prevención ante estas sustancias es esencial.

Figura 8. Partículas que pueden ingresar en el cuerpo. https://www.kemper.eu/es/interesante-saber/humo-de-soldadura-en-general/que-tamano-tienen-las-particulas-individuales-en-el-humo-de-soldadura

Otro de los aspectos que se deben considerar son los fundentes, que al igual que el material de aporte es parte inalterable en el proceso de soldadura, por lo que conocer su composición permite identificar también su peligrosidad.

La Colofonia o resina de Colofonia es el fundente más utilizado en las industrias en las que la soldadura blanda hace parte de su proceso de producción, este es un producto natural que se obtiene de varias especies de plantas, por su naturaleza es difícil determinar su composición química sin embargo está catalogada a nivel mundial como "Sustancia química peligrosa".

Como ocurre con la mayoría de productos químicos, la colofonia puede penetrar en el organismo por vía dérmica, oral o respiratoria y al igual que el material de aporte su grado de peligrosidad depende de factores como el ambiente de trabajo o el tiempo de exposición.

"La exposición a compuestos de colofonia está asociada principalmente con la aparición de asma bronquial, dermatitis de contacto y con neumonitis por hipersensibilidad o alveolitis alérgica extrínseca. En la práctica, los efectos de la colofonia en los ambientes laborales se manifiestan en dermatitis en las zonas expuestas, tales como cara, cuello, manos y antebrazo; en algunos casos e han descrito alergias a la colofonia en soldadores de la industria electrónica" (Jones, K. Garfitt, S.J. Calverley, A. Channa, K. and Cocker, J. 2001).

Así las cosas y siendo evidente el riesgo inminente al que se exponen los trabajadores que entran en contacto con estos compuestos y más en el caso de los soldadores que están expuestos a la inhalación, siendo este el factor más peligroso. No existen datos, índices o indicadores definitivos acerca de la enfermedad ocupacional de este tipo de operarios.

Según Paul Blanc (2009).

"Las estadísticas de ausentismo laboral muestran que el 75% de este se le atribuye a causas médicas, y de ese porcentaje aproximadamente la mitad pertenece a enfermedades de tipo respiratorio o pulmonar, de ahí en adelante ha sido difícil para los estadistas determinar puntualmente las relaciones entre las causas y los efectos, ya que el número de variables es tan grande como diferente, por lo que las causas de enfermedad pueden ir desde la exposición a gases

tóxicos ocupacionales, como el consumo de cigarrillo u otra sustancias, pasando por los hábitos y estado físico de la persona, edad, género y hasta estado de ánimo.

De igual manera existen algunos estudios realizados a lo largo de la historia que buscan encontrar la relación entre enfermedades de tipo respiratorio y la inhalación ocupacional de humos, gases o polvo, arrojando resultados alarmantes, datos como que el 55% de la población entre los 20 y 40 años se encuentra expuesta en su sitio de trabajo a ambientes con humos, gases, vapores o polvos. De igual manera determinaron que este porcentaje duplicaba la tendencia a sufrir alguna enfermedad de tipo respiratorio, además que un 4% de los intentos o peticiones para cambiar de trabajo se deben a este factor.

Otros datos preocupantes de este estudio es que la población afectada en su salud respiratoria por los riesgos laborales tiene un 7% de probabilidades por encima del promedio de sufrir de paro respiratorio, además atribuye el 29% de los nuevos casos de asma a la exposición frecuente del empleado al humo en su puesto de trabajo".

Otra investigación interesante es la que realizó como tesis doctoral la Dra Esther Rodriguez Gonzalez en la Universidad Autónoma de Barcelona en 2014 titulada "Influencia de la exposición ocupacional en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica" en donde mediante la investigación y análisis de una gran cantidad de estudios hechos anteriormente buscaba determinar en términos clínicos el impacto respiratorio de la exposición ocupacional.

El análisis revela una conclusión que explica de cierta forma porque en el contexto laboral la exposición a humos o gases por lo general se considera despreciable y más en casos como los operarios de soldadura, y además por que las enfermedades respiratorias encontradas en los empleados no se pueden atribuir obligatoriamente a dichas exposiciones. Lo que se define es que las consecuencias de la ejecución de estos trabajos se presentan de forma lenta y silenciosa,

además que puede ser confundida con otra enfermedad que reviste menos gravedad, debido a que "las manifestaciones clínicas son inespecíficas y pueden ser mínimas en los primeros estadios de la enfermedad" además, "La progresión o intensidad de los síntomas varía según cada individuo. La tos y expectoración crónica pueden ser los primeros síntomas y preceden en años a la obstrucción bronquial.

"Hablando específicamente de la soldadura, en la tesis referida se citan 4 estudios realizados entre 1996 y el 2007 en Croacia, Italia, China y Estados Unidos, este último de mayor trascendencia y profundidad, el cual después de analizar por 4 y 9 años a 475 operarios con exposición ocupacional en el campo de la soldadura blanda, se encontró como resultado principal que la afectación exponencial de estos trabajadores es significativa, esto expresado en su FVE1/FVC que es la relación entre el volumen respiratorio máximo en el primer segundo y la capacidad vital forzada."(Salvi SS y Barnes PJ).

Todo esto nos lleva a cuestionarnos más allá de las estrategias de protección ante los agentes o gases tóxicos a pensar en la prevención, que en este caso no es más que la intensión de eliminar al máximo la emisión de estos gases, también conocida como "estrategia de reducción en origen". Que no dista demasiado de lo que citábamos en la justificación de este documento acerca de la necesidad en un diseño. Se trata de abandonar la costumbre de reaccionar ante los problemas y empezar a prevenirlos y evitar que se produzcan.

Dentro de los métodos, sistemas o tecnologías para el control de los gases contaminantes del ambiente en general podemos encontrar una buena variedad como por ejemplo la captación de partículas, la combustión, los filtros industriales, los colectores inerciales ETC. Pero existen dos conceptos básicos que en la búsqueda de una solución al problema resulta fundamental comprender y son la absorción y la adsorción.

En la absorción, “Basan su funcionamiento en el hecho de que los gases residuales están compuestos de mezclas de sustancias en fase gaseosa, algunas de las cuales son solubles en fase líquida. En el proceso de absorción de un gas, el efluente gaseoso que contiene el contaminante a eliminar se pone en contacto con un líquido en el que el contaminante se disuelve. La transferencia de materia se realiza por el contacto del gas con el líquido en lavadores húmedos o en sistemas de absorción en seco.

Mientras que en la adsorción “los gases, vapores y líquidos se retienen sobre una superficie sólida como consecuencia de reacciones químicas y/o fuerzas superficiales. Se produce una difusión desde la masa gaseosa hasta la superficie externa del sólido y de las moléculas del gas dentro de los poros de sólido seguida de la adsorción propiamente dicha de las moléculas del gas en la superficie del sólido”. (Depuración de emisiones atmosféricas industriales. Universidad del País Vasco, 2007).

En resumen la absorción es cuando un elemento se contiene, disuelve o solubiliza en otro, como el agua cuando es absorbida por una esponja. Mientras que la adsorción es cuando la sustancia se queda en la superficie de la otra, principio con el que trabajan los filtros como el carbono activado o los tamices.

Así las cosas y considerando las bases y estudios encontrados en lo pertinente a esta problemática podemos determinar que existe una influencia negativa de los gases ocupacionales en la salud de los empleados expuestos a ellos, y específicamente en los operarios de soldadura blanda. De la misma manera podemos entender los distintos factores de riesgo existentes dentro de la tarea de soldar, analizando la composición química de las aleaciones que se usan y los riesgos que reviste emplearlas.

Por último, entender que existen gran variedad de métodos para la absorción o adsorción de dichos gases, por medio de los cuales tratar esta problemática. De manera que desde el punto de vista teórico esta todo dado para ejecutar un proceso de diseño, que como se ha venido tratando a lo largo del documento evite la generación de estos gases desde su raíz o punto de origen, ante de tener cualquier contacto con el operario o el ambiente de trabajo.

4.2. Antecedentes de la situación de estudio.

La problemática expuesta en este documento es altamente conocida; no es un secreto que gracias a las normativas que día tras día se generan en torno al tema de la seguridad industrial han llevado a las empresas a estar más atenta a los riesgos laborales y por ende a protección ante dichos factores, que van desde alternativas o costumbres artesanales y muy puntuales, hasta grandes sistemas o métodos se seguridad. De esta manera el diseñador industrial tiene gran campo de acción e influencia en estas necesidades puntuales y se pone en función de estas.

No es la excepción en el terreno de los extractores de humos, ya que la generación de gases dañinos va desde el campo de la cocina hasta los laboratorios químicos, pasando lógicamente por la soldadura en varias de sus ramificaciones. A continuación se expondrán algunos ejemplos en cuanto a las alternativas existentes para solucionar puntualmente el tema de los humos en soldadura.

Figura 9. Puesto de trabajo.

Extractor de banco.

Una de las soluciones más comunes que se encuentran en el mercado y en los talleres que ejecutan la soldadura blanda como parte de procesos de producción son extractores de banco, se pueden encontrar en distintas presentaciones o marcas, pero en síntesis todos son cajas para ubicar en el banco de trabajo a cierta distancia de donde se pondrá el punto de soldadura, con un sistema interno de extracción y filtro.

Figura 10. Extractor de banco.

Extractor de piso con brazo ecualizable.

Otra alternativa es un extractor de piso, básicamente utiliza el mismo sistema del de banco pero esta cuenta con un brazo de extracción ecualizable el cual se manipula y se ubica de igual manera sobre la zona donde se pondrá el punto de soldadura.

Figura 11. Extractor de piso con brazo ecualizable.

Extractor de campana

Otro de los sistemas de extracción es por medio de una campana de gran tamaño ubicada en la parte superior del banco de trabajo del operario, estas van conectadas a ductos de ventilación diseñados para el manejo del humo extraído este método se usa más en la soldadura de arco.

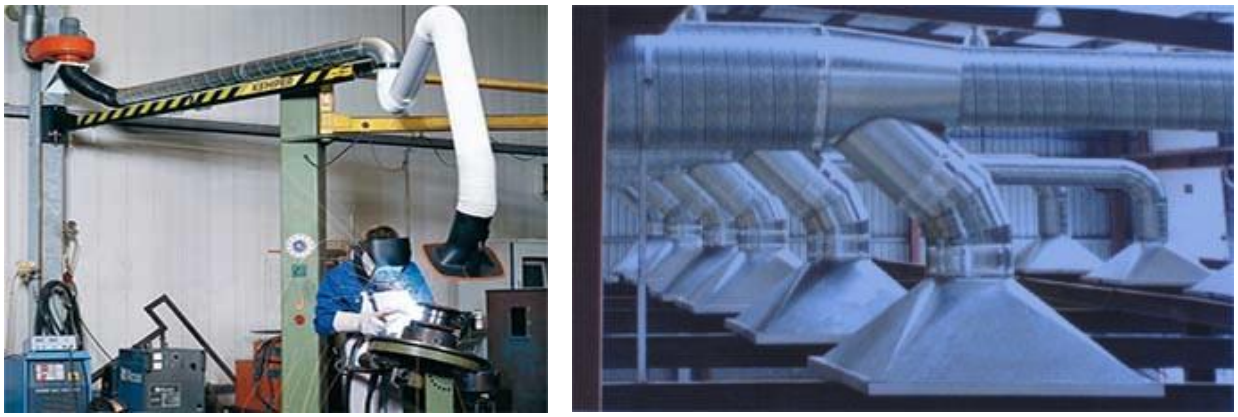


Figura 12. Extractor de campana.

Otros de los elementos que es ideal utilizar por los operarios encargados de la tarea de soldadura blanda en pro de su bienestar y de salvaguardar su salud no son específicamente diseñados para esta labor pero de igual forma se recomienda su uso considerando otros riesgos más conscientemente apreciados por los mismos trabajadores, como por ejemplo las gafas de seguridad industrial para proteger sus ojos tanto de los vapores como de residuos o chispa que se pueda producir en el proceso; el uso de guantes es también primordial considerando las altas temperaturas que alcanza el cautín; y por último la máscara con filtros industriales.

Figura 13. Elementos complementarios para el proceso de soldadura

De esta forma se pone en evidencia que si se ha trabajado en pro de garantizar la seguridad industrial de los operarios de soldadura blanda o al menos de disminuir la exposición a los riegos propios de la profesión. Pero también se puede analizar una constante en cada uno de los diseños

expuestos anteriormente y es la de diseñar pensando solamente en la necesidad especifica alejándose por completo tanto del operario como de las exigencias o requerimientos del procedimiento ejecutado en sí, ya que más allá de brindar seguridad al trabajador una herramienta o elemento de trabajo debe mantener o incluso mejorar la eficiencia en el desempeño de la a realizar.

En el caso de los extractores ocurre que además de la eficiencia con que logre o no aspirar el humo residual, estos en primer lugar abarcan gran espacio en el área de trabajo, ya sea sobre el banco o el suelo, e incluso la campana requiere de gran infraestructura en los puestos de trabajo, por lo que no es un método que se utilice popularmente; además ejecutan la extracción solo en un objetivo específico, generalmente sobre el punto de soldadura o las uniones, ignorando por completo que la tarea y por ende la emanación de humo toxico no se genera solo durante la unión de los materiales sino a lo largo de todo el proceso que ocurre en gran parte del área de la mesa de trabajo, pasando por alto desde la base o apoyo mismo del cautín o soldador, como también la pasta que es precisamente donde se limpia tanto el cautín como los materiales a unir de cualquier vestigio o contaminante que puedan tener.

Los extractores además no garantizan la extracción total del humo y por el contrario al ser ubicados generalmente en la zona superior del banco o área de trabajo permiten y hasta aumentan el flujo normal del gas hacia arriba provocando el contacto y la exposición con la cara del trabajador.

De igual manera ocurre con los otros elementos de protección, pues ya que su diseño no es concebido desde los requerimientos básicos de la tarea a ejecutar, restan eficiencia a la ejecución de la tarea. En el caso de los guantes si protegen de las altas temperatura pero su uso hace casi imposible desempeñar la tarea con la soltura y precisión que exige; las gafas a su vez fuera de lo

engorrosas que pueden resultar, se empañan al entrar en contacto con el humo impidiendo la visibilidad.

La máscara que parecería la estrategia más adecuada para el problema de los gases tiene la dificultad de ser muy estorbosa, pesada y calurosa como para usarse por largos periodos, que en una tarea como esta pueden oscilar entre 4 y 8 horas, además su gran tamaño dificulta de igual manera el trabajar con precisión y en muchos casos acercarse al punto de la unión. Otra de las desventajas es que la vida útil de los filtros que utiliza es corta, así que cambiarlos frecuentemente representa un gasto sustancial para la empresa.

Por estas razones entre otras es común encontrar en los talleres de soldadura o plantas de producción a los operarios trabajando la soldadura blanda sin ningún tipo de elemento de seguridad, casi que se ha culturalizado socialmente el hecho de que el trabajador encargado de esta tarea la ejecute sin protección alguna, dando dentro del círculo laboral una impresión de valor y casi de hombría como operario de la planta.

De esta manera podríamos definir que es menester la realización de este proyecto, con el fin de solucionar de raíz una problemática de tipo social y laboral que a pesar de ser considerada riesgosa desde muchos puntos de vista, no se le ha dado la seriedad y el enfoque correcto para la generación de verdaderas soluciones, alternativas que no solo apunten solucionar una dificultad o a disminuir un riesgo, sino que se proyecte desde los requerimientos tanto del operario como de la tarea específica que este ejecuta.

Cabe indicar un proceso muy similar de trabajo con fundición de metal: el vitralismo. Haciendo uso de un cautín y con un material de aporte de plomo, el vitralismo señala las figuras y define los límites de las pinturas posteriores por medio de caminos con la fundición del metal, como se puede observar en la siguiente figura

Figura 14. Vitralismo. Recuperado de https://blog.esarq.edu.mx/2011/05/27/curso-de-vitralismo-contemporaneo/img02687-20110602-1809/

5. Metodología

El proyecto se desarrolla en varias fases, las cuales se plantean estratégicamente para el cumplimiento de los objetivos específicos, es así como en cada uno de las etapas, se exponen actividades a ejecutar para obtener resultados que servirán de retroalimentación para la continuidad de las siguientes fases de la metodología presentada. Teniendo en cuenta lo anterior se describe a manera de embozo general las fases establecidas de la metodología de acuerdo al cumplimiento de dichos objetivos.

5.1 Fase exploratoria

En este aparte concentra la exploración de material respecto a conceptos, teorías, normas y demás elementos afines al desafío al que se enfrenta. También se llevara a cabo la aplicación de técnicas que permitan la inmersión en el contexto donde se presenta la problemática y por consiguiente a los usuarios objetivos. La finalización de esta fase tiene como propósito identificar las necesidades y deseos de los usuarios y conocer de primera mano el proceso de soldadura blanda.

5.1.1 Inmersión en el Contexto

Esta actividad se concentra en el acercamiento y contextualización del problema en uso. Permitiendo por medio de la aplicación de técnicas las cuales serán descritas posteriormente; la identificación de los usuarios y sus necesidades y deseos, la clarificación del desafió que se está enfrentando estableciendo una levantamiento de los requerimientos de este.

Para esto se utilizaran distintas estrategias o técnicas descritas de forma general a continuación.

Estrategia de Campo: Conocer mediante la observación directa del área soldadura la correlación que existe actualmente entre el operario y la tarea que desempeña para de este modo poder identificar las etapas que intervienen en el proceso de soldadura blanda.

El resultado de la aplicación de esta técnica es la descripción de la actividad en contexto y la realización de un diagrama de uso desde la experiencia.

Estrategia de identificación de las necesidades del cliente:

Teniendo en cuenta que el desarrollo del presente proyecto se centrará en el operario a cargo de la tarea, se ejecutaran técnicas que permitan un acercamiento con el usuario de forma que este se sienta siempre cómodo con la intervención y no generar así resultados que entorpezcan la definición necesidades o apreciaciones reales del trabajador.

Utilizaremos herramientas como:

- Entrevista con operarios del área
- Focus group con el jefe del área de producción. Ingeniero Yuri Alexander Perez.

5.2 Primera comprobación técnica

Esta primera fase será dividida en dos, la primera que estará más enfocada a la medición y muestreo de los gases residuales de la tarea en la actualidad y la segunda que se fijará más en el estudio de alternativas técnicas para la correcta extracción de este humo.

5.2.1 Muestreo de gases:

En esta primera comprobación se busca por medio de mecanismos de muestreo analizar cualitativa y cuantitativamente el humo residual producto de la ejecución actual de la tarea de soldadura blanda al interior de la empresa, verificando en la medida de lo posible su grado de toxicidad.

5.2.2 Prueba de absorción:

En la segunda comprobación técnica se busca generar y evaluar distintas alternativas de extracción del humo producido por el proceso de soldadura blanda, analizando las variantes en cuanto a los resultados obtenidos e implementando distintos sistemas de absorción y adsorción.

5.3 Segunda comprobación técnica

Habiendo determinando por medio de la primera comprobación técnica el mejor sistema para la extracción efectiva de los humos residuales, se procede en esta segunda comprobación al empleo y análisis de mecanismos por los cuales llevar a cabo la filtración y posterior deposición de los gases extraídos para de esta manera garantizar el ciclo completo de desintoxicación del ambiente de trabajo, realizando pruebas con filtros industriales comerciales en comparativo con opciones alternativas de filtrado.

5.4 Comprobación ergonómica

En este aparte se busca por medio del empleo de herramientas para la evaluación ergonómica, analizar la relación entre el operario y su puesto de trabajo al momento de ejecutar la tarea y

también la relación entre el usuario, las herramientas o materiales y su entorno para de esta forma obtener información clave acerca de los requerimientos y restricciones pertinentes a la hora de diseñar el elemento.

5.5 Fase Creativa

En esta etapa se busca consolidar la información de las fases anteriores en respuestas que den soluciones estratégicas a las necesidades expresadas por los operarios y a los requerimientos establecidos por la tarea ejecutada. La fase creativa se fundamenta en la generación de ideas que sustenten el proceso creativo y la inclusión de usuarios en este proceso De la misma manera se van evaluando y filtrando las distintas opciones con base en resultados y parámetros.

5.6 Revisión del diseño del producto

Se realizara la evolución de la alternativa seleccionada a nivel de detalle teniendo en cuenta, materiales, dimensiones, impacto ambiental, uso de tecnologías y los procesos de fabricación, igualmente se verificara la viabilidad estructural en cuanto a producción del elemento diseñado y de ser requerido se contemplara la fabricación de prototipos que permitan tener mayor acercamiento al resultado final.

5.6.1 Parametrización de Componentes:

Esta etapa se basa en el aspecto dimensional de la propuesta, los distintos estándares de uso y el interactuar con el usuario objetivo, por medio de la manipulación de la alternativa en las distintas posiciones y transiciones del proceso de soldadura y la posterior toma de impresiones que tenga el usuario tras la experiencia.

5.6.2 Definición de Manufactura:

En este aparte se consideraran las decisiones en cuanto a materiales y procesos de producción de la pieza diseñada estudiando su viabilidad. De la misma manera se comprenderá el comportamiento mecánico de los diversos componentes y materiales por medio del uso de software de simulación, estableciendo fuerzas externar sobre el modelo y revisando su comportamiento.

5.6.3 Definición de Color y Símbolo:

Esto comprende el valor emocional y personal que se busca generar con el diseño, por lo cual se estructurará de acuerdo a la información simbólica obtenida en el transcurso del proceso de diseño y se someterá a interpretación por medio de un grupo de usuarios.

5.7 Fase de verificación y validación

Es la etapa de conformidad del producto diseñado, en el que se generan métodos para capturar las reacciones que genera el elemento en relación con el cumplimiento de los parámetros establecidos anteriormente. Declaraciones, cuestionarios y entrevistas de personal relacionado con el área serán de gran ayuda para generar la retroalimentación y capturar recomendaciones o posibles mejoras que pueden hacerse para el modelo final.

5.7.1 Ciclo de vida del producto:

La aplicación de esta estrategia permitirá garantizar de manera integral la conformidad del producto final diseñado, evaluando su sostenibilidad, para tal fin se ejecutará un estudio de viabilidad en aspectos como lo ambiental, lo económico y lo social, manteniendo la premisa del diseño centrado en las necesidades del usuario.

6. Fase exploratoria

6.1. Análisis del puesto de trabajo general y las tareas

En el contexto laboral de la empresa VACUSONIC BIOTECH LTDA la tarea u oficio de la soldadura es una de las principales dentro de la producción de equipos. A partir de la observación de las diferentes actividades a desarrollar por el operario se han identificado actores de riesgo, postura general y las herramientas principales de cada tarea, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1.

Análisis del puesto de trabajo y las tareas para la producción de equipos en la empresa.

Tareas u oficios	Descripción de la tarea u oficio	Factores de riesgo	Postura	Herramientas utilizadas
Soldadura blanda (50% del trabajo)	Es una tarea que se realiza para unir piezas, cables, transistores y demás elementos electrónicos. El operario toma el cautín de la base, introduce la punta en el fundente, toma el metal de aportación y por último une las piezas.	Quemaduras con el cautín. Inhalación de gases tóxicos residuales. Irritación de los ojos a causa de los mismos gases. Lesión en miembros superiores por tensión y repetición.	El operario ejecuta la tarea en posición sedente, inclinando la espalda y cuello hacia adelante en busca de mejor visión.	Equipo de soldadura blanda. Cautín Pasta o fundente Metal de aporte (aleación estaño y plomo)
Perforación (30% del trabajo)	El operario recibe las cajas o carcasas del fabricante y procede a hacer las	Cortes en miembros superiores con las herramientas.	Cada operario toma una posición diferente, pero lo más común es	Herramientas para perforación.

	perforaciones que se requieren para cada equipo. Para esta tarea cada operario toma la posición que considere más cómoda y segura para ejecutar este oficio.	Riesgo de lesiones con residuos de material metálico o polimérico. Lesión auditiva por causa del ruido provocado. Lesión en miembros superiores por tensión y repetición.	trabajar de pie frente al banco, inclinado hacia adelante, con un brazo se sujeta fuertemente la caja y en la otra la herramienta con la fuerza y precisión que requiere la tarea.	Taladro manual Taladro de banco Copa sierra Caladora Mototool
Pulir (10% del trabajo)	Posterior a la perforación el operario debe pulir las superficies y bordes de los agujeros hechos, esta tarea requiere de un gran uso de la fuerza, en especial si la caja es metálica.	Cortes en miembros superiores con los bordes o puntas de las cajas. Riesgo de lesiones con residuos de material metálico o polimérico (viruta). Lesiones producto de las posturas adoptadas por el operario al realizar la labor. Lesión auditiva por causa del ruido provocado.	Igual que en la perforación, la postura difiere en cada operario. Algunos mantienen posición sedente y sostienen la caja sobre sus piernas ejecutando la tarea. Otros apoyan la caja en el piso y en posición sedente e inclinados hacia adelante pulen los bordes con fortaleza.	Herramientas para pulir. Lima metálica Mototool Pulidora.

Montaje del equipo (5% del trabajo)	Teniendo la caja del equipo y el montaje electrónico listo, el operario procede a montar el equipo, esta tarea implica destrezas manuales y precisión.	Los riesgos en esta actividad son únicamente lesiones producto de las posturas adoptadas y/o estrés o desgaste mental.	El operario ejecuta la tarea en posición sedente, inclinando la espalda y cuello hacia adelante en busca de mejor visión.	Herramientas básicas y tornillería. Destornillador, alicate, llaves, taladro manual, tornillos, tuercas, arandelas
Pruebas técnicas, eléctricas y control de calidad. (5% del trabajo)	Después de terminar el montaje del equipo el operario pasa a hacer comprobaciones de uso, control de voltaje, potencia de las funciones del equipo y demás tipos de controles que varían de acuerdo al equipo producido.	Los riesgos de esta actividad dependen de los errores que se hayan tenido en el montaje electrónico, estos han generado en varias ocasiones quemaduras o fuertes descargas de corriente durante la realización de las pruebas.	La postura varía entre sedente y de pie, esto depende de la prueba o procedimiento que se le haga al equipo y vas más sujeto a la interfaz o modo de uso del equipo fabricado. El operario debe hacer las veces de la profesional o usuario del equipo fabricado.	Se utiliza el equipo fabricado como tal y para las comprobaciones electrónicas se utiliza un osciloscopio y un amperímetro.

En la figura 14 se presentan algunas fotografías tomadas en la empresa durante jornadas laborales de los operarios en las tareas señaladas anteriormente: soldadura blanda, y perforación. Se puede observar también el espacio de trabajo y los muebles y equipos que hacen parte del puesto.

Figura 15. Proceso de producción en la empresa.

Gracias al acercamiento y continua observación que permite la práctica laboral que se lleva a cabo en la empresa VACUSONIC BIOTECH, se busca determinar los ciclos de trabajo o la distribución de tareas del empleado encargado de la soldadura blanda, con el fin de verificar la cantidad exacta de tiempo que el operario dedica a esta tarea específica.

En un principio y por medio de grabaciones diarias al puesto de trabajo y tareas del operario, se pretendía tomar registro de cuánto tiempo de su jornada laboral el trabajador lo empleaba en la tarea de soldadura, además de la regulación de ciclos o las franjas horarias en las que el sujeto desempeñaba las distintas fases.

Este método resultó inconcluyente porque los ritmos de producción de la empresa no son regulables, la distribución de las tareas de cada operario varía a diario y los ciclos por jornada de

soldadura dependen del tipo de equipo que se esté fabricando en el día y la cantidad solicitada para el lote en ese momento. Se trabaja a pedido.

Así las cosas la única manera en la que se puede determinar una distribución de tareas es analizando que porcentaje del total de tiempo que requiere la fabricación de un equipo especifico es dedicado a la soldadura blanda, ya sea durante el montaje de la tarjeta electrónica, el cableado, o el ensamble.

De nuevo se utilizó como método la grabación de la jornada del operario y la posterior verificación de los tiempos que este desempeñaba la tarea de soldadura pero no con base en la jornada laboral diaria sino en el tiempo de fabricación de una referencia de equipo especifica. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 2.

Tiempo de soldadura de los equipos de la empresa.

Referencia de equipo	**Porcentaje de tiempo soldando por equipo**
Plasma Gel Maker 4g	50%
Mono MKR	50%
Lipolaser	60%
Ultrasonido	50%
Gym 16	80%
Gym 8	70%
GS Pocket	40%
Presso Linf	20%
Radiofrecuencia	60%
Cavitación	50%

Este análisis permite determinar que aun sin ser una producción cíclica o regular, sea cual sea el equipo o lote de equipos que se encuentren fabricando en el día, el porcentaje de tiempo laboral dedicado a la tarea de soldadura blanda promedia oscila entre el 50% o 70% de la jornada laboral, que en términos de tiempo sería entre 4 y 6 horas diarias, considerando de igual manera que las referencias marcadas en rojo son los equipos que más se fabrican y con el agravante de que las fases en las que se emplea soldadura se encargan generalmente a un único operario, por lo que este mantiene desempeñando la tarea, manteniendo la postura y realizando repeticiones durante la gran mayoría de su jornada diaria de trabajo.

