

**Estación modular de torno y decoración de piezas cerámicas para taller de enseñanza en
educación superior**

Camila Nicolle Barco Currea

Trabajo de Grado para Optar el Título de Diseñador Industrial

Director

Vaslak Rojas Torres

MSc. en Ingeniería de Materiales

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2018

Tabla de Contenido

Introducción	16
1 Planteamiento del problema de diseño	19
1.1 Planteamiento del problema	19
2 Objetivos	22
2.1 Objetivo general	22
2.2 Objetivos específicos	22
3 Marco teórico	23
3.1 Proceso de modelado en torno	23
3.2 Proceso de decorado	25
4 Revisión tecnológica de lo existente	28
4.1 Tornos	28
4.2 Tornetas y puesto de trabajo	35
5 Metodología	44
5.1 Fase de recolección de datos y análisis	44
5.2 Fase de desarrollo	44

ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA	5
5.3 Fase de fabricación	45
5.4 Fase de evaluación	45
6 Observación y análisis	46
6.1 Declaración de la misión	46
6.2 Generalidades del torno	47
6.3 Elementos indispensables según función	49
6.4 Consideraciones	51
6.4.1 Posturas	51
6.4.2 Controladores	55
6.4.3 Antropometría	59
6.4.4 Ruido industrial	68
6.4.5 Protecciones en máquinas	69
6.4.6 Riesgos eléctricos	72
6.4.7 Iluminación	73
6.4.8 Vibración	75
6.4.9 Peso	76
6.5 Necesidades del cliente	77
6.6 Determinaciones para el proyecto	91
6.6.1 Tiempo de trabajo	91
6.6.2 Tamaño de las piezas	92
6.6.3 Tipos de decorado	92

ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA	6
7 Requerimientos	94
7.1 Atributos de diseño	94
7.1.1 Requerimientos de uso	94
7.1.2 Requerimientos de función	99
7.1.3 Requerimientos de técnico-productivos	103
7.1.4 Requerimientos estructurales	105
7.1.5 Requerimientos formales	108
8 Desarrollo y evaluación de alternativas	108
8.1 Principales mecanismos y sistemas en el mercado	108
8.2 Descripción de las alternativas	110
8.2.1 Concepto 1	110
8.2.2 Concepto 2	116
8.2.3 Concepto 3	121
8.3 Evaluación de alternativas	127
9 Diseño de detalle	130
9.1 Evolución de la alternativa	130
9.2 Fabricación	144
10 Validación y verificación del sistema	147

10.1 Verificación de funcionamiento	147
10.1.1 Sistema electrónico	147
10.1.2 Sistemas mecánicos	148
10.2 Análisis de usabilidad	150
10.2.1 Objetivo	151
10.2.2 Aspectos a evaluar del diseño	151
10.2.3 Materiales	152
10.2.4 Muestra	152
10.2.5 Participantes	152
10.2.6 Variables	152
10.2.7 Proceso de aleatorización	153
10.2.8 Tareas	155
10.2.9 Procedimiento	155
10.2.10 Resultados prueba	157
10.3 Validación de postura	167
10.3.1 Objetivo	167
10.3.2 Aspectos a evaluar del diseño	167
10.3.3 Materiales	168
10.3.4 Muestra	168
10.3.5 Participantes	168
10.3.6 Variables	168
10.3.7 Tareas	169
10.3.8 Procedimiento	169

ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA	8
10.3.9 Resultado de la prueba en postura	170
10.3.10 Resultados de la prueba en uso	174
11 Correcciones	175
12 Presentación del producto final	177
13 Conclusiones finales	185
Referencias Bibliográficas	187

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación productos del mercado	42
Tabla 2. Declaración de la misión del proyecto	46
Tabla 3. Elementos indispensables según función	50
Tabla 4. Materiales e instrumentos indispensables según función	50
Tabla 5. Resultados OWAS de categoría de riesgo según muestreo	52
Tabla 6. Resultados OWAS de frecuencia relativa según posiciones	52
Tabla 7. Descripción de categorías de riesgo según frecuencia relativa	52
Tabla 8. Posibles causas de las posturas	54
Tabla 9. Tipos de control y sus funciones	56
Tabla 10. Adecuación de los controles a la acción requerida	57
Tabla 11. Selección de controladores y mandos para la estación de torno y decoración	58
Tabla 12. Dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo	59
Tabla 13. Rangos de dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo	60
Tabla 14. Complemento dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo	61
Tabla 15. Rango de las dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo	62
Tabla 16. Dimensiones preliminares para el puesto de trabajo	67
Tabla 17. Niveles mínimos de iluminación de lugares de trabajo	74
Tabla 18. Valores de exposición diaria A (8) de vibración	76
Tabla 19. Métodos para recolección de información	77
Tabla 20. Entrevista 1: enunciados y necesidades del cliente	79
Tabla 21. Entrevista 2: enunciados y necesidades del cliente	81
Tabla 22. Entrevista 3: enunciados y necesidades del cliente	84

ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA	10
Tabla 23. Entrevista 4: enunciados y necesidades del cliente	88
Tabla 24. Recopilación necesidades interpretadas	90
Tabla 25. PDS de requerimientos de uso	98
Tabla 26. PDS de requerimientos de función	102
Tabla 27. PDS de requerimientos técnico-productivos	105
Tabla 28. PDS de requerimientos estructurales	107
Tabla 29. PDS de requerimientos formales	108
Tabla 30. Alternativas de solución para principales secciones del sistema	109
Tabla 31. Escala para calificación de conceptos	127
Tabla 32. Matriz de puntuación de concepto	129
Tabla 33. Materiales y características para fabricación	145
Tabla 34. Observaciones de verificación de sistemas mecánicos	149
Tabla 35. Métodos de usabilidad para evaluación	151
Tabla 36. Actividades a realizar y seriado para su orden	154
Tabla 37. Proceso de aleatorización de actividades	155
Tabla 38. Resultados usabilidad: Participante 1	157
Tabla 39. Resultados usabilidad: Participante 2	157
Tabla 40. Resultados usabilidad: Participante 3	157
Tabla 41. Resultados usabilidad: Participante 4	158
Tabla 42. Resultados usabilidad: Participante 5	158
Tabla 43. Resultados usabilidad: Participante 6	158
Tabla 44. Resultados usabilidad: Participante 7	158
Tabla 45. Resultados usabilidad: Participante 8	159

Tabla 46. Resultados usabilidad: Participante 9	159
Tabla 47. Resultados usabilidad: Participante 10	159
Tabla 48. Resultados usabilidad: Participante 11	159
Tabla 49. Resultados usabilidad: Participante 12	160
Tabla 50. Resultados usabilidad: Participante 13	160
Tabla 51. Resultados usabilidad: Participante 14	160
Tabla 52. Resultados usabilidad: Participante 15	160
Tabla 53. Resultados usabilidad: Participante 16	161
Tabla 54. Resultados usabilidad: Participante 17	161
Tabla 55. Resultados usabilidad: Participante 18	161
Tabla 56. Resultados efectividad	162
Tabla 57. Resultados eficiencia	164
Tabla 58. Resultados satisfacción	166
Tabla 59. Resultados OWAS: Participante 1	171
Tabla 60. Resultados OWAS: Participante 2	171
Tabla 61. Resultados OWAS: Participante 3	172
Tabla 62. Frecuencia de posturas: Participante 1	172
Tabla 63. Frecuencia de posturas: Participante 2	173
Tabla 64. Frecuencia de posturas: Participante 3	173
Tabla 65. Problemas durante el uso	175

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama de proceso de modelado en torno	25
Figura 2. Diagrama de proceso de torneado y decorado	27
Figura 3. Torno mecánico con rueda inferior para accionamiento	30
Figura 4. Torno eléctrico para banco con accionamiento manual	31
Figura 5. Torno eléctrico con accionamiento de palanca	33
Figura 6. Tornetas de banco	36
Figura 7. Torneta de pie	37
Figura 8. Banco para decoración de cerámica	39
Figura 9. Marco para decoración de platos	40
Figura 10. Mecanismo casero de torno alfarero	47
Figura 11. Torno alfarero hecho en un banquillo de cocina	48
Figura 12. Referencia para aplicación de evaluación OWAS	51
Figura 13. Dimensiones preliminares para el ouesto de trabajo	68
Figura 14. Torno Entrevista 1	78
Figura 15. Torno Entrevista 2	81
Figura 16. Tornos Entrevista 3	83
Figura 17. Taller de cerámica Fundación Escuela Taller Barichara	84
Figura 18. Concepto 1: Ubicación inicial	111
Figura 19. Concepto 1: Dimensiones principales	112
Figura 20. Concepto 1: Carcasa	112
Figura 21. Concepto 1: Superficie auxiliar	113
Figura 22. Concepto 1: Inclinación de la superficie de trabajo	114

Figura 23. Concepto 1: Módulo principal del puesto de trabajo	114
Figura 24. Concepto 1: Isla de trabajo	115
Figura 25. Concepto 1: Isla de trabajo	115
Figura 26. Concepto 2: Soporte	116
Figura 27. Concepto 2: Dimensiones principales	117
Figura 28. Concepto 2: Carcasa bandeja	117
Figura 29. Concepto 2: Sistema plegable para transporte	118
Figura 30. Concepto 2: Detalles sistema plegable	119
Figura 31. Concepto 2: Inclinación de la carcasa	119
Figura 32. Concepto 2: Módulo formal principal	120
Figura 33. Concepto 2: Diseño modular	121
Figura 34. Concepto 3: Soporte estructura	122
Figura 35. Concepto 3: Dimensiones principales	122
Figura 36. Concepto 3: Transporte y almacenamiento	123
Figura 37. Concepto 3: Inclinación de la carcasa	124
Figura 38. Concepto 3: Bandeja y carcasa	124
Figura 39. Concepto 3: Soporte de carcasa	125
Figura 40. Concepto 3: Módulo formal principal	126
Figura 41. Concepto 3: Diseño modular	126
Figura 42. Torno de referencia para puntuación de conceptos	128
Figura 43. Alternativas para estructura	130
Figura 44. Geometrías alternativas para estructura	131
Figura 45. Evolución del diseño: Estructura	131

ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA	14
Figura 46. Evolución del diseño: Dimensiones principales	132
Figura 47. Evolución del diseño: Ajuste de altura	133
Figura 48. Evolución del diseño: Detalle ajuste de altura	133
Figura 49. Evaluación del diseño: Niveles ajuste de altura	134
Figura 50. Evolución del diseño: Bandeja y controles	135
Figura 51. Evolución del diseño: Ruedas	135
Figura 52. Evolución del diseño: Encaje	136
Figura 53. Evolución del diseño: Almacenamiento	136
Figura 54. Evolución del diseño: Eje de soporte	137
Figura 55. Evolución del diseño: Ángulos de inclinación	137
Figura 56. Evolución del diseño: Salida de alimentación	138
Figura 57. Evolución del diseño: Cable de alimentación	138
Figura 58. Detalle del diseño: Sección superior del plano de trabajo	139
Figura 59. Detalle del diseño: Sección superior del asiento	140
Figura 60. Detalle del diseño: Sección inferior del plano de trabajo y del asiento	140
Figura 61. Detalle del diseño: Carcasa	141
Figura 62. Detalle del diseño: Estructura interna de la carcasa	142
Figura 63. Detalle del diseño: Bandeja	142
Figura 64. Detalle del diseño: Plato giratorio	143
Figura 65. Detalle del diseño: Eje de soporte para inclinación	143
Figura 66. Detalle de diseño: Corte del eje de soporte de inclinación	144
Figura 67. Proceso de unión de partes de madera	145
Figura 68. Piezas de madera sin acabado	146

ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA	15
Figura 69. Diseño fabricado	146
Figura 70. Diagrama esquemático del circuito electrónico	147
Figura 71. Diagrama guía de los elementos de la PCB	148
Figura 72. Ajuste de altura en el modelo funcional	149
Figura 73. Gráfica de efectividad	163
Figura 74. Fotografías prueba de uso	170
Figura 75. Producto final: Conjunto	177
Figura 76. Producto final: Regulador de altura	178
Figura 77. Producto final: Agarradera y salida de alimentación y pedal	179
Figura 78. Producto final: Interruptor y perilla	180
Figura 79. Producto final: Plano de trabajo explosionado	181
Figura 80. Producto final: Asiento y detalle de mango	182
Figura 81. Producto final: Superficie auxiliar	183
Figura 82. Producto final: Plano de trabajo, asiento y superficie auxiliar	184

RESUMEN

TÍTULO: ESTACIÓN MODULAR DE TORNO Y DECORACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS PARA TALLER DE ENSEÑANZA EN EDUCACIÓN SUPERIOR*

AUTOR: CAMILA NICOLLE BARCO CURREA**

PALABRAS CLAVE: TORNO, CERÁMICA, MODULAR.

DESCRIPCIÓN:

La versatilidad que permiten los materiales cerámicos dentro de sus procesos de fabricación y transformación para la producción de objetos, mantiene activas hasta hoy diferentes técnicas artesanales y manuales de las que surgen elementos sanitarios, decorativos, de mesa, de construcción, entre otros.

Dentro de los procesos de modelado de los materiales cerámicos se encuentra en modelado en torno, que por medio de un sistema de revolución horizontal genera un plano de trabajo de giro sobre el cual se modela el material. El modelado en torno es una de las técnicas manuales que ofrece mayor rapidez y facilidad para la producción en serie y su conocimiento y práctica dentro del aprendizaje del diseño industrial resulta fundamental para la correcta proposición de productos de este material.

Por medio de una metodología proyectual se desarrolla un diseño formal y funcional de un torno para cerámica que permite también la aplicación de decoraciones. Tras la definición de características y atributos se alcanza y fabrica un diseño preliminar del producto, con el cual se desarrollan pruebas de validación y verificación en el contexto de los TDI de la UIS. El producto final es una estación de trabajo que cuenta con características propias para su adecuado uso dentro de un ambiente de aprendizaje y enseñanza, como talleres, escuelas o instituciones dispuestas para la transmisión de teoría y práctica del material.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Vaslak Rojas Torres, Diseñador Industrial.

RESUMEN

TITLE: MODULAR POTTER'S WHEEL AND CERAMIC PIECE'S DECORATION STATION FOR POST-SECONDARY EDUCATION LEARNING WORKSHOP.*

AUTHOR: CAMILA NICOLLE BARCO CURREA**

KEY WORDS: POTTER'S WHEEL, CERAMIC, MODULAR.

DESCRIPTION:

The versatility that ceramic materials allow within their manufacturing and transformation processes for objects' production, keeps up to date different handcrafted and manual techniques from which arise sanitary, decorative, table, construction, among others elements.

Within the processes of modeling ceramic materials there is the potter's wheel, which is based on a horizontal revolution system that generates a working plane of rotation on which the material is modeled. The potter's wheel is one of the manual techniques that offers more speed and ease for assembly-line production and its knowledge and practice in the industrial design learning is fundamental for the correct proposal of products in this material.

Through a projectual methodology, a formal and functional potter's wheel design, which also allows the application of decorations, is developed. After the definition of characteristics and attributes, a preliminary design of the product is reached and manufactured, with which validation and verification tests are developed under UIS' TIS context. The final product is a work station that has its own characteristics for its proper use within a learning and teaching environment, such as workshops, schools or institutions willing to transmit the theory and practice of the material.

*Bachelor Thesis.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: Vaslak Rojas Torres, Industrial Designer.

Introducción

La etimología de la palabra cerámica traduce de su origen griego “sustancia quemada”. Por medio de la acción de altas temperaturas el barro transformado en frío, modelado, moldeado, perfilado y decorado se convierte en un material de gran resistencia, fragilidad y versatilidad. En los sectores de mayor cabida para este material se encuentran productos como: la cerámica para construcción, la cerámica sanitaria, la cerámica decorativa, la cerámica de mesa, los productos refractarios, entre otros.

En su comienzo como un material suave y frío, el barro permite la aplicación de diferentes técnicas y procesos de transformación; esta facilidad de manejo que mantiene contacto directo con las manos de quien modifica su forma hace posible la conservación de los trabajos artesanales y manuales para la creación de piezas cerámicas.

Indicando una importancia social, económica y académica del material, se propone el proyecto de investigación en Diseño Industrial para el desarrollo de un puesto de trabajo destinado al modelado en torno y la aplicación de diferentes técnicas de decoración para la conformación de espacios educativos como talleres, escuelas o instituciones de nivel superior que promuevan el aprendizaje de técnicas de producción de piezas cerámicas.

1 Planteamiento del problema de diseño

1.1 Planteamiento del problema

La gran versatilidad que permite la manipulación de los cerámicos posibilita tanto el trabajo manual como la producción tecnificada, y hacen de este un material ideal tanto para el arte como para la industria. Su importancia dentro del arte se hace evidente al considerar que con la cerámica se generan formas artísticas que permiten utilizar directamente el espacio real (formas tridimensionales) y debido a esto, exigen al artista o ejecutor (o diseñador) el emparejamiento de la percepción y la imaginación con los conocimientos prácticos y técnicos (Midgley, 1993). Dentro de la industria, la importancia de la cerámica radica en su estrecho vínculo con el sector de la construcción, mediante el cual se proporcionan elementos para el revestimiento de pisos y paredes así como productos de porcelana sanitaria (Departamento Nacional de Planeación de Colombia, 2004).

Considerando la importancia de la cerámica en el arte y la industria es posible identificar la pertinencia del conocimiento de aspectos generales y específicos del material para dos ámbitos fundamentales, en los que se basa este proyecto: en primer lugar, la cerámica para el diseño industrial; y en segundo lugar, la cerámica para la sociedad.

La cerámica dentro del diseño industrial representa no solo una herramienta para la creación de formas de uso temporal, sino también un material de gran cabida dentro de la industria, que requiere de un considerable conocimiento de sus características para la correcta proposición de nuevos productos y diseños. Hoy como siempre, para proponer y hacer uso de materiales cerámicos es tan necesario su conocimiento como el respeto por sus cualidades (Midgley, 1993).

De igual forma, la cerámica como una técnica importante dentro de la sociedad colombiana, constituye una de las principales actividades laborales de muchos colombianos. Esto se observa en la evolución del empleo y la producción de la cadena de la cerámica. Entre 1993 y 2001, el número de establecimientos que conformaron la cadena de la cerámica aumentó, pasando de 52 establecimientos en 1993 a 57 en 2001. (Departamento Nacional de Planeación de Colombia, 2004). El municipio de Ráquira evidencia la importancia social y económica de la cerámica en el país. Ráquira cuenta con una tradición alfarera reconocida a nivel nacional, mantiene importancia turística por su oferta artesanal propia de cerámica y tejeduría, e incluso implementa programas educativos orientados a la capacitación artesanal (Programa Educativo Institucional, PEI) en algunos de sus establecimientos educativos (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Artesanías de Colombia, 2005). Sin embargo, diferentes factores son vistos como dificultades o falencias dentro del sector, y entre ellos se encuentran que el aprendizaje de nuevos manejos de gestión empresarial y desarrollo tecnológico se ven limitados por el bajo nivel académico de los artesanos (64.76% sólo han cursado primaria completa o incompleta).

Dentro de las técnicas de producción predominan el modelado, el torneado (modelado en torno) y modelado en rollos. El torno se usa principalmente en el casco urbano. Dentro de la especialización técnica de la población que se dedica a la fabricación de piezas cerámicas el manejo de tornos se realiza por parte del 30.87%; el manejo de moldes por un 20.46%; el trabajo únicamente manual, por el 66.10%; y el trabajo con apoyo mecánico por el 33.89% (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Artesanías de Colombia, 2005).

Dentro de la alfarería y el trabajo manual o artesano de la cerámica, el modelado en torno cerámico es una de las técnicas más usadas para la creación de piezas en serie (Fundación

EMPREMIN, 2009), sin embargo, se hace indispensable para su desarrollo el uso de la máquina, ya sea mecánica o eléctrica. El torno permite la creación de piezas en un menor tiempo comparado con otras técnicas manuales, y por medio del movimiento circular ofrece un abanico de posibilidades formales para la creación. El modelado con torno es el reto más difícil con que se encuentra el alfarero o ceramista (Midgley, 1993) y su enseñanza y conocimiento requiere de la constancia, práctica y paciencia de un arte que aun hoy se transmite de generación en generación.

Con el objetivo de diseñar una máquina que de forma integral permita el desarrollo y la aplicación de técnicas artesanales y manuales haciendo uso de materiales cerámicos para servir como apoyo durante procesos de enseñanza, se da inicio a la planeación y ejecución del siguiente proyecto.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar y construir una estación modular de torno y decoración para apoyar la enseñanza y el trabajo práctico de la manufactura de materiales cerámicos en los Talleres de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander siguiendo una metodología proyectual.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar los conceptos y fundamentos de los procesos de manufactura de cerámica especificados e identificar los principios teóricos de los sistemas de torno y decoración, usuarios, contexto de uso.
- Proponer una alternativa formal y funcional para el sistema de torno y decoración según requerimientos y especificaciones.
- Implementar la propuesta con el fin de obtener un modelo funcional del sistema modular de torno y decoración.
- Verificar y validar el funcionamiento del modelo funcional del sistema modular de torno y decoración.

3 Marco teórico

3.1 Proceso de modelado en torno

El proceso de torneado da inicio con la preparación de la arcilla. La arcilla para el modelado en torno debe ser plástica y no estar demasiado seca (Midgley, 1993). Entre los diferentes tipos de arcilla disponibles para el proceso de torneado, son comúnmente usados la arcilla de gress, el caolín o arcilla de China, la arcilla refractaria, la arcilla de bola, la bentonita, la arcilla natural y la tierra roja o arcilla de alfarero. La selección de la arcilla depende de las propiedades que requiera el objeto a fabricar, los costos, entre otras características. Según el autor Barry Midgley, en su libro *Guía Completa de Escultura, Modelado y Cerámica: Técnicas y Materiales*, el siguiente paso es el amasado, el cual se realiza para lograr la perfecta unión de las partículas de arcilla con el agua de trabajo y asegurar su homogeneidad; a continuación, se toman pequeños terrones de arcilla y se amontonan hasta formar bolas de un diámetro entre 10 y 15 cm (1993). En el centro del torno, se toma la bola de arcilla y se oprime con fuerza; esta operación se llama “*centrado*” y requiere de técnica y experiencia por parte del ceramista, ya que sin una correcta ubicación de la arcilla no es posible el modelado de los objetos. Mientras se manipula la arcilla ésta deberá estar en todo momento humedecida con barbotina o agua, pero el uso continuo del agua provoca un reblandecimiento que hace en algunos casos, y según el tipo de arcilla, desmoronarse las paredes a consecuencia de su exceso (De Matos Carrasco, 2001). La siguiente operación es el “*aconado*”, que se realiza con las dos manos sobre la arcilla ejerciendo presión y elevando la bola de arcilla a una forma de cono; esta operación se repite varias veces para asegurar una consistencia uniforme. Una vez terminado el aconado, se ubica un pulgar en la parte central superior de la arcilla, se ejerce fuerza hacia abajo y continuamente hacia afuera formando la base de la pieza. Para terminar, el pulido, retorneado, acabado, o desbastado es una operación que alisa la superficie. Se efectúa

cuando la pieza se ha secado lo suficiente para poder manejarla sin riesgo de deformación (De Matos Carrasco, 2001); elimina el exceso de espesor y brinda mayor definición a la forma.

El proceso de modelado con torno puede variar según la forma y el tamaño de la pieza a fabricar, sin embargo, es posible definir pasos generales requeridos para llevar a cabo el trabajo. Se han identificado 8 pasos del modelado en torno a partir de la descripción del proceso que presenta el autor Barry Midgley.

1. Preparación de la arcilla: la arcilla debe encontrarse en un estado plástico, no demasiado seca, con un grano no tan fino y bien amasado para pasar al torno.
2. Ubicación de la arcilla: se toman varias porciones pequeñas de arcilla hasta obtener una bola de 10 a 15 centímetros de diámetro sobre el torno.
3. Se aprieta la arcilla con fuerza buscando ubicarla en el centro del torno. Se le da forma de como apretando las manos y usando agua.
4. Centrado: Apoyando firmemente los brazos en la mesa o el cuerpo, se trata de ubicar la arcilla en el centro del torno para modelarla correctamente.
5. Aconado: Apretando las manos y con movimientos precisos se busca obtener una forma de cono. Este proceso de repite varias veces para lograr una consistencia uniforme en la arcilla.
6. Base: Con el pulgar en la parte superior en el centro de la bola, se aprieta hacia abajo, a dos centímetros de la mesa, y se fuerza el pulgar hacia afuera para obtener la base de la vasija o pieza.
7. Levantar las paredes: con el pulgar en el interior y los demás dedos en el exterior se levanta un anillo grueso de arcilla para formar las paredes de la vasija. La pieza final tiene las paredes más gruesas en la base y adelgazan al acercarse al borde.
8. La pieza se separa del torno con un alambre tensor por debajo de atrás a adelante.

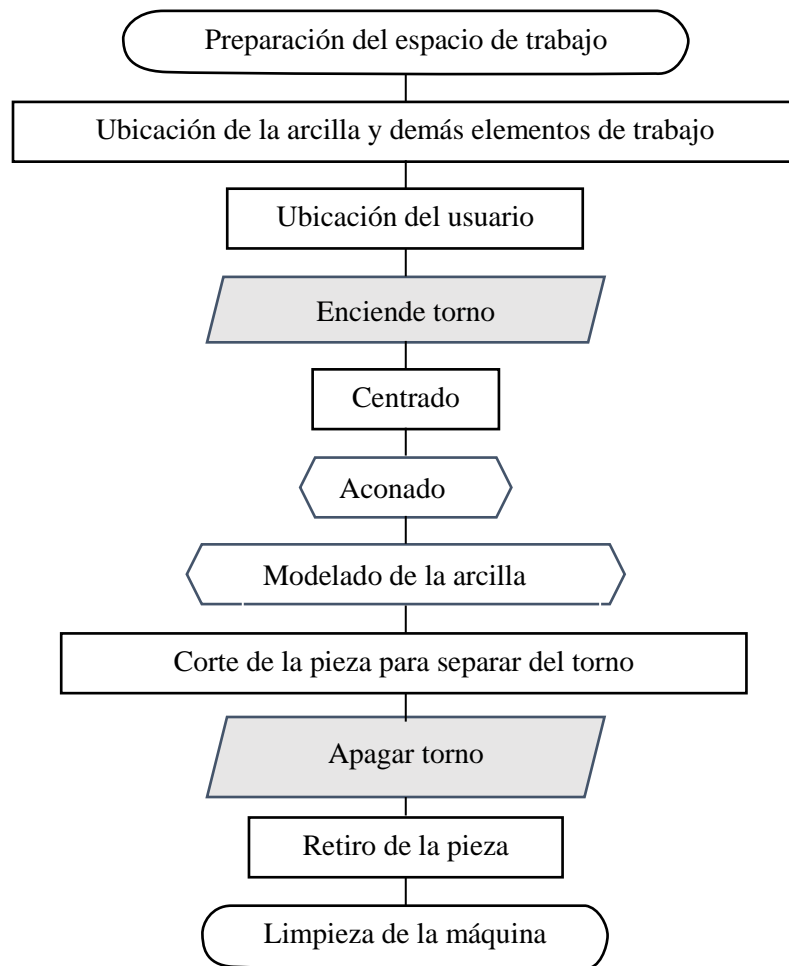


Figura 1. Diagrama de proceso de modelado en torno.

3.2 Proceso de decorado

Según explica la Licenciada Florencia Melo en su material de cátedra elaborado para el taller de cerámica contemporánea, existen diferentes técnicas y procesos para la decoración de piezas cerámicas: se pueden realizar decoraciones sobre pasta húmeda, semi seca, bajo cubierta, sobre cubierta, empleando atmosferas reductoras (rakú), por medio de engobes, con pátinas (colorantes cerámicos, óxidos y pigmentos bajo cubierta), entre otros. Por medio de la cubierta, que es el proceso final de aplicación a la cerámica, se pretende tapar o sellar los poros del material dándole

impermeabilidad, belleza, dureza y resistencia al ambiente, y además, permite el manejo de ornamentos estéticos sobre las piezas.

El barniz y el esmalte, que son dos recubrimientos para la cerámica, con borosilicato de plomo (boro, sílice y plomo) y borosilicato de plomo con estaño respectivamente. El proceso de esmaltado específicamente, se realiza una vez las piezas moldeadas han sido cocinas por primera vez. Se requiere de gran limpieza en las piezas, la eliminación de cualquier tipo de residuo o polvo e incluso de grasa. El esmalte tiene una presentación en polvo y por lo tanto es necesario realizar una mezcla con agua para su preparación teniendo en cuenta la proporción adecuada; el esmalte no se disuelve, queda en suspensión y requiere de un constante movimiento durante su aplicación. Para su aplicación se hace uso de un pincel según el diseño señalado por el usuario. Es necesario limpiar las bases de todos los objetos y dejarlos libres de esmalte, ya que este se puede adherir durante el horneado. Entre otros procedimientos para el esmaltado, es posible realizarlo por medio de baño, inmersión y pulverización (Melo, 2012).

Para el proceso de decorado se consideran diferentes formas de aplicación para los diversos barnices y esmaltes, entre los que se encuentran la inmersión, el vertido, la aspersion, la aplicación con pincel, entre otros. Con el fin de analizar el proceso de decorado, se realiza un análisis de la aplicación de barnices y esmaltes con pincel:

1. Preparación del diseño sobre la pieza para obtener una guía.
2. Ubicación de la pieza según forma y diseño (plato, vasija, pocillo). Uso de marco, elementos escualizables o prensas para asegurar la pieza cuidadosamente.
3. Preparación de barnices o esmaltes según la presentación disponible (en polvo o líquidos).

4. Aplicación de pinturas sobre la pieza según el diseño. Este momento requiere del cambio de posición de la pieza con el fin de alcanzar las diferentes zonas de la misma.
5. Se retira la pieza del lugar una vez seca.

Respecto al proceso de **torneado**, mediante el cual se realizan modificaciones en las piezas modeladas por medio de cortes y perfilados, se consideran como pasos del proceso los siguientes:

1. Ubicación de la pieza en sobre la torneta, procurando el cuidado de la pieza.
2. Haciendo uso de las herramientas y con la torneta girando, se define la forma de la pieza.
3. Se retira la pieza del lugar tras verificar forma y espesor requeridos.

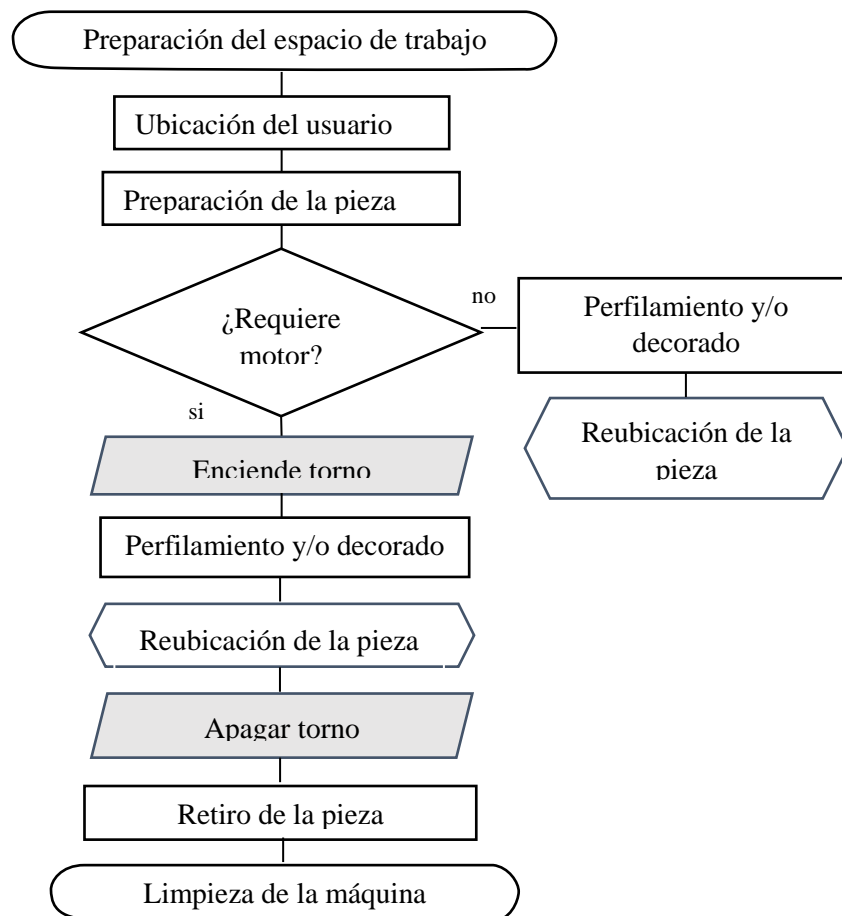


Figura 2. Diagrama de proceso de torneado y decorado.

4 Revisión tecnológica de lo existente

4.1 Tornos

Para llevar a cabo la totalidad del proceso de torneado, es fundamental el uso del torno. El torno alfarero es un sistema de revolución horizontal que permite el moldeado sobre material cerámico blando y maleable con una estructura rígida como soporte, y cuyo movimiento se puede generar de forma manual o por un sistema mecánico. Básicamente, la expresión <<modelado en torno>> designa la técnica en que se utilizan las manos para dar forma a una bola de arcilla blanda sobre una rueda giratoria (Midgley, 1993).

Esta máquina limita al hacedor a la realización de cuerpos simétricos axiales basados en giros de revolución: cono, cilindro, esfera, disco, y su combinatoria para obtener curvas continuas y simétricas. Una vez modeladas las formas pueden ser intervenidas de modos diversos: adosando picos, asas y mangos como en jarras, jarros y tazas, o conformando por separado las diferentes partes para luego ser ensambladas como en teteras y botijos (Schvartz, Jordán, p. 2, párr, 3).

El torno alfarero es una máquina de gran sencillez, con un mecanismo básico de revolución y un sistema de transmisión de movimiento. Gracias a esta característica, la mayor diferencia entre los diferentes tipos de tornos alfareros se encuentra en su forma de generación de movimiento y se identifican tres tipos según el modo de giro de la rueda: por medio de la mano, por medio del pie y por medio de motores ya sean eléctricos o combustión. El torno primitivo consistió en un simple disco giratorio de piedra o terracota, apoyado en el suelo sobre otra piedra o base de madera dentro de la cual se insertaba un eje (De Matos Carrasco, 2001); para su accionamiento se usaban las manos, y la altura del torno obligaba al alfarero a trabajar de cuclillas. Posteriormente el torno

evolució cobrando altura, permitió al alfarero el trabajo en postura sedente y cambió la forma de accionamiento del sistema al incluir otra rueda en la parte inferior del torno para ser impulsada con el movimiento de los pies, dejando las manos libres para facilitar el proceso del modelado. Unas décadas atrás se introdujo el uso de motores para el accionamiento del torno, con lo que se obtuvo ventajas respecto a sus predecesores: una mayor velocidad de giro, una velocidad constante, reducción de la vibración de la platina, mayor precisión durante el modelado y libertad de movimiento para el alfarero.