Lo anterior requiere realizar un análisis ergonómico de la tarea de soldadura blanda, por medio de distintos métodos de valoración de cargas posturales. Para este caso se utiliza el método OWAS y el método RULA, los cuales se asume son los más indicados para este tipo de tarea y puesto de trabajo.

6.1.1 Método OWAS

Se busca hacer un análisis y valoración de la carga física derivada de las posturas laborales adoptadas por el operario que desempeña la tarea de soldadura blanda en las diferentes fases de producción de los equipos para medicina estética que fabrica la compañía.

Para empezar y a pesar de que el operario puede llegar a realizar algunas tareas fuera de soldar, consideraremos la postura que según lo observado es la que mantiene el operario la mayoría de su jornada, por lo que la evaluaremos como una labor monofase.

Como segunda medida estableceremos el tiempo de observación en 120 minutos, los cuales grabaremos al operario en su desempeño normal en un día cualquiera de trabajo. Posteriormente y

con una frecuencia de muestreo de 5 minutos observaremos las diversas posturas que adopte el trabajador a lo largo de la observación. Se obtienen los siguientes resultados.

Figura 16. Ejemplos fotografías para aplicación de OWAS.

De las imágenes anteriores podemos destacar que el operario mantiene toda la jornada en posición sedente, con sus brazos por debajo de la altura de los hombros y no manipula mayores cargas, de la misma manera conserva la espalda doblada en una inmensa mayoría de sus posturas. En total pudimos destacar 3 posiciones diferentes con sus 3 codificaciones posturales respectivas.

Tabla 3.

Resultados OWAS.

Porcentaje repeticiones	**Código postural**	**Categoría de riesgo**
83.34%	2111	2
8.33%	1111	1
8.33%	3111	1

Como lo demuestra la tabla anterior, el encargado de la tarea de soldadura blanda mantiene durante más del 80% de su jornada la postura 2111, la cual en la categoría de riesgo tiene una calificación 2 y teniendo en cuenta su frecuencia relativa, podría ser incluso nivel 3. Lo cual según los estándares del método OWAS, significa que la tarea requiere acciones correctivas lo antes posible.

6.1.2 Método RULA

Como es ampliamente conocido el método OWAS es muy útil para el análisis ergonómico de un puesto de trabajo pero arroja resultados muy generales, que según el objeto de estudio pueden ser o no concluyentes, por esta razón se decide afianzar o complementar los resultados arrojados con la realización del método RULA.

RULA es un método ideal para la evaluación de este tipo de tareas, que como pudimos ver mantiene una postura específica la mayor parte del cuerpo y concentra la carga postural en el tren superior del cuerpo del operario, RULA permite analizar de forma más particular las cargas posturales pues divide el cuerpo en dos grupos, uno A que comprende los miembros superiores, y el B que analiza lo que ocurre en cuello, tronco y piernas.

- Puntuación del grupo A (Brazo=2, Antebrazo=1, muñeca=1)
- Puntuación del grupo B (Cuello=3, Tronco=2, piernas=1)

Según RULA se debe tener en cuenta también el tipo de actividad del trabajador, para este caso se considera la tarea repetitiva porque realiza la misma secuencia de movimiento entre 3 o 4 veces por minuto, por lo que a los valores A Y B hallados en las tablas anteriores se les debe sumar un punto para obtener los valores finales que llamaremos C y D y con ellos buscaremos la puntuación postural final o global RULA para esta tarea en la siguiente tabla.

- Tabla de puntuación final (Puntuación C=3 – Puntuación D= 4)

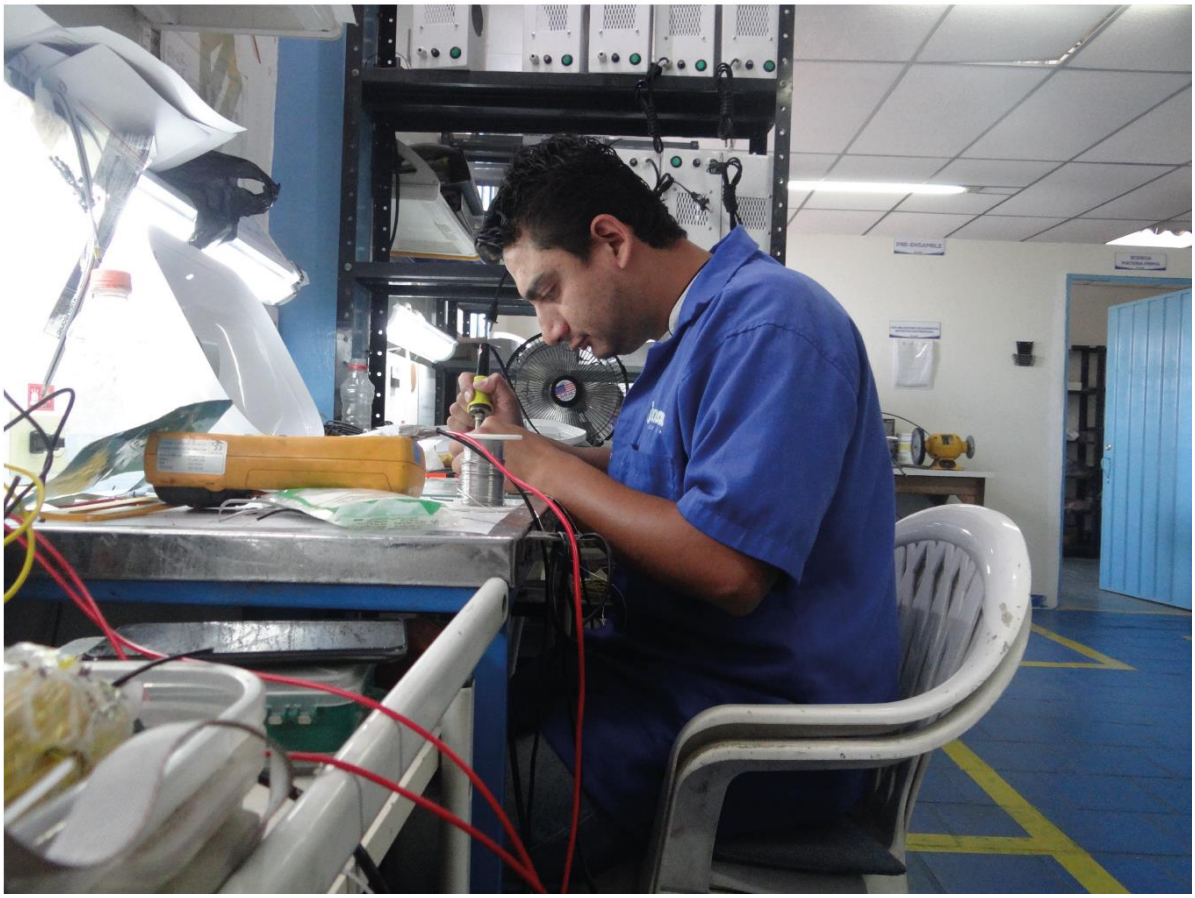


Figura 17. Fotografía para aplicación de RULA.

Obtenida la puntuación final de la tarea, la cual es 4 RULA propone diferentes niveles de actuación sobre el puesto de trabajo según el resultado. Puntuaciones entre 3 y 4 puntos indican que debe hacerse mayor estudio u observación de la tarea y el puesto de trabajo para ejecutar los cambios que se requieran para mejorar la condición del operario, basados en los valores arrojados para cada miembro del cuerpo o grupo de miembros.

A pesar de que el uso de métodos ergonómicos de análisis postural y de cargas es fundamental dentro del proceso de diseño de cualquier puesto de trabajo, herramienta u otro elemento que haga parte de la interacción de un operario con su tarea, muchos de los que se conocen e incluso de los que fueron empleados en el actual estudio, arrojan resultados muy globales que nos llevan a

concluir que la tarea específica que se estudia, la soldadura blanda, requiere cambios o modificaciones a nivel de la carga postural del operario, pero no mucho más que eso.

Así las cosas y con el conocimiento adquirido durante todo el proceso de observación, análisis y acercamiento a la tarea y trabajadores, se considera pertinente hacer un análisis o evaluación particular de la tarea, donde podamos resaltar los factores determinantes y verdaderamente influyentes en los que se puede trabajar con el fin de brindar al usuario una mejor condición laboral.

Puesto de trabajo

Los resultados negativos que arroja el uso de métodos de análisis ergonómico generalmente apuntan a que todo el problema está en el puesto de trabajo del operario. En el caso de estudio actual se pueden destacar varios factores a tener en cuenta con el fin de mejorar las condiciones propias de esta tarea, como por ejemplo el ajuste de las alturas del banco de trabajo y el asiento del operario, que al ser optimizados, disminuirían la carga evidente por la inclinación del tronco y el cuello del trabajador. Otro de los factores es la iluminación, la cual al ser defectuosa, disminuye el rango visual del operario por lo que este debe alterar su postura buscando compensar esta dificultad. Estas apreciaciones a pesar de ser fundamentales, son poco pertinentes en el proceso de diseño que estamos realizando encaminado a una herramienta manual.

Operario

Otro de factores que se pudo observar es que la ejecución de la tarea varía según el operario, en donde factores como su experiencia, su habilidad y en algunas ocasiones su salud visual tienen completa incidencia en la forma en que este lleva a cabo la labor, su postura, el agarre de la herramientas la interacción con el puesto de trabajo y los distintos elementos a su alrededor.

En este aspecto se considera prudente a nivel de diseño encaminar al usuario en un uso único y correcto de la herramienta garantizándole que de esta manera optimizará la ejecución de su tarea y mejorara aspectos posturales.

Repetición

Uno de los factores que sin duda inciden en la carga total de la tarea es su naturaleza repetitiva, ya que el encargado de soldadura blanda interactúa con distintos elementos de su puesto de trabajo y esto lo obliga de la misma manera a hacer movimientos a lo largo de la superficie de su banco o mesa, estos movimientos los realiza de forma cíclica y repetitiva, lo que le genera naturalmente mayor esfuerzo.

Desde el punto de vista de diseño se debe considerar la posibilidad de eliminar pasos de este sistema repetitivo o por lo menos acortar los movimientos necesarios al momento de ejecutar la tarea, para de esta manera disminuir la carga del operario.

Agarre

En lo referente al agarre, y tras la observación del desempeño de algunos de los operarios de la empresa al utilizar el cautín actual, se notó que es más un tema de costumbre, pues las formas de asir que cada uno tiene varían, esto se podría presentar por que la herramienta tiene un mango sin mayor diseño, de forma cónica y superficie lisa y no brinda ninguna instrucción explícita o implícita que informe al trabajador de la forma correcta de tomarlo lo que deja esta decisión a consideración del empleado de nuevo entrando a jugar factores como la experiencia, la precisión o la seguridad que este tenga.

En el diseño de una herramienta manual especifica es muy importante el mango o agarre por lo que deben tomarse especiales consideraciones en este aspecto en la etapa creativa, otorgando los atributos necesarios para que dicha herramienta sea completamente funcional.

Base o apoyo de la herramienta

Durante la observación es un asunto que destaca ya que el apoyo de la herramienta en su base es el punto donde inicia y acaba cada repetición al momento de ejecutar la tarea, y es a su vez el punto más alejado del operario y por lo tanto el que representa mayor esfuerzo durante cada ciclo.

Generalmente en este caso se busca ubicar la base de la herramienta lo más retirado posible porque esta se mantiene a una temperatura riesgosa para el operario y también para evitar que la base o el cable de poder de la misma impliquen alguna incomodidad o error sobre el banco de trabajo.

Iluminación

Este aspecto es muy importante en la ejecución de una tarea como la soldadura blanda que requiere de alta precisión y a su vez es uno a los que menos se les presta atención en el caso específico de estudio en la empresa.

Lo más importante es ver como el operario intenta compensar la escasa visibilidad con la postura adoptada, generándole mayor carga a nivel de tronco y cuello como lo vimos en el análisis por medio del método RULA.

Aunque la iluminación hace parte del diseño del puesto de trabajo, al ser un aspecto tan importante se debe considerar dentro del diseño de la herramienta, ya sea con el fin de mejorar la visibilidad, generar menor sombra sobre el punto de trabajo o incluso iluminar.

Factor ambiental

En la ejecución de una tarea en un puesto de trabajo y con herramientas específicas hay un factor que no se debe dejar de lado por ninguna razón y es el ambiental. Ya conocimos los riesgos posturales que se tienen por medio de los estudios ergonómicos, pero es evidente que el mayor peligro que enfrenta esta labor es la inhalación continua de gases tóxicos residuales.

6.2 Proceso de soldadura blanda

Se describe anteriormente la forma de funcionamiento y los principales elemento necesarios para el desarrollo de la actividad de soldadura blanda. Por medio del cautín, una herramienta de uso manual, se mantiene en contacto los materiales y elementos en los cuales realizar la soldadura. A continuación se busca profundizar en las funciones y acciones realizadas por el usuario durante la interacción con el cautín. Se definen tres momentos o casos de interacción con el producto: la adquisición, el uso (soldar) y el mantenimiento.

Como se presenta en la figura 18, la adquisición del producto se determina a partir de la decisión de compra, la cual se presentan cuando se identifica por parte del usuario la necesidad de adquirir el producto con fines ya sean académicos, laborales o de investigación. A partir de la decisión se busca determinar las características ideales del producto según el tipo de uso, el voltaje adecuado, el tipo de soldadura a realizar, el tamaño de la punta, la durabilidad del producto, el costo, entre otros. Seleccionado el cautín, se efectúa la compra del producto, ya sea por medio de una plataforma virtual o en un establecimiento. Con el producto en su posesión, el usuario procede a abrir el empaque primario del cautín y este se encuentra listo para su uso.

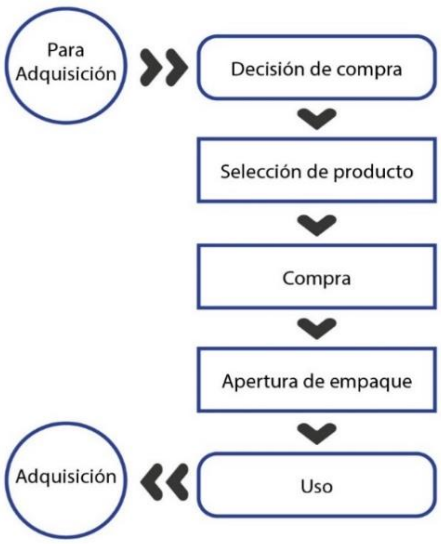


Figura 18. Diagrama adquisición de producto.

El uso del cautín, como se presenta en la figura 19 da inicio una vez preparado el puesto de trabajo para realizar la soldadura. El usuario toma el producto, lo conecta a la alimentación eléctrica del sitio de trabajo y lo ubica en un soporte durante la espera de aproximadamente 1 minuto para el calentamiento de la punta metálica. Una vez caliente, el usuario retira el cautín del soporte metálico con cuidado, y con la otra mano aplica sobre el componente a soldar y sobre el e material de aporte el fundente o pasta limpiadora, normalmente usada en presentación de masa. Con los elementos listo, acerca el material de aporte a la punta metálica del cautín para derretir el metal y aplicarlo en la zona, realizando así el punto de soldadura. Realizada la unión, el usuario debe ubicar nuevamente el cautín en el soporte, realizar cambios en la zona de trabajo para preparar nuevos componentes a soldar y repetir el proceso siempre con el cautín conectado a la alimentación y por lo mismo caliente hasta la total finalización del trabajo. Cuando se desconecta el cautín, se conserva su ubicación en el soporte hasta alcanzar una temperatura ambiente.

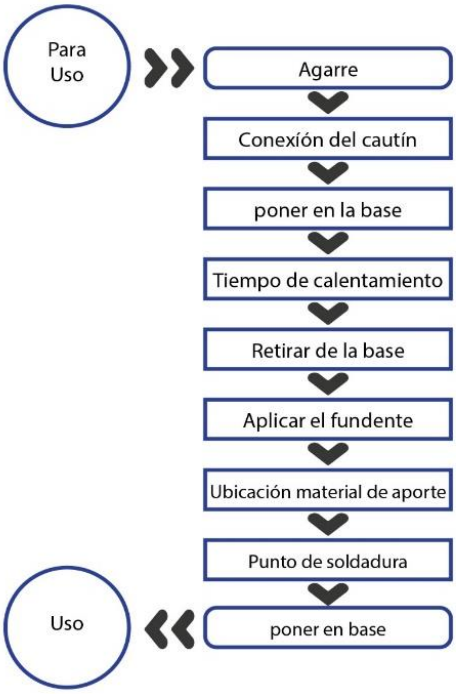


Figura 19. Diagrama uso del producto.

Respecto al posible mantenimiento que se puede realizar a un cautín se identifica solo un caso: el cambio de la punta metálica intercambiable debido a deterior por el uso. No todos los cautines del mercado permite el uso de puntas intercambiables. Este mantenimiento, como se presenta en la figura 20, se da inicio con el cautín a temperatura ambiente, luego si se encontraba en uso es necesaria su desconexión y la espera para su enfriamiento. Con la temperatura adecuada, se procede a retirar el protector metálico de la punta, que es el tubo metálicos con rosca ubicado en el exterior de la punta. Cuando se retira el protector, la punta a reemplazar sale fácilmente de la base y en el mismo lugar se ubica el nuevo repuesto. Se enrosca nuevamente el protector de la punta y se encuentra listo para su uso.

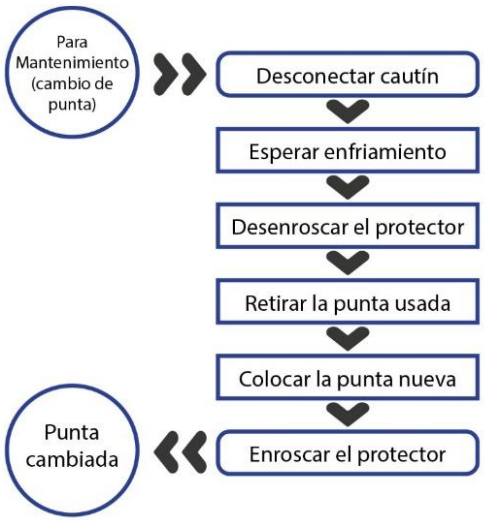


Figura 20. Diagrama de mantenimiento de producto

Aunque se consideran otros casos de mantenimiento para la herramienta, se identifica que cuando se presentan daños mayores, ya sea en el cable de alimentación o en la resistencia misma que transfiere el calor, el usuario desecha enseguida el cautín y se dispone a adquirir uno nuevo, ya sea por la falta de repuestos o por los costos de estos en relación con el costo total del cautín.

Por medio del análisis del proceso de soldadura se han podido identificar necesidad derivadas del uso del cautín, como el uso de puntas de repuesto en caso de deterior, la necesidad del soporte de cautín durante todo el uso del producto y el mantenimiento reducido del sistema que permite el uso de mangos enteros.

6.3 Mercado

Entre los productos del mercado complementarios para el proceso de soldadura blanda, se encuentran diferentes cautines de gama baja, media y profesional, bases para cautín, soportes para el ajuste de los elementos durante la soldadura y puntas intercambiables para los cautines, las

cuales pueden variar según la marca de la herramienta. Se describen a continuación algunos de los productos disponibles.

6.3.1 Soporte para cautín

El soporte para cautín de la siguiente figura es una base de hierro y plástico para la ubicación del cautín caliente durante los tiempos de reposo. Su precio es de aproximadamente $25.000 COP y procura el cuidado del usuario y de los demás objetos del puesto de trabajo cuando no se encuentra en uso el cautín. Es un soporte pesado y de gran estabilidad para evitar el movimiento del cautín.

La principal desventaja de este soporte son los movimientos adicionales a la actividad de soldadura que representa para los usuarios. Ubicado el soporte un lugar lejano sobre el plano de trabajo, los movimientos de alcanzar, ubicar, y la repetición de estos genera cansancio; algunos usuarios prefieren incluso no usarlo.

Figura 21. Base para cautín. Recuperado de http://electronicasdc.com.co/product/436-st-58-base-para-cautin-exso.html?search=cautín

6.2.1 Tercera mano

La tercera mano es aparato usado como soporte para realizar procesos de alta precisión; totalmente articulado cuenta con dos pinzas de presión y permite gran cantidad de ecualizaciones en posición vertical horizontal. El modelo de la figura 22 cuenta con lupa, dos bombillos led de alto rendimiento y bajo consumo, un soporte para cautín y base de hierro que asegura estabilidad, 6 perillas tipo tornillo para la ecualización y trabajo con 3 baterías AAA. Tiene un costo de $50.000 COP.

Figura 22. Tercera mano. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451547593-tercera-mano-soporte-con-lupa-herramienta-escualizable-_JM

6.2.2 Punta de cautín

La marca, las dimensiones y el acabado de los materiales para las puntas de cautín en el marcado varían, y para el mantenimiento de un cautín se hace necesario encontrar un repuesto adecuado a

las medidas y características. Como se muestra en la figura 23, la punta es la pieza que recibe el contacto con el material de aporte y los elementos a soldar y se encuentra expuesta a diferentes residuos, como el estaño, el fundente o incluso plástico derretido. Un set de puntas de dos unidades tiene un valor comercial aproximado de $20.000 COP, pero se encuentran también set de puntas con formas planas y varias terminaciones para diferentes soldaduras. El producto cuenta con un recubrimiento de acero inoxidable pero algunos son galvanizados.

Figura 23. Puntas de cautín. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-580551601-kit-combo-de-puntas-para-estacion-de-soldeo-weller-wes51-_JM

6.2.4 Cautín Weller

El cautín marca Weller de 25 watts con iluminación de tres leds es un cautín tipo lápiz de alto rendimiento, con alimentación de 120 v, una punta cónica de 1/8 de pulgada temperatura de calentamiento de acero inoxidable que alcanza una temperatura de asta 750° F. Cuenta también con un mango triangular antideslizante para mayor comodidad. Su precio en el mercado es de $80.000 COP.

Figura 24. Cautín Weller con iluminación Recuperado de: *https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-450771506-cautin-tipo-lapiz-marca-weller-de-25-watts-con-iluminacion-_JM*

6.2.5. Cautín con regulador de temperatura

La estación de cautín WEP 908 es un conjunto de herramientas para el proceso de soldadura blanda. Incluye un cautín con regulador de temperatura y una base o soporte para el catín con esponja para la limpieza de la punta metálica. El producto cuenta con una potencia de salida de 60W, una temperatura de salida de entre 200 a 480° C, un voltaje de entrada de 110V, y su punta es intercambiable compatible con Baku, Ya xun, Aoyue, WEP. El valor del producto es de $55.000 COP.

Figura 25. Estación de soldadura WEP 908. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-458670934-estacion-de-cautin-wep-908-control-de-temperatura-_JM

6.2.6. Cautín Weller

El cautín Weller a continuación, de 25 watts de potencia y con punta fina tipo lápiz requiere para su alimentación de 110 V, asegura el calentamiento rápido y cuenta con un cable resistente al impacto y con un excelente aislamiento térmico. Su temperatura máxima es de 400° C y tiene una punta de cobre recubierta de hierro con tratamiento niquelcromo para mayor durabilidad. Es ideal para micro electrónica y pequeñas reparación y tiene un costo de $23.000 COP.

Figura 26. Cautín Weller tipo lápiz. https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-444992861-cautin-electrico-de-25-watts-de-punta-fina-tipo-lapiz-_JM

Con una breve revisión de los productos del mercado es posible identificar que todos los cautines de uso frecuente requieren un soporte para la seguridad durante el tiempo de reposo; es la única medida indicada y disponible para mejorar la prevención de accidentes por quemadura.

De igual forma y aunque se presentan gran cantidad de marcas y diferentes especificaciones en el mercado, se puede identificar que las variables son las características eléctricas de los productos, como el amperaje, voltaje y durabilidad de los materiales. Los únicos cautines que implementan mejoras para el proceso general de soldadura blanda son el cautín Weller con iluminación, que busca mejorar la visibilidad del usuario, y la estación de soldadura WEP 908, que incorpora el control de temperatura para el cambio de actividades. Características formales y de funcionalidad agregadas no se presentan.

7. Requerimientos de diseño

7.1 Atributos de diseño

Los atributos determinados para el sistema a diseñar se obtienen de la fase de observación, mediante la voz del usuario se identifican las necesidades más apremiantes. Dichos atributos se clasifican en deseables, que son los ideales del producto, lo atributos obligatorios que debe tener y los estándares.

Clasificación de los atributos de diseño:

Tabla 4.

Atributos de diseño.

Deseables	Obligatorios	Estándar
Correcto diámetro y textura en el agarre	Extrae el humo	Suelda materiales
Todo el sistema en la herramienta de mano.	Filtra el humo	Resistencia mecánica
Emite poco ruido	Libera gas restante	Lenguaje de uso claro
Previene quemaduras	Brinda seguridad	Resistencia a temperatura.
Acorta desplazamientos en el banco de trabajo.		
Fácil acceso y cambio de piezas.		
Adecuado rango de visión		
Fabricación por medios mecanizados.		

Los parámetro de diseño aparecen como resultado de los atributos del producto, estos se clasifican en humanos, técnico productivos, funcionales, formal estéticos y expresivo formal.

7.1.1 Parámetros para determinar requerimientos humanos.

Peso:

En cuanto al peso de una herramienta lo ideal es que el trabajador pueda sujetarla con una mano, más en nuestro caso que es una herramienta más de precisión. Para este caso “0,4 kg (1 libra) para

herramientas de precisión, a fin de permitir un buen control" (Acevedo, 2016). Con base en esto determinamos que el peso teórico máximo establecido es 0.5 kg.

Diámetro:

En cuestión de diámetro existe un mayor rango de ejecución y esto va de la mano del peso, uso y tipo de agarre de la herramienta. "Para agarre de precisión se recomienda un diámetro de 12 mm (0,45 pulgadas), con un rango de 8-16 mm (0,3 a 0,6 pulgadas). (Acevedo, 2016). Esto refiriéndose a herramientas de alta precisión como las usadas en microcirugía, odontología y algunos procesos de joyería. Para el caso específico de la herramienta a diseñar la precisión requerida al ejecutar la tarea no es muy alta y por ende se determina dar un diámetro teórico máximo de 36mm.

Vibración:

En este caso al ser una herramienta, que contiene internamente un motor, el factor de la vibración debe intentar reducirse al máximo. "el valor límite de exposición diaria para una jornada de 8 horas es de 5m/s" (Chunga, 2013). La manera más eficaz para disminuir la vibración en herramientas es por medio de la selección de un material anti vibración, por lo que se estipula el uso ya sea en la carcasa o en un recubrimiento en la zona donde se genera dicha vibración.

7.1.2 Parámetros para determinar requerimientos técnico-productivos.

Frecuencia del mantenimiento:

El mantenimiento se entiende como el conjunto de actividades que deben realizarse tanto a instalaciones como a equipos con la finalidad de corregir o prevenir las fallas que se puedan generar durante el proceso productivo. En un cautín o soldador eléctrico normal, el mantenimiento es prácticamente nulo, lo único que se considera y que hace parte del proceso mismo de soldar es la limpieza de la punta, la cual se hace con Colofonia. La vida útil de esta punta depende del flujo

de trabajo en el que sea utilizada, para el caso específico en la empresa en que se lleva a cabo la práctica las puntas de cautín se cambian cada 4 meses.

En el caso del producto a diseñar, el uso de un filtro industrial y la circulación de gases por el interior suponen la necesidad de recibir un mayor nivel de mantenimiento, por lo que se debe estipular la vida útil del filtro y la frecuencia con que la herramienta debe ser destapada y limpiada.

Emisión de gases:

Este ítem es fundamental en el diseño de esta herramienta, ya que los humos o gases generados por la tarea específica de soldadura blanda son la razón misma de la realización del proyecto. El control de estos gases debe realizarse mediante la extracción del humo generado por la herramienta y su posterior filtración, procurando que estos humos no tengan influencia en el operario, ni se mantengan circulando por su ambiente de trabajo.

Surge entonces la necesidad de seleccionar y utilizar un filtro industrial, teniendo en cuenta principalmente los materiales y partículas específicas que se generan durante la soldadura.