En el mercado actual, es posible encontrar tornos alfareros con los diferentes sistemas de accionamiento anteriormente mencionados y de diversas marcas. Entre los principales se encuentra el torno de pie, el torno eléctrico de pedal, el torno eléctrico de banco y el torno eléctrico de palanca, y estos serán descritos a continuación. Cabe resaltar que la disponibilidad de los tornos alfareros en la ciudad de Bucaramanga, Colombia es baja, requiere de pedidos de otros países y esto aumenta su costo; sin embargo, la sencillez del sistema facilita su fabricación casera, y se podría llegar a suponer que este tipo de tornos se fabrican de forma independiente en algunas zonas del país:

En Boyacá, departamento de Colombia, existen varios sectores productivos informales, uno de ellos está conformado por los grupos familiares dedicados al oficio de la alfarería tradicional, ubicados principalmente en las ciudades de Tunja, Sogamoso y Ráquira. Allí se elaboran elementos para la industria de la construcción y utensilios ornamentales y utilitarios para el consumo local y para la industria del turismo (Rojas, 2011).



Figura 3. Torno mecánico con rueda inferior para accionamiento. Fuente: Big Ceramic Store. Tienda en línea. Estados Unidos. Tomado de: <http://www.bigceramicstore.com/skutt-kickwheel-dismantled-15840.html>

En la figura 3 se puede observar un torno alfarero de accionamiento mecánico. Según las especificaciones del proveedor (referenciado en la fuente), se tiene en cuenta que este torno incluye una rueda en la parte inferior para transmitir el movimiento por medio de los pies. Adicionalmente, cuenta con una estructura de aluminio, una platina para la ubicación de la arcilla, una superficie de madera para la disposición de elementos adicionales para el trabajo de torneado, soportes metálicos para los pies en la parte inferior y una superficie de madera para la ubicación del alfarero en postura sedente (disponible con altura graduable). El precio aproximado del torno es \$1'900.000 pesos colombianos (660 dólares, sin incluir costos de envío) y cuenta con 4 años de garantía.

Las principales desventajas de este tipo de tornos (de accionamiento con el pie) son la velocidad de trabajo, que resulta inconstante y menor, la disminución de la precisión de trabajo por parte del alfarero debido a la obligación de realizar movimientos paralelos, y la generación de una fatiga física para el operario; sin embargo, este torno resulta de menor costo debido a que no requiere de motor ni de diseño electrónico, además de resultar más liviano (250 libras, según especificación del proveedor) y por lo mismo más versátil, no cuenta con una estructura robusta. El hecho de que incluya una silla o superficie para la ubicación del usuario genera la conformación de una zona o estación de trabajo, y no únicamente de una máquina independiente.



Figura 4. Torno eléctrico para banco con accionamiento manual. Fuente: Dickblick. Tienda con plataforma en línea. Estados Unidos. Tomado de: <http://www.dickblick.com/products/shimpo-aspire-pottery-wheel/#photos>

En la figura 4 se presenta un torno eléctrico para banco con accionamiento manual denominado Shimpo Aspire. El torno debe ser ubicado sobre otra superficie (mesa o soporte), por lo que cuenta con dimensiones reducidas. Las especificaciones del producto, según la descripción que presenta el proveedor (plataforma en línea referenciada en la fuente), tiene una capacidad de 20 libras,

disponible con una palanca de mano o pedal para su accionamiento y varias velocidades de trabajo, una bandeja de chapoteo desmontable polimérica, y estructura metálica (la cual ofrece seguridad para el sistema electrónico e impide el paso de agua); el peso de la máquina es de 25 libras y sus dimensiones de 23x37x51 centímetros y 18 centímetros de diámetro de la platina. Adicionalmente, cuenta con un 1/3 de HP y un motor de 100W DC. Su costo es aproximadamente de \$1'370.000 pesos colombianos (450 dólares, sin incluir los costos de envío) y 5 años de garantía.

Entre las ventajas de este torno se encuentran sus dimensiones reducidas, la disponibilidad de traslados y reubicación de la máquina (que permite la regulación de alturas) y la disposición de dos tipos de accionamiento según la necesidad del cliente; la bandeja de chapoteo representa mayor facilidad de limpieza para el usuario e implica que el sistema es desarmable y su disco es extraíble e intercambiable; su estructura aísla los componentes eléctricos y electrónicos de la zona de trabajo, el accionamiento del producto es simple y su diseño electrónico ofrece varias velocidades del trabajo para el usuario. Sin embargo, el producto exige una superficie de trabajo y esto implica la necesita de un espacio previamente determinado para su uso. Igualmente, sus piezas y dimensiones limitan a los operarios a la fabricación de piezas pequeñas y de un peso que no supere la fuerza del motor. El producto se presenta como una máquina de trabajo individual e independiente, no incluye ningún tipo de unión o sincronización con máquinas similares y no ofrece un espacio independiente de trabajo ni una ubicación para el operario; igualmente, el producto no ofrece otras superficies o espacios para la ubicación de herramientas o elementos que puedan ser usados durante el proceso de torneado o para las piezas torneadas terminadas.



Figura 5. Torno eléctrico con accionamiento de palanca. Fuente: Evisos. Tienda en línea. Argentina.

Tomado de: <http://la-paternal.evisos.com.ar/torno-alfarero-electrico-profesional-o-casero-id-775720>

En la figura 5 se puede observar un torno eléctrico con accionamiento de palanca de marca Novitec (empresa dedicada a la fabricación de tornos alfareros, Shablón y cuchillas, radicada en la provincia de Buenos Aires, Argentina, referenciada en la fuente), disponible en plataformas en línea. El torno alfarero, según las especificaciones que presenta el proveedor posee una manija o palanca de fácil accionamiento, con un freno interno permite elegir la velocidad de la platina, cuanta con un motor monofásico blindado de 0,5 HP y 220V, ofrece una superficie fácil de limpiar, con una sólida estructura metálica; cuenta con una platina de 29 centímetros de diámetro; incluye en la mesada un recipiente para agua extraíble y asegura una alta precisión a bajas RPM, permitiendo esmaltado y decoración de piezas. Sus dimensiones son de 48 cm de ancho x 57,5 cm de largo y 56 cm de alto. El costo del producto no se encuentra especificado por el vendedor y requiere de envío.

Entre las ventajas de este sistema de torno alfarero se encuentran sus dimensiones, que facilitan su ubicación en la zona de uso, la posibilidad de regular la velocidad de giro, la disposición de una

superficie pequeña para la ubicación de otros elementos o herramientas necesarios para el proceso de torneado; el recipiente para agua extraíble indica que su platina o disco es desarmable y esto facilita la limpieza y el mantenimiento del producto, ofrece facilidad de transporte por medio de dos ruedas ubicadas en la parte posterior inferior del producto, con soportes fijos y estables; el material ofrece gran durabilidad y protección del sistema electrónico contra humedad, e incluye soportes antideslizantes; el gran rango de velocidades que ofrece el torno permite la incorporación de otro tipo de actividades como la decoración y barnizado de las piezas, algo que no incluyen otros productos revisados. Sin embargo, el torno resulta robusto, no incluye ningún tipo de superficie o soporte para el usuario y por lo mismo se presenta como una máquina individual e independiente; su forma de accionamiento por medio de una palanca puede llegar a dificultar el proceso de torneado, ya que requiere del uso de las manos, y estas se encuentran húmedas y sucias durante el uso del torno.

De igual forma, se tienen en cuenta como parte del estado del arte del proyecto, dos trabajos realizados en 1999 para la Escuela de Diseño Industrial: dos trabajos de grado realizados para el trabajo manual con materiales cerámicos.

El proyecto de grado titulado **Diseño y construcción de un sistema de revolución para la elaboración de piezas de yeso y pasta cerámicas**, desarrollado por Martha Leonor Orjuela Riberos, Alvaro Alfonso Vera Gonzales y como director, el profesor Rene Ortiz, tuvo como objetivo general el *“diseño y construcción de un sistema de revolución para la elaboración de piezas en yeso y pastas cerámicas con el fin de implementar los talleres de Diseño Industrial, para facilitar el conocimiento y manejo de estas técnicas”*. Entre sus objetivos específicos se encontraban el diseño y la construcción del sistema de revolución, el diseño de un elemento que

sirviera de barrera para los desechos proyectados, seleccionar y calcular el tipo de movimiento, diseñar y calcular la estructura del sistema y permitir el trabajo de torneado por el método terraja entre otros.

El producto resultado del proyecto de grado anteriormente mencionado hizo parte de los equipos y máquinas de los TDI, sin embargo, debido al deterioro y mal uso se vio dado de baja hace aproximadamente 2 años. El torno fue usado por los estudiantes durante un periodo de tiempo, y complementó los elementos de trabajo para el correcto desarrollo de las competencias de la materia, sin embargo, resultó ser un producto muy robusto, ocupaba un espacio considerable y era difícil de transportar (exigía ser levantado en su totalidad al menos por dos personas, además, no contaba con un sistema regulador de velocidad, únicamente encendía y apagaba, lo que representaba problemas para iniciar la tarea de torneado, y tras su deterioro, el interruptor se dañó. De igual forma, el torno contaba con un sistema de revolución y buscaba incluir la técnica de terraja para aumentar su funcionalidad, pero no permitía los procesos de decorado o pintura de piezas cerámicas. El producto funcionaba como una máquina individual e independiente.

De igual forma, se tiene en cuenta el proyecto titulado **Diseño y construcción de un modelo funcional de un torno didáctico para cerámica**, desarrollado por Lucía Isabel Gómez Casanova y bajo la dirección del profesor Jairo Córdoba.

4.2 Tornetas y puesto de trabajo

Entre los equipos y máquinas usados para la decoración y pintura de piezas de material cerámico se encuentra la torneta, que son discos planos que giran en sentido horizontal, se gira a mano y se utilizan para decorar platos, jarras, hacer bandas y para modelar. La cabeza de la rueda y la base se unen por un eje, que pivota sobre el pie. Esto facilita el trabajo y que se pueda decorar por todos

los lados del objeto sin tener que desplazarse (Mussi, 2015). La torneta es un equipo de fácil fabricación, por medio de un soporte con la altura indicada, una superficie circular y un sistema sencillo de giro es posible su elaboración casera.

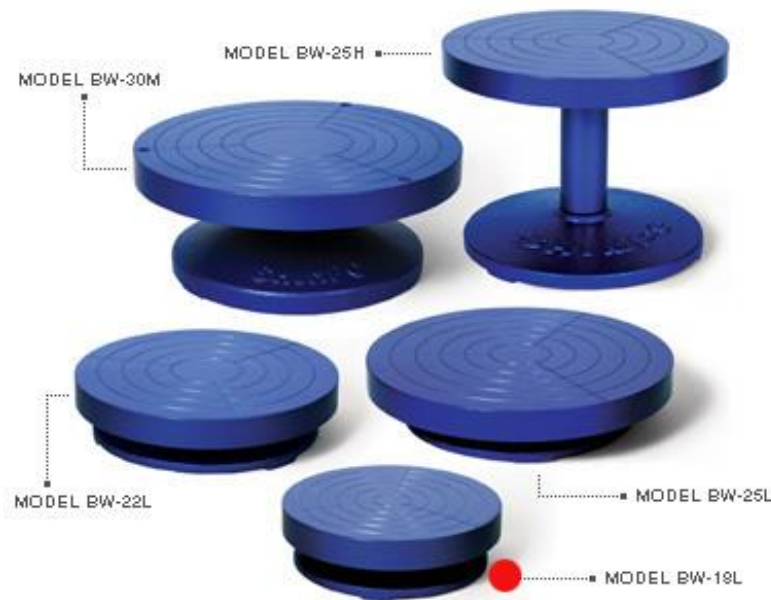


Figura 6. Tornetas de banco. Fuente: Shimpo. División de manufactura y distribución de equipo cerámico, con plataforma en línea. Tomado de: http://www.shimporceramics.com/banding_wheels.html

En la figura 6 se pueden observar un conjunto de tornetas marcas SHIPO disponibles para su compra por medio de plataforma en línea. Las tornetas, según las especificaciones del proveedor (referenciada en la fuente), sirven para decorar, esculpir, tallar y construir a mano; proporcionan una rotación fiable y uniforme para las aplicaciones delicadas y ofrece una selección de diámetros y alturas de rueda. Sus diámetros disponibles se encuentran entre 30 cm y 18 cm; sus alturas entre 12 cm y 6 cm y si peso entre 28 libras y 6,50 libras. De igual forma, si precio varía entre 150.000 y 300.000 pesos colombianos (sin tener en cuenta los costos de envío) y cuentan con un año de garantía.

La principal ventaja de estas tornetas es su eficacia, ya que por medio del diseño mecánico ofrecen una rotación constante y suave. Su material es duradero y fácil de limpiar e incluye en el disco guías para la ubicación de las piezas; gracias a su tamaño y peso son fáciles de trasladar. Sin embargo, requieren del uso de la mano para su accionamiento o movimiento, lo cual puede representar una distracción o dificultad al usuario durante un proceso tan delicado como el decorado; no ofrecen ningún tipo de soporte o guía para el proceso de decorado, como un marco para la ubicación de la mano o el pincel; y requieren de una superficie o soporte para su ubicación y uso. Son equipos de uso individual e independiente.



Figura 7. Torneta de pie. Fuente: Marphil, tienda de cerámica de Madrid con plataforma en línea. Tomado de: http://tienda.marphil.com/epages/marphil_com.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/marphil_com/Products/1613P

En el mercado se encuentra disponible la torneta de pie y se puede observar en la figura 7. Específicamente, esta torneta según las especificaciones de su proveedor (referenciada en la

fuente), cuenta con un plato de 22 centímetros de diámetros, una altura regulable de entre 79 cm a 122 cm y un costo aproximado de \$350.000 pesos colombianos (sin tener en cuenta costos de envío). La torneta cuenta con una estructura de aluminio y un sistema de tres apoyos para asegurar su correcto apoyo. Su movimiento se genera de forma mecánica manualmente y se puede considerar que posiblemente permita el cambio del disco.

Entre las ventajas de la torneta de pie se encuentra su fácil sistema de graduación de altura, su material duradero, su fácil accionamiento y uso; sus diferentes alturas facilitan su uso en otros procedimientos, como esculpir, tallar o construir a mano. El sistema de tres puntos de apoyo ofrece gran estabilidad. Sin embargo, la torneta de pie no posee ningún acompañamiento para la ubicación y el soporte de otros elementos de trabajo y requiere del uso de la mano para su accionamiento, lo cual puede dificultar el proceso de decoración. Funciona como un equipo individual e independiente. La aplicación de un motor eléctrico para su movimiento a muy baja velocidad podría eliminar la falta de precisión que se produce cuando el usuario u operario realiza el movimiento de accionamiento con la mano.



Figura 8. Banco para decoración de cerámica. Fuente: Todoart. Empresa de distribución de materiales para manualidad de Madrid, en línea. Tomado de: http://todoart.com/contenido/banco_de_decoracion.htm

Otro equipo del mercado usado para la decoración y pintura de piezas cerámicas es el banco para decoración de cerámica, el cual se puede observar en la figura 8. El banco decoración de cerámica ofrece un espacio de trabajo independiente e incluye superficies y soportes para la realización de diferentes tareas. Entre las especificaciones que presenta el proveedor (referenciado en la fuente) se encuentra que incluye una torneta de 22 cm, un recipiente para el agua, dos estantes para la ubicación de pigmentos y pinceles y un caballete; de igual forma tiene un disco que sirve para la ubicación de platos durante el proceso de decoración, y este puede ser inclinado en diferentes ángulos para facilitar el proceso. El producto consta de una estructura de metal de 19,5 kgs y cuenta con superficies de madera para la mesa.

El banco para decoración de cerámica dispone de diferentes superficies y soportes para los elementos y herramientas del usuario, facilitando la organización y el proceso de decorado;

además, presenta toda una zona de trabajo independiente; cuenta con un regulador de altura para la torneta y permite la inclinación en una dirección de las pieza por medio de un disco graduable; los materiales del producto son de buena duración. Sin embargo, no presenta una superficie o silla para el usuario, no cuenta con un sistema para su fácil traslado y puede resultar pesado. Incluye elementos de unión de dimensiones referenciadas que facilita su cambio o reemplazo en caso de daño.



Figura 9. Marco para decoración de platos. Fuente: Todoart. Empresa de distribución de materiales para manualidad de Madrid, con plataforma en línea. Tomado de: http://todoart.com/contenido/banco_de_decoracion.htm

De igual forma, entre los equipos para la decoración de piezas cerámicas y en este caso específico de platos, se encuentra el marco que se puede observar en la figura 9, el cual consta de un caballete metálico con diferentes elementos de sujeción y graduación diseñado, según sus




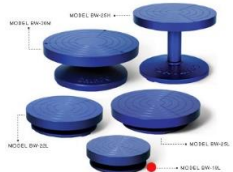
especificaciones (referenciada en la fuente), para sujetar platos. Cuenta con un diámetro máximo de plato de 50 cm y su peso es de 2,7 kgs.

El producto puede ser adaptado en diferentes ubicaciones gracias a su sistema de sujeción, y presenta gran cantidad de mecanismos para la graduación y ajuste de los platos; sin embargo, no cuenta con un complemento para su trabajo, es un equipo individual e independiente, requiere de un soporte para su uso y ubicación y carece de soporte para las manos y los demás elementos de trabajo del usuario.

En la siguiente tabla 1 se presenta una comparación de las características principales de los productos ya mencionados.

Tabla 1.

Comparación productos del mercado.

Producto	Accionamiento	Peso	Dimensiones	Potencia	Alimentación	Costo
Torno de rueda						
	Mecánico, pierna	250 libras	110 x 100 x 80 cm Disco de 30 cm	-	-	\$1'900.000 COP Sin envío
Torno de banco						
	Eléctrico, pedal y/o perilla	-	23 x 37 x 51 cm Disco de 18 cm	1/3 HP	110 V, DC	\$1'370.000 COP Sin envío
Torno Novitec						
	Eléctrico, palanca	-	48 x 57,5 x 56 cm Disco de 29 cm	0,5 HP	220 V	-
Torneta de banco						
	Mecánico, manual	28 libras	30 x 30 x 12 cm 18 x 18 x 6 cm	-	-	\$150.000 COP \$300.000 COP

Torneta de pie



Mecánico, manual

-

Altura graduable de 79 a
120 cm
Disco de 22 cm

-

-

-

Banco para
decoración



Mecánico, manual

43 libras

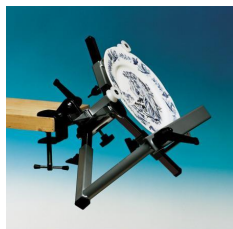
120 x 90 x 90 cm aprox.
Disco torneta de 22 cm

-

-

-

Marco para
decoración de
platos



Mecánico, manual

6 libras

Diámetro máximo de 50
cm

-

-

-

5 Metodología

5.1 Fase de recolección de datos y análisis

- Consulta y comprensión los conceptos y fundamentos relacionados tanto a los procesos de torneado y decoración de cerámica, como a los aspectos mecánicos y técnicos de las máquinas y equipos.
- Se realiza una consulta de los productos que cumplen las funciones relacionadas con el proyecto y que se encuentran disponibles actualmente en mercado. Se realiza un breve análisis de la disponibilidad de los productos y elementos en la región.
- Se consideran los factores ergonómicos relacionados con el diseño de un puesto de trabajo tras la caracterización de los usuarios que harán uso del producto. Se definen medidas y dimensiones según la población y se establecen valores y métricas.
- Se realizan intervenciones constantes por parte de ingenieros electrónico y/o mecánico según requiera el desarrollo del producto. Se analizan los requerimientos y características requeridas de los elementos y componentes electrónicos.
- Se definen requerimientos y atributos del producto a diseñar. Por medio del este entregable se definen también las métricas, los valores ideales y aceptables, y se obtienen costos iniciales de los elementos del producto.

5.2 Fase de desarrollo

- El desarrollo del diseño electrónico se encuentra sujeto a los componentes electrónicos disponibles en el mercado. Se requiere de un análisis de los elementos, su disponibilidad en el mercado local o la necesidad de importarlos, el periodo de reconocimiento de los elementos, entre otros factores. Se busca definir los que serán usados en el diseño final.

- Por medio de herramientas básicas de dibujo y modelado se generan y presentan las alternativas de los diferentes aspectos, elementos y partes del producto. Se incluyen uniones, superficies, componentes adicionales.
- Se realiza la evaluación de las alternativas asignando valores y porcentajes y cada especificación y evaluando con un valor el nivel de cumplimiento de las alternativas sobre cada ítem.
- Se presenta una comparación de la alternativa con otros productos del mercado.

5.3 Fase de fabricación

- Una vez obtenidos los materiales para la fabricación de las partes del producto (elementos electrónicos, materiales para fabricación), se puede proceder a la fabricación de modelos y prototipos.
- Se busca la realización de modelos a escala del producto, con el fin de comprobar el funcionamiento mecánico de las partes y la realización de las operaciones del producto.
- Comprobando las formas de manufactura y fabricación que requiere cada parte del producto. Si alguna parte requiere de fabricación externa, se tiene en cuenta el tiempo de fabricación y la solicitud para el fabricante.
- Se realiza una comprobación del correcto desarrollo del diseño electrónico hasta su finalización.

5.4 Fase de evaluación

- Se realizan pruebas prácticas para comprobar el correcto funcionamiento de todos los mecanismos, operaciones y funciones que incluye el producto.

- Se comprueba la resistencia del diseño por medio de pruebas de tiempo o según se considere pertinente para el producto.
- Desarrolla por medio de encuestas, declaraciones y cuestionarios aplicados a los estudiantes de la EDI. Se busca realizar las comprobaciones permitiendo a los usuarios hacer uso del producto con materiales reales (arcilla, agua, pigmentos, entre otros). Entre las pruebas a usuarios se puede contemplar la evaluación de la legibilidad, la comodidad, o la postura. Igualmente, y respecto al producto como tal, se realiza una prueba de funcionamiento de forma aislada.
- Se implementan las correcciones y cambios a partir de resultados obtenidos de las pruebas.

6 Observación y análisis

6.1 Declaración de la misión

La declaración de la misión del proyecto a continuación en la tabla 2.

Tabla 2.

Declaración de la misión del proyecto

Declaración de la misión	Estación modular de torno y decoración de piezas cerámicas para taller de enseñanza superior
Descripción del producto	Puesto de trabajo para la aplicación de técnicas de modelado en torno y decoración de piezas cerámicas para espacios de aprendizaje
Mercado primario	Instituciones de educación superior
Mercado secundario	Estudiantes técnicos y/o profesionales Artesanos profesionales en cerámica
Postulados	Modular Doble funcionalidad: modelado y decorado Motor eléctrico

6.2 Generalidades del torno

El torno alfarero es una máquina de funcionamiento sencillo. Consta de una rueda o plato giratorio (normalmente de una aleación de aluminio) que recibe su fuerza de giro a través de un motor eléctrico. En algunos casos, el motor se encuentra conectado a un mecanismo mecánico reductor de velocidad, ya sea por medio de engranes o poleas. Esta reductora a su vez se encuentra unido al eje que soporta el plato giratorio. La *figura 10* es un ejemplo del sistema de reducción de velocidad para el motor, y presenta 4 poleas que se traducen a 4 velocidades de giro para el plato giratorio.

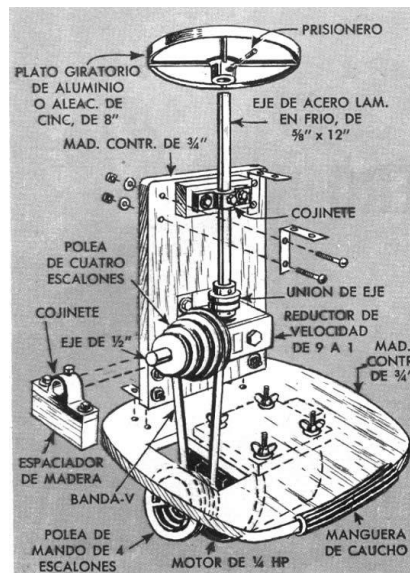


Figura 10. Mecanismo casero de torno alfarero. Por Ross E. Williams. Revista Mecánica Popular - Volumen 9 - Diciembre de 1956 - Número 6. Tomado de: <http://www.mimecanicapopular.com/verherr.php?n=36>



Figura 11. Torno alfarero hecho en un banquillo de cocina. Por Ross E. Williams. Revista Mecánica Popular - Volumen 9 - Diciembre de 1956 - Número 6. Tomado de: <http://www.mimecanicapopular.com/verherr.php?n=36>

Adicionalmente, el torno cuenta con una carcasa que contiene los elementos mecánicos y eléctricos necesarios para su funcionamiento, de la cual sobresale el eje de giro y la platina de la parte superior. Como el proceso de torno requiere del constante uso de agua y mantiene la consistencia de la arcilla bastante húmeda, incluye generalmente una bandeja justo bajo la platina que procura contener las gotas de arcilla y agua que se desprenden durante el giro y facilitan la limpieza durante todo el proceso. Dicha bandeja puede observarse en la figura 11. Para facilitar su instalación y asegurar una mayor protección del sistema eléctrico es común encontrar la bandeja con un cilindro adicional en la parte central perforado para el paso del eje de giro. El torno cuenta también con un determinado accionamiento (pedal o palanca), una estructura que soporta todos los elementos hasta el nivel del suelo (en su mayoría, los tornos tienen una altura de 45 cm aproximadamente) y otros elementos de unión. Algunos tornos del mercado cuentan con un asiento

incluido dependiente y fijo al resto del sistema, o requieren de un mueble exterior para la ubicación del usuario.

Por otro lado, el banco o estación de decorado para piezas cerámicas es un mueble que incluye diferentes mecanismos. En su totalidad consiste en una superficie amplia que facilita la ubicación de diferentes implementos y pinturas; contenedores pequeños; un plato giratorio mecánico para la ubicación de piezas planas o de diferentes formas que permite la inclinación en forma de caballete a diferentes ángulos para mejorar la visibilidad de los detalles de la decoración; una torneta horizontal que puede cambiar de altura; y diferentes prensas o ajustes para asegurar las piezas durante el trabajo. Así mismo, los materiales del banco pueden variar entre madera, metales y polímeros.

6.3 Elementos indispensables según función

Se identifican y analizan dos funciones principales o globales a realizar con el puesto de trabajo: el modelado en torno y la decoración. Estas dos funciones con las diferentes técnicas y actividades que requieren durante su ejecución presentan elementos indispensables para su normal desarrollo. Algunos de estos elementos indispensables identificados se encuentran directamente relacionados con puesto de trabajo y otros hacen referencia a herramientas o instrumentos externos al conjunto central.

Tabla 3.

Elementos indispensables según función

Modelado en torno	Decoración
Superficie giratoria	Superficie de trabajo
Asiento	Asiento
Espaldar	Espaldar
Mesa auxiliar con ruedas para materiales	Mesa auxiliar con ruedas para materiales
Contenedor con agua	Lavado con agua corriente
Estantería para piezas modeladas	Estantería para piezas sin finalizar
Bandeja para residuos	Torneta
	Caballete
	Prensas, amarres

Tabla 4.

Materiales e instrumentos indispensables según función

Modelado en torno	Decoración
Arcilla	Esponja
Agua	Plantillas
Esponja	Instrumentos para grabar
Alambre cortador	Recipientes de vidrio
Rodillo	Pinceles
Cucharas de madera	Aplicados de oro
Compases	Engobes
Cuchillos	Pastas cerámicas
Perfiles de acero	Vidriados
Pieza plana de caucho	Bajocubiertas
Espátula de madera	Pinturas

Los elementos, herramientas y materiales presentados en las tablas 3 y 4 son fundamentales para la determinación de requerimientos y especificaciones y consecuentemente durante el proceso de diseño formal.

6.4 Consideraciones

6.4.1 Posturas

Como parte del análisis ergonómico que se realiza sobre el puesto de trabajo para el modelado en torno y el decorado de piezas cerámicas, se hace uso del método para la evaluación de postura OWAS, el cual se caracteriza por su capacidad de valorar de forma global todas las posturas adoptadas durante el desempeño de la tarea (Universidad Politécnica de Valencia, 2015).

Para la aplicación del método se hace uso de material audiovisual libre disponible en línea en que se llevan a cabo los procesos de modelado en torno y decorado con un torno eléctrico. Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método se presentan a continuación.



Figura 12. Referencia para aplicación de evaluación OWAS. Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=tHjV8Hwc37w>

Tabla 5.

Resultados OWAS de categoría de riesgo según muestreo.

Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría
1	2	9	2	17	3	25	2
2	2	10	2	18	2	26	2
3	1	11	2	19	2	27	1
4	2	12	2	20	1	28	2
5	1	13	2	21	1	29	1
6	2	14	2	22	2	30	2
7	1	15	1	23	2	31	1
8	2	16	3	24	1	32	2

Tabla 6.

Resultados OWAS de frecuencia relativa según posiciones.

Posición	Frecuencia	Categoría
Espalda derecha	31,2%	1
Espalda doblada	62,5%	2
Espalda doblada con giro	6,3%	1
Brazos abajo	43,7%	1
Un brazo abajo y otro elevado	50%	2
Brazos elevados	6,3%	1
Sentado	90%	1
De pie	10%	1

Tabla 7.

Descripción de categorías de riesgo según frecuencia relativa.

Categoría 1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción
Categoría 2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del Método OWAS se presentan con una asignación de categorías para cada imagen tomada durante el desarrollo de la tarea (en este caso 32 imágenes con intervalos de 30 segundos durante el proceso de modelado de torno, torneado y barnizado). Estas categorías oscilaron entre 1, 2 y 3, siendo la categoría 2 la más presentada indicando que la postura tiene posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético y que se requieren acciones correctivas en un futuro cercano (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015). Esto indica que la postura general que mantiene el usuario durante el uso de un torno eléctrico común del mercado representa un esfuerzo físico medio, que con un tiempo mayor de trabajo puede llegar a generar enfermedades, incomodidad o dolencias.

Previo a esto, el método asigna una calificación de categoría de riesgo para cinco posturas según la frecuencia de relativa en que se presentan: la postura de la espalda, la postura de los brazos, la postura de las piernas, y la carga o fuerza aplicada aproximada. Durante el desarrollo de la aplicación del método se obtuvo que los puntajes más altos fueron asignados para la postura de la espalda y la postura de los brazos.

Las posturas de la espalda oscilaron entre espalda derecha (1), espalda doblada (2), y espalda doblada y con giro (4). Se consideran tres razones o causas de la inclinación y el giro de la espalda: la altura del torno, que es de aproximadamente 45 centímetros; la visibilidad de la pieza que se está moldeando, tanto en su exterior como en su interior; y la aplicación de fuerza para centrar la arcilla o modelarla.

Las posturas de los brazos oscilaron entre brazos abajo (1), un brazo abajo y otro levantado (2), y ambos brazos levantados (3). La causa de estas posturas en los brazos puede ser la altura y la forma que requieran el diseño de las piezas a moldear.

Tabla 8.

Posibles causas de las posturas.

Posturas	Posibles Causas
Espalda derecha	Altura del torno Visibilidad
Espalda doblada	Aplicación de fuerza Altura del torno Visibilidad Alcance
Espalda doblada con giro	Altura del torno Evitar contacto con la pieza Aplicación de fuerza
Brazos abajo	Altura del torno Evitar contacto con la pieza
Un brazo abajo y otro elevado	Precisión Forma de la pieza Evitar contacto con la pieza
Brazos elevados	Precisión Forma de la pieza
Sentado	Altura del torno Descanso
De pie	Visibilidad Altura del torno

Con base en las anteriores causas, se considera de gran importancia facilitar y permitir el ajuste de la altura de la mesa de trabajo y del asiento, con el fin de disminuir la presencia de posturas poco favorables o poco neutras durante el proceso. Se tiene en cuenta que el usuario, durante el

trabajo con el torno, se encontrará el constante movimiento de sus manos y brazos pero una altura moderada puede mitigar la fatiga.

6.4.2 Controladores

Según el tipo de acción a desarrollar será más indicado la utilización de un tipo de mando u otros.

En general, según el esfuerzo exigido es más recomendable un tipo de mando. Las tablas 9 y 10 presentan una clasificación de mandos y controles según características generales de los mismos.

Tabla 9.

Tipos de control y sus funciones.

TIPO DE CONTROL	ACCIONAMIENTO PUNTUAL			ACCIONAMIENTO CONTINUO	
	Activación	Entrada de datos	Selección	Selección continua (cuantitativa)	Control continuo
Pulsador manual	Excelente	Bueno	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Pulsador de pie	Bueno	No aplicable	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Interruptor de palanca	Bueno pero propenso a activación accidental	No aplicable	Bueno	No aplicable	No aplicable
Interruptor giratorio	Utilizable. Pueden confundirse sus posiciones	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Solo si hay que hacer mucha fuerza	No aplicable	No aplicable	Regular	Bueno
Volante	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Bueno	Excelente
Palanca	Buena	No aplicable	Buena	Buena	Buena
Pedal	Regular	No aplicable	No aplicable	Bueno	Regular

Nota: Adaptado de INSHT, NTP 226, 1989, Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad.

Tabla 10.

Adecuación de los controles a la acción requerida.

TIPO DE CONTROL		RAPIDEZ	PRECISIÓN	FUERZA
	Manivela Pequeña	Buena	Pobre	No adecuada
	Grande	Pobre	No adecuada	Buena
	Volante	Pobre	Bueno	Utilizable
	Botón	No utilizable	Regular	No utilizable
	Palanca Horizontal	Buena	Pobre	Pobre
	Vertical (perpendicular al cuerpo)	Buena	Regular	Corta: Pobre Larga: Bueno
	Vertical (siguiendo al cuerpo) Joystick	Regular Buena	Regular	Regular Pobre
	Pedal	Bueno	Pobre	Bueno
	Pulsador	Bueno	No utilizable	No utilizable
	Interruptor giratorio	Bueno	Bueno	No utilizable
	Interruptor de palanca	Bueno	Bueno	Pobre

Nota: Adaptado de INSHT, NTP 226, 1989, Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad.