Resistencia:

La selección de material en el diseño de una herramienta como esta es de vital importancia ya que entran a jugar factores generales como las facilidades que brinda al momento de producir las piezas, su relación con el medio ambiente al terminar la vida útil del producto, la resistencia mecánica por su constante manipulación. Y factores más específicos y propios del proyecto como la resistencia y no conducción ante altas temperaturas y como ya lo habíamos mencionado la faculta de disipar o reducir la vibración generada por el sistema.

7.1.3 Parámetros para determinar requerimientos funcionales.

Temperatura de la punta:

La temperatura actual de los cautines que se encuentran en el mercado y apegados a variables como el tipo de material a soldar o la tarea a realizar (electrónica, joyería, etc.) se mueve en un rango de 180 hasta 300 grados centígrados y el alcance de la temperatura lo dicta el tipo de resistencia que se utilice al interior de la punta.

Lo apropiado en electrónica es un cautín de 25W que permita una temperatura de más o menos 200 grados centígrados que permita desempeñar la tarea de soldadura blanda.

Sistema de succión o extracción:

El producto a diseñar debe llevar un sistema de extracción de humo residual el cual garantiza la total succión del gas toxicó generado y en el menor tiempo posible, para evitar de esta manera cualquier exposición del operario a dicho humo o su propagación por el ambiente de trabajo. Además debe tener la potencia suficiente para hacer pasar el humo recogido a través del filtro seleccionado y posteriormente desalojar el vapor filtrado restante del interior de la herramienta.

Filtrado:

La herramienta a diseñar debe llevar un sistema de filtro que atrape por completo cualquier partícula o elemento tóxico presente en los humos residuales extraídos por el sistema de succión.

Visibilidad durante la tarea:

El elemento a diseñar permite al operario una correcta visibilidad sobre el área de trabajo y el punto de soldadura a ejecutar.

7.1.4 Parámetros para determinar requerimientos formal-estéticos.

Formación del sistema:

Construcción formal a partir del círculo, para la creación de un cuerpo cilíndrico con secciones cónicas en coherencia con el movimiento giratorio interno y adaptable al agarre de mano del usuario.

7.1.5 Parámetros para determinar requerimientos expresivo-formales.

Lenguaje de uso:

La herramienta debe utilizar un lenguaje de uso claro, que permita al operario utilizarla de forma eficiente. Fuera de lo formal, la superficie se alimenta de texturas en zonas definidas para la comunicación de salida de aire, zonas calientes, postura de los dedos y cualquier otra connotación que pueda tener el sistema.

Lenguaje de signo:

Tras la observación se puede identificar una fuerte influencia de la herramienta y de la tarea en lo referente al signo, pues más allá de reconocer una problemática de salud ocupacional el operario pone por encima su imagen segura y desinteresada propia del contexto en que se desenvuelve, transmitir seguridad tiene mayor importancia que los problemas de salud que derivan de no protegerse. Basado en esto la herramienta a diseñar debe tener un alto valor simbólico que evite que le ocurra lo que otros sistemas de protección que son relegados dando prioridad a la imagen que se transmite.

7.2 Requerimientos de diseño

En la tabla 8 se observa la jerarquización de los requerimientos de diseño obtenidos a partir de los atributos establecidos previamente durante la fase de observación, cada atributo da origen al establecimiento de los requerimientos de diseño. Basados en la metodología de diseño y desarrollo de productos (Ulrich, Eppinger, 20113) se le asigna una puntuación a cada atributo, siendo 1 los atributos deseables, 2 los atributos estándares y 3 los atributos obligatorios, los cuales asignan en las tablas 5, 6 y 7. Además de esto se clasifican los requerimientos en requerimientos humanos (RH), requerimientos técnico-productivos (RTP), funcionales (RF), formal-estéticos (RFE) y

expresivo formal (REF), basados en la puntuación y posterior calificación, se le atribuye a cada requerimiento la importancia dentro del proceso de diseño.

Deseables:

Tabla 5.

Atributos y requerimientos deseables.

Atributos	Puntos	Requerimientos	Tipo
Correcto diámetro y textura en el agarre	1	El diámetro debe estar entre 30 y 36 mm	RH
Todo el sistema en la herramienta de mano.	1	La punta, la resistencia, el sistema de extracción y el de filtrado debe estar en la herramienta de mano.	RH
Emite poco ruido	1	Selección correcta de motor. Selección de material aislante.	RF
Previene quemaduras	1	Dotar a la herramienta de una tapa o protector en la punta.	RH
Acorta desplazamientos en el banco de trabajo.	1	Por medio del sistema de tapa, elimina los desplazamientos continuos a una base. Y lo mantiene cerca y seguro a la zona de trabajo.	RH
Fácil acceso y cambio de piezas.	1	Permite el fácil despiece y cambio de repuestos.	RTP
Adecuado rango de visión	1	Permite ver la punta al soltar.	RF
Fabricación por medios mecanizados.	1	Piezas fabricadas por medio de procesos mecanizados.	RTP

Obligatorios:

Tabla 6.

Atributos y requerimientos obligatorios.

Atributos	Puntos	Requerimientos	Tipo
Calentar la punta	3	Generar temperatura promedio de 200 grados centígrados.	RF
Extrae el humo	3	Sistema de extracción con un caudal mínimo.	RF
Filtra el humo	3	Filtro para soldadura con alivio de gas ácido.	RF
Libera gas restante	3	Sistema de escape que garantice la liberación del gas filtrado.	RF
Brinda seguridad	3	Dotar a la herramienta de una tapa o protector en la punta.	RH

Estándares:

Tabla 7.

Atributos y requerimientos estándar.

Atributos	Puntos	Requerimientos	Tipo
Suelda materiales	5	Generar temperatura promedio de 200 grados centígrados.	RF
Resistencia mecánica	5	Los materiales establecidos tienen un factor de seguridad mínimo de 1	RTP
Lenguaje de uso claro	5	La herramienta debe poderse usar de forma fácil y segura.	REF
Resistencia a temperatura.	5	Los materiales establecidos deben soportar y no transmitir la temperatura.	RTP

La jerarquización de la totalidad de los requerimientos se presenta en la siguiente tabla con la asignación de porcentajes de importancia.

Tabla 8.

Jerarquización de requerimientos.

Tipo	Requerimiento	Frecuencia	Puntos Parciales	Total	%Total
RH	El diámetro debe estar entre 30 y 36 mm.	1	1		
	La punta, la resistencia, el sistema de extracción y el de filtrado debe estar en la herramienta de mano	1	1		
	Dotar a la herramienta de una tapa o protector en la punta.	2	4	7	16.7%
	Por medio del sistema de tapa, elimina los desplazamientos continuos a una base y lo mantiene cerca y seguro a la zona de trabajo.	1	1		
RTP	Permite el fácil despiece y cambio de repuestos.	1	1		
	Piezas fabricadas por medio de procesos mecanizados.	1	1		
	Los materiales establecidos tienen un factor de seguridad mínimo de 1	1	5	12	28.6%
	Los materiales establecidos deben soportar y no transmitir la temperatura.	1	5		
RF	Permite ver la punta al soltar.	1	1		
	Generar temperatura promedio de 200 grados centígrados.	2	8		
	Sistema de extracción con un caudal mínimo.	1	3	18	42.8%
	Filtro 2096 P100 con alivio de gas ácido.	1	3		
	Sistema de escape que garantice la liberación del gas filtrado.	1	3		
REF	La herramienta debe poderse usar de forma fácil y segura.	1	5	5	11.9%
	TOTAL:	**16**	**42**	**42**	**100.00**

Requerimientos de diseño:

Humanos:

- El diámetro debe estar entre 30 y 36 mm.
- La punta, la resistencia, el sistema de extracción y el de filtrado debe estar en la herramienta de mano
- Dotar a la herramienta de una tapa o protector en la punta.
- Por medio del sistema de tapa, elimina los desplazamientos continuos a una base. Y lo mantiene cerca y seguro a la zona de trabajo.

Técnico – Productivos:

- Permite el fácil despiece y cambio de repuestos.
- Piezas fabricadas por medio de procesos mecanizados.
- Los materiales establecidos tienen un factor de seguridad mínimo de 1
- Los materiales establecidos deben soportar y no transmitir la temperatura.

Funcionales:

- Permite ver la punta al soltar.
- Generar temperatura promedio de 200 grados centígrados.
- Sistema de extracción con un caudal mínimo.
- Filtro 2096 P100 con alivio de gas ácido.
- Sistema de escape que garantice la liberación del gas filtrado.

Expresivo - Formales

- La herramienta debe poderse usar de forma fácil y segura.

8. Fase de construcción técnica

8.1 Comprobación técnica 1

Entre la funciones de la herramienta manual que hacen parte del diseño electrónico se encuentran la transferencia de calor para realizar la soldadura y la extracción de humo para evitar su inhalación por el usuario. Estas funciones requieren de elementos electrónicos específicos para realizarse; estos están señalados en la tabla 9 a continuación.

Tabla 9.

Elementos electrónicos según función.

Función	Elementos electrónicos
Transferencia de calor	Resistencia de NiCr enrrollada
	Punta metálica
	Alimentación alterna
Extracción de humo	Motor
	Hélice o rodete
	Alimentación continua
	Fuente

Resistencia de NiCr y punta metálica:

Para cumplir con la transferencia de calor hasta la punta metálica del cautín y realizar la soldadura se toma como referencia un cautín del mercado con reconocida calidad entre los usuarios profesionales para el uso diario. El Cautín Techman TS-031 de 30 W y AC 110V, que se puede observar en la *figura 27*, es un soldador profesional con punta chapada de hierro y acero inoxidable que asegura las propiedades de estabilidad y fiabilidad y cuenta con un tipo de calentador de

cerámica de alta calidad y larga duración; además cuenta con una empuñadura suave y un mango antideslizante.

Figura 27. Cautín Techman TS-031. Recuperado de https://www.electronicasannicolas.com.co/productos/index.php?id_product=5776&controller=product

El Cautín Techman TS-031 cuenta con tres partes: la punta de cautín de alta difusividad térmica, un tubo roscado externo que asegura la punta y la base metálica que contiene la resistencia que transfiere el calor de la alimentación. Las tres partes se pueden ver en la figura 28. Esta punta se usa como referencia para el desarrollo formal de la herramienta.

Figura 28. Cautín Techman: Punta. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-465162275-cautin-30w-techman-ts-032-lote-x-50-unidades-_JM

Motor:

El movimiento de giro del motor, unido a una hélice en su extremo, permite la absorción del aire y en este caso de humo. Entre los motores más pequeños del mercado, con características adecuadas de potencia, velocidad, peso, voltaje y finalmente precio, se selecciona un motor denominado Miniaure DC Motor, presentado en la figura 24. El motor es de 3V con alimentación continua, tiene un voltaje entre 1.046W, una velocidad de giro de 16000rpm sin carga y 12407rpm de velocidad nominal, una corriente de carga de 1.001A, y 8.2g-cm de máximo torque continuo. Sus dimensiones son de 19.9 mm de diámetro, 2 mm de diámetro del eje, 25mm de largo y su peso es de aproximadamente 17 gramos.

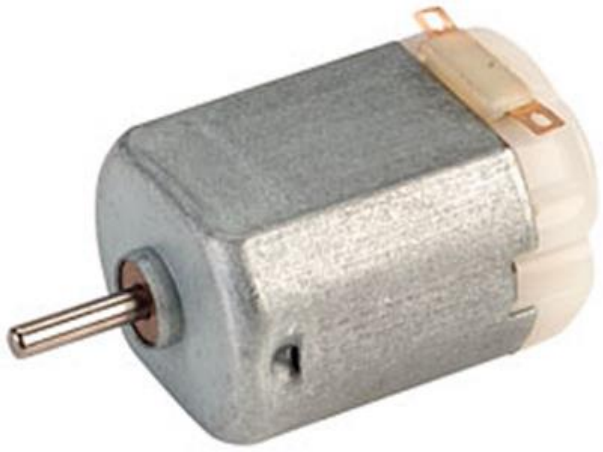


Figura 29. Miniature DC Motor. Recuperado de http://www.grupomaroel.com/page-3/herramientas-1/motor-3-voltios-detail.html

Hélice o rodete:

La hélice es un dispositivo constituido por un diferente número de aspas o palas que al girar alrededor de un eje producen una fuerza propulsora (Muñuz, s.f). Entre los principales usos de las hélices se encuentran la refrigeración, la compresión de fluidos, la generación de electricidad, la propulsión de vehículos y la ventilación. A partir de los diferentes propósitos que exigen sus diferentes usos, se han desarrollado diferentes tipos de hélices siguiendo teorías que ayudan a determinar y calcular sus características y estas teorías de la hélice indica que el empuje producido por la hélice está determinado por cinco factores: la forma y el área del perfil aerodinámico, el ángulo de ataque, la densidad del aire y la velocidad del perfil aerodinámico (López, 2012).

La función que realiza la hélice en este proyecto se encuentra en el marco de la ventilación, debido a que busca convertir el giro de un eje en una corriente de aire, no para lograr una propulsión sino para mover el aire de un punto a otro. Específicamente, se trata con un ventilador centrífugo,

en el que la trayectoria del fluido sigue la dirección del eje del rodete (tipo de rotor o hélice) a la entrada y perpendicular al mismo en la salida. (Universidad Nacional Experimental de Táchira, s.f). Dentro de los ventiladores centrífugos existen tres tipos de rotores según sus álabes (figura 30):

Rodetes de álabes curvos hacia adelante: requieren poco espacio, son de baja velocidad periférica y silenciosos, usados cuando la presión estática necesaria es baja o media, (como en los sistemas de calefacción, aire acondicionada). No es recomendable para ventiladores con aire polvoriento, debido a que las partículas se adhieren a los pequeños álabes curvados y desequilibran el rodete (Universidad Nacional Experimental de Táchira, s.f).

Rodetes de álabes rectos: con los álabes dispuestos en forma radial, usado con una carcasa diseñada para que en la entrada y a la salida se alcancen velocidades de transporte de materiales; la disposición radial de los álabes impide la acumulación de materiales y es frecuente en las instalaciones de extracción localizada en las que el aire contaminado con partículas debe circular a través del ventilador (Universidad Nacional Experimental de Táchira, s.f).

Rodetes de álabes curvos hacia atrás: este tipo de rotor proporciona mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo; la forma de los álabes facilita la acumulación de material, de forma que su uso debe restringirse como se indica a continuación: álabes de espesor uniforme (permiten el trabajo con aire poco sucio o húmedo y no debe emplearse con aire portador de sólidos porque se puede acumular); y álabes de ala portante (permiten mayores rendimientos y una operación más silenciosa; los álabes huecos se erosionan y se pueden llenar de líquido, por ello se limita su uso a aplicaciones en las que se manipule aire limpio). (Universidad Nacional Experimental de Táchira, s.f).

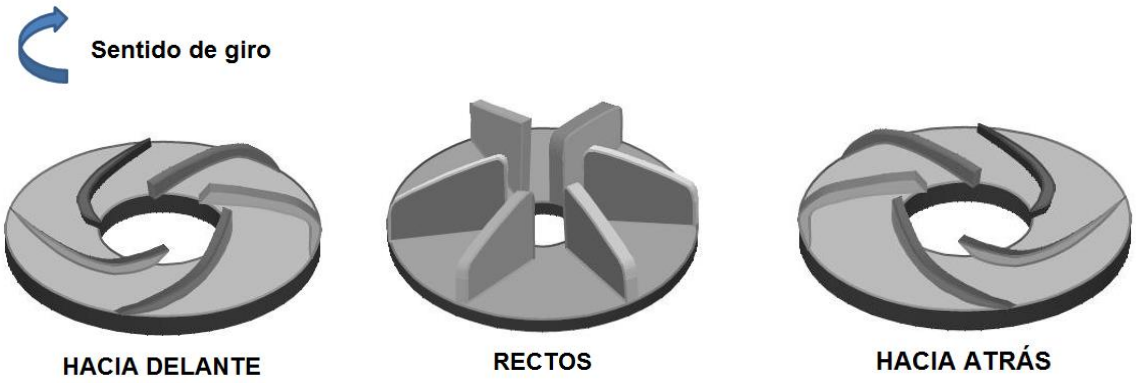
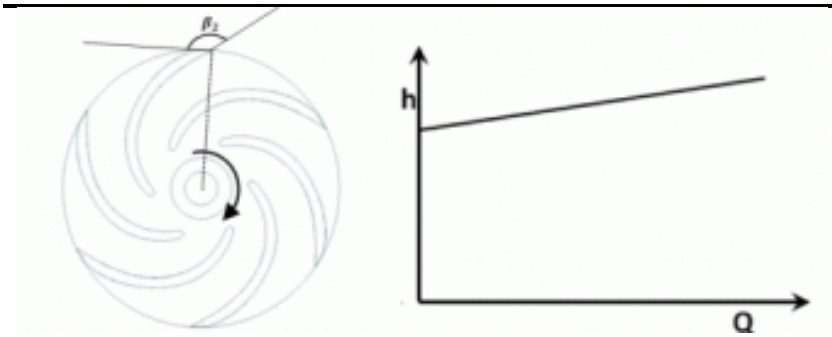
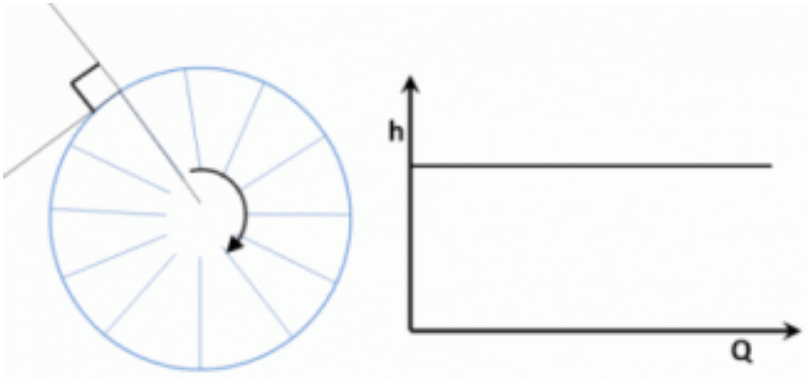
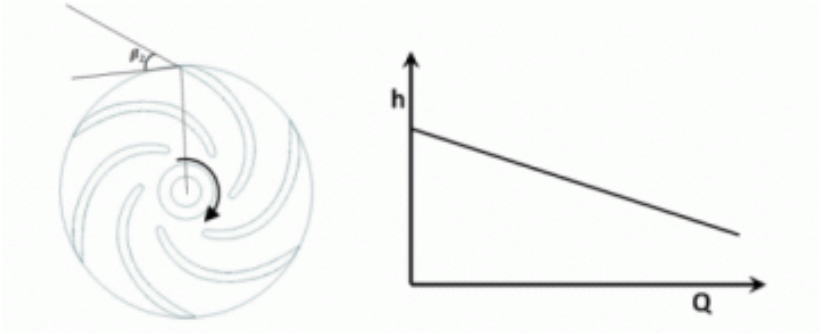


Figura 30. Tipos de rodetes en ventiladores centrífugos. Recuperado de https://elbomberonumero13.files.wordpress.com/2015/08/rodetes1.png

Adicionalmente, se puede observar en la tabla 10 la relación de la presión y el caudal de cada tipo de rodete según la velocidad de giro del motor. El rodete de álabes curvos hacia adelante genera aumento de presión; el rodete de álabes rectos sirva para la creación de flujo manteniendo proporcional la presión y el caudal; y el rodete de álabes curvos hacia atrás genera un aumento de caudal.

Tabla 10.

Presión y caudal según el tipo de rodete.

Tipo de rodete	Presión / Caudal
	Aumento de presión: a mayor velocidad de giro mayor caudal
	Creación de flujo: aunque aumenta la velocidad de giro el flujo es constante y proporcional.
	Aumenta el caudal: a mayor velocidad de giro menor presión y mayor caudal.

Nota: Modificado de https://elbomberonumero13.wordpress.com/2015/08/20/los-alabes-en-nuestras-bombas/ 2015.

De igual forma, se consideran los factores que inciden en la eficiencia de las hélices y que permiten la determinación de algunas de sus características físicas:

Diámetro: con un mayor diámetro es posible mover o expulsar una mayor cantidad de aire, y debido a esto, debe ser lo más gran posible teniendo en cuenta las características de la carcasa y del motor.

Número de palas o álabes: con una velocidad de rotación determinada, cuanto menos palas tenga la hélice mejor; sin embargo con un menor número debe soportar una mayor carga cada una de ellas y se puede generar mayor vibración.

Espacio libre entre la hélice y la carcasa: esta distancia influye en la eficiencia de funcionamiento debido al flujo en la zona; puede afectar la intensidad de la vibración (Wilson, 2005).

Con base en las características anteriores y debido al reducido tamaño del sistema se propone la fabricación de tres hélices, por medio de prototipado 3D, y se ponen en uso para determinar la más eficiente para la función. Todos los rodetes se diseñan a partir de las mismas características: 5 álabes, diámetro de 25 mm, diámetro del eje de 2 mm, altura de los álabes de 10 mm y calibre o grosor del álabe de 1,8 mm. Se pueden observar los rodetes en las figuras 31, 32 y 33 a continuación.

Rodete con álabes curvos hacia adelante

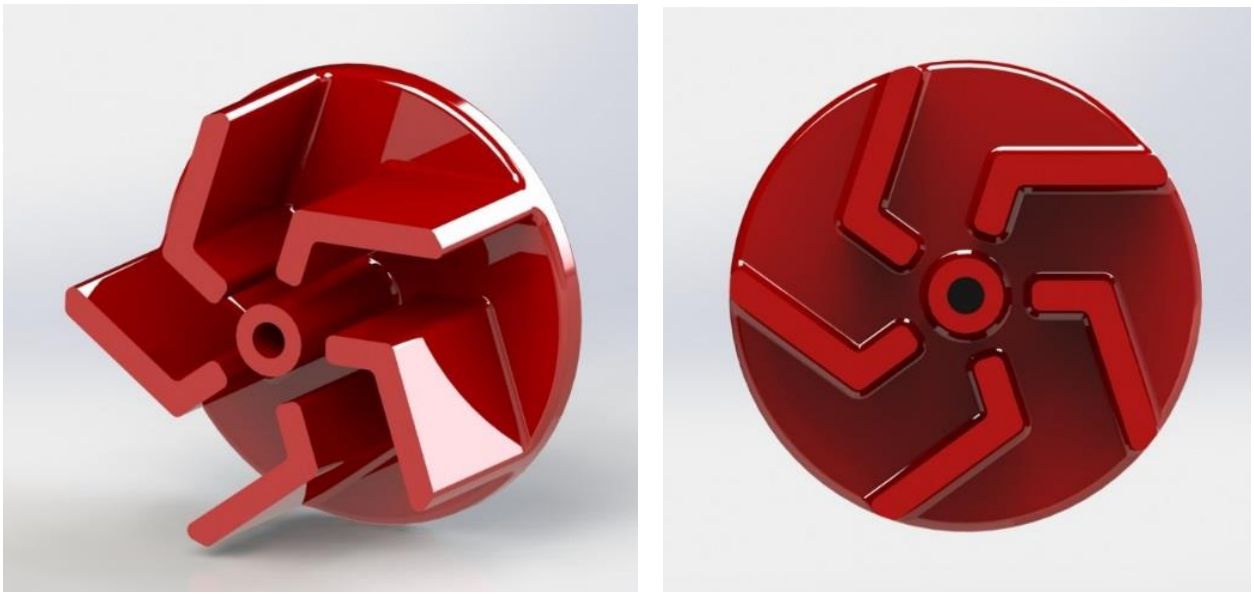


Figura 31. Modelado de rodete con álabes curvos hacia adelante.

Rodete con álabes rectos

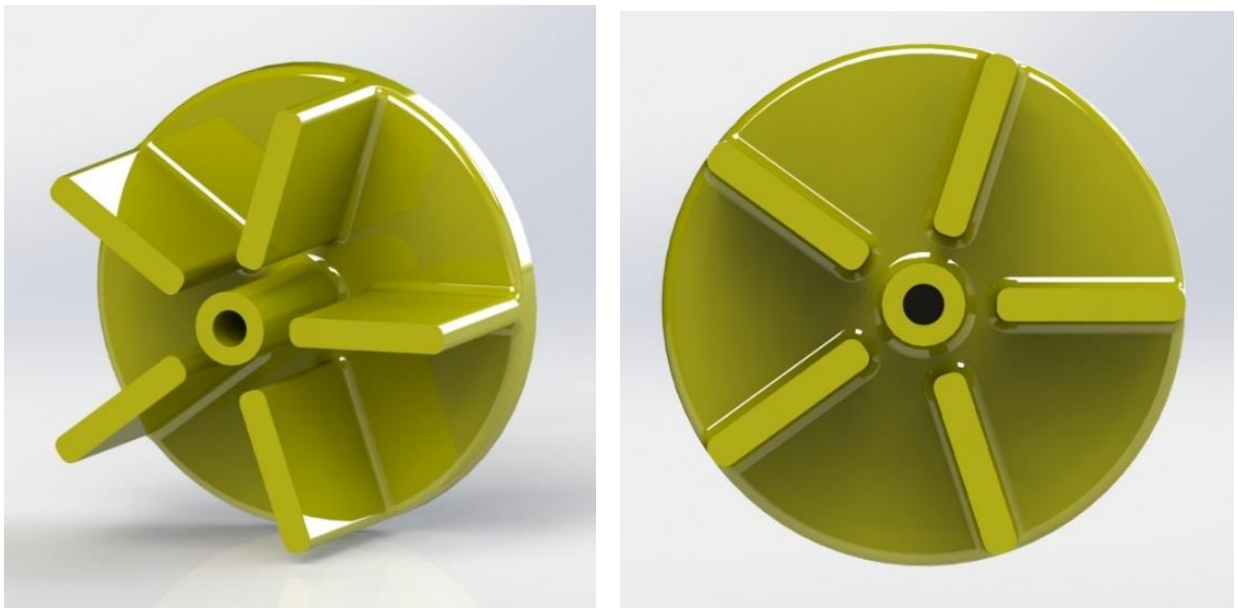


Figura 32. Modelado de rodete con álabes rectos.

Rodete con álabes curvos hacia atrás

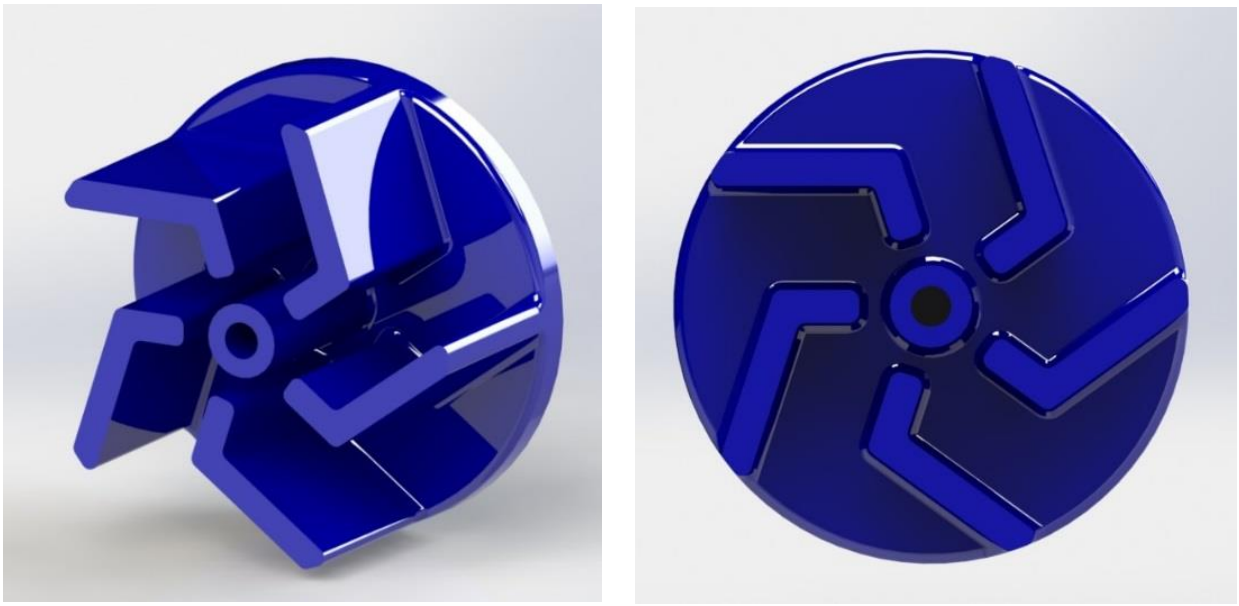


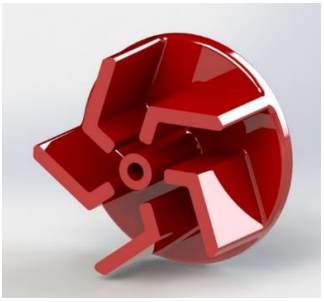
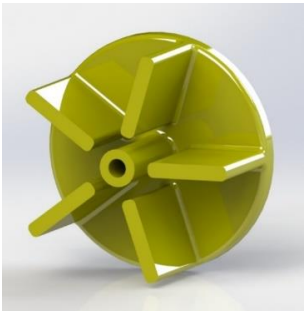
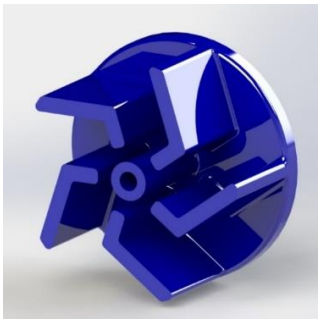
Figura 33. Modelado de rodete con álabes curvos hacia atrás.

Para realizar la prueba se instala el sistema extractor del rodete con el motor en un ensamble de tubos conectados directamente con la manguera del flujómetro que se presentan en la figura 34. El flujómetro ofrece una medición del caudal lineal que genera cada uno de los rodetes antes mencionados y en los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Figura 34. Flujómetro usado para la medición de caudal lineal.

Tabla 11.

Medición de caudal lineal.

Rodete	Caudal lineal
Rodete con álabes curvos hacia adelante 	1,5 l/min
Rodete con álabes rectos 	1,0 l/min
Rodete con álabes curvos hacia atrás 	1,3 l/min

El rodete con álabes curvos hacia delante presenta mayor caudal lineal, de 1,5 litros por minuto, y por lo mismo, se puede considerar que presentara una mejor absorción de los residuos gaseosos durante el proceso de soldadura.

Con la hélice de mayor caudal lineal de flujo unida al motor de menor tamaño y peso ideales para el uso por medio del agarre de la mano, se busca dar solución al objetivo específico del proyecto de diseñar un sistema que garantice la extracción de residuos tóxicos suspendidos durante la combustión del material de aporte en soldadura blanda.

8.1.1 Conclusiones de la comprobación técnica 1

El rodete con álabes curvos hacia delante de color rojo presentado en la figura 30 demostró un mejor rendimiento, atrayendo el humo de forma visiblemente más rápida que los demás; no presentó daños no fisuras durante la prueba no presentó adherencia de partículas (el humo no carga partículas sólidas visibles). Sin embargo, los principales inconvenientes con este y los demás rodetes son: el ruido una vez activado el motor y la vibración que llega directamente a la mano del usuario.

Con respecto al funcionamiento de la transferencia de calor, la actividad se desarrolla con normalidad, alimentándose de la corriente alterna del lugar. Sin embargo, se nota que los cables que conectan la punta deben pasar de un extremo al otro del cautín y a través de la hélice y el motor.

La comprobación se realiza sin el filtro, el cual debe ser ubicado antes de la hélice para que el humo pase a través de este, pero la imposición de una barrera puede llegar a exigir mayor fuerza de aspiración al sistema de extracción de humo.

El modelo usado para la comprobación contaba con algunos cortes para la salida del aire, realizados de forma espontánea. Esta salida de aire debe incluirse en el modelo final.

El material usado para la comprobación fue PVC. La unión de la punta para la transferencia de calor con el cuerpo del mango exige una gran resistencia al calor.

8.2 Construcción formal

Sujeto a los elementos internos de funcionamiento, la composición formal parte de dimensiones definidas y diferentes tolerancias: 2 mm de distancia entre la hélice y la carcasa, y 3 mm de grosor para el material de la carcasa. La figura 35 presenta la guía de dimensiones usada para dar inicio a la construcción formal del mango o carcasa para la herramienta.

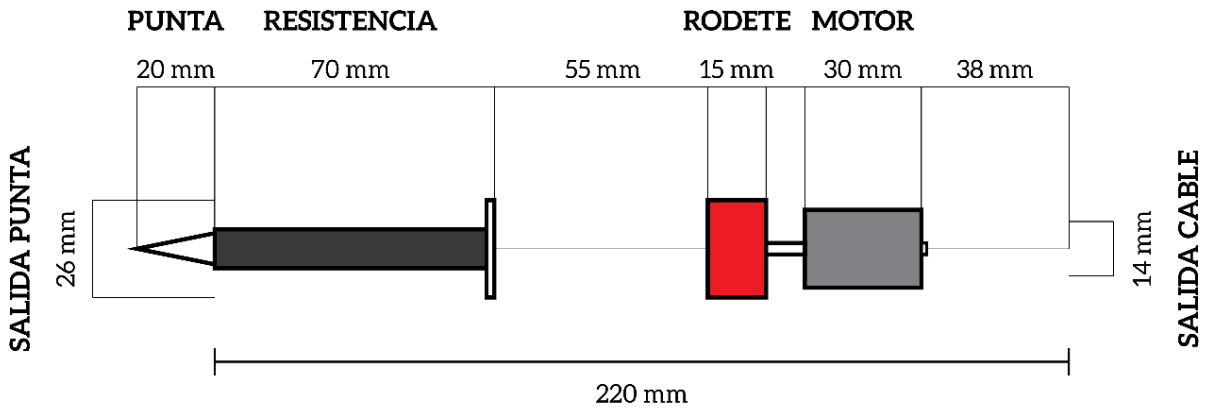


Figura 35. Diagrama guía para construcción formal.

De igual forma se consideran las funciones que deben ser realizadas con la carcasa, como la aislación de la punta caliente durante el tiempo en reposo, el acceso a las piezas internas en caso de mantenimiento o reparación y la inclusión del filtro. Estas funciones se traducen a elementos que serán incluidos en la carcasa y pasan a ser sus partes y piezas.

Tabla 12.

Elementos y partes de la carcasa según función

Función	Elementos de la carcasa
Protección de la punta durante reposo	Elementos para movimiento lineal
	Tapa
Filtro	Estructura o marco
	Elementos de unión (fijos temporales)
Acceso para reparación	Cuerpo inferior
	Cuerpo superior

La tapa, el cuerpo superior, el cuerpo inferior y el filtro son las piezas principales de la carcasa o estructura total, se pueden observar en la figura 36. Los elementos para el movimiento de la tapa (rosca, imanes, y otros) y los elementos de unión (tornillos, encajes y otros) no están definidos en este punto y se consideran de menor tamaño.

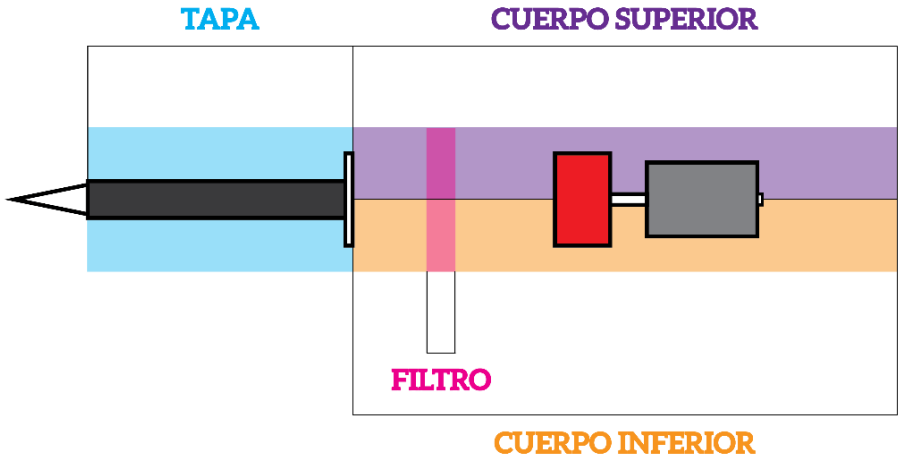


Figura 36. Piezas principales de la carcasa.

Con base en las piezas principales del cuerpo total, las dimensiones de los elementos internos y las funciones y requerimientos totales de la herramienta, se proponen diferentes perfiles formales para el agarre y la carcasa.

La pieza de la tapa, que aísla y mantiene distancia entre la punta metálica y las manos del usuarios busca cumplir por medio del diseño con el objetivo específico del proyecto de procurar que los gases tóxicos residuales tengan el menor desplazamiento posible por el ambiente de trabajo antes de su extracción y posterior a la deposición.

8.2.1 Alternativa formal 1

Se crea a partir de un perfil superior y otro frontal, como se puede observar en la figura 37, ubicando el motor y el rodete en la parte trasera del mango y liberando la sección media para el agarre del usuario. Se propone el filtro en un marco al cual se tiene acceso desde exterior de la herramienta para su fácil acceso y remoción.

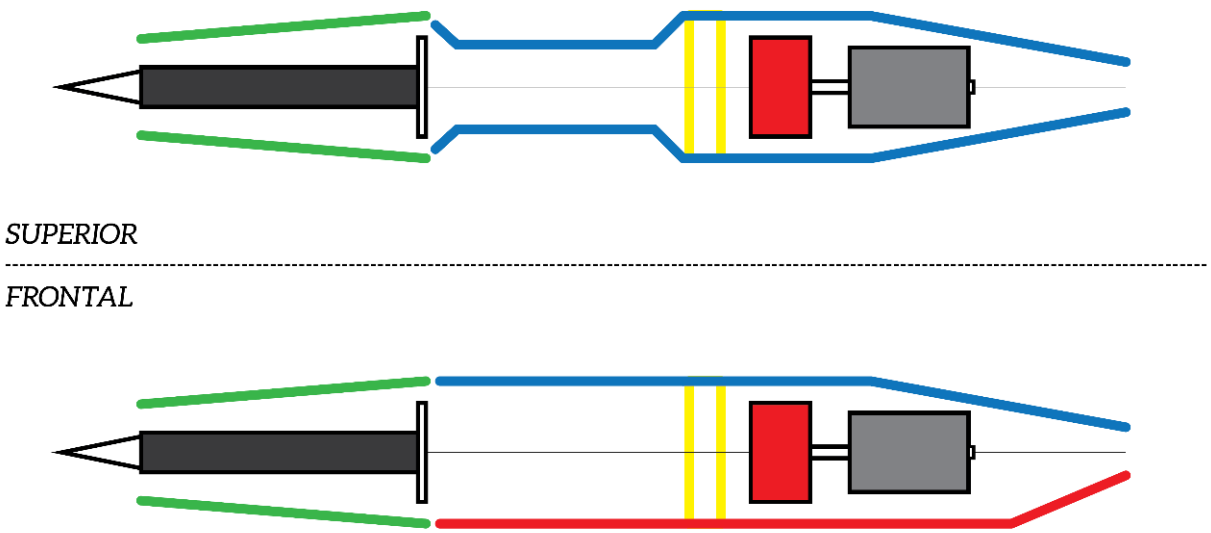


Figura 37. Construcción alternativa formal 1.

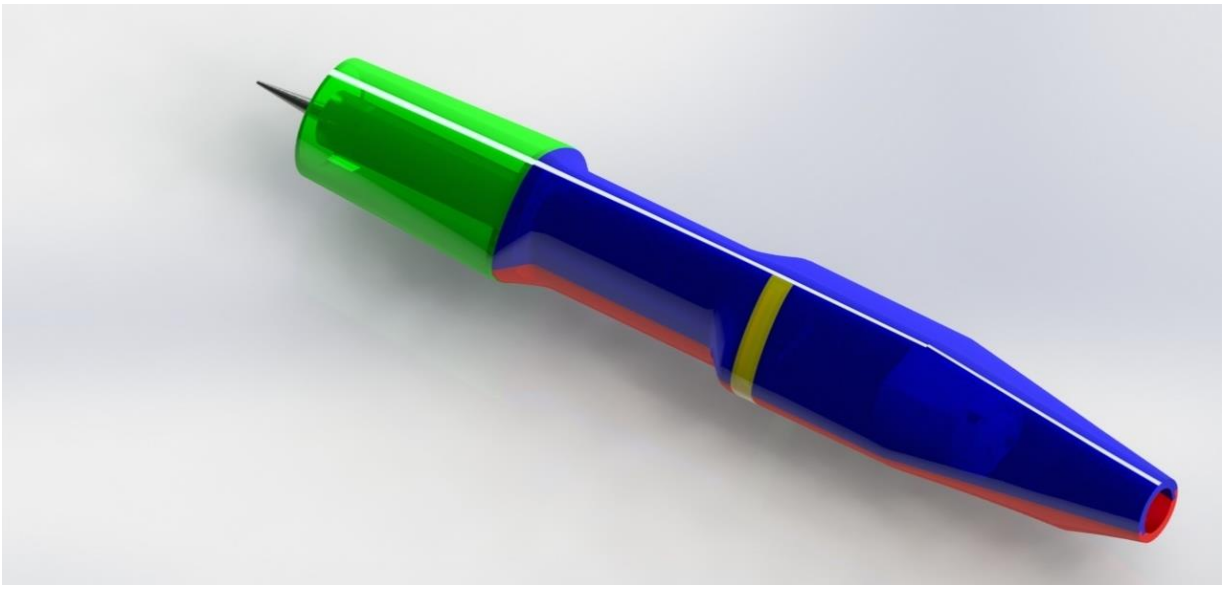


Figura 38. Alternativa formal 1.

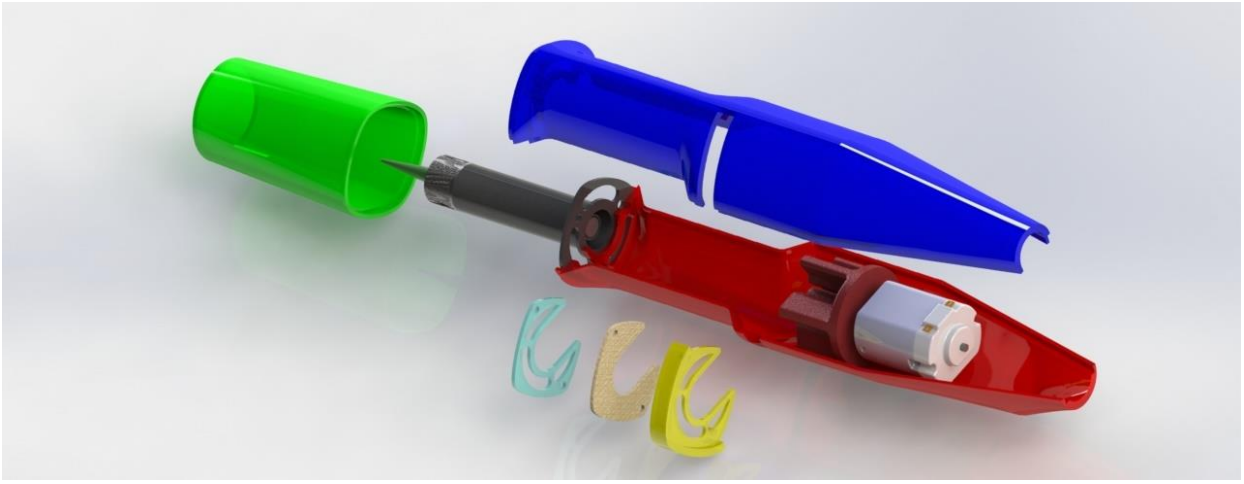


Figura 39. Alternativa formal 1: Vista explosionada.

8.2.2 Alternativa formal 2

Esta alternativa nace de la premisa de reducir las distancias entre el sistema extractor y el punto generador de humo, para garantizar la eficiencia del proceso. En la zona trasera se ubica el agarre mediante la generación de 2 formas cóncavas para así reducir el diámetro de sujeción, como se

puede ver en la figura 40. En la tapa o recubrimiento de la punta se proponen unas estrías o aperturas sobre la superficie de la misma, buscando ampliar el área de absorción.

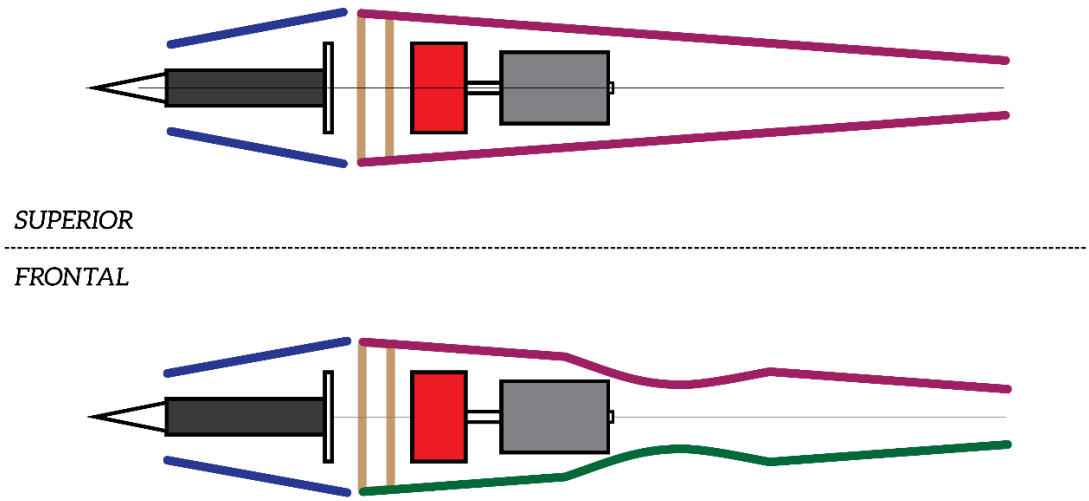


Figura 40. Construcción alternativa formal 2.

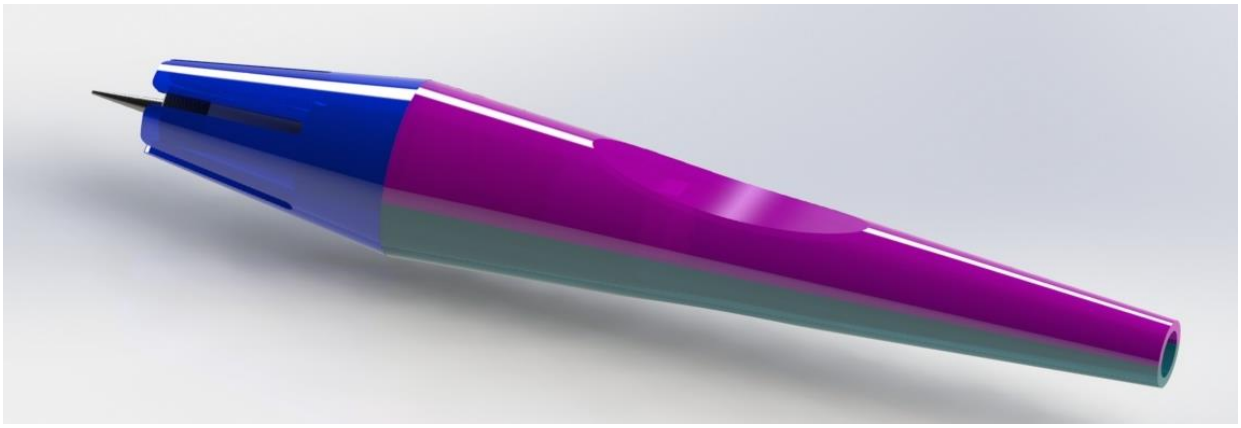


Figura 41. Alternativa formal 2.

La fabricación de esta alternativa demanda el uso de punta mucho más corta comparada con los cautines referenciados, por lo que se puede suponer que se generaran cambios en el sistema eléctrico de generación de calor para obtener las características de temperatura necesarios.

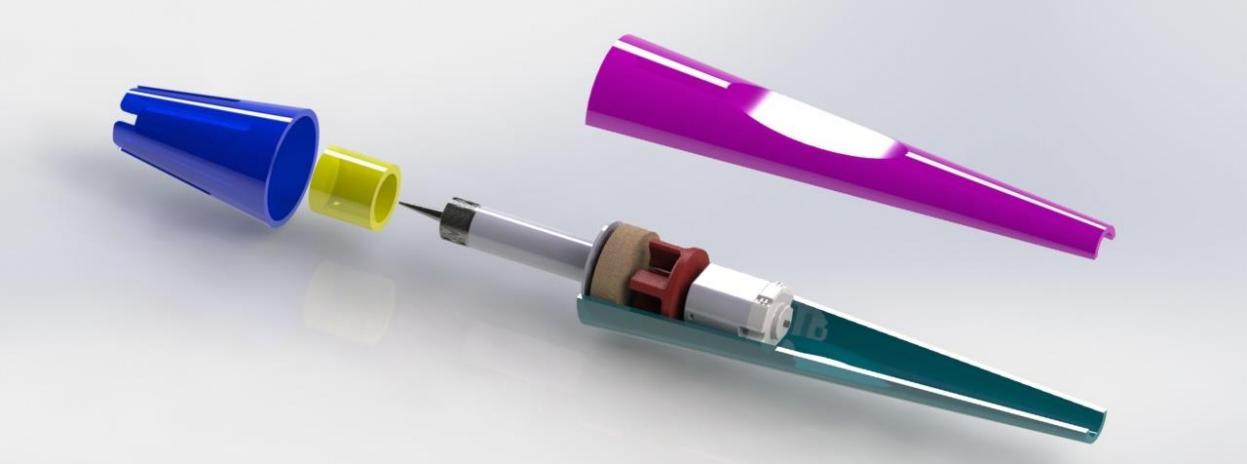


Figura 42. Alternativa formal 2: Vista explosionada.

8.2.3 Alternativa formal 3

Esta alternativa lo que busca es ubicar el sistema de extracción en un punto medio de la herramienta, privilegiando la posición de las huellas para el agarre brindando una mayor precición y manejo de la herramienta, pero a su vez manteniendola alejada de la punta brindando protección ante quemaduras.

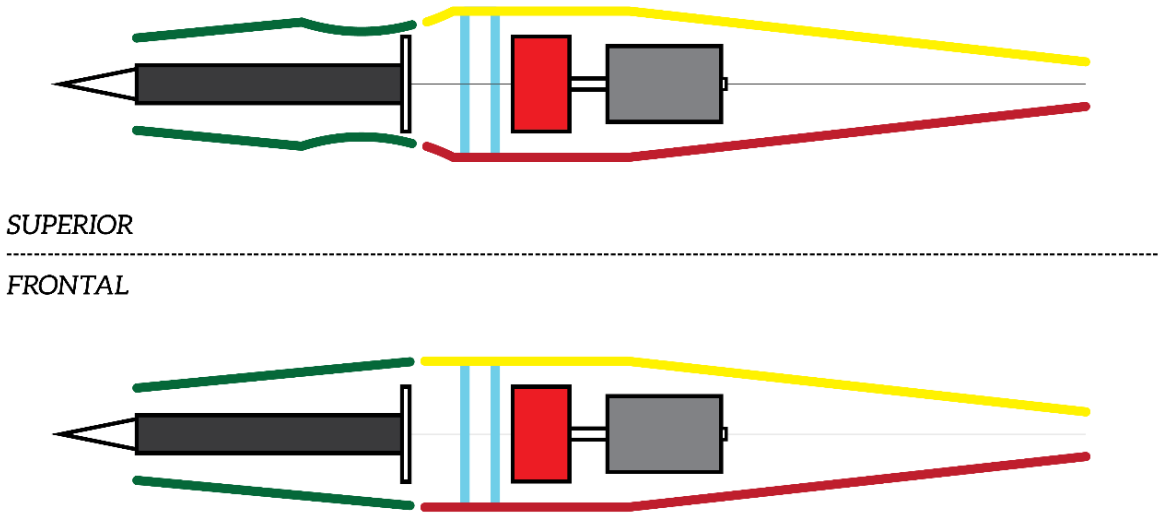


Figura 43. Construcción alternativa formal 3.

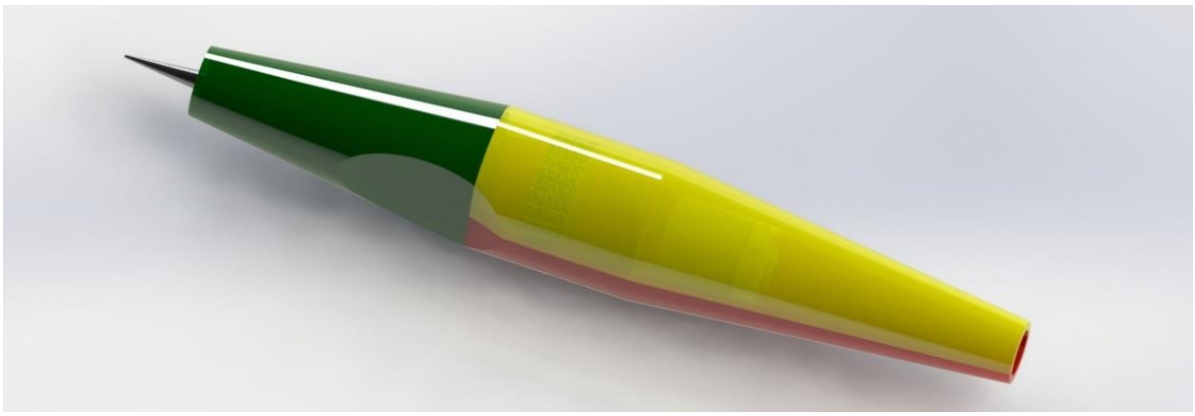


Figura 44. Alternativa formal 3.

Algunos modelos de la alternativa se presentan en las figuras 44 y 45. El diseño busca finalizar en la parte posterior con el menor diámetro para favorecer el agarre y comodidad del usuario, y además ofrecer a la forma una terminación suave.

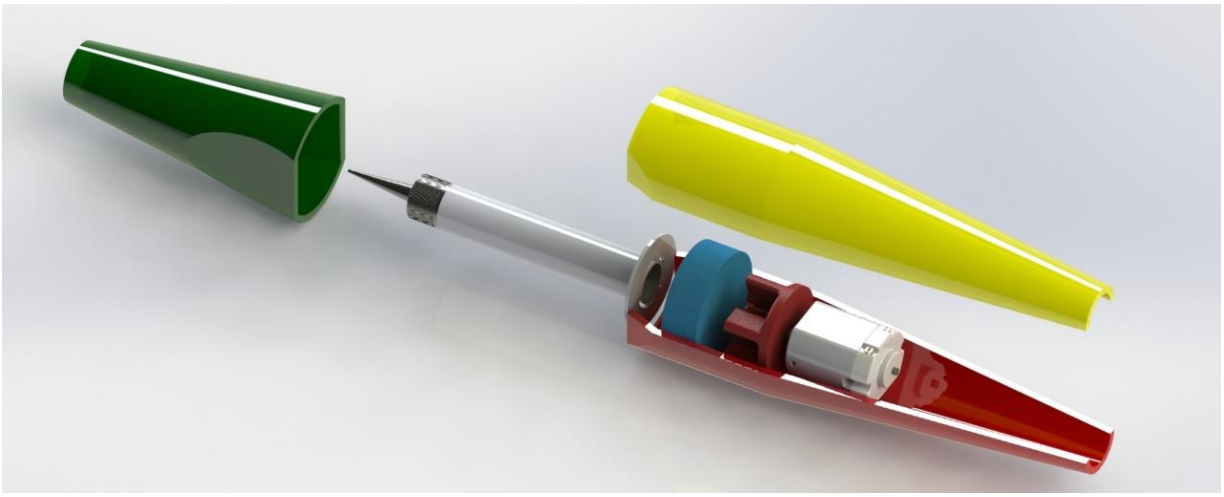


Figura 45. Alternativa formal 3: Vista explosionada.

8.2.4 Alternativa formal 4

En la alternativa 4 lo que se quiere es ubicar la zona de mayor peso de la herramienta en el inicio de la parte dorsal de la mano, se maneja un concepto de tapa corrediza la cual cubre por completo la punta caliente durante los lapsos de no uso, permitiendo ubicar la herramienta

despreocupadamente en cualquier sitio del banco de trabajo y disminuyendo los recorridos y por ende aligerando las cargas.

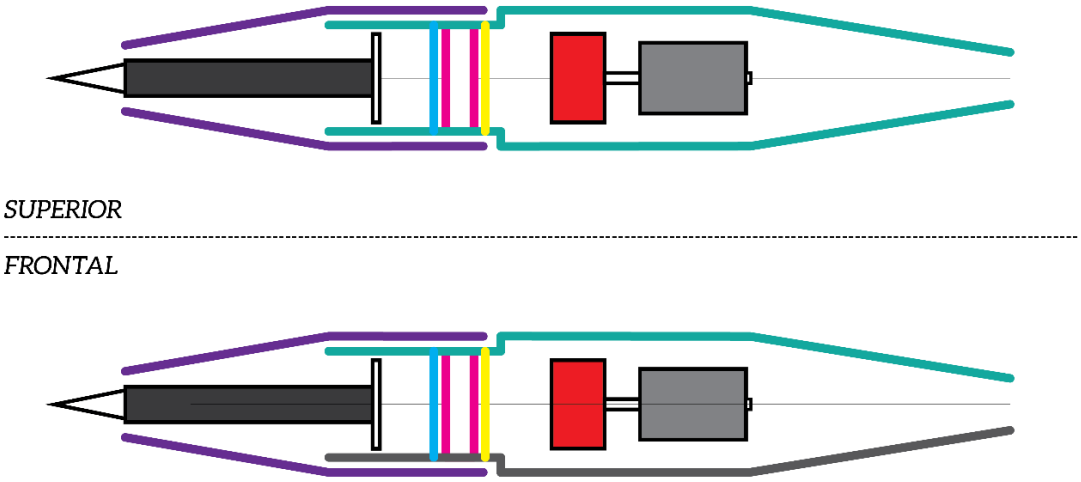


Figura 46. Construcción alternativa formal 4.