Con base en la anterior información sobre los tipos de mandos y controles definidos según la función y la acción requerida de los mismos, se identifican los controladores requeridos para la estación de torno y decoración de piezas cerámica. La estación de torno cuenta en primer lugar con un controlador que permita el accionamiento del sistema electrónico y eléctrico, dando paso al flujo de energía a través del sistema; en segundo lugar, requiere de un controlador que permita la variación y selección de la velocidad de giro del plato o platina que soporta la arcilla; y en tercer lugar, se considera necesario un controlador que active y desactive el motor según el momento del proceso de modelado en torno o decorado como considere necesario el usuario. Identificando estos tres controladores requeridos para el uso del sistema, y las posibles opciones de mandos que ejecuten adecuadamente las tareas, se seleccionan tres controladores para incorporar al diseño.

Tabla 11.

Selección de controladores y mandos para la estación de torno y decoración.

Control	Según función	Según acción requerida
Accionamiento del sistema	Pulsador de pie	Palanca
	Pulsador manual	Pedal
	Palanca	Pulsador
		Interruptor giratorio
		Interruptor de palanca
Variación de velocidad	Interruptor de palanca	
	Botón	Volante
	Palanca	Interruptor giratorio
	Interruptor giratorio	Interruptor de palanca
	Volante	
Activación del motor	Pedal	
	Pulsador manual	Palanca
	Pulsador de pie	Pedal
	Palanca	Pulsador
		Interruptor giratorio
	Interruptor de palanca	

6.4.3 Antropometría

A partir del libro *Dimensiones antropométricas. Población Latinoamérica. México, Cuba, Colombia, Chile, Venezuela* de los autores Rosario Ávila, Lilia Prado y Elvira González se determinan dimensiones correspondientes a las posturas que exige el trabajo del modelado con torno, el torneado y el decorado. En la siguiente tabla se evidencian los valores.

Se tuvieron en cuenta los datos correspondientes a la población colombiana proporcionada por los autores, considerando la población de hombres y mujeres de edades entre 20 a 29 años de edad.

Tabla 12.

Dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo.

Dimensión	Mujer		Hombre	
	Perc. 5	Perc. 95	Perc. 5	Perc. 95
Alcance anterior brazo	61,0	70,7	66,4	77,1
Altura sentado normal	77,4	87,1	80,6	92,6
Altura de los ojos	68,7	78,2	73,5	84,1
Altura radial	20,1	26,7	19,4	27,4
Altura de la rodilla	45,2	52,4	48,9	56,9
Altura de la osa poplítea	35,9	42,0	39,5	46,5
Largura nalga – fosa poplítea	41,6	49,9	42,9	51,2
Largura nalga – rodilla	50,8	59,2	53,0	61,6
Anchura de caderas	32,4	42,1	30,5	38,5
Profundidad torax	15,2	20,8	16,8	22,5
Altura muslo – asiento	12,1	16,2	12,7	17,0
Distancia entre codos	33,0	46,6	36,7	50,5
Altura codo – asiento	20,1	26,7	19,4	27,4

Nota: Información de Dimensiones antropométricas. Población Latinoamérica. México, Cuba, Colombia, Chile, Venezuela de los autores Rosario Ávila, Lilia Prado y Elvira González.

Por medio de estas dimensiones, se establecen los rangos pertinentes para el puesto de trabajo. A continuación, se obtienen rangos aproximados de las dimensiones con el fin de conseguir un diseño con intervalo ajustable.

Tabla 13.

Rangos de dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo.

Dimensión	Rango (cm)
Alcance anterior brazo	61,0 – 77,7
Altura sentado normal	77,4 – 92,6
Altura de los ojos	68,7 – 84,1
Altura radial	19,4 – 27,4
Altura de la rodilla	45,2 – 56,9
Altura de la fosa poplítea	35,9 – 46,5
Largura nalga – fosa poplítea	41,6 – 51,2
Largura nalga - rodilla	50,8 – 61,6
Anchura de caderas	30,5 – 42,1
Altura acromial	52,1 – 63,6
Profundidad de tórax	15,2 – 22,5
Altura muslo – asiento	12,1 – 17,0
Distancia entre codos	33,0 – 50,5
Altura codo – asiento	19,4 – 27,4

Adicionalmente y para complementar la definición de las dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo se tiene en cuenta el libro *Datos antropométricos para el diseño. Región Nororiental Colombiana 2008* de los autores M. Fernanda Maradei G., Francisco M. Espinel C., y Astrid A. Peña L. Las medidas son tomadas de la población de 72 estudiantes de edades de entre 19 y 24 años.

Tabla 14.

Complemento dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo.

Dimensión	Mujer		Hombre	
	Perc. 5	Perc. 95	Perc. 5	Perc. 95
Alcance anterior brazo	61,9	75,9	60,3	89,7
Altura sentado normal	77,9	88,4	81,1	97,2
Altura de los ojos	66,9	77,9	72,3	84,9
Altura de las rodillas	44,8	53,7	48,6	59,4
Altura de la fosa poplítea	35,4	46,1	40,5	48,9
Largura nalga – fosa poplítea	43,3	51,3	43,6	55,3
Largura nalga – rodilla	51,7	61,9	55	65,5
Anchura de caderas	29,9	41,1	32,6	44,9
Altura sobrescapular	38,3	47,7	40,3	50,3
Altura codo – asiento	19,3	26,9	19,7	28,1
Distancia entre codos	33,9	49,8	36,2	56,4
Altura iliocrestal	16,6	24,7	15,6	27,6
Altura muslo – asiento	11,3	16	9,1	21,5
Profundidad tórax	14,3	28,2	14,7	26,7

Igualmente, se obtienen rangos de medida para cada dimensión considerada, como se presenta a continuación en la tabla 15.

Tabla 15.

Rango de las dimensiones antropométricas para el puesto de trabajo.

Dimensión	Rango (cm)
Altura anterior brazo	60,3 – 89,7
Altura sentado normal	77,9 – 97,2
Altura de los ojos	66,9 – 84,9
Altura de las rodillas	44,8 – 59,4
Altura de la fosa poplítea	35,4 – 48,9
Largura nalga – fosa poplítea	43,3 – 55,3
Largura nalga – rodilla	51,7 – 65,5
Anchura de caderas	29,9 – 44,9
Altura sobrescapular	38,3 – 50,3
Altura codo – asiento	19,3 – 28,1
Distancia entre codos	33,9 – 56,4
Altura iliocrestal	15,6 – 27,6
Altura muslo – asiento	9,1 – 21,5
Profundidad tórax	14,3 – 28,2

El libro *Datos antropométricos para el diseño. Región Nororiental Colombiana 2008* presenta además consideraciones a tener en cuenta para definir características del asiento y del plano de trabajo. A continuación, se presentan las diferentes recomendaciones y su aplicación para el proyecto.

Asiento:

Los asientos pueden clasificarse según el tipo de silla en asientos para descanso y asiento de trabajo universal o multipropósito. Este último corresponde al tipo de silla adecuado para la estación de torno y decoración cerámica. Entre las características del asiento de trabajo universal o multipropósito se pueden presentar dos tipos de posturas; para el proyecto se implementa una

postura en alerta donde el espaldar abarca la mayor cantidad de la espalda con un grado de inclinación entre asiento y espaldar de 90 – 105°.

De igual forma, se realizan algunas recomendaciones: considerar la postura del usuario (sedente, con la espalda erguida, las piernas sepadas, los brazos alrededor del puesto de trabajo, cabeza inclinada); señalar y tener en cuenta el tiempo de duración de la actividad; diseñar para varios empleos considerando posturas (alerta – descanso); acolchar la silla para distribuir cargas en diferentes zonas del cuerpo durante la actividad; y tener en cuenta la inclinación del asiento, ángulo asiento – respaldo y ángulo libre debajo del asiento.

Continuando con texto, se asignan fórmulas para determinar las dimensiones del asiento para el puesto de trabajo considerando el diseño para una población.

- **Altura poplítea:**

1. Percentil 95 (máximo) hombres
2. Percentil 5 (mínimo) mujeres

DIMENSIÓN: 35,4 cm – 48,9 cm

- **Profundidad del asiento:**

1. Distancia nalga – poplítea percentil 25.
2. Holgura de 2 cm.

DIMENSIÓN = 1 – 2

= 41,6 cm – 2 cm

= 39,6 cm

- **Ancho de caderas:**

1. Ancho de caderas sedente. Percentil 95 hombres.

2. Holgura de 4 cm

$$\begin{aligned} \text{DIMENSIÓN} &= 1 + 2 \\ &= 44,9 \text{ cm} + 4 \text{ cm} \\ &= 48,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Separación de los apoyabrazos:**

1. Distancia entre codos. Percentil 95 hombres.
2. Ancho de caderas. Percentil 95 hombres.

DIMENSIÓN = Se toma el mayor valor.

Distancia entre codos: 56,4 cm. Ancho de caderas: 44,9 cm.

$$= 56,4 \text{ cm.}$$

- **Altura de los apoyabrazos:**

1. Altura codo – asiento. Percentil 95 hombres y percentil 5 mujeres.

DIMENSIÓN = se toma el promedio.

Altura hombres: 28,1 cm. Altura mujeres: 19,3 cm.

$$= 23,7 \text{ cm.}$$

- **Respaldo:**

1. Altura sobrescapular. Percentil 5 mujeres.
2. Altura iliocrestal. Percentil 95 hombres.

$$\begin{aligned} \text{DIMENSIÓN} &= 1 - 2 \\ &= 38,3 \text{ cm} - 27,6 \text{ cm} \\ &= 10,7 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Planos de trabajo:

Respecto a los planos de trabajo, el texto recomienda considerar: desarrollar los planos de trabajo teniendo en cuenta el lugar, la función y los elementos que son complemento para el desarrollo de la tarea a realizar; los asientos como complemento directo de los planos de trabajo; tener en cuenta el tipo de postura (ergida y sedente) que adopta el usuario al momento de diseñar un plano de trabajo; y el género de los usuarios para marcar límites al momento de crear el diseño.

Se asignan fórmulas para determinar las dimensiones del plano de trabajo para el puesto considerando el diseño para una población.

- **Altura inferior del plano de trabajo:**

1. Altura máxima muslo – asiento. Percentil 95 hombres, mujeres.
2. Altura poplítea. Percentil 95 hombres, mujeres.
3. Holgura de 4 cm.

$$\text{DIMENSIÓN} = 1 + 2 + 3$$

$$= 21,5 \text{ cm} + 48,9 \text{ cm} + 4 \text{ cm} \quad | \quad 16,2 \text{ cm} + 46,1 \text{ cm} + 4 \text{ cm}$$

$$= 74,4 \text{ cm hombres.}$$

$$= 66,3 \text{ cm mujeres.}$$

- **Altura superior del plano de trabajo:**

Para la tarea de escribir, la superficie de trabajo debe estar 75 mm por encima del codo de los individuos.

1. Altura de fosa poplítea. Percentil 95 hombre, mujeres.
2. Altura codos – asiento. Percentil 95 hombres, mujeres.
3. Adición 75 mm

$$\text{DIMENSIÓN} = 1 + 2 + 3$$

$$= 72,2 \text{ cm mujeres.}$$

$$= 84,5 \text{ cm hombres.}$$

- **Alcance mínimo adelante sobre el plano de trabajo:**

1. Alcance brazo frontal. Percentil 5 hombres, mujeres.

2. Profundidad de tórax. Percentil 95 hombres, mujeres.

$$\text{DIMENSIÓN} = 1 - (2 + 4 \text{ cm})$$

$$= 60,3 \text{ cm} - (26,7 \text{ cm} + 4 \text{ cm}) \mid 61,9 \text{ cm} - (28,2 \text{ cm} + 4 \text{ cm})$$

$$= 29,6 \text{ cm hombres.}$$

$$= 29,7 \text{ cm mujeres.}$$

- **Alcance máximo adelante sobre el plano de trabajo:**

1. Alcance brazo frontal. Percentil 95 hombres, mujeres.

2. Profundidad tórax. Percentil 5 hombres, mujeres.

$$\text{DIMENSIÓN} = 1 - (2 + 4 \text{ cm})$$

$$= 89,7 \text{ cm} - (14,7 \text{ cm} + 4 \text{ cm}) \mid 75,9 \text{ cm} - (14,3 \text{ cm} + 4 \text{ cm})$$

$$= 71 \text{ cm hombres.}$$

$$= 57,6 \text{ cm mujeres.}$$

- **Profundidad bajo plano:**

1. Distancia nalga – rodilla. Percentil 95 hombres, mujeres.

2. Altura poplítea. Percentil 95 hombres, mujeres.

3. Profundidad tórax. Percentil 95 hombres, mujeres.

$$\text{DIMENSIÓN} = (1 + 2) - 3$$

$$= (65,5 \text{ cm} + 48,9 \text{ cm}) - 26,7 \text{ cm} \mid (61,9 \text{ cm} + 4,1 \text{ cm}) - 28,2 \text{ cm}$$

$$= 87,7 \text{ cm hombres.}$$

= 79,8 cm mujeres.

- **Ancho bajo plano de trabajo:**

1. Ancho de caderas. Percentil 95 hombres, mujeres.
2. Holgura de 30 cm.

DIMENSIÓN = 1 + 2

= 44,9 cm + 30 cm | 41,1 cm + 30 cm

= 74,9 cm hombres.

= 71,1 cm mujeres.

Tabla 16.

Dimensiones preliminares para el puesto de trabajo.

Dimensión	Medida	
Altura poplítea	Rango entre 35,4 cm y 48,9 cm	
Profundidad del asiento	39,6 cm	
Ancho caderas	48,9 cm	
Separación apoyabrazos	56,4 cm	
Altura apoyabrazos	23,7 cm	
Respaldo	10,7 cm	
Altura inferior plano de trabajo	66,3 cm mujeres	74,4 cm hombres
Altura superior plano de trabajo	72,2 cm mujeres	84,5 cm hombres
Alcance mínimo sobre plano de trabajo	29,7 cm mujeres	29,6 cm hombres
Alcance máximo sobre plano de trabajo	57,6 cm mujeres	71 cm hombres
Profundidad bajo plano	79,8 cm mujeres	87,7 cm hombres
Ancho bajo plano	71,1 cm mujeres	74,9 cm hombres

Como resultado de las medidas de las dimensiones de la población según las referencias consideradas, se obtienen valores preliminares para aplicar al diseño del puesto de trabajo. Estas

se presentan en la tabla 16, y se evidencian de forma general en la figura 13. Se procura la inclusión de la mayoría de los valores obtenidos en la medida de lo posible.

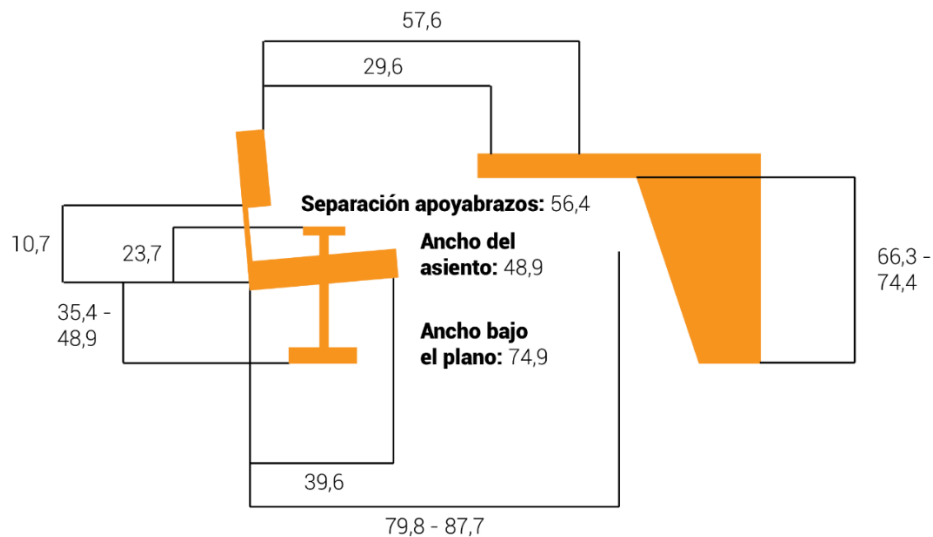


Figura 13. Dimensiones preliminares para el puesto de trabajo.

6.4.4 Ruido Industrial

Respecto a la ergonomía y seguridad industrial del puesto de trabajo, se ha considerado el libro del autor C. Ray Asal titulado *Seguridad industrial y salud*. A continuación se evidencia la información proporcionada por el autor.

La exposición al ruido es un problema de seguridad. El ruido tiene un umbral límite y las exposiciones se muden en términos de promedios ponderados por tiempo (PPT). Sobre las características de las ondas del sonido, el autor describe que el ruido es considerado sonido no deseado, en la industria un sonido excesivo o dañino. El sonido se concibe como una onda de presión en la atmosfera, en los líquidos igualmente se considera como una onda de presión y en los sólidos rígidos se considera como una forma de vibración. Las características básicas de estas

andas son: la amplitud de onda o intensidad pico de presión (volumen) y frecuencia con que ocurren los picos de presión (tono).

El periodo es el tiempo requerido para que la onda termine su ciclo, y la frecuencia son los periodos presentes por unidad de tiempo y se mide en Hertz. Un sonido común tiene un aproximado de 1.000 Hertz. El decibel (dB) permite medir la intensidad de la presión del sonido.

El intervalo total de frecuencias audibles para el oído humano es aproximadamente de 20 a 20.000 Hertz. El oído es más sensible a algunas frecuencias que a otras. Las Normas de Ruido OSHA establecen tanto un LEP como un NA, que son tiempos de exposición según dB. El más conocido es el LEP establecido en 90 dBA para un PPT de 8 horas.

6.4.5 Protecciones en máquinas

Con el fin de garantizar protección en máquinas es necesario tener conocimiento de lo que hace que una máquina sea peligrosa. Entre los riesgos mecánicos a tener en cuenta durante el proceso de diseño se enumeran cinco grupos:

1. Punto de operación: El mayor número de lesiones en las máquinas ocurre en el punto de operación, donde la herramienta realiza el trabajo.
2. Puntos de transmisión de energía: La transmisión de energía por lo general consta de bandas y poleas, generalmente fáciles de proteger; normalmente requieren de acceso sólo para el mantenimiento.
3. Puntos de pellizcos entrantes: Las máquinas con alimentación continua presentan riesgos en el punto donde el material en movimiento para junto o hace contacto con alguna de sus piezas; puede causar lesiones indirectas al atrapar ropa suelta y jalar al trabajador hacia adentro de la máquina.

4. Piezas de la máquina rotatorias o reciprocantes: Respecto a las piezas en movimiento rotativo y recíprocante, son particularmente peligrosas las piezas que se muevan intermitentemente, en la parte inmóvil del ciclo, los trabajadores pueden olvidar que la máquina se volverá a mover; el movimiento más intermitente de todos es el accidental, conviene prever lo que sucedería en caso de una falla hidráulica o algún otro suceso accidental.
5. Partículas, chispas o piezas voladoras: Muchas máquinas despiden partículas o chispas desde el área del punto de operación; una manera de proteger a los trabajadores es por medio de equipo de protección personal, sin embargo, se considera mucho más eficaz sujetar guardas a las máquinas para proteger al operador y otros trabajadores en las cercanías.

Protección mediante emplazamiento o distancia:

Diseñar la máquina u operación de forma que las piezas peligrosas están colocadas donde nadie esté expuesto al peligro. La protección “por distancia” consiste en proteger al operador diseñando la secuencia de operación de forma que no tenga que acercarse a la zona de peligro.

Marbetes y cerrojos:

Muchos accidentes ocurren cuando la máquina se encuentra fuera de servicio por reparación o limpieza. Con el sistema de marbetes el trabajador coloca una etiqueta en el interruptor del arranque, para evitar su accionamiento. El sistema de cerrojo mantiene a los trabajadores de mantenimiento seguros porque son los únicos que tienen la llave.

Estado mecánico cero:

Las máquinas están previstas de energía incluso apagadas. Las fuentes residuales de energía deben ser disipadas o restringidas.

Enclavamientos:

Sistemas que permiten la desactivación del mecanismo si se abre durante su funcionamiento.

Barras de disparo:

Barras que desactivan la máquina si el operador cae dentro o entra en zona de peligro. La mano o el cuerpo del operador mueven la barra que activa un interruptor.

Anclaje de máquinas:

Máquinas diseñadas para un desplazamiento fijo son aquellas con barreras de montaje en las patas a la base. Estos tienen el propósito de anclar las máquinas o pueden ser solo una característica de conveniencia para facilitar el traslado o permitir que la máquina sea montada de acuerdo con las preferencias del usuario.

Protecciones en el punto de operación:

El sitio más peligroso de las máquinas es el punto de operación. Una clasificación de los métodos para proteger el punto de operación es: recintos para troqueles, barreras fijas, barreras con enclavamientos, barreras ajustables. Entre los dispositivos usados se encuentran las puertas, dispositivos sensores de presencia, jaladores, barredoras, sujetadores, controles de dos manos, barreras de disparo de dos manos.

Guardas:

Su función es mantener al trabajador fuera del área de peligro. Toda guarda debe ser desarmable para fines de mantenimiento o de modificaciones, pero ha de requerir algún esfuerzo o los trabajadores mismos la desarmarán. La mayor parte de las guardas son de metal, metal expandido, lámina, metal perforado o malla de alambre como material de relleno. Requieren un marco seguro para mantener la integridad estructural. Se recomienda pintar de negro.

6.4.6 Riesgos eléctricos

Tanto los circuitos ordinarios de 100 voltios como los de 220 o 440 voltios representan un peligro para los usuarios en caso de accidente. De forma especial los emplazamientos mojados o húmedos pueden facilitar un contacto eléctrico. El punto de contacto de igual forma es otra condición importante al igual que la presencia de heridas en la piel, las cuales pueden hacer mucho mayor el flujo de corriente. En primera medida se aconseja proponer una correcta alimentación y amperaje para la máquina.

Aterrizaje:

La corriente eléctrica debe fluir en su trayectoria haciendo un lazo completo desde la fuente de energía eléctrica, a lo largo del circuito y de vuelta a la fuente de energía. La desconexión del circuito en cualquier punto del lazo detiene el flujo de la corriente. Lo anterior requiere de dos conductores: uno para llevar la carga y otro para llevar la carga de vuelta. Al ser la tierra un conductor de electricidad comúnmente usado, se aconseja el aislamiento de los conductores para evitar su posible contacto con los usuarios.

Entre las violaciones más frecuentes frente a los riesgos eléctricos se destacan:

Aterrizaje de herramientas y aparatos portátiles:

Los equipos no portátiles deben tener aterrizaje.

Partes vivas y expuestas:

Su los conductores del equipo no pueden aislarse ni cubrirse las terminales, se deben utilizar recintos con cerrojo para no exponer a los usuarios. Una caja de interruptores, fusibles o caja de circuitos que tenga la puerta abierta también constituye una parte expuesta.

Uso inapropiado de cables flexibles:

Las instalaciones hechizadas o temporales están prohibidas, al igual que sustituir el alambrado permanente con cables flexibles. Ejemplos obvios son los cables flexibles que corren de las perforaciones en paredes, tecos, suelos, puertas o ventanas.

Señalización de desconectores:

La caja de desconectores o el tablero de interruptores para motores y aparatos deben ser identificados de forma que pueda desconectarse rápida y confiablemente. También se debe etiquetar el principio de los circuitos derivados o ramales para indicar su propósito.

Conexión de clavijas o cables:

Principio básico de mantenimiento eléctrico.

6.4.7 Iluminación

La iluminación del puesto de trabajo se encuentra sujeta a las características actuales con las que cuentan los TDI. Sin embargo, se realiza un breve análisis respecto a las condiciones más favorables para el trabajo de este tipo con base en el documento *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos*, de autoría del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y elaborado por Teresa Alvarez Bayona y el Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (INSHT).

En el documento y haciendo referencia a REAL DECRETO 486/1997, se describe el anexo IV para indicar condiciones mínimas de visibilidad en puestos de trabajo:

La iluminación de cada zona debe considerarse según las características que implican cada actividad según los riesgos para la seguridad y salud de los usuarios dependientes de la iluminación y las exigencias visuales de cada tarea. Mantener la iluminación natural siempre que sea posible y de ser insuficiente, incluir iluminación artificial en mayor o menor proporción según las exigencias.

La tabla 17 a continuación presenta los niveles mínimos de iluminaciones en los lugares de trabajo.

Tabla 17.

Niveles mínimos de iluminación de lugares de trabajo.

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO (*)	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Zonas donde se ejecutan tareas con:	
Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Fuente: INSHT. Disponible en: <http://www.insht.es/>

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

El REAL DECRETO 486/1997 además indica que la iluminaciones debe obedecer a condiciones como: distribución uniforme de los niveles de iluminación; mantener los niveles y contrastes de iluminaciones según las exigencias de cada tarea dentro del espacio de trabajo, evitando grandes cambios; evitar deslumbramientos directos de luz solar o fuentes artificiales; evitar deslumbramientos indirectos causados por superficies reflectantes en la zona de trabajo; no usar sistemas que perjudiquen la percepción de contrastes, profundidad o distancia entre

objetos de la zona de trabajo. Además se menciona que la iluminación del lugar no debe originar riesgos eléctricos, de incendio o explosión (INSHT, 2015).

6.4.8 Vibración

Con el fin de incluir las condiciones adecuadas respecto a la presencia de vibración en los puestos de trabajo se considera el Documento Divulgatorio titulado *Aspectos ergonómicos de las vibraciones*, de la autoría del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y de la colaboración de Teresa Alvarez Bayona, el Centro Nacional de Nuevas Tecnologías y el INSHT, en el cual se realiza una detallada descripción de los conceptos, efectos y evaluación del riesgo de la vibración en los puesto de trabajo.

El documento presenta una clasificación para las vibraciones en la que se presentan dos tipos: las vibraciones de cuerpo completo y las vibraciones mano-brazo. El RD 1311/2005 define vibración transmitida al sistema mano-brazo como: la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares (Informe UNE-CR 12349:1996) (INSHT, 2014).

Lo primordial es eliminar el riesgo o reducirlo al nivel más bajo posible, según los principios establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995. En la tabla 18 se pueden observar los valores recomendables según exposición diaria de horas.

Tabla 18.

Valores de exposición diaria A (8) de vibración.

	Valor de acción A(8)(*) (m/s ²)	Valor límite A(8)(**)
Mano - Brazo	2,5	5
Cuerpo Completo	0,5	1,15

Fuente: INSHT. Disponible en: <http://www.insht.es/>

(*)Valor de Acción A (8): La superación de este valor da lugar a acciones como programas de medidas técnicas y organizativas, se someterá al trabajador a una adecuada vigilancia de la salud, etc.

(**)Valor Límite A (8): Es el límite de exposición diaria normalizada. Este valor no debe ser excedido en ninguna jornada, salvo excepciones.

Se recomienda igualmente mantener vigente la revisión de la salud, con el in de prevenir y diagnosticar de forma precoz cualquier daño o enfermedad causada por la exposición a vibraciones mecánicas; todo manteniendo la formación, información, consulta y participación de los usuarios (Informe UNE-CR 12349:1996) (INSHT, 2014).

6.4.9 Peso

Con respecto al peso total del puesto de trabajo se consideran las cargas ideales a soportar por los usuarios que requieran un cambio de ubicación del sistema. Al respecto, se considera la Guía Técnica MMC (Manipulación Manual de Cargas), del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (España, Ministerio de Trabajo e Inmigración), con la autoría de Laura Ruiz Ruiz.

Según la guía, se determina que el peso máximo que se recomienda no sobrepasar en condiciones ideales de manipulación es de 25 kg, protegiendo así al 85% de la población trabajadora sana. La norma indica también que si la población expuesta está conformada por mujeres, jóvenes o personas de edad superior, el peso total no debería sobrepasar de 15 kg; con ello se protegería al 90% de la población trabajadora. Igualmente se considera que en el caso de contar con trabajadores sanos y entrenados es posible manipular cargas de hasta 40 kg siempre que

la tarea se realice de forma esporádica de forma segura; sin embargo, se protege a un menor porcentaje de la población trabajadora (2011).

6.5 Necesidades del cliente

Según la metodología de K. Ulrich y S. Eppinger identificar las diferentes necesidades del cliente, como una de las principales etapas en el desarrollo del proyecto, se lleva a cabo por medio de diferentes métodos de recolección de datos: por medio de entrevistas, con grupos de enfoque o a través de la observación del producto en uso. Este proyecto realizó diferentes entrevistas a lo largo de su desarrollo, y por medio de la observación del producto en uso se logró la identificación de las necesidades principales y específicas del cliente. La siguiente tabla presenta en orden los métodos de recolección de datos usados. La sigla usada posteriormente para la interpretación de la necesidad es PMD (Puesto de Modelado y Decoración), haciendo referencia al puesto de trabajo de modelado en torno y decoración de piezas cerámicas para taller de enseñanza.

Tabla 19.

Métodos para recolección de información.

Método	Usuario
Entrevista 1	Fabricante de piezas cerámicas
Entrevista 2	Profesional en modelado en torno y fabricación
Entrevista 3	Profesional en modelado en torno y escultura
Entrevista 4	Experto en el proceso de compra de máquinas
Observación del producto en uso	Experto en modelado en torno

Entrevista 1.

La *entrevista 1* se realizó a un fabricante de piezas cerámicas con un taller ubicado en el barrio El Porvenir de Provenza. Angélica Gómez presentó su espacio de trabajo en el que se elaboran la mayoría de piezas a mano y manifestó que su experiencia con el torno no es muy completa. El torno del taller es totalmente mecánico, con una rueda grande en la parte inferior, que gira gracias al movimiento del pie, apoyada sobre una balinera y unida por medio de un eje metálico a una rueda de menor tamaño en la parte superior, en donde se ubica el barro. La rueda pequeña para el soporte de la arcilla en este torno es de madera, al igual que el resto de su estructura (la única pieza metálica es su eje). La usuario manifestó considerar de gran dificultad el uso del torno, más sin embargo, señala que por medio del torno es mucho más rápido elaborar las piezas. También comentó que los conocimientos de ella y su familia en el arte de la cerámica han sido enseñados y aprendidos de generación en generación y en su mayoría se refieren al trabajo manual del material, desde la preparación de la arcilla hasta el modelado, el uso de moldes y la decoración.



Figura 14. Torno Entrevista 1.

Tabla 20.

Entrevista 1: enunciados y necesidades del cliente.

Cliente: Angélica Gómez

Dirección: Barrio El Porvenir, Provenza.

Actualmente usa: Torno mecánico de fabricación casera con plato de madera.

Tipo de usuario: Fabricante de piezas cerámicas tradicionales.

Pregunta / Enunciado	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Es más rápido fabricar piezas en torno que a mano.	El PMD permite modelar la arcilla de forma práctica y rápida.
	Solo se usa para modelar la arcilla, nunca para decorar.	El PMD se puede usar para modelar la arcilla. El PMD se puede usar para decorar piezas cerámicas.
	La fabricación manual requiere mucho tiempo, tanto moldeado como decorado.	El PMD permite el modelado y decorado de forma rápida.
	Uso herramientas caseras.	El PMD permite el uso de herramientas caseras.
Le gusta – herramienta actual	No gasto electricidad.	
	Su estructura es de madera.	El PMD puede ser fabricado en madera.
Le disgusta – herramienta actual	Hay mayor precisión en los trabajos manuales.	El PMD permite gran precisión en los trabajos.
	Es difícil de usa, difícil modelar en torno.	El PMD es fácil de usar.
	Me ensucio la ropa.	El PMD ofrece protección ante suciedad para la ropa.
	El torno no se puede mover.	El PMD se puede mover.
	Es pesado.	El PMD es ligero.
	Me agotaría menos con un torno eléctrico.	El PMD es eléctrico.

Entrevista 2.

La *entrevista 2* se realiza con un fabricante de piezas cerámicas con gran experiencia en el uso del torno para el modelado de arcilla. Marcos Vega Isidro trabaja en el barrio Palomitas en Floridablanca, en una casa que cuenta torno alfarero, horno de leña y demás implementos manuales y materiales requeridos. El torno alfarero con el que trabaja el señor Marcos es una máquina casera, con estructura de madera y un eje metálico que conecta las dos ruedas. Bajo la rueda grande, al nivel del suelo, hay una balinera que facilita el giro del sistema; y en la parte superior y unida por medio del eje está el disco metálico de menor tamaño (aproximadamente 35 cm de diámetro) en donde se ubica la arcilla para realizar el trabajo. Como se puede ver en las fotografías, en la parte izquierda de la estructura se encuentra una superficie inclinada sobre la cual se apoya el alfarero, quien mantiene su posición soportando el peso de su cuerpo en un pie y moviendo la rueda del suelo con el otro pie. El usuario manifestó cansancio durante las jornadas laborales, específicamente en espalda, cuello y piernas, en especial la pierna que soporta el peso del cuerpo; los tiempos de trabajo oscilan entre 4 u 8 horas al día, según las fases del proceso de fabricación. Sobre la superficie auxiliar que le ofrece la estructura de madera junto al plato el usuario ubica agua, para hacer uso de la misma durante todo el proceso de modelado y en la parte trasera de su espalda, en el ángulo que forma con la pared, el alfarero acostumbra ubicar diferentes herramientas caseras como perfiles de madera, alambre para cortar arcilla, esponjas, entre otros.

A continuación se pueden observar algunas fotografías del torno alfarero del señor Marcos.



Figura 15. Torno Entrevista 2.

Tabla 21.

Entrevista 2: enunciados y necesidades del cliente.

Cliente: Marcos Vega Isidro		
Dirección: Barrio Palomitas, Floridablanca.		
Actualmente usa: Torno mecánico de fabricación casera.		
Tipo de usuario: Profesional en torno y fabricante de piezas cerámicas tradicionales.		
Pregunta / Enunciado	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Trabajo todo el día en el torno.	El PMD es cómodo para jornadas de trabajo completas.
	Trabajo casi todos los días en torno	El PMD puede ser usado diariamente.
	Uso zapatos para trabajar en el torno.	El PMD puede ser usado descalzo.
	No se daña con la lluvia.	El PMD es resistente al agua.