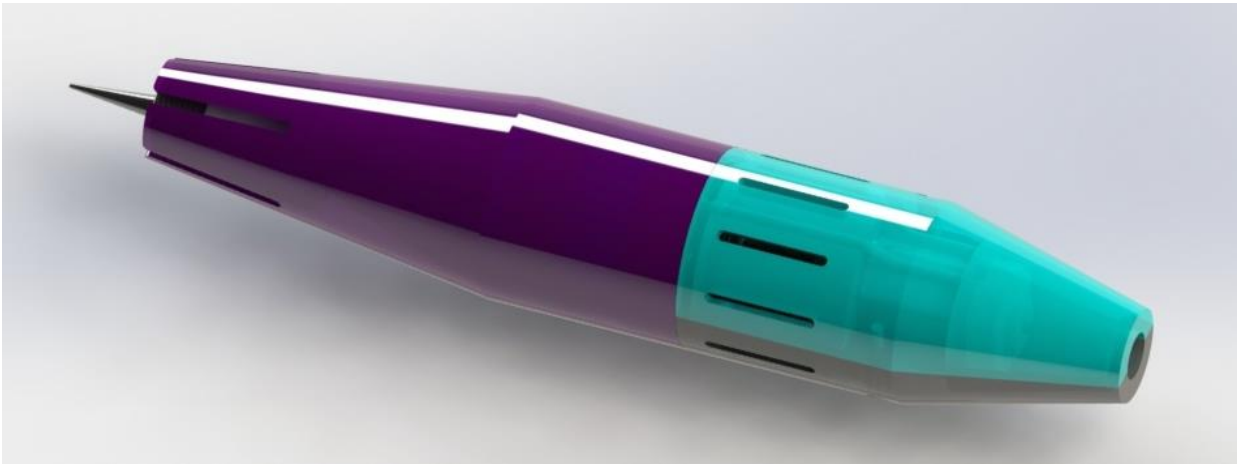


Figura 47. Alternativa formal 4.

Se incluyen también en la alternativa cortas para la salida del aire filtrado y comparte la propuesta de un filtro con marco para ser ubicado al interior del cuerpo. Modelos de la propuesta se presentan en las figuras 47 y 48.

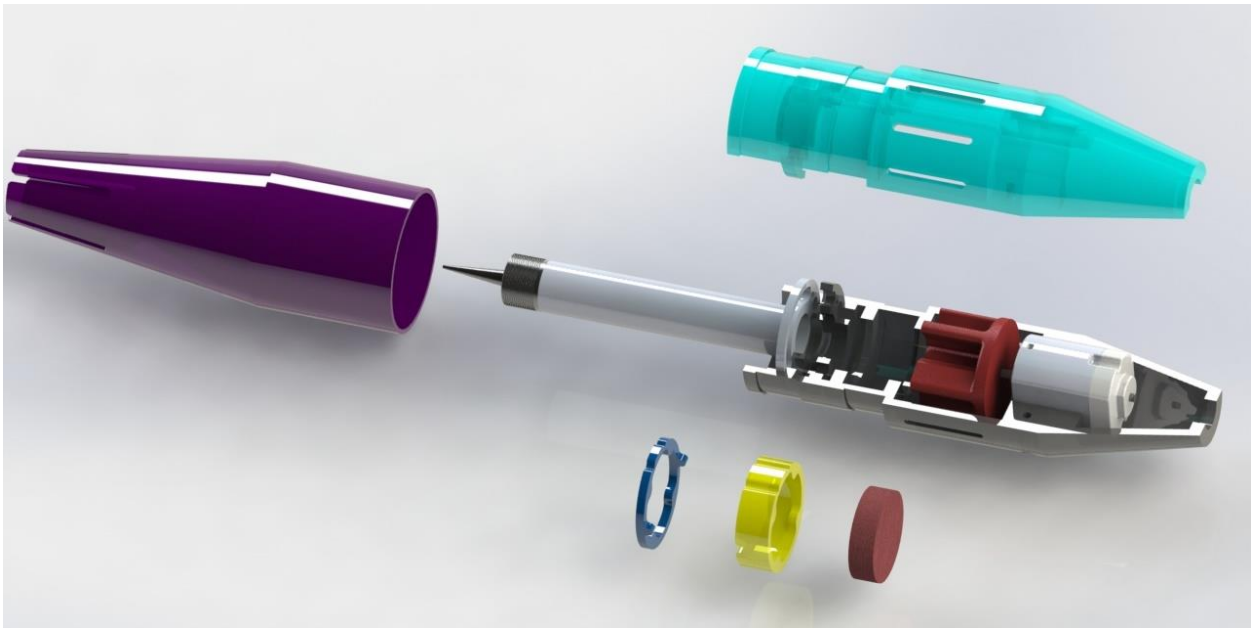


Figura 48. Alternativa formal 4: Vista explosionada.

8.2.5 Matriz de selección de concepto

Con el fin de obtener una alternativa que incluya la mayor cantidad de requerimientos, se realiza una puntuación de concepto, con base en el texto de K. Ulrich y S, Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos,* en el que por medio de una matriz se determinan un número de criterios de selección, se asigna un peso a cada criterio con un porcentaje y se califica el desempeño relativo de cada criterio para los conceptos señalados realizando una comparación con un producto de referencia. En la tabla 14 se puede observar la escala de clasificación comparativa. En la tabla 15 se evidencia la matriz de puntuación de concepto usada para la evaluación de las alternativas. Los criterios de selección definidos y sus porcentajes se determinan a partir de los requerimientos establecidos en el capítulo anterior, como se presenta en la tabla 13.

Tabla 13.

Criterios de selección a partir de requerimientos

Criterios de selección	Requerimiento	Porcentaje total	Peso
Diámetro de agarre	RH	16,7%	4,175%
Distribución del peso (estabilidad)			4,175%
Peso			4,175%
Seguridad			4,175%
Facilidad de fabricación	RTP	28,6%	9,53%
Distribución interna			9,53%
Uso de piezas estandarizadas			9,53%
Visibilidad	RF	42,8%	21,4%
Presión de absorción			21,4%
Señalización de agarre	REF	11,9%	11,9%

Tabla 14.

Escala para la clasificación de conceptos

Desempeño relativo	Calificación
Extremadamente ineficiente	1
Ineficiente	2
Igual que la referencia	3
Eficiente	4
Extremadamente eficiente	5

Nota: Fuente K, Ulrich. S, Eppinger. (2004). Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multdisciplinario. 3ª. Edición.

El producto de referencia con el que se comparan y califican las alternativas es seleccionado del mercado como un cautín de gama baja, con un valor de $10.000, de los más económicos del

mercado, tiene un mango de madera para el agarre, desarmable por medio de rosca y con una potencia de 30 W y alimentación de 110 V.

Figura 49. Producto referencia para evaluación de alternativas. Recuperado de http://www.velasco.com.ec/velasco/producto.php?id=1222

En la tabla 15 se pueden observar los puntajes obtenidos por cada alternativa formal evaluada. La alternativa 1 con un puntaje de 2,553 y un rango de 4, se determina su no continuidad, al igual que las alternativas 2 con puntaje de 2,972 y la alternativa 3 con puntaje 3,067. La alternativa 4 con rango 1 y un puntaje de 3,352, obtiene el puntaje más alto y se continúa la construcción formal y el desarrollo del diseño con esta.

Tabla 15.

Matriz de selección de concepto

Criterios de selección	**Peso**	**Alternativa 1**		**Alternativa 2**		**Alternativa 3**		**Alternativa 4**	
		Clasificación	Puntuación ponderada	Clasificación	Puntuación ponderada	Clasificación	Puntuación ponderada	Clasificación	Puntuación ponderada
Fabricación	9,5%	1	0,095	2	0,19	2	0,19	3	0,285
Diámetro	4,1%	2	0,082	4	0,164	4	0,164	2	0,082
Estabilidad	4,1%	3	0,123	2	0,082	2	0,082	4	0,164
Peso	4,1%	2	0,082	3	0,123	3	0,123	2	0,082
Piezas estándar	9,5%	3	0,285	2	0,19	3	0,285	3	0,285
Seguridad	4,1%	4	0,164	4	0,164	4	0,164	5	0,205
Visibilidad	21,6%	3	0,648	3	0,648	3	0,648	3	0,648
Absorción	21,6%	2	0,432	4	0,864	4	0,864	4	0,864
Distribución	9,5%	3	0,285	2	0,19	2	0,19	4	0,38
Agarre señal	11,9%	3	0,357	3	0,357	3	0,357	3	0,357
Puntuación total		2,553		2,972		3,067		**3,352**	
Rango		4		3		2		**1**	
¿Continua?		No		No		No		**Continuar**	

8.3 Comprobación técnica 2

Se inicia la segunda comprobación técnica de diseño con la construcción de un modelo funcional para la instalación de los elementos electrónicos internos y su puesta en funcionamiento. Para este punto se complementa a detalle el diseño interior de la propuesta formal, incluyendo los espacios y dimensiones precisas. Como herramienta fundamental para el diseño de detalle, se realizan modelados en 3D con Solid Works de todas las piezas de la carcasa y de la hélice, el motor y la punta del cautín.

8.3.1 Diseño de detalle

La figura 50 presenta la pieza inferior del mango de la carcasa. Se puede observar que en la sección media se mantienen las salidas de aires en forma de cortes longitudinales. Se realiza un corte para la ubicación precisa del motor que asegura si ubicación y junto a esta sección se incluyen para la unión de las piezas entradas para los tornillos: se propone el ajuste de un tornillo desde la pieza superior y un ajuste del segundo desde la pieza inferior, para asegurar con la fuerza de las roscas en sentido contrario la seguridad de la unión.

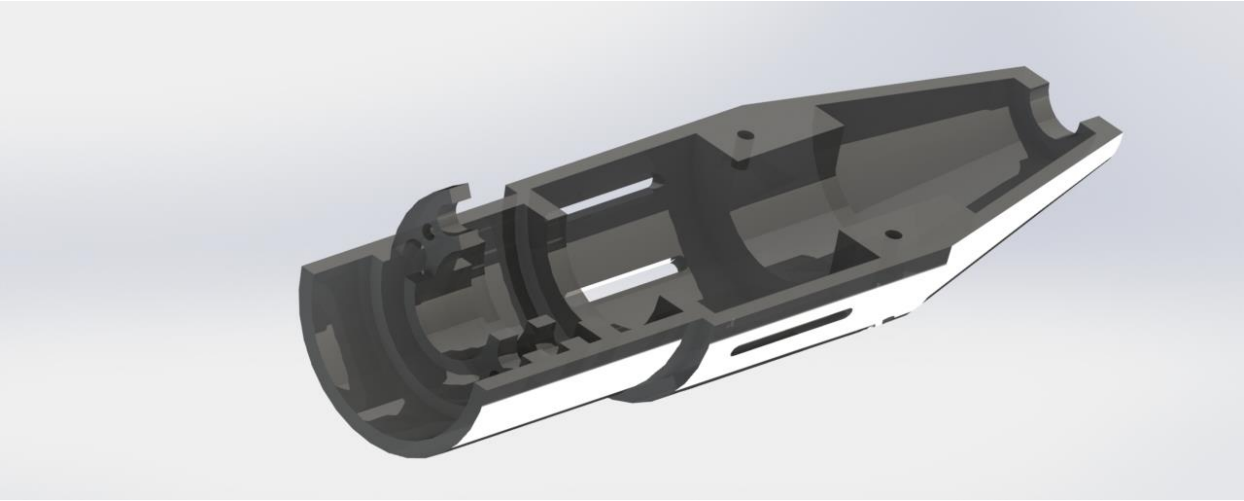


Figura 50. Modelado de la pieza inferior del mango.

La figura 51, con el modelado de la pieza superior del mago para la carcasa incluye además de las entradas de tornillos dos canales desde la sección del motor hasta la base para el ajuste de la punta. Estos canales proponen la ubicación de los cables para la alimentación del sistema de temperatura adosados a la pared de la pieza superior, buscado en menor uso de espacio y asegurando el menor diámetro de agarre para el usuario.

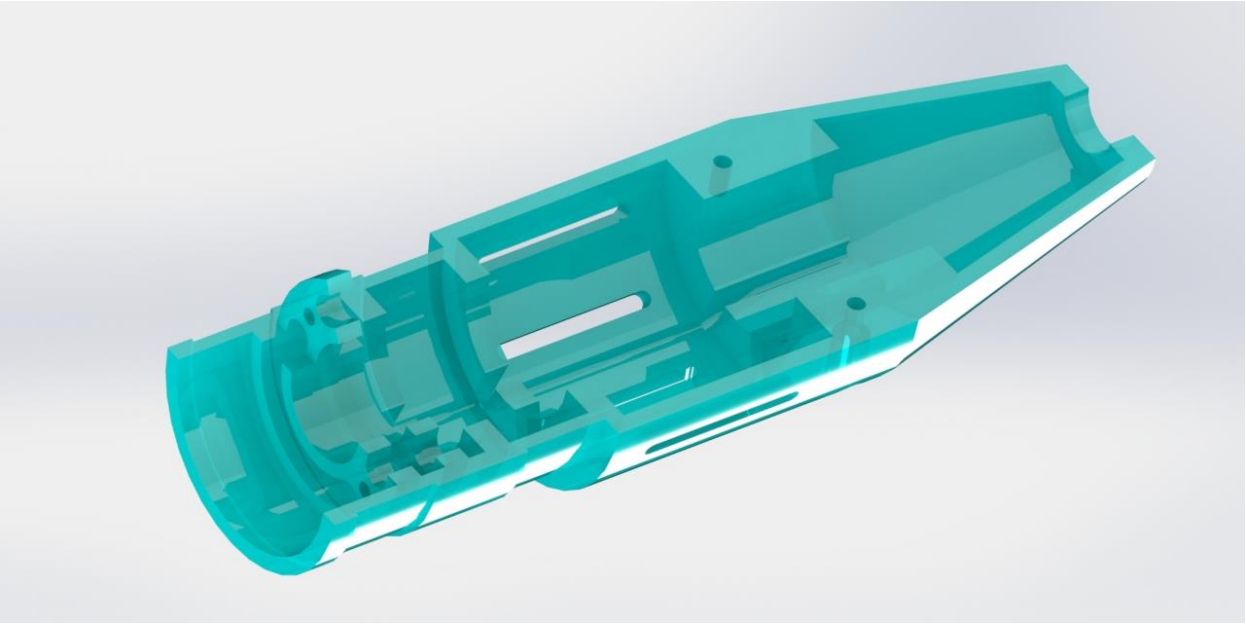


Figura 51. Modelado de la pieza superior del mango.

La tapa que se observa en la figura 52 mantiene los cortes en la punta para aumentar la entrada del humo a la herramienta, y con una base cilíndrica asegura el movimiento lineal de la tapa sobre el ensamble de las piezas superior e inferior del mango. El parte interna su forma cuenta con un cono que busca generar la absorción en un sentido de la herramienta y asegurar que el humo no pueda volver a salir por la punta.

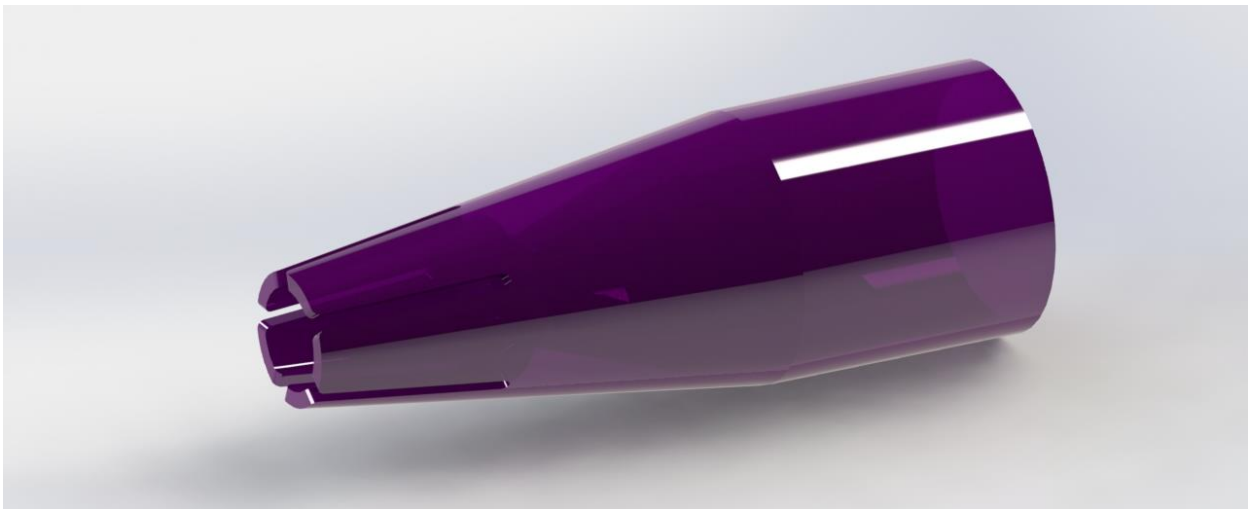


Figura 52. Modelado de la pieza de la tapa.

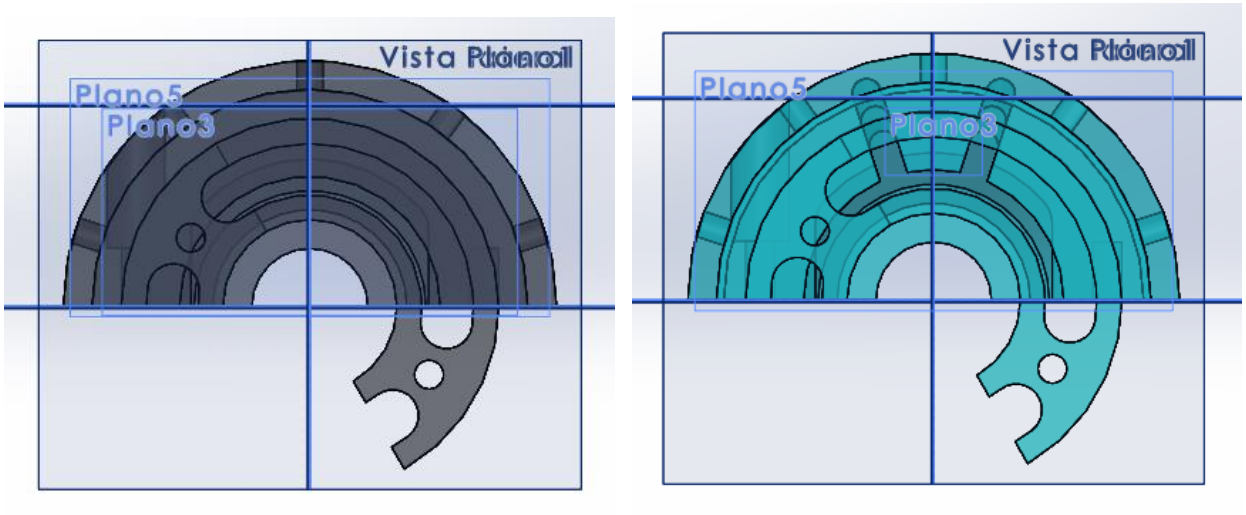


Figura 53. Vistas frontales del modelado de la base para la instalación de la punta.

Las piezas superior e inferior del mango cuentan también con una parte que encaja en la otra y mejora la unión de las dos piezas. Con este encaje se forma la que será la base de instalación de la sección metálica de la punta en la que se encuentra la resistencia que genera calor y contiene la punta metálica intercambiable.

Figura 54. Modelado de las piezas para el filtro

Para complementar la inserción del filtro, se proponen dos piezas pequeñas para su ubicación dentro del mango. Una pieza principal (amarilla) que sirve como marco para el filtro, mantiene su ubicación y forma, y una pieza que sirve como tapa del filtro (azul) para asegurar el filtro dentro del marco. En la parte superior del conjunto del filtro se puede apreciar la continuidad de los canales para el paso de los cables.

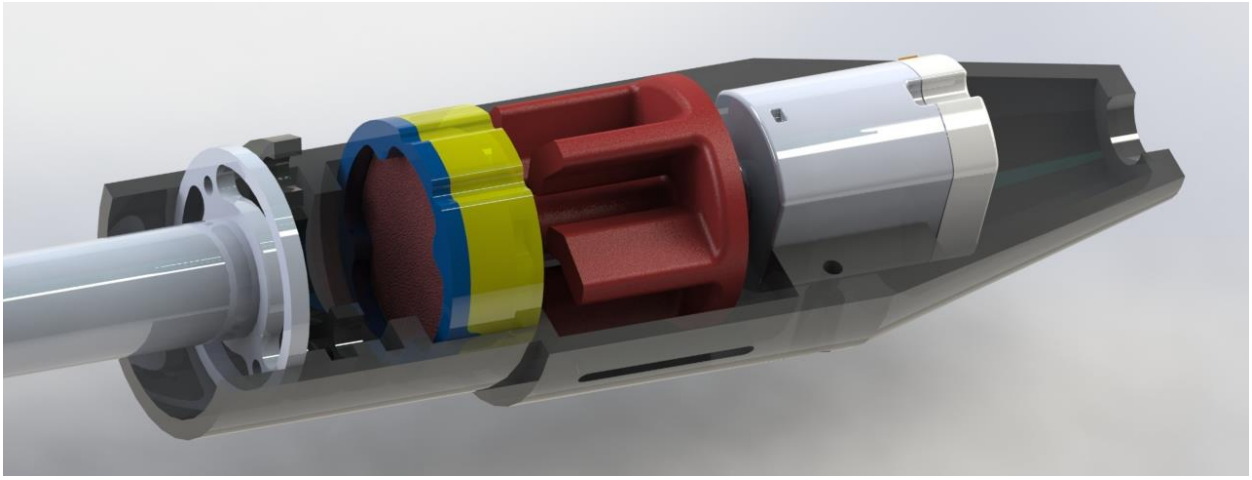


Figura 55. Componentes internos.

En la figura 55 se puede ver la distribución de los elementos internos en la pieza inferior del mango. El filtro, ubicado frente a la hélice cuenta con un espacio específico en las piezas del

mango, similar a las del motor. En parte posterior se presenta un espacio libre para completar la conexión de los cables y en la parte superior se observa la pieza metálica ubicada sobre la base del mango por medio de tornillos.

Con este modelo y por medio de planos seriados se construye en triplex el modelo para la instalación. Cortados a laser los planos y unidos, se construye la estructura de la carcasa conservado la mayoría de los detalles descritos anteriormente; como un intento de mejorar el cavado se aplica masilla para reforzar las paredes. Para esta comprobación se incluye el filtro de humo, y se fabrican también el marco y la tapa para este. Realizada la instalación de los elementos internos, se activan los elementos por un tiempo corto (aproximadamente 2 minutos) con y sin el filtro en el interior del mango. Este modelo no incluye ningún mecanismo para el movimiento de la tapa de seguridad.

Figura 56. Modelo de madera para comprobación.

Paralelo a esta comprobación se realiza un prueba de prototipado 3D de las piezas del mango, en que se imprimen tres piezas: una parte de la pieza inferior, un parte de pieza superior y una parte de la tapa, con el fin de revisar tolerancias, el tamaño final del diámetro de agarre y el acabado general de las piezas. Una fotografía de la prueba de prototipado se presenta en la figura 57.

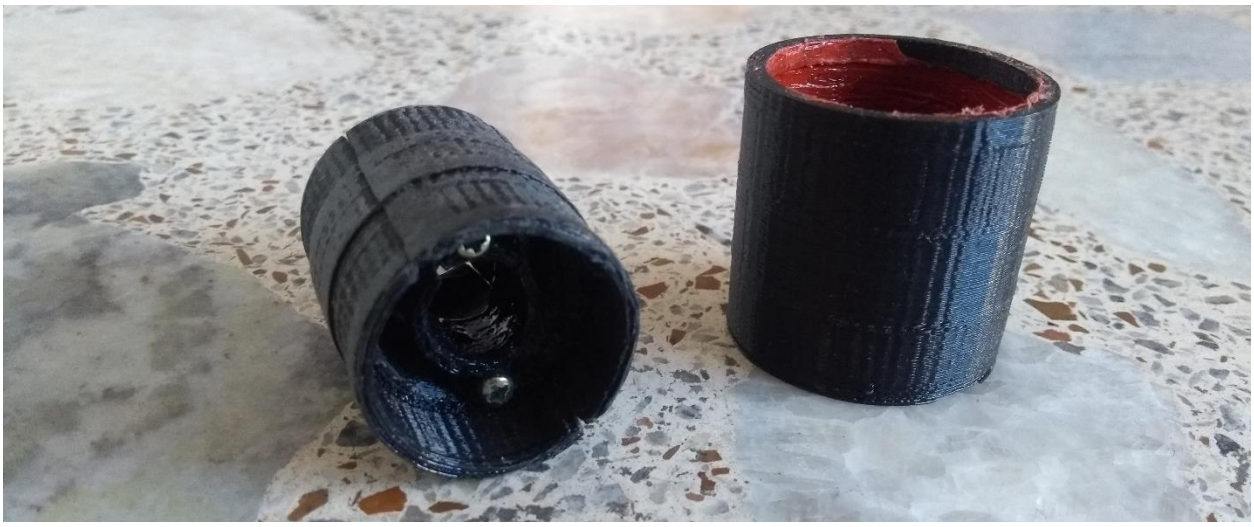


Figura 57. Prueba de prototipado 3D.

8.3.3 Conclusiones de la comprobación técnica 2

El principal error en la prueba fue causado por la selección de materiales para la construcción de los modelos y probetas. El modelo de triplex en el que se realizó la instalación de los componentes electrónicos reales se quemó y dañó en la sección de la base en la que se ubica la pieza metálica, y el acabado con masilla se desprendió de la superficie. De igual forma, la probeta de prototipado impresa en PLA (ácido poliláctico), con un punto de fusión que oscila entre 120 y 170° C se vio afectado por la temperatura del cautín aun a una distancia de 1 cm y a pesar de tener un recubrimiento interno de con sellador de silicona SI 596 para alta temperatura (hasta 315° C).

Con respecto al filtro, se comprueba la validez del marco para in inserción del filtro, que permite un mejor manejo y estructura para los materiales suaves de los que está compuesto. Manteniendo esta estructura, se evidencia la necesidad de ampliar el espacio de cabida para los cables, ampliando los canales.

De igual forma, se determina el aumento de las tolerancias tanto en el espesor o grosor de las paredes de las piezas como en los cortes o espacios para los elementos interno. Se considera una tolerancia aproximada de 0,5 mm para los diferentes encajes de las piezas y un nuevo grosor de las paredes de las piezas de 3 mm, para la correcta cabida de los cables adosados a la pieza superior.

Sobre el peso total de la herramienta, se cuenta con un equilibrio cómodo en la sección del agarre del usuario. Sin embargo, con respecto al peso de la pieza de la tapa, y aunque no se incluye ningún mecanismo para el movimiento lineal, se identifica que el tamaño de la tapa genera inestabilidad cuando se busca cubrir la punta caliente del cautín.

8.4 Soluciones

Algunas de las características sin definir del cautín encontraban posibles soluciones a evaluar y probar, como el ajuste de la tapa, que se propone con movimiento lineal para la protección de la punta, el tipo de unión para las partes plásticas de la carcasa y la formal general del mango y agarre de la herramienta. Se consideran algunas alternativas para estas características, como se presenta en la tabla 16.

Tabla 16.

Alternativas para características sin definir.

	Alternativas		
Ajuste de tapa	Rosca	Imanes	Sistema retráctil
Unión de piezas	Tornillos metálicos	Encajes mecánicos	

8.4.1 Encajes mecánicos

La aplicación de encajes mecánicos se limita los tipos de encaje disponibles para los materiales poliméricos, como las presillas que se pueden observar en las imágenes 58, 59 y 60. Las presillas son mecanismo integral de usado para fijar dos piezas, que no exige elementos adicionales y basado en el acoplamiento de los elementos deformados elásticamente para generar una interferencia y crear el encaje.