Le gusta – herramienta actual	<p>Modelar una pieza me toma aproximadamente 10 minutos.</p> <p>Puedo hacer piezas grandes.</p> <p>Puedo aplicar fuerza y peso sin daños.</p> <p>Tengo todas las herramientas cerca.</p> <p>Puedo realizar decoraciones.</p>	<p>El PMD permite modelar una pieza en aproximadamente 10 minutos.</p> <p>El PMD permite la elaboración de piezas grandes.</p> <p>El PMD resiste la aplicación de fuerza y peso (axial).</p> <p>El PMD mantiene cerca todas las herramientas necesarias.</p> <p>Con el PMD puedo realizar decoraciones en piezas cerámicas.</p> <p>La vida útil del PMD es de 10 años.</p> <p>El PMD permite el uso de herramientas caseras.</p>
Le disgusta – herramienta actual	<p>Me canso de la espalda, el cuello y las piernas.</p> <p>Es difícil para otros aprender.</p> <p>No se puede mover el torno.</p> <p>Es pesado el torno.</p> <p>El eje metálico es costoso.</p> <p>Los tornos eléctricos son costosos.</p> <p>Me puedo caer por la rueda del suelo.</p>	<p>El PMD es cómodo.</p> <p>El PMD permite una postura neutral</p> <p>El PMD es fácil de usar por primera vez.</p> <p>El PMD se puede mover de lugar.</p> <p>El PMD es liviano.</p> <p>El PMD es económico.</p> <p>El PMD es seguro.</p>

Entrevista 3.

Juan Sebastián Rueda es el actual instructor de cerámica de la Fundación Escuela Taller de Barichara. Tras estudiar por dos años en Madrid, España diferentes técnicas de escultura y modelado en cerámica, incluye la técnica del torno en la Escuela Taller e imparte cursos a las personas interesadas. En su propio taller cuenta con tres tornos eléctricos de alfarería: el más

antiguo de ellos, un torno casero fabricado con madera, con una estructura rectangular, funciona con un motor eléctrico que se controla por medio de un pedal, una polea para la disminución de la velocidad y un disco metálico para la ubicación de la arcilla de aproximadamente 20 cm; los otros dos tornos, fabricados con fibra de vidrio, presentan mejor sistema de regulación de velocidad del motor eléctrico, cuentan también con pedal para su accionamiento y con discos metálicos de mayor tamaño entre 30 y 35 cm. En la fotografía 17 se puede observar también el taller de cerámica de la Fundación Escuela Taller de Barichara, organizada con varios puestos de trabajo para modelar en torno, diferentes superficies auxiliares para elementos complementarios y estanterías para la ubicación de piezas terminadas; los tornos de la Fundación son eléctricos y de fibra de vidrio, similares a los anteriores.



Figura 16. Tornos Entrevista 3.



Figura 17. Taller de cerámica Fundación Escuela Taller Barichara. Recuperado de: [http://tallerdeoficiosbarichara.com/iii-ceramica-y-alfareria/#!lightbox\[auto_group1\]/0/](http://tallerdeoficiosbarichara.com/iii-ceramica-y-alfareria/#!lightbox[auto_group1]/0/)

Tabla 22.

Entrevista 3: enunciados y necesidades del cliente.

Cliente: Juan Sebastián Rueda

Dirección: Barichara, Santander.

Actualmente usa: Torno eléctrico casero y tornos eléctricos comprados.

Tipo de usuario: Profesional en cerámica y escultura.

Pregunta / Enunciado	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Mancho las paredes trabajando.	El PMD contiene los residuos del proceso.
	Los tornos son pesados.	El PMD es ligero.
	Los motores pueden activarse en los dos sentidos de giro.	El PMD permite la activación del motor en ambos sentidos de giro.
	Las patas tienen niveladores en el suelo para estabilidad.	El PMD tiene niveladores en sus soportes para estabilidad.

	Lo controles son un poco confusos.	El PMD tiene controles claros, legibles.
Le gusta – herramienta actual	Con el plato más grande puedo hacer mayor variedad de piezas.	El PMD tiene un plato de tamaño grande para la elaboración de mayor variedad de piezas.
	Sólo modelo la arcilla, no decoro sobre el torno.	El PMD permite el modelo en torno y la decoración de piezas.
	Uso muchas herramientas caseras.	El PMD permite el uso de herramientas caseras.
	Regulo la velocidad por medio del pedal.	El PMD puede regular la velocidad por medio de un pedal.
	Puedo usar platos plásticos sobre la platina para retirar las piezas.	El PMD permite el uso de bases plásticas para retirar las piezas.
Le disgusta – herramienta actual	Son difíciles de transportar y mover.	El PMD es fácil de transportar, mover.
	El motor y los interruptores están expuestos.	El PMD tiene el motor, interruptores y elementos eléctricos aislados y protegidos.
	El plato a nivel de la superficie de trabajo o la bandeja es incómodo.	El PMD mantiene distanciados los niveles de la bandeja y el plato de giro.
	No puedo retirar el plato del eje del motor.	El PMD permite retirar el plato de giro del eje del motor.
	Difícil acceso para las reparaciones.	El PMD tiene un fácil acceso para reparaciones.
	Me canso de la espalda.	El PMD permite posturas neutrales.
	Me canso de los brazos levantados.	El PMD tiene alturas adecuadas del plano de trabajo. El PMD ofrece soporte para los brazos.
	La bandeja muy alta es incómoda.	El PMD tiene una bandeja de altura adecuada y cómoda.

Materiales de fabricación contaminantes.	El PMD puede ser fabricado con materiales ecológicos.
Dificultad de limpieza.	El PMD puede limpiarse fácilmente. El PMD permite el lavado de sus piezas.
No se puede retirar la bandeja, hace parte de la superficie de trabajo.	El PMD permite retirar la bandeja, es una pieza individual.
Los pedales son duros y difíciles de regular.	El PMD tiene controles de velocidad suaves y fáciles de regular.

Entrevista 4.

Para obtener los aspectos y atributos de mayor importancia durante los procesos de compra de equipos en una institución se entrevista al profesor Jose Miguel Higuera Marin de la Escuela de Diseño Industrial de la UIS, quien ha desempeñado anteriormente el cargo de Director de Escuela y fue participe de algunos procesos de planeación para la adquisición y compra de equipos durante el desarrollo de laboratorios y espacios de trabajo en la escuela.

A grandes rasgos se menciona el proceso que se lleva a cabo, desde la elección de los equipos hasta la financiación de la propuesta completa: entre los primeros aspectos se conforma un comité técnico pertinente según el área o especificación de los equipos, entre los que se consideran al jefe o encargado de los TDI, docentes o administrativos involucrados, y de ser necesario, externos conocedores de la naturaleza de los equipos que brinden una consulta. De forma simultánea, se establecen las necesidades académicas a suplir por medio del proyecto, ya que es necesario tener claridad en las prácticas que se buscan adelantar con el o los equipos. Una vez seleccionadas las

referencias más adecuadas se comienza a buscar proveedores adecuados para una transacción con la universidad, cumpliendo con reconocimiento nacional, garantía, un plan de mantenimiento de 3 años, disponibilidad de repuestos, cambios en casos de defecto y distribución de insumos. Analizados estos puntos, el proyecto pasa a un banco de proyectos y comienza a buscar financiación.

De forma puntual se consultaron sobre los requerimientos de costo, transporte y tiempos de entrega, y durante la entrevista se menciona que los costos de un equipo o una máquina no son en ningún momento un determinante ni limitante para la compra, toda la financiación es posterior a la preparación y cotización del proyecto; respecto al transporte, se comenta que no es un atributo llamativo o importante debido a que se cuenta con un espacio disponible para la ubicación de los equipos, y su cambio de ubicación no es un escenario especialmente probable; y sobre el tiempo de entrega, se señala que varía según el tipo de equipos y de proveedor y son considerados y establecidos en la etapa de selección de proveedores.

Con respecto a las características puntuales a señalar en un puesto de trabajo para procesos cerámicos, se mencionan algunas características puntuales importantes para la adquisición: cumplir con fines académicos, desempeñando tareas prácticas dentro del campo de la materia; contar con una integralidad que permita al equipo compaginarse con otros similares y con otros de la misma línea; y de forma idea, tener la posibilidad de un crecimiento posterior con una triple funcionalidad: académica, de investigación y de prestación de servicio público.

En la tabla 23 a continuación, se presentan algunos de los enunciados recopilados de la entrevista pertinentes al establecimiento de las necesidades del cliente.

Tabla 23.

Entrevista 4: enunciados y necesidades del cliente.

Cliente: Miguel Higuera		
Dirección: UIS, sede principal, Bucaramanga.		
Tipo de usuario: Experto en la adquisición de equipos.		
Pregunta / Enunciado	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Le disgusta – herramienta actual	Las posturas de trabajo con incómodas.	El PMD permite posturas de trabajo neutras.
	Se genera fatiga durante el uso del torno.	El PMD reduce la fatiga durante tiempos de trabajo largos.
	No existe integralidad entre los elementos necesarios para el desarrollo de la tarea.	El PMD integra todos los materiales y herramientas necesarios para la tarea.
	No hay propósito de diseño, únicamente la resolución de una necesidad de forma básica.	
	Se presentan fallas en la concetricidad del movimiento.	El PMD permite un movimiento correctamente concéntrico.
	No existe regulación de velocidad, o esta regulación no se encuentra calculada.	El PMD permite la regulación de la velocidad según requiera el movimiento.
	No existe determinación de dimensiones adecuadas según la población.	El PMD tiene dimensiones adecuadas según los usuarios señalados.
	En su mayoría son de fabricación casera.	El PMD puede ser fabricado de forma industrial. El PMD puede ser fabricado de forma manual.
Mejoras sugeridas	El equipo debe obedecer a un fin académico.	El PMD se encuentra diseñado para espacios de aprendizaje.

No debe ser un equipo industrial.	El PMD se encuentra diseñado para espacios de aprendizaje.
Proponer un sistema integral con puestos similares y con los demás equipos del taller.	El PMD es un sistema integral con el resto de los equipos del taller.
Capacidad de crecer modularmente.	El PMD puede crecer modularmente.
Posibilidad de desarrollo de investigación.	El PMD puede ser usado para el desarrollo de investigación.
Posibilidad de prestación de servicio público en el marco académico.	El PMD puede prestar un servicio público dentro del marco académico.
Optimización de la potencia en sistemas mecánicos.	El PMD optimiza la potencia en sus sistemas mecánicos.
Inclusión de herramientas diseñadas con un propósito.	El PMD incluye herramientas manuales diseñadas.
Controles de tamaño y forma para las piezas.	El PMD incluye controles de tamaño y forma para las piezas.

En la siguiente tabla se pueden observar las necesidades interpretadas de las entrevistas realizadas. Estas necesidades junto a las identificadas por medio de la observación del producto en uso son usadas posteriormente para establecer requerimientos, determinantes y parámetros del puesto de trabajo.

Tabla 24.

Recopilación necesidades interpretadas.

Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4
Permite modelar de forma práctica y rápida.	Puede ser usado diariamente	Contiene los residuos del proceso	Permite posturas de trabajo neutras
Sirve para modelar la arcilla.	Permite modelar una pieza en cerca de 10 minutos.	Permite activación del motor en los dos sentidos de giro	Reduce la fatiga durante el trabajo prolongado
Puede ser fabricado en madera.	Es resistente al agua.	Puede regular la velocidad con un pedal	Integra los materiales y herramientas necesarios
Permite gran precisión en los trabajos.	Puede ser usado descalzo.	Permite retirar la bandeja	Permite un movimiento concéntrico
Es fácil de usar.	Mantiene cerca todas las herramientas necesarias.	Mantiene distanciados los niveles de la bandeja y el plato	Permite regulación de velocidad según requiera el movimiento
Ofrece protección ante suciedad para la ropa.	Es resiste la aplicación de fuerza y peso (axial).	Permite el uso de bases plásticas para retirar las piezas	Tiene dimensiones adecuadas según los usuarios
Es eléctrico.	Permite la elaboración de piezas grandes.	Tiene controles de velocidad precisos	Puede ser fabricado de forma industrial
	Permite la decoración en piezas cerámicas.	Tiene los elementos eléctricos protegidos	Puede ser fabricado de forma manual
	Tiene una vida útil del de 10 años.	Permite retirar el plato del eje del motor	Diseñado para espacios de aprendizaje
	Permite el uso de herramientas caseras.	Puede ser fabricado con materiales ecológicos	Es integral con los equipos del taller
	Es cómodo.	Es fácil de limpiar	Crece modularmente
	Es fácil de usar por primera vez.	Tiene fácil acceso para reparaciones	Puede ser usado para investigación
	Es fácil de transportar	Tiene niveladores en los soportes para estabilidad	Puede prestar un servicio público dentro del marco académico

Es liviano	Tiene alturas adecuadas del plano de trabajo	Optimiza la potencia en sus sistemas mecánicos
Es económico	Ofrece soporte para los brazos	Incluye herramientas manuales diseñadas
Es seguro	La bandeja tiene altura adecuada y cómoda	Incluye controles de tamaño y forma
	Tiene controles legibles	

6.6 Determinaciones para el proyecto

6.6.1 Tiempo de trabajo

Con el fin de determinar el tiempo aproximado de trabajo en el puesto de trabajo se considera la duración aproximada del programa de la asignatura de Materiales y Procesos V: Cerámicos y Vidrios del plan de estudios de la carrera de Diseño Industrial de la UIS. Durante el semestre se cuenta con 2 clases a la semana de 2 horas cada una; es decir que a la semana, un estudiante cuenta con 4 horas de trabajo dentro de la materia. El semestre tiene una duración de aproximadamente 15 semanas.

De igual forma, se considera la duración de una clase particular de modelado en torno que puede ofrecer otro tipo de institución o profesor particular. Según la descripción disponible del Programa de Formación en Oficios de Cerámica y Alfarería disponible en la Fundación Escuela Taller Barichara, la duración total es de 497 horas (6 meses aproximadamente), con un horario de 3 horas al día, de lunes a viernes (FUNDACIÓN ESCUELA TALLER BARICHARA, 2018).

Con base en estos dos programas de estudio se considera que el tiempo de trabajo en la estación de torno y decoración (considerando la ejecución de las dos funciones que este permite, el

modelado en torno y la decoración de piezas), un aproximado de 2 horas diarias, durante el tiempo correspondiente de los diferentes programas, que oscilan entre 6 o 4 meses.

6.6.2 Tamaño de las piezas

El disco giratorio escogido para la estación de torno y decoración tiene un diámetro de 20 centímetros. El tamaño de esta pieza limita las dimensiones de los objetos a modelar en el mismo.

Con este diámetro de base se considera la disponibilidad de modelar piezas de un ancho y profundidad de 20 centímetros y de una altura de 30 centímetros aproximadamente. La dimensión de altura puede ser superada si el diseño así lo dispone, sin embargo, la postura propuesta y las habilidades del usuario potenciales hacen poco probable el modelado de piezas mucho más altas.

6.6.3 Tipos de decorado

Gran número de técnicas para decoración requieren de herramientas manuales para la aplicación de barnices, pinturas, esmaltes o arcillas sobre las piezas ya sea en consistencia de cuero, en bizcocho o una vez ya vidriada. Estas técnicas no demandan un entorno diferente para su aplicación, y es posible su ejecución en un puesto de trabajo similar. La estación de torno y decoración de piezas cerámicas se encuentra disponible para la aplicación de este tipo de decoración y excluye los procesos de pintura que requieren de implementos de mayor tamaño para su aplicación, como los procesos de inmersión o similares.

Es posible encontrar diferentes clasificaciones para las técnicas de decorado más habituales. Se puede clasificar en decoraciones en que se superponen elementos a la pieza, decoraciones en que se graba la superficie de la pieza y decoraciones con pintura (Navarro, 1994).

Decoraciones en que se superponen elementos a la pieza:

- Aplicaciones
- Relieves
- Pasta sobre pasta
- Engobes

Decoraciones en que se graba la superficie de la pieza:

- Incisión
- Estampación
- Incrustaciones
- Litofania
- Chaflanes o facetas
- Calados
- Encajes
- Esgrafiado
- Grabado al aguafuerte

Decoraciones con pintura

- Reservas
- Plantillas
- Cera
- Látex, cintas adhesivas
- Cuerda seca
- Muñequilla o esponja
- Pastel o lápices
- Estarcido
- Sello de goma
- Calcomanías
- Serigrafía
- Pinturas bajocubiertas
- Vidriados o barnices
- Pintura sobre vidriado crudo
- Técnica de sobrecubierta
- Pintura china o pintura sobre porcelana
- Oro y platino
- Los lustres

7 Requerimientos

El análisis de los dos procesos a realizar con el sistema, el modelado en torno y la decoración de las piezas, junto con las diferentes entrevistas y la revisión antropométrica y de seguridad laboral han permitido identificar atributos determinados para el diseño. A partir de dichos atributos se asignan valores cualitativos o cuantitativos a las variables y se obtienen los requerimientos del producto. Este diseño clasifica sus requerimientos en: requerimientos de uso, requerimientos de función, requerimientos técnico – productivos, requerimientos estructurales, y requerimientos formales.

7.1 Atributos de diseño

7.1.1 Requerimientos de uso

1. Practicidad

N. Rápida instalación y uso

- Ajuste de altura simple y rápida de usar.
- Uniones mecánicas.
- Indicadores para la ubicación de las piezas.
- Piezas únicas.

N. Ubicación cómoda para disposición de zonas de trabajo, economía de espacio.

- Modularidad.
- Diversidad de ubicación para el usuario.

2. Seguridad

N. Proteger y aislar el sistema electrónico del agua y los posibles residuos del entorno.

- Presencia de guardas.
- Caja hermética.
- Elementos aislantes en cables y terminaciones.
- Dimensiones mínimas para los puntos de salida.

N. Proteger al usuario de accidentes o errores durante el uso del puesto de trabajo.

- Redondear y suavizar bordes.
- Mantener el sonido menor a 90 dB.
- Evitar la vibración del puesto de trabajo, menor a 5 m/s²
- Permitir accionamiento sólo cuando se encuentra correctamente instalado.