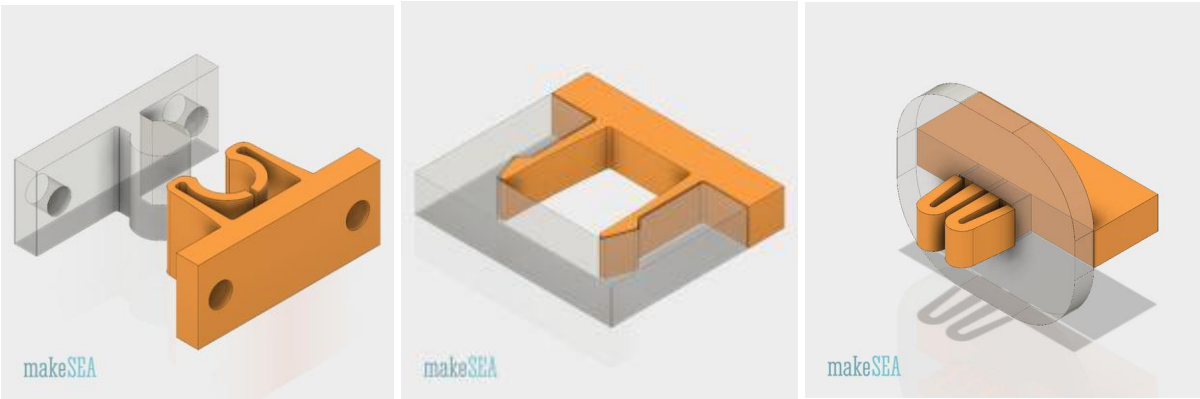


Figura 58. Presillas para plásticos. Recuperado de: https://www.makesea.com/mashmarket?p_p_id=141_INSTANCE_doReYoyki7Qc&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=5&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_tag=snap+fit+cantilever+b

En la figura 58, la unión de la mitad corresponde a la presilla básica muy usada en pequeñas aplicaciones. La característica más importante para la generación de presillas es la flexibilidad del material. Entre las ventajas del uso de este tipo de uniones mecánicas se encuentra la reducción del tiempo de ensamble y la economía en la cantidad de piezas. Esta aplicación, sin embargo, requiere de gran precisión entre las piezas para su correcto funcionamiento y son generalmente producidas por medio de tecnologías como el moldeo por inyección.

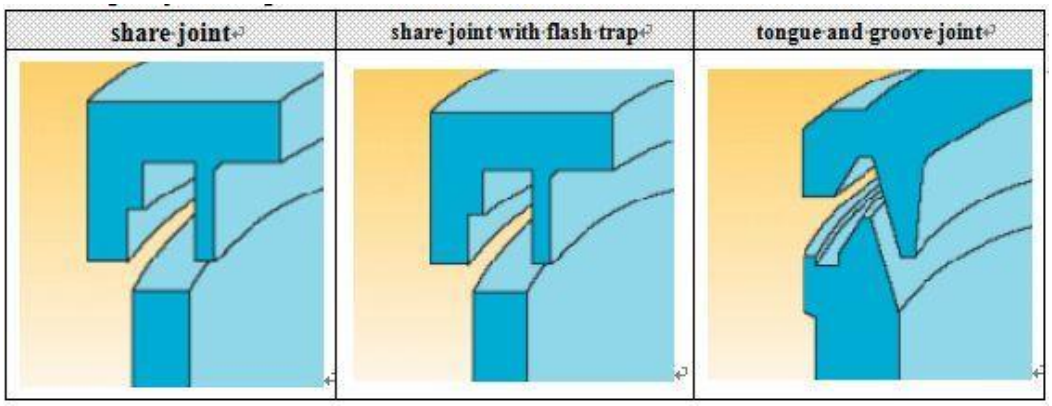


Figura 59. Variables de encajes mecánicos. Recuperado de https://co.pinterest.com/pin/701365341942563489/?lp=true

Algunas de las alternativas de aplicación para este tipo de uniones mecánicas se pueden diferenciar en la figura 59, que presenta algunas variables de uniones sobre superficies con perfiles rectos y articulación o perfiles cónicos con lengüeta y ranura.

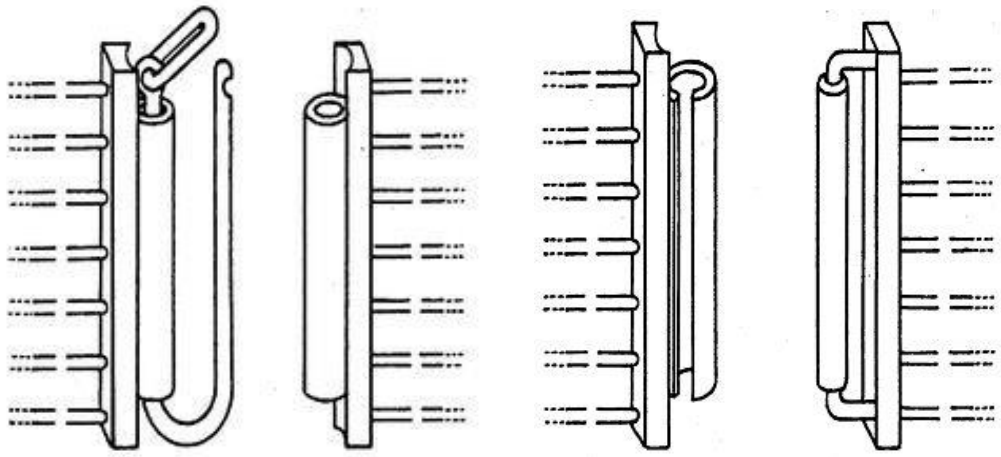


Figura 60. Uniones mecánicas con elementos adicionales. Recuperado de https://co.pinterest.com/pin/384917099383458988/

Algunas aplicaciones de encajes mecánicos que son igualmente aplicables en materiales poliméricos incluyen también elementos adicionales para asegurar la unión, como se puede ver en

la figura 60. Con partes cilíndricas concéntricas se incluye una barra o eje ya sea del mismo material o de metal que pasa por el centro de los cilindro y mantiene la unión de las piezas.

8.4.2 Rosca

Los polímeros permiten también la aplicación de sistemas de rosca y tornillo para generar unión de piezas. Con la impresión de la espiral cada pieza de unión y por medio del movimiento de giro aplicado sobre las piezas se puede ajustar y desajustar la unión las veces deseadas. Por medio del modelado 3D, como se presenta en la figura 61 es posible diseñar la curva de la rosca definiendo las dimensiones según la necesidad. La fabricación de este tipo de unión se dificulta de manera manual y requiere de mecanizado, prototipado o procesos de moldeo.

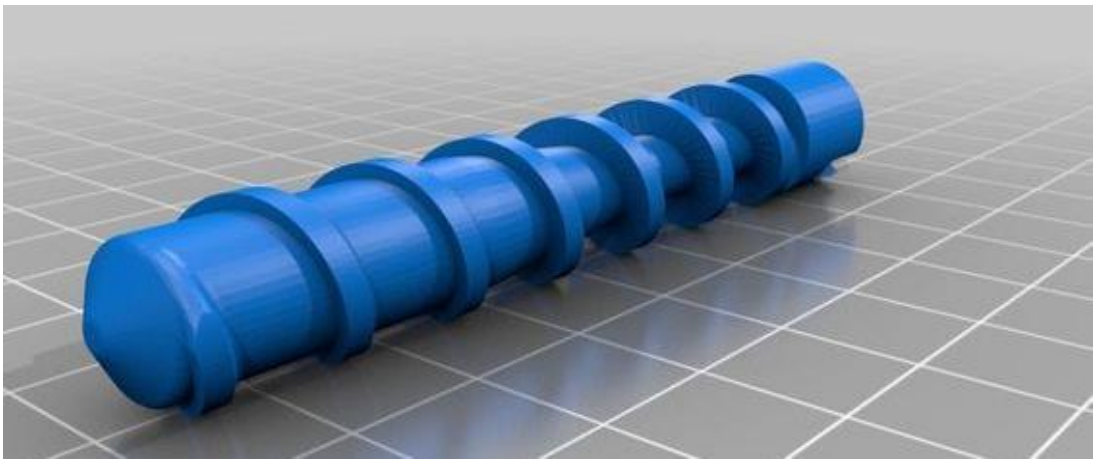


Figura 61. Modelado de rosca en material polimérico. Recuperado de https://co.pinterest.com/pin/292804413259655324/

8.4.3 Imanes

Un sistema de unión que puede ser implementado en piezas plásticas son los imanes. Ofrecen, al igual que rosca, una unión fuerte temporal que puede ser ubicada y desubicada según la función. Entre las diferentes presentaciones y tipos de imanes en el mercado se encuentran con un mayor

uso en productos pequeños de consumo general los imanes de neodimio y la lámina imantada, que son los presentados en la figura 62. Los imanes de neodimio son imanes permanentes fabricados con una aleación de neodimio, hierro y boro; son imanes de gran potencia y en el mercado se encuentran disponibles en diferentes tamaños y presentaciones con forma de disco, esfera, barra, bloque, aros y con dimensiones de hasta 3 mm de diámetro. La lámina imantada se fabrica con polvos de ferrita de estroncio coercitiva, y termoplásticos de alta calidad para ofrecer excelentes características de flexibilidad; su espesor varía de 0,3 mm (calibre 15), 0,4 mm (calibre 20), 0,5 mm (calibre 25), y 0,8 mm (calibre 30) y con su espesor varía también su fuerza de adherencia.

Figura 62. Imanes de neodimio y lámina imantada. Recuperado de http://www.gender-budgets.org/imanes-neodimio-precauciones-cuidados-uso/

Con la selección y prueba de los imanes para realizar el movimiento y ajuste de la tapa para la aislación de la punta caliente se busca el cumplimiento por medio del diseño del objetivo específico del proyecto de disminuir el riesgo de accidentalidad generado por el manejo de alta temperatura expuesta en la herramienta del cautín.

8.5 Materiales

8.5.1 Polímeros termoestables

Los polímeros termoestables se definen como aquellos que al curar producen polímeros insolubles que no funden con la aplicación de calor (L. Bilurbina y F. Liesa, 1990). Son generalmente rígidos, frágiles, sin ductilidad o resistencia al impacto, sin posibilidad de reciclaje y funcionales ante altas temperatura.

Una clasificación general de los polímeros termoestables presenta los siguientes grupos:

- Fenólicos: caracterizados con el grupo fenol. Con alta fragilidad, posee buena estabilidad térmica, química y dimensional. Su capacidad para aceptar colorantes es baja y generalmente se encuentra en colores oscuros.
- Aminas: caracterizados por el grupo amino. Con alta resistencia al agua son comúnmente usados como maderas contrachapas, adhesivos para aglomerantes, utensilios de cocina y equipo electrónico.
- Epóxicos: caracterizados con el grupo epóxidos. Tiene bajo grado de polimerización por lo que necesitan un agente de curado. Son notables por su resistencia mecánica, al calor y al ataque químico. Usados en recubrimientos, pisos y adhesivos.
- Poliésteres: caracterizados por los ésteres. Se usan principalmente para la fabricación de productos grandes como tanques, tubos o carrocería.
- Poliuretanos: caracterizados por el grupo uretano. Debido a su procesamiento y composición química pueden ser también termoplásticos y elastómeros.
- Silicones: caracterizados por los grupos siloxsanos. Debido a su procesamiento y composición química pueden ser también fluidos, termoplásticos y elastómeros.

8.5.2 Baquelita

El primer plástico sintético de interés comercial fue una sustancia denominada baquelita, en honor a su inventor, el químico L. Backeland. Se sintetizo a partir de dos monómeros abundantes y baratos: el fenol y el formaldehido. La polimerización se llevó a cabo en varias etapas, siendo uno de los intermedios una resina termoplástica; sometido posteriormente a temperatura y presión se convirtió en una resina termoestable, material rígido insensible a los cambios de temperatura debido a su estructura entrecruzada (J. Weininger y F. Stermitz, 1988). Las primeras aplicaciones de la baquelita fueron como aislante eléctrico y más tarde empezó a utilizarse en la construcción de accesorios plásticos para las industrias automotrices y la radio. Entre sus presentaciones comerciales en la actualidad se encuentra como lámina, placa, tubo o barra y también como polvo para inyección, polvo para compresión, y resinas vírgenes en polvo.

8.6 Comprobación técnica 3

La comprobación técnica 3 se divide en dos partes: una comprobación del material para la fabricación del modelo funcional y el comportamiento de los elementos en funcionamiento y una prueba de filtrado.

8.6.1 Comprobación del material

Con la implementación de las correcciones identificadas en la comprobación técnica 2 se resuelve la fabricación de otro modelo funcional en baquelita de 1/16 de pulgada de grosor (1,587 mm). Nuevamente se construye el modelo a partir de planos seriados cortados a laser y unidos con soldadura de PVC, debido a la rigidez del material. En la figura 63 se presenta el modelado de las piezas a partir del cual se crean los planos para la construcción del modelo.

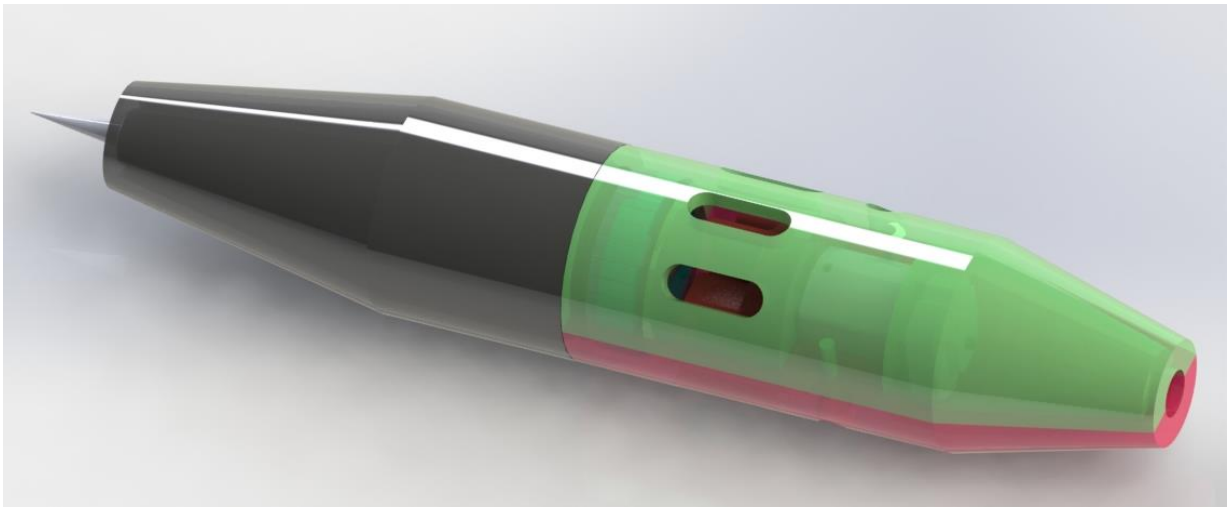


Figura 63. Modelado para comprobación técnica 3.

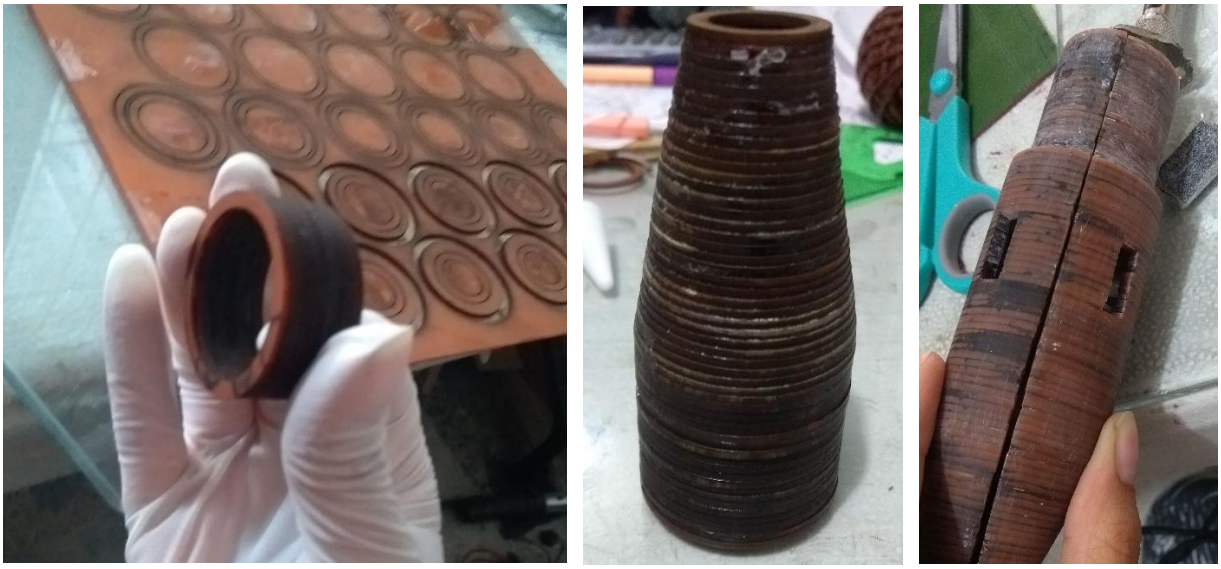


Figura 64. *Construcción de modelo en baquelita.*

La construcción del modelo se puede observar en la figura 64, y la instalación de los componentes internos y la aplicación de un acabado de laca negra mate para alta temperatura se pueden distinguir en la figura 65.

Figura 65. Acabado e instalación del modelo.

Con ese modelo también se corrige la tolerancia del corta laser, las dimensiones de los encajes y los espacios para la ubicación de los elementos electrónicos. Debido al cambio de material también se corrige el grosor del borde de las piezas. Las uniones definidas para las piezas son cuatro tornillos para le mando, dos de estos que ajustan a su vez la punta.

8.6.2 Conclusiones de la comprobación del material

Con un excelente comportamiento ante la temperatura generada por la punta y la resistencia, el modelo de baquelita evidencia también sonido y vibración durante la activación del sistema de extracción. Para determinar el nivel de estas variables se usan aplicaciones libres que por medio del micrófono del celular y de los sensores de movimiento (acelerómetro) determinan valores aproximados de sonido en dB y de vibración en metros sobre segundos cuadrados.

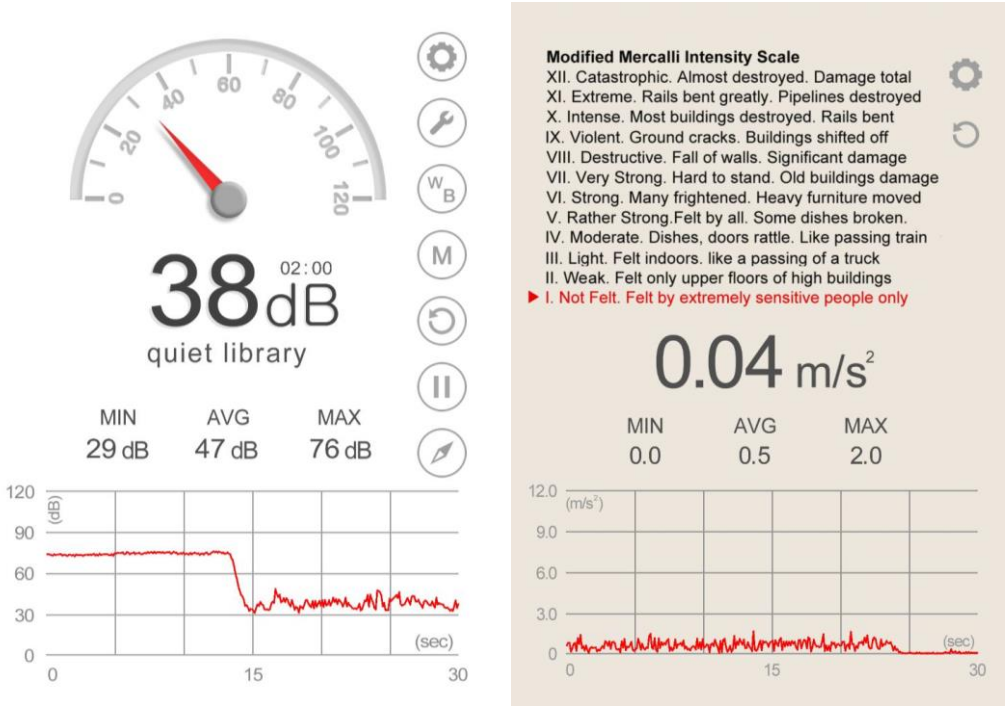


Figura 66. Aplicaciones libres para medir sonido y vibración.

Los datos aproximados que ofrecen las aplicaciones determinan para la vibración un valor máximo de 2.0 m/s2 con respecto a la vibración y de 47 dB (restando a la mayor medida registrada de 76 dB la menor medida de 29 dB, correspondiente al ruido detectado con el motor apagado).

Esta comprobación permite determinar también la necesidad de una fuente para la conversión de la energía alterna a energía corriente para el funcionamiento del motor, que puede ser ubicado en el exterior del catín sobre el cable de forma similar al cargador de un computador portátil. De igual forma se considera necesaria la inclusión de un interruptor para la activación del motor; de esta manera, no se mantiene encendido durante los tiempos de reposo de la herramienta.

Se valida la unión por medio de tornillos, que generan un ajuste correcto de las piezas del mango y se determina también la inclusión de imanes para efectuar la función de la tapa de proteger la punta durante los momentos de reposo.

8.6.3 Filtro

La generación de humos de soldadura conlleva a la emisión de humos visibles y no visibles (gases). En el caso de la soldadura blanda, los humos visibles contienen partículas muy diminutas con un tamaño de 0,01 mm que la mucosa nasal no es capaz de retener y llegan hasta los alvéolos pulmonares. Según la Guía de Salud Ocupacional y Seguridad Ambiental de 3M: Protección y Confort para Soldadores, un soldador sin protección respiratoria podría inhalar hasta 11 gramos de partículas cada año.

> *En condiciones de trabajo normales, la tasa respiratoria es de unos 20 litros de aire por minuto. Durante un año de trabajo (100%), un soldador respira unos 2.300 m3 de aire. Si el ambiente de trabajo presenta una concentración de partículas de soldadura en suspensión de 5 mg/m3, un soldador puede inhalar hasta 11 gramos de partículas al año (3M, s.f).*

Aunque el dato preciso de la inhalación de partículas debido al proceso de soldadura blanda no se especifica en la bibliografía, es igualmente de gran impacto la toxicidad recibida.

Entre los filtros del mercado usados generalmente en máscara de respiradores reutilizables del proveedor 3M, que son usados para partículas como polvos, nieblas y humos metálicos, hongos, virus y bacterias. Estos filtros cuentan con fibras cargadas electrostáticamente (medio electrostático avanzado) para atrapar partículas dentro del medio filtrante y NIOSH los clasifica a para partículas en categorías basadas en la eficiencia mínima de filtración del respirador y el tipo de aerosol (sin aceite o con aceite) presentes en el medio ambiente de trabajo (3M, 2017.) Los disponibles en el mercado del país son los enlistados en la siguiente tabla 17.

Tabla 17.

Filtros y sus características.

Filtro	Descripción	Aplicaciones sugeridas
	Filtro 2097: Usado para soldadura, corte con soplete, de metal colada y la exposición al plomo, el asbesto, el cadmio, el arsénico y MDA para concentraciones hasta 10 veces el límite de exposición permisible (PEL). No debe usarse en ambientes que son un peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH). También ofrece alivio nivel de molestia de los vapores orgánicos que están por debajo del PEL. No certificado por NIOSH para uso contra el ozono.	
	Filtro 2096: Usado para soldadura, corte con soplete, de metal colado, exposición al plomo, el asbesto, el cadmio, el arsénico. Para concentraciones de hasta 10 veces el límite de exposición permisible (PEL). También ofrece alivio ante gases ácidos que se encuentran por debajo del PEL. No lo utilice contra los gases ácidos o en ambientes que son un peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH).	Se sugiere utilizar para aplicaciones como reducción de plomo.
	Filtro 2071: Usado para esmerilado, lijado y soldadura para concentraciones de hasta 10 veces el límite de exposición permisible (PEL). No debe utilizarse en ambientes que son un peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH).	Sus principales aplicaciones son: triturado, lijado, aserrado, carpintería, empacado, cementos, construcción, agroquímicos, minería e industria alimenticia.
	Filtro 2078: Usado para polvo, soldar, verter el metal y ciertas operaciones de acabado. Para concentraciones hasta 10 veces el límite de exposición permisible (PEL). También ofrece alivio nivel de molestia de los vapores orgánicos y gases ácidos que se encuentran por debajo del No lo use en la protección respiratoria contra vapores orgánicos y gases ácidos y ambientes que son un peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH). No certificado por NIOSH para uso contra el ozono.	Está diseñado para trabajar en áreas donde hay presencia de niveles molestos de vapores orgánicos ya que cuenta con un medio filtrante removedor de olores.

Nota: Información y figuras del sitio oficial de 3M, Ciencia aplicada a la vida. Adaptado de https://www.3m.com.co/3M/es_CO/inicio/todos-los-productos-3m/~/Todos-los-productos-3M/Equipos-de-protección-personal/Respiradores-reutilizables/Seguridad/Cartuchos-y-Filtros/?N=5002385+8709322+8711017+87 20539+ 8720550+8720746+3294857445&rt=r3

Entre los humos y gases más comunes producidos en el proceso de soldadura blanda: Monóxido de carbono, ácido hidroclorhídrico, aldehídos alifáticos, ácidos primarios, ácido abiético (colofonia) y compuesto orgánicos volátiles (V.O.C), además de óxidos metálicos propios del material de aporte (óxidos de plomo, óxidos de estaño, entre otros).

Los más adecuados por procesos de soldadura blanda son los filtros 2096 y 2097. Para probar la funcionalidad del filtro dentro del sistema diseñado, se insertar delante de la hélice y se activan los sistemas de temperatura y extracción con el modelo de baquelita. Haciendo uso del modelo para la actividad de soldadura durante 30 minutos, se comprueba por medio del color del filtro el correcto encapsulado de las partículas generadas por el proceso de soldadura. Se recomienda el cambio de los filtros de la serie P después de 40 horas de uso o un mes, lo que ocurra primero, o si se identifica que se encuentra sucio o con algún daño físico, esto según proveedor.

Con el uso de filtros que cumplen los estándares de OSHA y NIOSH se busca el cumplimiento del objetivo específico del proyecto de asegurar la filtración y deposición de los gases tóxicos extraídos por el elemento diseñado a fin de descontaminar el ambiente de trabajo.

9. Revisión del proceso de diseño

Para la fabricación del modelo funcional que usado para los momentos de validación y verificación del sistema y sus características, se incorporan los detalles y correcciones identificados hasta el momento. Las piezas finales a fabricar se modelan y presentan a continuación.

Respecto a la propuesta de fabricación para el producto, se consideran los procesos de transformación de materia permitidos en los materiales termoestables disponibles y con mayor resistencia a la temperatura.

9.1 Modelo fabricado para validación y comprobación

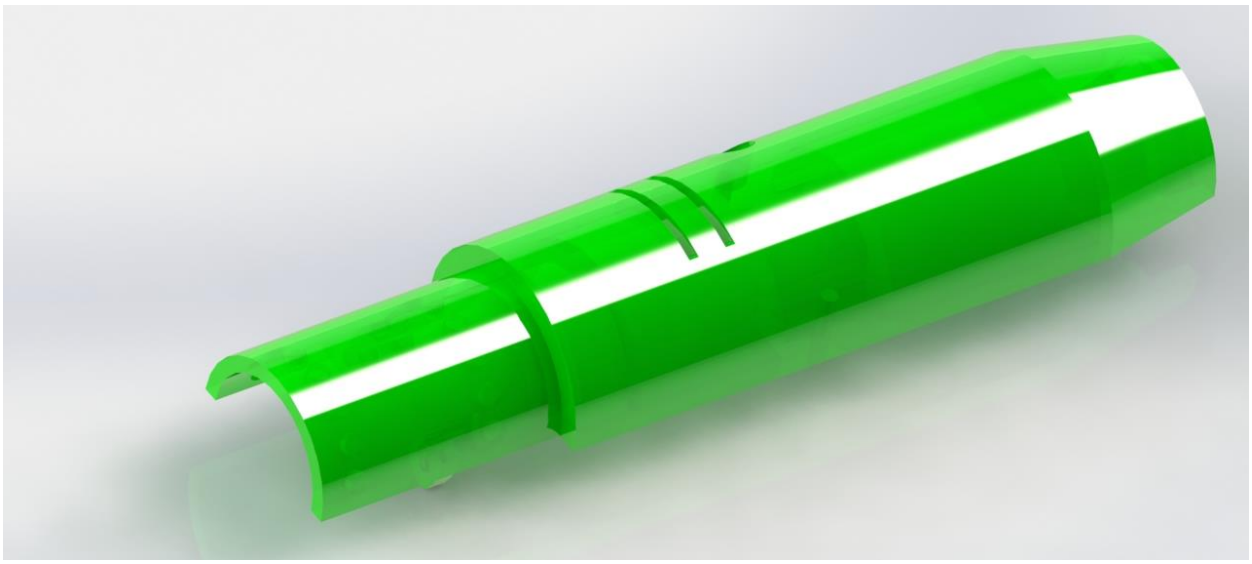


Figura 67. Pieza mango superior

La primera pieza del mango se puede ver en las figuras 67 y 68 de color verde. Es la sección superior del mango y cuenta con la entrada para el tornillo de unión y con dos cortes laterales para la salida del aire filtrado. Se puede visualizar también en su parte interna cortes circulares para la instalación de los imanes que permitirán el ajuste y reajuste de la tapa.

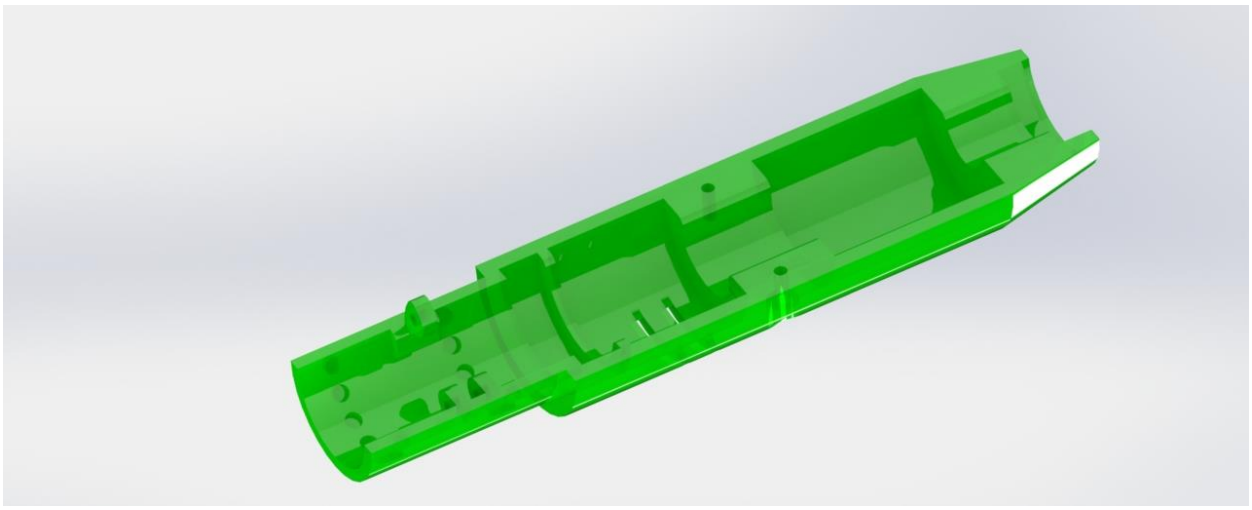


Figura 68. Pieza mango superior detalle.

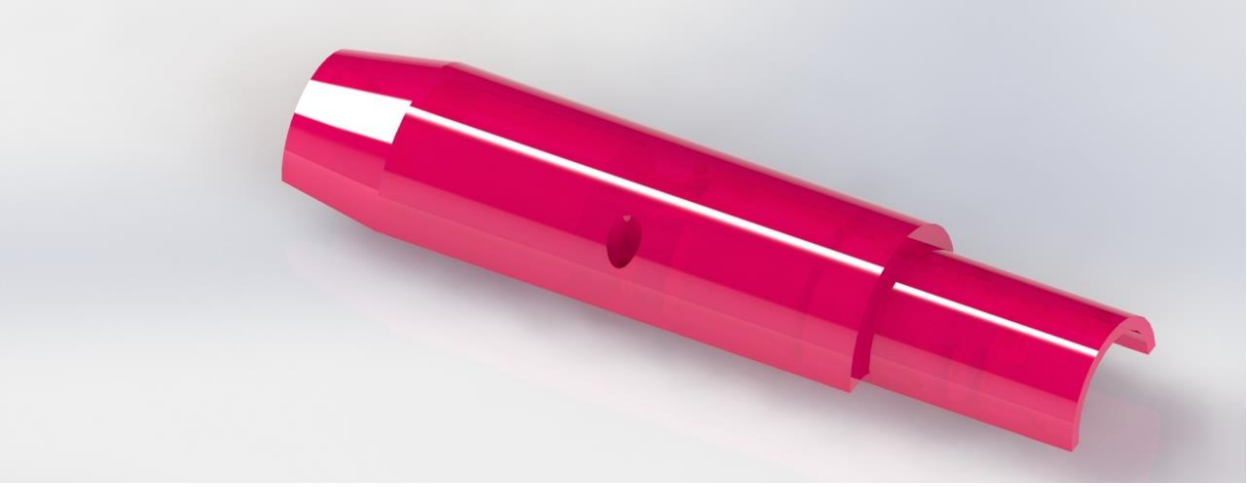


Figura 69. Pieza mango inferior

La segunda pieza presentada en las figuras 69 y 70 corresponde a la sección inferior del mango, que cuenta con los canales para los cables de la transferencia de temperatura e igualmente cuenta con las entradas para los tornillos de unión con la sección superior y los cortes circulares para completar la instalación de los imanes. Estas dos secciones encajan y además se unen por medio de los tornillos que fijan la base metálica al mango.

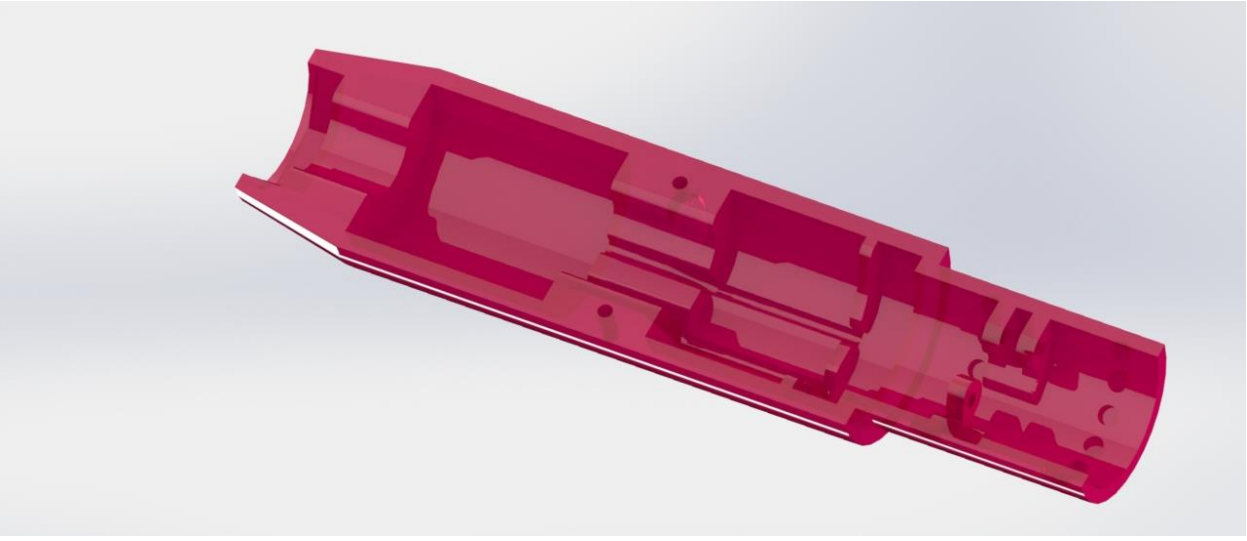


Figura 70. Pieza mango inferior detalle

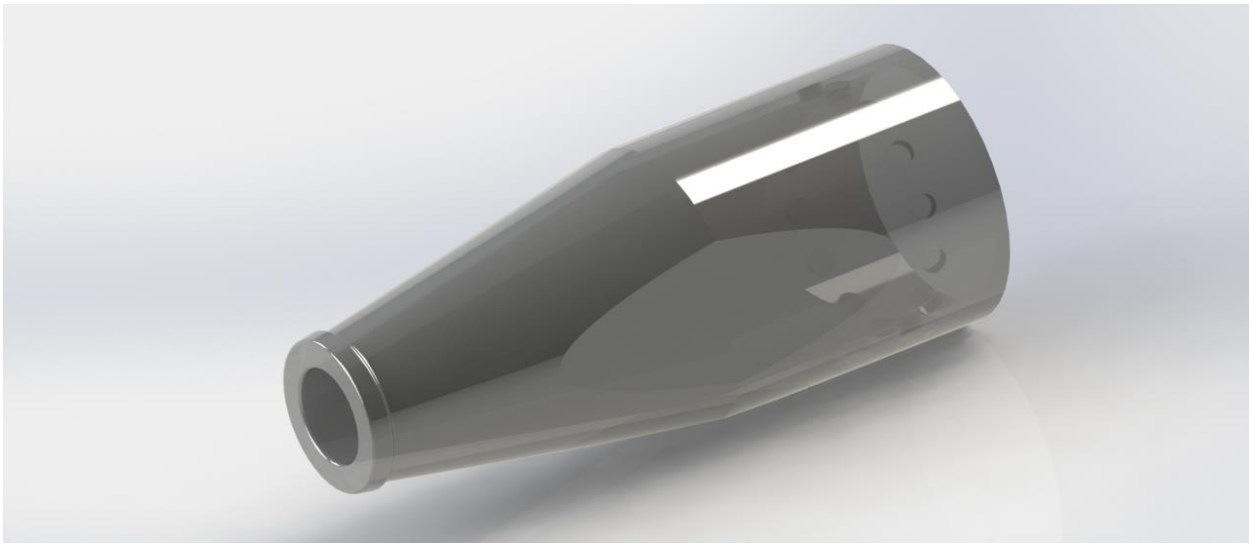


Figura 71. Pieza tapa

La pieza de la tapa, que se puede apreciar en las figuras 71 y 72 y señalada con color gris cuenta con un reborde en la parte final de la punta, dos cortes laterales para indicar el agarre del usuario sin interruptor el movimiento de la tapa para cubrir la punta; y cortes circulares para la instalación de los imanes desde la parte interna.

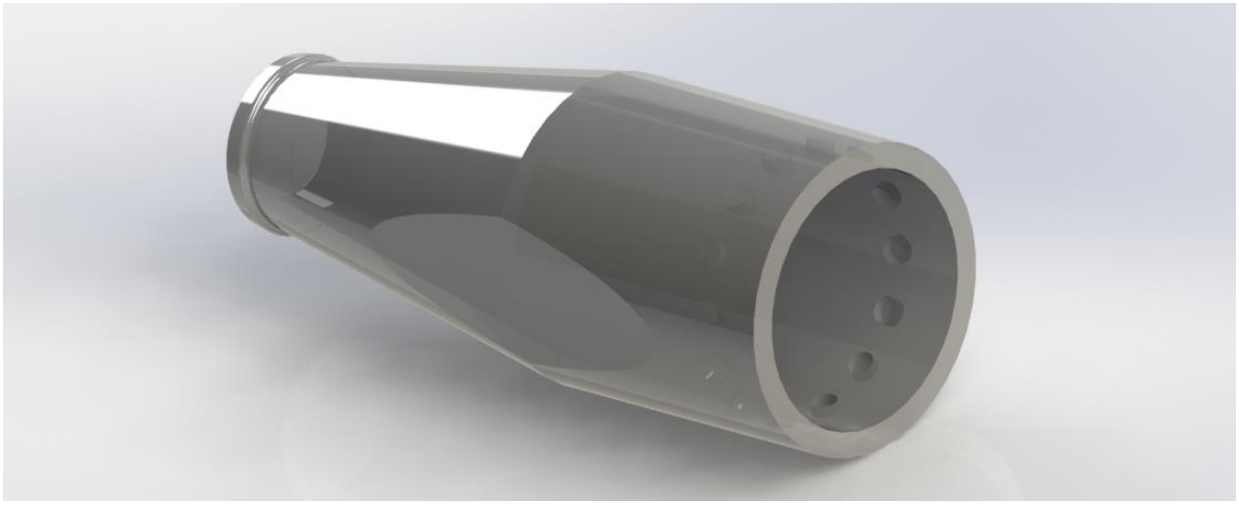


Figura 72. Pieza tapa detalle.

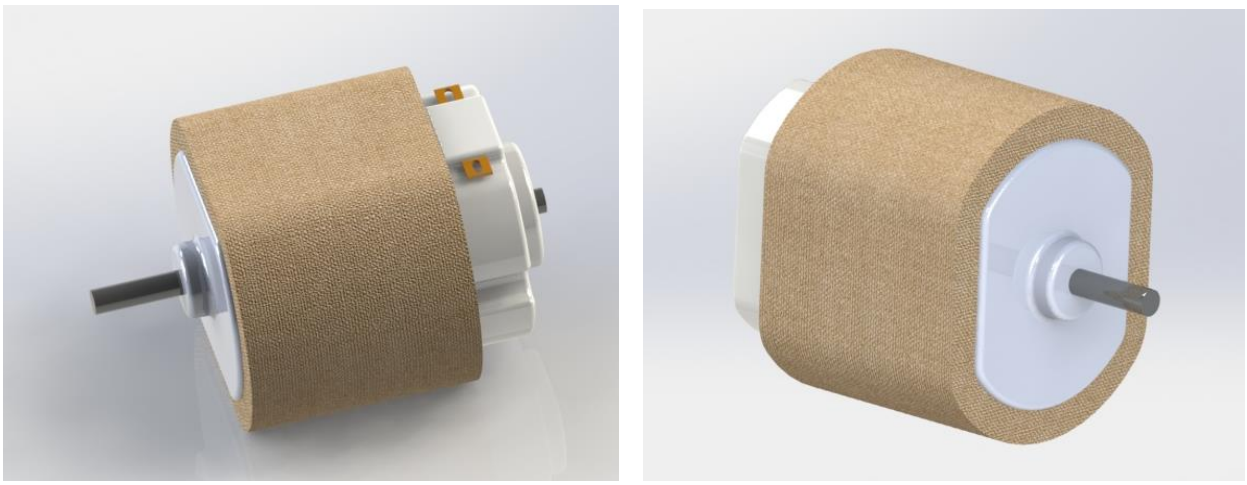


Figura 73. Motor con recubrimiento

Como se presentan en la figura 73, se instala un recubrimiento en un aislante acústico en presentación de lámina de 2,5 mm de grosor para mejorar el nivel de sonido generado con su activación.

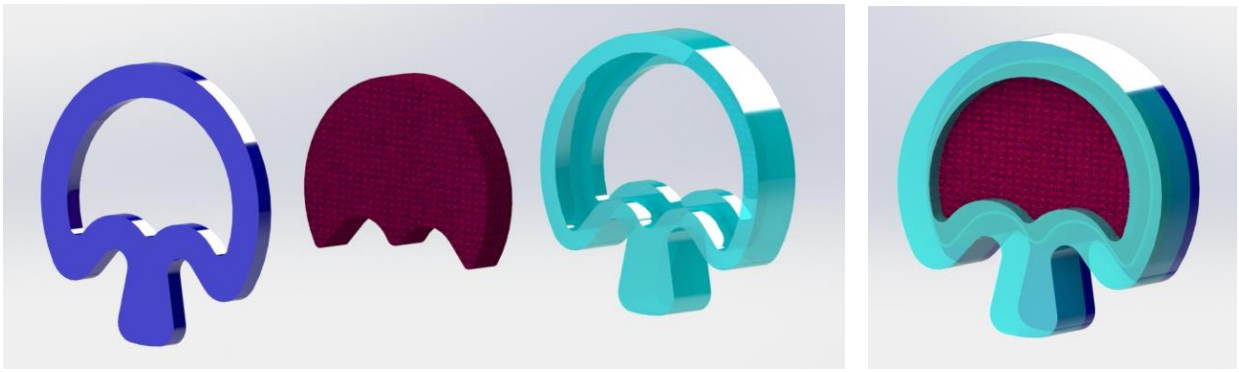


Figura 74. Filtro y soporte

Respecto al filtro y su soporte, se puede observar en la figura 74 las tres secciones que lo componen: un marco, señalado con color turquesa en el que ingresa el filtro, el filtro con el corte adecuado para su inserción y una tapa para mantener en filtro en el soporte. El corte inferior en la forma del marco permite el paso de los cables que activan en sistema de transferencia de temperatura.

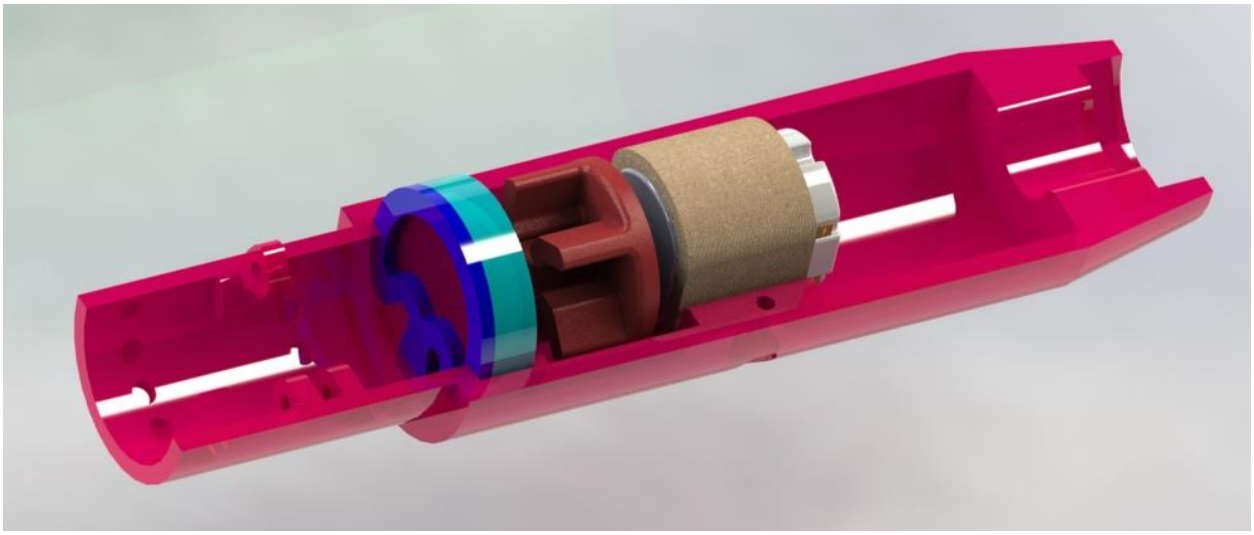


Figura 75. Ensamble interno

En ensamble interno y total de las piezas del diseño propuesto se presentan en las figuras 75 y 76, con las dimensiones correspondientes. Se puede observar que la punta metálica sobresale de la tapa protectora para asegurar una correcta visibilidad del usuario durante el proceso de soldadura blanda. La terminación del mango incluye una pieza adicional de plástico para mejorar la salida del cable de alimentación.

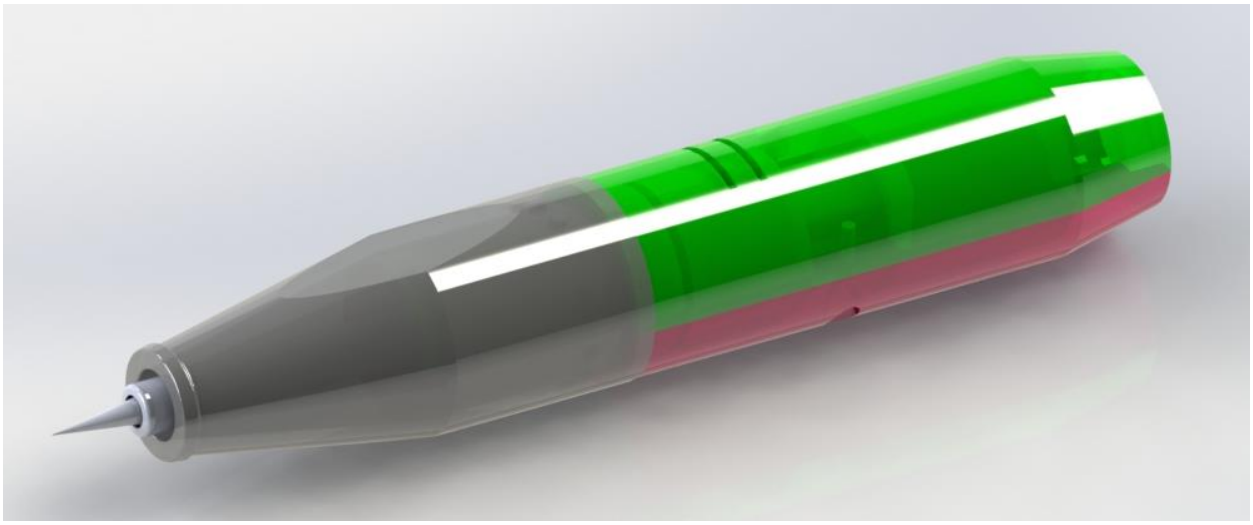


Figura 76. Ensamble completo

9.2 Fabricación del modelo funcional

Se usa nuevamente la baquelita en presentación de lámina, de 1/16 de pulgada (1,587 mm) para el corte de planos seriados, que son unidos posteriormente con soldadura de PVC y adhesivo de cianoacrilato. Los planos cortados a laser en la baquelita se pueden observar en la figura 77.

Figura 77. Planos cortados en lámina de baquelita.

En orden se unen los planos para la conformación de las piezas de la carcasa: la sección superior del mango, la sección inferior del mango, la tapa y el soporte para el filtro. En la figura 78 se puede observar parte de este proceso de unión.

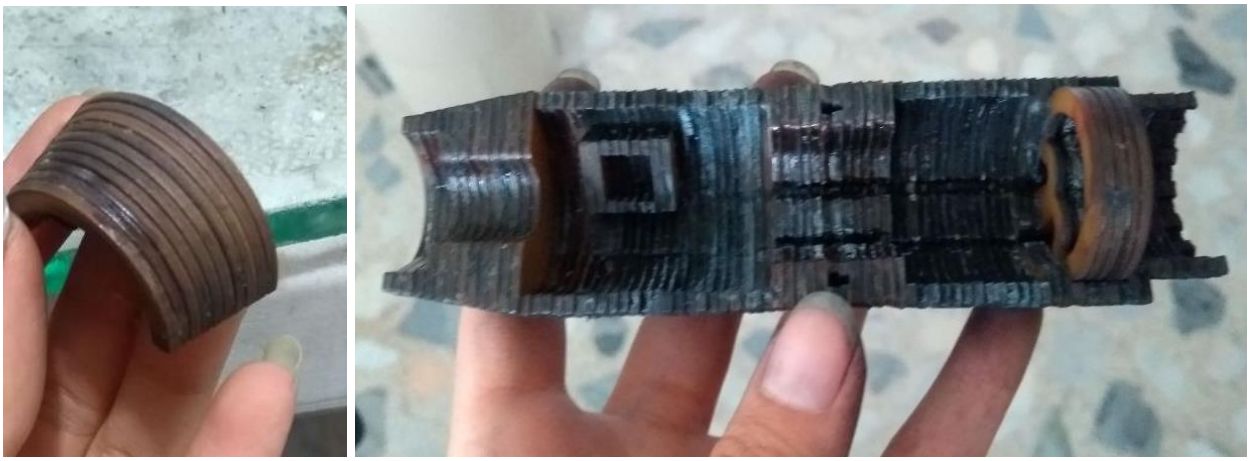


Figura 78. Unión de planos para la conformación de las piezas.

Los planos incluyen los cortes y espacios necesarios para la instalación de los imanes que permiten el ajuste de la tapa, como se puede observar en la figura 79. Los imanes tienen 3 mm de diámetro y 1 mm de espesor y se usan 42 imanes en total (14 imanes en cada sección).

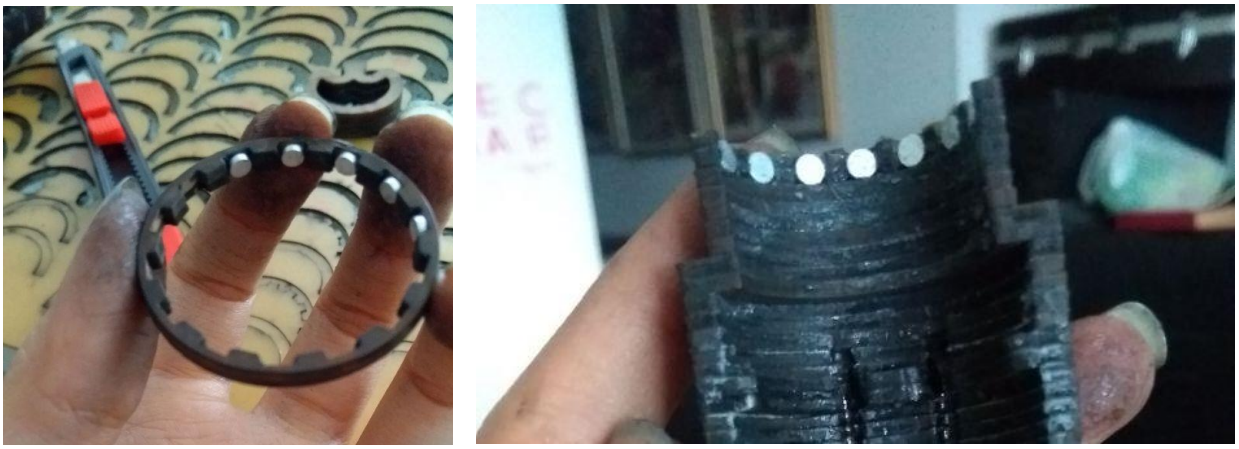


Figura 79. Instalación de imanes.

Terminada la unión de todos los planos, se obtienen las piezas, como se puede ver en la figura 80, y para mejorar el acabado se lijan las superficies exteriores.

Figura 80. Piezas finales construidas con planos seriados.

Figura 81. Modelo instalado.

El modelo terminado y con la correcta instalación de los elementos electrónicos y mecánicos se presenta en la figura 81. Este es el estado en el que se presenta el modelo funcional para el desarrollo de pruebas de verificación y validación. El acabado final del modelo puede variar durante las pruebas de uso.

9.3 Identidad visual

La Identidad visual recoge los elementos constitutivos del producto a diseñar. Como elementos constitutivos establecemos las pautas de construcción, el uso de las tipografías y las aplicaciones cromáticas de la marca.

9.3.1 Marca

Figura 82. Logo Humano.

Se ha definido el nombre “humano”. Que se utilizó teniendo en cuenta su composición general, ya que lo que se busca con este producto es humanizar la tarea de soldadura blanda restando complicaciones en lo correspondiente a la salud ocupacional.

También, el logotipo diferencia por medio de color la última silaba, con el fin de reconocer las palabras “huma” y “no” que es básicamente el resultado de usar esta herramienta, que NO habrá HUMO. Otra palabra presenta es “mano” que juega con el hecho de ser una herramienta manual, pero que al eliminar la base del cautín profesional, el operario puede tenerla más “a la mano”.

Para finalizar se ha adicionado una forma explícita y orgánica que representa al humo, dando la apariencia de que está siento absorbido por el logo.

Como complemento se agrega un identificador, con el fin de hacer total claridad sobre el uso del objeto diseñado.

9.3.2 Construcción

- Modulación: El logotipo de humano, se inscribe en una superficie modular de proporciones 16x5. El valor “X” establece la unidad de medida. Así, aseguramos la correcta proporción de la marca sobre cualquier soporte y medidas.
- Área de protección: Se ha establecido un área de protección en torno al logotipo. Esta área deberá estar exenta de elementos gráficos que interfieran en su percepción y lectura.
- La construcción del área de respeto queda determinada por la medida “X”, de Siempre que sea posible, es preferible aumentar al máximo este espacio separando el logotipo del resto de elementos de la página (textos e imágenes).

Figura 83. Modulación del logo.

9.3.3 Color

Los colores definen un escenario completo del producto y su uso por lo cual se maneja un color principal gris oscuro (Pantone P 179-14 U) que representa al humo generado en la tarea de soldadura blanda y principal objetivo del producto. Se utiliza también un color secundario azul (Pantone P 102-8 U) que representa la pureza del ambiente de trabajo después de usar el producto y la confianza que este transmite al operario.

En cuanto a la forma del humo se utiliza la misma referencia de azul pero con distintos niveles de transparencia para dar el efecto visual.

Figura 84. Colores logo Humano.

Aplicaciones cromáticas:

Figura 85. Aplicaciones cromáticas logo Humano.

9.3.4 Tipografía

Las tipografías utilizadas para el logo de “humano” son 2. Una primaria o principal (Star Avenue – regular) usada por su buena legibilidad, claridad y sencillez. Y una fuente para el identificador (Bitter – regular) que al ser una fuente serif brinda contraste y seriedad al conjunto.

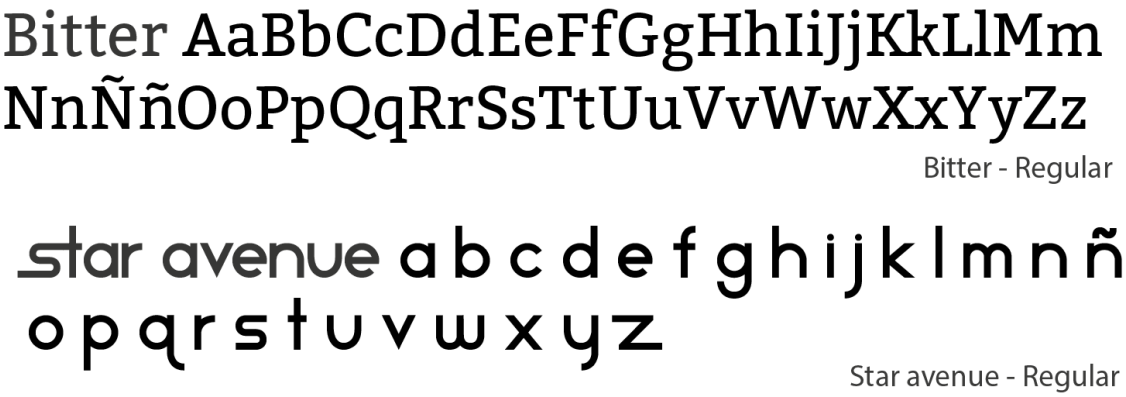


Figura 86. Tipografía logo Humano.

10. Fase de verificación y validación

Para la comprobación del modelo final fabricado se determinan dos actividades: una serie de verificaciones de funcionamiento de los sistemas y mecanismos propuestos para el diseño y una validación de usabilidad realizada por medio de una prueba aplicada a participantes que interactúan con el modelo funcional.

10.1 Verificación

Los sistemas y mecanismos puestos en uso para la verificación de funcionamiento cuentan con diferentes elementos y piezas para su instalación, como se relaciona a continuación.

Tabla 18.

Sistemas y mecanismos para verificación.

Sistemas o mecanismos	Elementos
Sistema de transferencia de calor	Punta metálica
	Cables para alimentación eléctrica
Sistema de extracción de residuos	Motor
	Hélice
	Recubrimiento para sonido
	Cables para alimentación eléctrica
Mecanismo de movimiento y ajuste de tapa	Pulsador
	Tapa
	Imanes
Salida de aire	Corte lateral
Sistema de filtrado	Filtro
	Soporte de filtro

Con el fin de evidencia el cambio en el proceso que genera el uso del nuevo diseño de HUMANO se presenta fotografías del puesto de trabajo con el cautín tradicional y se compara con fotografías del uso de HUMANO.

En las figura 87 se observa la generación de humo causada por el proceso de soldadura blanda con el cautín de referencia que se usa actualmente en la empresa. Este humo llega a tener contacto con las vías respiratorias y con los ojos del trabajo, además de dispersarse en todo el lugar. También se señala que tanto el material de aporte como la pasta fundente generan residuos tóxicos en el humo.

Figura 87. Fotografías del puesto de trabajo con cautín tradicional.

En la siguiente figura 88 se puede observar que de forma general no se presenta la cantidad humo anterior, ya que el sistema de extracción absorbe el humo a una corta distancia del punto.

Figura 88. Fotografía general del producto en uso.

La absorción del humo generado durante la soldadura, captado por el cautín a una distancia mínima del punto de soldadura, se puede apreciar en las fotografías de la figura 87. El humo que se desprende de la punta, al margen de la placa a soldar, recorre un corto trayecto hasta el borde de la tapa del producto, con un desplazamiento mínimo, y atrapando las partículas y gases se elimina el deslazamiento por el plano de trabajo que si se puede ver con el uso de cautines tradicionales. Se aprecia con mayor detalle en la figura 89.

De esta manera queda verificado el correcto funcionamiento de los sistemas de transferencia de calor y de extracción de los desechos, que son las funciones y requerimientos más importantes del producto desarrollado.

Adicionalmente, se comprueba una normal visibilidad para el proceso de soldadura blanda con el producto diseñado.

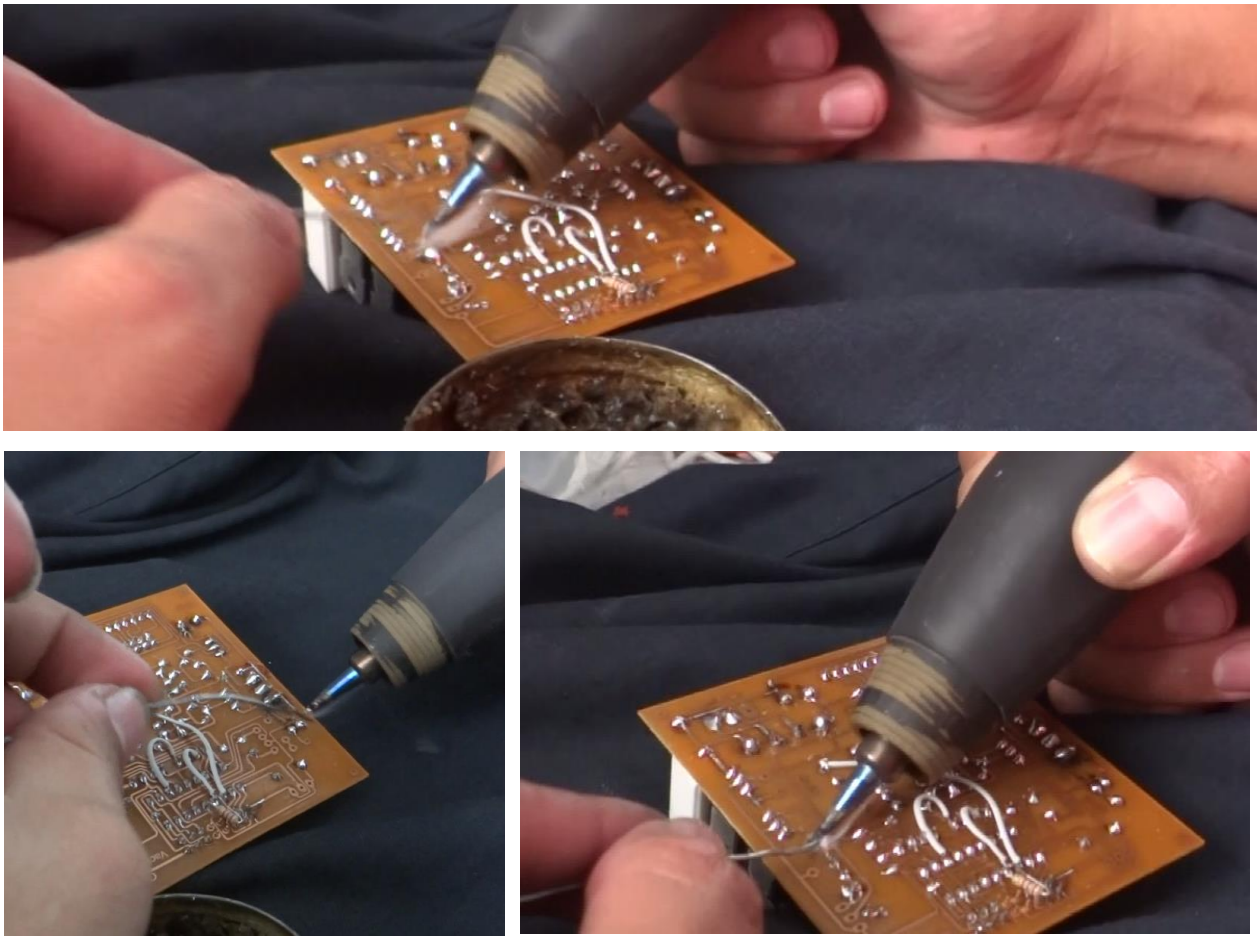


Figura 89. Fotografías detalle de la punta del producto en uso: absorción.

Completada la instalación de las partes, se activan y accionan todos los sistemas y mecanismo para identificar problemas y errores en el diseño, el modelo o los elementos. Todas las conexiones y uniones se determinan correctas, y permiten el funcionamiento de los elementos eléctricos como se describe anteriormente; sin embargo, se identifican deficiencias en el mecanismo de movimiento y ajuste de la tapa que aísla la punta calienta para evitar accidentes por quemadura:

- El peso de la tapa disminuye la fuerza de atracción de los imanes para asegurar correctamente la punta al mango.

- La forma cilíndrica de las secciones permite el libre movimiento de giro de la tapa, generando cambios en la ubicación de la tapa y variando la ubicación de la salida del humo.

Se determinan necesarios los cambios pertinentes para asegurar una fuerza de atracción suficiente para mantener la posición de la tapa, y la conservación de la ubicación de la tapa con relación al mango.

Nuevamente se realizan las mediciones de sonido que generan el sistema de extracción de residuos con el movimiento del motor y la hélice, que presenta en este modelo un recubrimiento para procurar disminuir la generación de ruido, y como se puede observar en la siguiente imagen, de los 47 dB registrados anteriormente, se miden 32 dB (restando al máximo obtenido de 59 dB con el sistema activado menos los 27 dB registrados con el sistema apagado). El recubrimiento usado para el motor si ha disminuido el nivel de ruido generado por la herramienta.

Figura 90. Medición de ruido.

10.2 Validación de usabilidad

Se determina una prueba de usabilidad a poner en práctica con los trabajadores de la empresa y haciendo uso del modelo funcional en el contexto real y realizando la función de soladura.

Prueba Usabilidad

10.2.1 Objetivo

Determinar el nivel de efectividad, eficiencia y satisfacción que identifica y presenta el usuario durante y tras el uso del modelo de cautín con extracción y filtrado de residuos tóxicos.

10.2.2 Aspectos a evaluar del diseño

La prueba se realiza con el fin de evaluar tanto aspectos determinados del diseño como el diseño general. Los aspectos a evaluar por el usuario son:

- Sistema de transferencia de calor
- Sistema de extracción de humo
- Mecanismo de movimiento de la tapa
- Visibilidad del plano de trabajo

10.2.3 Materiales

- Modelo funcional
- Soldadura estaño-plomo
- Fundente
- Cuestionario
- Lapicero
- Cronómetro
- Cámara fotográfica
- Fuente eléctrica

10.2.4 Muestra

Se cuenta con la participación de los operarios del área de producción de la empresa Vacusonic Biotech Ltda. 10 personas en total.

10.2.5 Participantes

Personas en edad adulta entre los 20 y 40 años de edad, con estudios superiores en el campo de la electrónica; de sexo femenino o masculino. Que desempeñan con frecuencia la tarea de soldadura blanda en equipos electrónicos.

10.2.6 Variables

Variables independientes: El número de tratamientos es uno, la herramienta fabricada como modelo funcional para la manipulación del usuario. Se presentan dos fases: la ejecución de las actividades y el auto reporte del participante.

Variables dependientes

- Efectividad

  Se evalúa la efectividad de los diferentes aspectos del diseño a partir del número de tareas importantes realizadas.

- Eficiencia

  Se evalúa la eficiencia de los diferentes aspectos de diseño a partir del tiempo que tarde el participante en realizar cada tarea señalada; el tiempo promedio de cada participante será comparado con el tiempo tarda un conocedor del producto en realizar las mismas actividades.

- Satisfacción

Se evalúa la satisfacción de los usuarios con el producto y con cada aspecto a evaluar del producto por medio de un auto reporte del participante.

10.2.7 Tareas

Fase 1: el usuario realiza las tareas propuestas en el orden determinado por medio de la manipulación del prototipo funcional.

Fase 2: el usuario completa un auto reporte para evaluar la satisfacción que percibe de cada aspecto a evaluar del diseño, determinando si los considera o no "fácil de usar".

10.2.8 Actividades

Para los cuatro aspectos a evaluar por medio de la prueba, se asignan actividades para la ejecución por parte del participante como se presenta en la siguiente tabla. La segunda columna designa la actividad que se solicita verbalmente al usuario a desarrollar con el modelo funcional y la tercera columna explica el desarrollo de la actividad para su correcto cumplimiento.

Tabla 19.

Actividades según aspectos a evaluar

Aspecto a evaluar	Actividad señalada a participante	Desarrollo de actividad
Transferencia de calor	Activar sistema de transferencia	Conectando enchufe
	Desactivar sistema de transferencia	Desconectando
Extracción de residuos	Activar sistema de extracción	Accionando interruptor
	Desactivar sistema de extracción	Accionando interruptor
Aislación de punta	Aislar la punta metálica	Moviendo tapa y ajustando con imanes
Visibilidad	Realizar un punto de soldadura	Procedimiento regular de soldadura

El orden de las actividades, como se puede apreciar en el formato del auto reporte, es único y no puede presentar aleatorización.

10.2.9 Procedimiento

1. Se da inicio con una presentación y una introducción sobre el proyecto que permita al participante la contextualización en el área de producción de la empresa Vacusonic Biotech Ltda.
2. Se muestra el prototipo funcional y se explican algunas características de este. De forma breve, se describe la prueba y los objetivos de la misma y se inicia la filmación de la prueba.
3. Se solicitan las actividades especificadas al participante.
4. Se registra el número de actividades importantes realizadas (efectividad) y el tiempo que tardan en realizar cada actividad (eficiencia).
5. Finalizadas las actividades, se presenta un breve cuestionario al participante.

Figura 91. Aplicación de prueba de usabilidad.

En la figura 91 se presentan fotografías tomadas durante el desarrollo de la prueba de usabilidad con los trabajadores de la empresa y a continuación, se muestra el formato del auto reporte presentado a los usuarios.

PRUEBA DE USABILIDAD SOLDADOR ELECTRÓNICO EXTRACTOR DE GASES RESIDUALES.

Nombre _____

Actividades a realizar

1. Activar o encender la transferencia de calor.
2. Encender el sistema de extracción.
3. Usar la herramienta en un procedimiento regular de soldadura blanda en un equipo electrónico.
4. Apagar el sistema de extracción.
5. Aislar la punta metálica para proteger.
6. Desactivar la transferencia de calor.

Cuestionario

¿Considera fácil de activar y desactivar el sistema de extracción de humo?

Difícil _____ Fácil

¿Considera fácil de usar el mecanismo para tapar y destapar la punta metálica?

Difícil _____ Fácil

¿Considera fácil o difícil visualizar el punto de soldadura?

Difícil _____ Fácil

¿Considera fácil la activación y desactivación del sistema de transferencia de calor?

Difícil _____ Fácil

10.2.10 Resultados Prueba

Como se presenta en la figura 92, el modelo funcional usado durante las pruebas de uso incluye algunos cambios, como el pulsador, la salida del cable de alimentación, el pulsador para la activación del sistema de extracción y un recubrimiento en la pieza de la tapa para mejorar la temperatura durante el uso.

Figura 92. Modelo funcional durante las pruebas de uso.

Las pruebas realizadas generan resultados de cumplimiento de actividades, tiempo en segundos y satisfacción percibida por los usuarios en una escala de 0 a 10, representando 0 dificultad de uso y 10 facilidad de uso. A continuación, se pueden observar los resultados.

Tabla 20.

Resultados usabilidad: Participante 1

Participante 1	Yuri Alexander Perez			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	7 segundos	5 segundos	3 segundos	12 segundos
Satisfacción (0 – 10)	10	10	9,3	9,8

Tabla 21.

Resultados usabilidad: Participante 2

Participante 2	John Alex García			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	8 segundos	4 segundos	5 segundos	8 segundos
Satisfacción (0 – 10)	10	9,6	10	10

Tabla 22.

Resultados usabilidad: Participante 3.

Participante 3	Joao Leandro Garrido			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	13 segundos	8 segundos	10 segundos	9 segundos
Satisfacción (0 – 10)	9	8,1	9,4	9,7

Tabla 23.

Resultados usabilidad: Participante 4.

Participante 4	Alexander Contreras			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	15 segundos	10 segundos	4 segundos	16 segundos
Satisfacción (0 – 10)	10	8,7	10	9,2

Tabla 24.

Resultados usabilidad: Participante 5

Participante 5	Olinda Bayona			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	16 segundos	7 segundos	5 segundos	9 segundos
Satisfacción (0 – 10)	9,8	9,3	8,8	8

Tabla 25.

Resultados usabilidad: Participante 6

Participante 6	Paula Rodríguez			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	8 segundos	5 segundos	9 segundos	17 segundos
Satisfacción (0 – 10)	9,8	8,4	9,9	10

Tabla 26.

Resultados usabilidad: Participante 7

Participante 7	Alex Llanos			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	No realizada	Realizada
Tiempo	7 segundos	8 segundos	-	8 segundos
Satisfacción (0 – 10)	8,8	9,4	7	9,2

Tabla 27.

Resultados usabilidad: Participante 8.

Participante 8	Juan Estaban Fuentes			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	11 segundos	18 segundos	7 segundos	10 segundos
Satisfacción (0 – 10)	7,8	8,4	9,7	9

Tabla 28.

Resultados usabilidad: Participante 9.

Participante 9	Maria Rincón			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	8 segundos	5 segundos	8 segundos	15 segundos
Satisfacción (0 – 10)	8,9	9,5	8,5	9,2

Tabla 29.

Resultados usabilidad: Participante 10

Participante 10	Juan Gómez			
Aspectos	**Transferencia**	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	6 segundos	12 segundos	5 segundos	6 segundos
Satisfacción (0 – 10)	8	9,4	8,7	9,8

Con respecto a la efectividad evaluada en el producto, se generan resultados según el número de actividades realizadas correctamente por los usuarios. La siguiente tabla contiene estos datos.

Tabla 30.

Resultados efectividad.

Participante	**Número de tareas realizadas**
Participante 1	6
Participante 2	6
Participante 3	6
Participante 4	6
Participante 5	6
Participante 6	6
Participante 7	5 (tapa)
Participante 8	6
Participante 9	6
Participante 10	6

Como se puede identificar, únicamente un participante tuvo dificultad en realizar las actividades de aislar la punta caliente del cautín por medio del movimiento de la tapa y su ajuste por medio de los imanes. Los demás participantes realizaron la totalidad de las actividades sin errores y por lo mismo presentan una correcta legibilidad del producto.

Respecto a la eficiencia, se calculan los tiempos que le toma a cada usuario realizar las actividades designadas y se compara el promedio de tiempo de cada actividad con el tiempo que le toma a un usuario que conoce el producto y el funcionamiento del sistema realizar las mismas actividades, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 31.

Resultados eficiencia

Participante	**Tiempo en realizar tareas (segundos)**			
	Transferencia	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Participante 1	7	5	3	12
Participante 2	8	4	5	8
Participante 3	13	8	10	9
Participante 4	12	10	4	16
Participante 5	16	7	5	9
Participante 6	8	5	9	17
Participante 7	7	8	-	8
Participante 8	11	18	7	10
Participante 9	8	5	8	15
Participante 10	6	12	5	6
Promedio	**9,6**	**8,2**	**6,2**	**11**
Tiempo Experto	**10**	**5**	**5**	**12**

Todas las actividades se presentan con un promedio de tiempo muy cercano al indicado por el experto. Para el accionamiento del sistema de transferencia de calor, para el que se requiere la conexión y desconexión del enchufe del cautín, se registra un promedio de 9,6 segundos, comparado con el tiempo de 10 segundos del experto. Al mantener el accionamiento del sistema de transferencia de calor igual al del cautín convencional, la legibilidad y uso no representa dificultad para los usuarios que reconocen que conectar al objeto activa el sistema.

Para el accionamiento y uso del sistema de extracción de los residuos, se obtiene un promedio de 8,2 segundos, comparado con el tiempo de 5 segundos del experto. Aunque el promedio se registra

un poco más alto que el tiempo del experto (3,2 segundos), se considera adecuada la legibilidad del uso del pulsador para activar y desactivar el movimiento del motor y la hélice.

Para el uso del sistema de aislación de la punta metálica por medio del movimiento y ajuste de la tapa, se registra un promedio de 6,2 segundos, comparado con el tiempo del experto de 5 segundos. Como los usuarios tienen acceso visual a los imanes y se considera la presencia de los mismos durante la introducción a la prueba, logran comprender el movimiento de la tapa para aislar la punta y al realizar el movimiento, sienten la acción de los imanes que ajusta la posición.

Con respecto a la visibilidad durante el proceso de soldadura, se obtiene un promedio de 11 segundos comparado con el tiempo del experto, de 12 segundos. Los participantes realizan un punto de soldadura con el modelo funcional y elementos realizar del proceso (fundente, pasta limpiadora, elemento electrónico para soldar) y no presentan errores o inconvenientes en realizar la actividad con los sistemas de trasferencia de calor y extracción activados en el momento, por lo que se considera correcto el alcance visual del plano de trabajo.

Sobre la satisfacción registrada por medio del auto reporte llenado por los usuarios, se obtiene puntajes de 0 a 10 que indican la facilidad o dificultad percibida durante la ejecución de la prueba. En este punto, se obtienen también comentarios y observación de los usuarios con respecto al producto y al modelo funcional usado.

Tabla 32.

Resultados satisfacción

Participante	**Puntaje de 0 a 10 (0 difícil y 10 fácil)**			
	Transferencia	**Extracción**	**Tapa**	**Visibilidad**
Participante 1	10	10	9,3	9,8
Participante 2	10	9,6	10	10
Participante 3	9	8,1	9,4	9,7
Participante 4	10	8,7	10	9,2
Participante 5	9,8	8,4	9,9	10
Participante 6	9,8	9,3	8,8	8
Participante 7	8,8	9,4	7	9,2
Participante 8	7,8	8,4	9,7	9
Participante 9	8,9	9,5	8,5	9,2
Participante 10	8	9,4	8,7	9,8
Promedios	**9,21**	**9,08**	**9,13**	**9,39**

Sobre el sistema de transferencia de calor incorporado en el diseño, de uso similar al de un cautín convencional, se obtiene un puntaje promedio de 9,21 de satisfacción de los usuarios. Los participantes expresan comodidad con el uso del sistema, que no exige cambios en la forma de activación y además genera la correcta temperatura para realizar el proceso de soldadura con normalidad; sin embargo, el modelo presenta en la tapa un aumento de temperatura durante el uso, debido a la cercanía de la pieza con la punta y al material usado para la fabricación del modelo funcional. Se presume que este aumento de temperatura en la pieza se mitiga o elimina con la fabricación del producto con materiales reales.

El sistema de extracción de residuos obtiene un puntaje promedio de 9,08. El interruptor usado para la activación y desactivación del sistema de extracción es de fácil uso y los participantes expresan comodidad con este.

Con referencia al mecanismo de movimiento y ajuste de la tapa, se presenta un puntaje promedio de 9,13. Entre las observaciones de los usuarios, se expresa comodidad y agrado por el uso de imanes para el ajuste de la tapa, que facilita el movimiento, y se identifica gran aceptación de la protección generada a quemaduras, como una característica que no incluye ningún cautín del mercado.

La visibilidad que permite el diseño formal del producto es calificada con un promedio de 9,39. Los trabajadores no perciben dificultad para el acceso visual a los componentes a soldar o al plano de trabajo, y se expresa que se mantiene una visibilidad muy similar a la ofrecida por los cautines convencionales.

11. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente proyecto se alcanzan mediante el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del mismo, la correcta ejecución de la metodología utilizada, la valiosa inmersión en el contexto real y el contacto directo con el usuario. Donde el diseño cobra vida.

Como primera medida se confirma la importancia de la práctica empresarial como alternativa en la realización de un proyecto de grado para optar al título de diseñador industrial, y más aun con el perfil que busca la escuela de Diseño Industrial de la universidad, que siempre ha destacado por el valor de llevar al estudiante a conocer y descubrir de primera mano las problemáticas existentes en la sociedad, y a hacerse protagonista en el proceso de diseño no solo desde su planteamiento, estudio, análisis y proposición sino además desde el hacer mismo, la construcción, los procesos y materiales. La colaboración brindada por la empresa Vacusonic Biotech ltda desde el punto de vista de la utilización de sus espacios y trabajadores para el desarrollo del proyecto fue muy importante.

La experiencia de trabajar en una empresa de este tipo, con la posibilidad de relacionarse con profesionales de otras áreas como la electrónica, sistemas y la medicina estética, además de re afirmar la importancia del diseño en todos los ámbitos, abre un abanico de posibilidades, y expectativas sobre todo el sin número de necesidades por satisfacer y las muchas alternativas para desempeñar nuestra profesión.

Desde el punto de vista del proyecto mismo y del resultado alcanzado el balance es positivo, ya que el modelo de la pieza de mano cumple de buena manera con los objetivos planteados, brindando una solución eficaz a una problemática que a pesar de su evidente gravedad no recibe

la importancia que debiera. Ni los empleadores, ni los empleados son conscientes de las consecuencias que acarrea la no ejecución de soluciones inmediatas en esta área.

Igualmente cabe resaltar el uso y manejo de las herramientas CAD a lo largo del proceso de diseño, parte fundamental en la generación de alternativas, el diseño de detalles y el preciso acercamiento que permite en términos dimensionales.

Finalmente se debe destacar el aporte de los usuarios, eje fundamental para la realización de este proyecto, y aún más en este caso que son profesionales en electrónica, su participación a lo largo del proyecto, desde la inmersión en el contexto, las distintas comprobaciones y finalmente la prueba del resultado final fueron muy importantes, percibir su satisfacción al momento de usar la propuesta final y la valoración del diseño para mejorar su condición laboral y de salud, es el resultado más importante.

Referencias Bibliográficas

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 4770 Buford Hwy NE Atlanta, GA 30341 USA.

Alley Roberts y Associates, Inc. (2000). *Manual de control de la calidad del aire*. México, D. F.: Mc Graw Hill

Baird, C. (2004). *Química ambiental*. Barcelona: Reverté S. A.

Blanc, P. MSPH, FCCP. (1997). *Inhalation Fever*. Lesson 1, Volume 12 ó Inhalation Fever.

Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas.* México: Prentice–Hall Hispanoamericana, S.A.

Hernández, G. (2007). *Manual del soldador*. Madrid, España.

Herrera, F. (2010). *Ciencia de los polímeros*. Universidad Anáhuac. Recuperado de http://educommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/ciencia-de-los-materiales-y-metalurgia/ciencia-de-los-polimeros/tema-2.-polimeros-termoplasticos-y-termoestables

Hjarto, E. Qvist, J. Bud MI et al. (1988). *ARDS after accidental inhalation of zinc cholirde smoke*. Intensive Care Med 1988.

Jones, K., Garfitt, S. J., Calverley, A., Channa, K., y Cocker, J. *Identification of a possible biomarker for colophony exposure Occup*. Med., 2001; 51, 507-509

Kalpakjiam, S., y Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación, S.A.

López, J. (2012). *Módulo 17. Hélices*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Los álabes de nuestras bombas. (20 de agosto de 2015). Bombero 13. Recuperado de https://elbomberonumero13.wordpress.com/2015/08/20/los-alabes-en-nuestras-bombas/

Lahidalga, J. (sf.) *Ventiladores centrífugos*. ACTA Recuperado de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/059095.pdf

Velez LI, O'Connell EJ. Heavy metals. In: Marx JA, Hockberger RS, Walls RM, et al, eds. Rosen's *Emergency Medicine: Concepts and Clinical Practice*. 8th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2014: chap 157.

Peña, C. (2014). *Ventiladores centrífugos*. Recuperado de https://es.slideshare.net/cargaspemu/ventiladores-37249137

Salvi SS, Barnes PJ. *Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers*. Lancet 2009;374(9691): 733-743.

Seymour, R., y Carraher, C. (2002). *Introducción a la química de los polímeros.* Barcelona, España: Editorial Reverte, S.A.

Ventilación. (sf.) Universidad Nacional Experimental de Táchira. Recuperado de http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm

Weininger, S., y Stermitz, F. (1988). *Química orgánica*. Barcelona, España: Editorial Reverte, S.A.

3M Salud ocupacional y salud ambiental. Soluciones integrales para protección respiratoria. (2017). 3M. Ciencia. Aplicada a la vida. Recuperado de http://multimedia.3m.com/mws/media/885200O/3m-salud-ocupacional-y-seguridad-ambiental.pdf