3. Mantenimiento

N. Limpieza del puesto de trabajo y sus elementos y piezas.

- Materiales resistentes al agua.
- Piezas y partes desarmables para facilitar acceso y limpieza.
- Formas sencillas para facilitar acceso y limpieza.

N. Acceso a los mecanismos mecánicos y electrónicos para revisión y mantenimiento.

- Secciones para cada sistema.
- Tapas o compuertas para cada sección.
- Fácil apertura de las secciones.
- Cierres seguros y firmes para las secciones.
- Indicadores para las zonas que requieren mantenimiento (lubricante, agua, ventilación).

4. Reparación

N. Acceso a los diferentes elementos de cada sección para cambios y reparaciones.

- Disposición de los elementos de forma ordenada y accesible.
- Indicadores de formas de extracción de los elementos.
- Acceso visual de elementos rotos o dañados.
- Indicadores de referencias de los elementos.

5. Manipulación

N. Correcta y fácil manipulación de los elementos y piezas.

- Huellas para la disposición de las manos para elementos grandes.

N. Correcta y fácil manipulación del conjunto ensamblado.

- Dirección de las ruedas.
- Agarre para la aplicación de fuerza.

6. Antropometría

N. Dimensiones correspondientes con la población y características definidas del usuario.

- Aplicación de la tabla antropométrica anteriormente definida.

7. Ergonomía

N. Inclusión de características que favorezcan el bienestar y la salud física de los usuarios.

- Postura neutral para los usuarios.
- Ajuste de alturas para la mesa, el asiento y el espaldar.

N. Inclusión de características que favorezcan el bienestar y la salud cognitiva de los usuarios

- Acceso visual del accionamiento.

- Mandos adecuados según el tipo de función.
- Diagrama de uso simple y corto.

8. Usabilidad

N. Correcta aplicación de affordances para comunicación con el usuario.

- Texturas y formas que indiquen agarre.
- Indicadores y símbolos reconocibles para los usuarios.
- Indicadores del estado de funcionamiento del puesto de trabajo.
- Indicadores de velocidad y de límites máximos y mínimos.
- Uso de colores para indicar ubicación.

9. Transporte

N. Cambio de ubicación del puesto de trabajo en el entorno de los TDI.

- Forma compacta.
- Presencia de ruedas.
- Peso total del puesto menor a 25 kilogramos.

N. Almacenamiento para el reposo del sistema.

- Reducir dimensiones como un segundo estado de disposición del puesto.
- Compresión de los elementos adicionales de trabajo (superficies, contenedores, asiento, herramientas...).

Tabla 25.

PDS de requerimientos de uso.

Clasificación	Necesidades	Especificaciones	
Practicidad	Ubicación cómoda para disposición de zonas de trabajo, economía de espacio.	Modularidad	**
		Diversidad de ubicación para el usuario	*
	Instalación cómoda, fácil y rápida	Ajuste de altura rápido y fácil (como tuerca-tornillo, perno, remaches, pasador,)	*
		Uniones mecánicas	*
		Indicadores para ubicación de piezas (color, textura, forma)	*
Seguridad	Proteger y aislar el sistema eléctrico y electrónico del agua y demás residuos.	Piezas sencillas	*
		Guardas	*
		Caja hermética	*
		Correcto uso de elementos aislantes	**
	Proteger al usuario de accidentes o posibles errores durante el uso del puesto de trabajo	Dimensión mínima para puntos de salida	**
		Redondear y suavizar bordes	**
		Ruido menor a 90 dB	**
		Evitar vibración, menor a 5 m/s ²	**
	Activo solo con correcta instalación	*	
Mantenimiento	Correcta limpiezas de las diferentes piezas y partes del sistema	Materiales resistentes al agua	**
		Piezas desarmables para acceder	*
		Formas simples	*
	Acceso de los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos del sistema.	Sección para cada sistema	*
		Tapas	**
	Cierre seguro para tapas	*	
	Indicador para zonas de mantenimiento	*	
Reparación	Acceso de los elementos de los diferentes sistemas para cambios y reparaciones	Disposición ordenadas y accesible	**
		Indicadores de forma de extracción	*
		Acceso visual de elementos dañados	*
		Indicadores de referencias de elementos	*

Manipulación	Correcta y fácil manipulación de los elementos y piezas	Huellas de mano en elementos	*
	Correcta y fácil manipulación del conjunto ensamblado	Dirección de las ruedas Agarre para aplicación de fuerza	* **
Antropometría	Dimensiones según usuario definido	Aplicación de tabla antropométrica	**
Ergonomía	Inclusión de características que favorezca la salud física del usuario	Postura neutral para usuario	**
		Ajuste de alturas	*
	Inclusión de características que favorezcan la salud y el bienestar mental del usuario	Acceso visual de accionamiento	*
		Mandos adecuado Diagrama de uso simple y corto	** *
Usabilidad	Correcta aplicación de affordances y comunicación del objeto con el usuarios	Texturas y formas que indiquen agarre	*
		Símbolos, iconos, que reconoce usuario	*
		Indicador de estado de funcionamiento	*
		Indicador de velocidad	*
		Indicador límites de velocidad	*
		Uso de colores para ubicación de piezas	*
Transporte	Cambio de ubicación del puesto de trabajo en el entorno de los TDI	Forma compacta	*
		Presencia de ruedas	*
		Peso total menor a 25 kilos	**
	Almacenamiento del puesto de trabajo durante el reposo del mismo	Reducir dimensión segunda opción Inclusión de elementos adicionales	* *

7.1.2 Requerimientos de función

1. Mecanismos

N. Sistema de revolución para el proceso de modelado en torno de piezas cerámicas

- Motor eléctrico.
- Reductora para lograr velocidad de 0 a 250-300 rpm.
- Variación de la velocidad.
- Accionamiento manual.

N. Uniones mecánicas para diferentes puntos del puesto de trabajo (fijas y temporales).

- Sistema tuerca-tornillo
- Sistemas a presión
- Encajes mecánicos
- Bisagras

2. Confianza

N. Representar estabilidad, resistencia y equilibrio durante el uso en su estructura general y en sus diferentes partes.

- Uniones mecánicas resistentes y seguras.
- Estabilidad de todo el conjunto.
- Resistencia a fuerzas no axiales.

3. Versatilidad

N. Permitir y facilitar el desarrollo de dos actividades: el modelado en torno y la decoración.

- Tener torneta.
- Superficies auxiliares.
- Herramientas de sujeción de piezas a decorar.
- Herramientas para el decorado en torno (set).
- Accesorios para la platina.
- Contenedores de agua o líquidos.
- Ecuilización de la platina.

4. Resistencia

N. Resistencia al contacto con agua, humedad, aserrín, arcilla, pintura, polvo, y demás posibles partículas del ambiente.

- Metales inoxidables.
- Polímeros de alta resistencia a humedad.
- Siliconas de fácil limpieza.
- Forma sencilla para mayor acceso y limpieza.
- Recubrimientos para mejorar porosidad e impermeabilidad.

N. Resistencia física o mecánica ante posibles fuerzas aplicadas sobre el puesto de trabajo (aproximadamente 10 kilos de arcilla sobre el plato de giro).

- Motor adecuado según el peso.
- Sistema de reductora para aumentar el torque.
- Soportes del puesto de trabajo estables.
- Resistencia a la vibración durante el transporte.
- Seguros para las uniones mecánicas.

5. Acabado

N. Facilidad de limpieza.

- Debe procurar un acabado liso para facilitar la limpieza.

N. Durabilidad de acabado consecuencia de la humedad.

- Evitar la adición de adhesivos o pinturas.

Tabla 26.

PDS de requerimientos de función

Clasificación	Descripción	Necesidad	
Mecanismos	Sistema de revolución para el modelado en torno	Motor eléctrico	**
		Reductora para velocidad (250 - 300 rpm)	**
		Variación de velocidad	**
		Accionamiento manual	*
		Sistema tuerca – tornillo (rosca)	*
		Sistemas a presión	*
		Encajes mecánicos	*
		Bisagras	*
Confianza	Representar estabilidad, resistencia y equilibrio.	Uniones mecánicas fuertes seguras	**
		Estabilidad en soportes	**
		Resistencia a fuerzas no axiales	**
Versatilidad	Permitir y facilitar el desarrollo de dos actividades: el modelado en torno y la decoración	Torneta	**
		Superficies auxiliares	**
		Herramientas de sujeción	*
		Herramientas para modelado en torno	*
		Accesorios para platina	*
		Contenedores de agua	*
		Ecuilización de la platina	*
Resistencia	Resistencia al contacto con agua, humedad, aserrín, arcilla, pintura, polvo, y demás posibles partículas del ambiente. Resistencia física o mecánica ante fuerzas aplicadas sobre el puesto de trabajo (aproximadamente 10 kilos de arcilla).	Metales inoxidables.	*
		Polímeros resistentes a humedad	*
		Siliconas de fácil limpieza	*
		Forma sencilla para fácil acceso	*
		Recubrimientos para mejorar porosidad	*
		Motor adecuado según el peso	**
		Reductora para aumentar el torque	*
		Soporte del puestos de trabajo estables	**
		Resistencia a la vibración de transporte	**
Seguro para uniones mecánicas	**		

Acabado	Facilidad de limpieza	Acabado liso para facilitar la limpieza	*
	Duradero	Evitar adición de adhesivos o pinturas	*

7.1.3 Requerimientos de técnico-productivos

1. Bienes de capital

N. Sujeto a presupuesto y disponibilidad de la región

- Demanda de bienes de capital de producción disponibles en la región.
- Demanda de bienes de capital de producción disponibles en los TDI.

2. Mano de obra

N. Sujeto a presupuesto y disponibilidad de la región.

- Evitar la demanda de mano de obra especializada.
- Demanda de mano de obra disponible en la región.

3. Modo de producción (artesanal, manufactura, industrial)

N. Proponer un proceso productivo industrial considerablemente económico para la posible fabricación de réplicas.

- Procesos de producción de tiempos cortos.
- Demanda de procesos de producción disponibles en la región.
- Limitar número de procesos de transformación de material.
- Evitar demanda de procesos de producción especializados.

N. Proceso productivo semi-industrial para complementar etapa de modelado.

- Procesos de producción industriales replicables manualmente.

4. Normalización (medidas comerciales de materia prima)

N. Consideración de las medidas comerciales de las materias primas para su máximo aprovechamiento.

- Distribución dentro de la lámina.
- Reciclar o reusar desechos.

5. Estandarización

N. Inclusión de elementos estandarizados disponibles en el mercado.

- Piezas de unión estandarizadas.
- Ruedas estandarizadas.
- Elementos complementarios (cauchos, terminaciones, rebordes).

6. Materias primas

N. Sujeto a presupuesto, requerimientos de función, requerimientos de resistencia y disponibilidad en el mercado.

- Limitar el número de tipos de materiales diferentes.
- Demanda de materiales disponibles en la región.
- Demanda de materiales de costo moderado.
- Demanda de materiales reciclados.

7. Costo de producción

N. Mantener el presupuesto.

- Costo de producción.

Tabla 27.

PDS de requerimientos técnico-productivos.

Clasificación	Descripción	Especificaciones	
Bienes de Capital	Sujeto a presupuesto y disponibilidad de la región	Bienes de producción de la región	**
		Bienes de producción de los TDI	*
Mano de obra	Sujeto a presupuesto y disponibilidad en la región	Evitar demanda especializada	**
		Mano de obra de la región	**
		Procesos productivos de lapsos cortos	*
Modo de producción	Proceso productivo industrial para la fabricación de otros puestos de trabajo similares.	Procesos disponibles en la región	**
		Limitar de procesos de transformación	*
		Evitar demanda especializada	*
	Proceso semi-industrial	Procesos replicables manualmente	*
Normalización	Aprovechamiento del material según las medidas de venta	Distribución en la lámina	*
		Reciclaje o reuso de desechos	*
Estandarización	Inclusión de elementos estandarizados disponibles en el mercado de la región	Piezas de unión estandarizadas	**
		Ruedas estandarizadas	**
		Elementos complementarios estandarizados (cauchos, terminaciones, etc...)	*
Materia prima	Sujeto a presupuesto, requerimientos de función, requerimientos de resistencia y disponibilidad en el mercado.	Limitar número de materiales	*
		Demanda disponible en la región	**
		Demanda de costo moderado	**
		Demanda de materiales reciclados	*
Costo de producción	Disponibilidad de presupuesto establecido	Costo de producción	**

7.1.4 Requerimientos estructurales

1. Número de componentes

N. Con un menor número de componentes se disminuyen costos y facilita de uso del puesto de trabajo.

- Número de componentes menor a 50.
2. Carcasa
- N. Incluir características que faciliten la seguridad del sistema electrónico
- Carcasa con cierre hermético
 - Carcasa aislada o distanciada del resto del sistema
 - Seguros, candados, guardas
- N. Comodidad por medio de la forma y las dimensiones
- Dimensiones de altura reducida
 - Forma sencilla
 - Evitar sobredimensión
- N. Unión con la parte estructural del conjunto
- Incluir soporte para la unión de las partes estructurales
3. Unión
- N. Uniones mecánicas temporales para las partes que requieren ajuste dimensional.
- Sencillez de uso
 - Resistencia a compresión
 - Terminaciones suaves que eviten afectar las piezas cerámicas
 - Ubicación específica para las uniones libres para evitar pérdida
- N. Uniones fijas para partes estructurales.
- Uniones fuertes y seguras
 - Sencillez de uso
4. Centro de gravedad

N. Mantener estabilidad y equilibrio ante la aplicación de fuerzas no axiales y la ecualización de la carcasa.

- Suficientes puntos de soporte
- Soporte estable a cambios de ubicación del peso

5. Estructurabilidad

N. Estructura que permita el almacenamiento y funciones de resistencia.

- Estructura plegable.

Tabla 28.

PDS de requerimientos estructurales.

Clasificación	Descripción	Especificaciones	
Número de componentes	Facilitar uso y disminuir costos	Número de componentes menor a 50	**
Carcasa	Incluir características que faciliten la seguridad del sistema electrónico	Carcasa con cierre hermético	*
		Carcasa distanciada del sistema	*
	Seguros, candados, guardas	**	
	Comodidad por medio de la forma y las dimensiones	Dimensión de altura reducida	*
	Forma sencilla	**	
Unión a la parte estructural del conjunto	Unión a la parte estructural del conjunto	Evitar sobredimensión	*
		Incluir soporte para parte estructural	*
Centro de gravedad	Mantener estabilidad y equilibrio ante aplicación de fuerzas	Suficientes puntos de soporte	**
		Soporte estable	**
Unión	Uniones mecánicas temporales para las partes que requieren ajuste dimensional	Sencillez de uso	**
		Resistencia a compresión – tensión	**
		Terminación que no dañe las pieza	*
	Uniones fijas para partes estructurales.	Ubicación para evitar perdida	*
		Uniones fuertes y seguras	**
		Sencillez de uso	**

Estructura	Permitir el almacenamiento reducido y demás funciones descritas	Estructura plegable	*
------------	---	---------------------	---

7.1.5 Requerimientos formales

1. Estilo

N. Coherencia con el espacio y ambiente de trabajo y aprendizaje de los TDI

- Estilo industrial
- Coherencia formal del conjunto
- Coherencia formal con elementos del entorno

2. Superficie

N. Colores y texturas coherentes con el estilo definido

- Colores blanco, negro, gris, amarillo y rojo.

Tabla 29.

PDS de requerimientos formales.

Clasificación	Necesidad	Requerimientos	
Estilo	Coherencia con el espacio y ambiente de trabajo y aprendizaje de los TDI	Estilo industrial	*
		Coherencia formal con el conjunto	**
		Coherencia formal con otros	*
Superficie	Colores y texturas según estilo definido	Blanco, negro, gris, amarillo y rojo	*

8 Desarrollo y evaluación de alternativas

8.1 Principales mecanismos y sistemas en el mercado

Para da inicio al desarrollo de alternativas y propuestas para el puesto de trabajo se identifican secciones o mecanismos principales que pueden hacer parte del diseño final. A partir de estas secciones, se realiza una búsqueda puntual de algunas de las soluciones existentes en el mercado

para mecanismos o sistemas similares. En la siguiente tabla se evidencian las principales secciones del puesto de trabajo.

Tabla 30.

Alternativas de solución para principales secciones del sistema.

SECCIÓN	ALTERNATIVAS			
Mecanismo de revolución	Electrónico	Eléctrico	Mecánico	
Ajuste de altura asiento	Tubo roscado	Pistón neumático	Resorte	Ajuste mecánico
Ajuste de altura mesa	Tubo roscado	Pistón neumático	Resorte	Ajuste mecánico
Ajuste de altura espaldar			Resorte	Ajuste mecánico
Ajuste de platina	Rosca	Soldadura	Perfil y cuña	Pin transversal
Superficie piezas	Superficie lisa	Planos seriados		
Sistema inclinación	Rótula	Bisagra		
Bandeja para residuos	Contenedor			
Movilidad	Rodillo	Ruedas		
Superficie herramientas	Superficie lisa	Planos seriados		
Contenedor de agua	Contenedor			
Prensas caballete	Prensas sueltas	Pinzas		

A partir de la tabla 30 y con la indicación de alternativas generales para las diferentes secciones del torno, se señalan y establecen algunas de las características del sistema, como son:

- Inclinación de la sección de la platina por medio de bisagra
- Ajuste de la platina metálica al eje de la reductora del motor por medio de una cuña en el eje y un perfil correspondiente en el plato.
- Mecanismo de revolución con un sistema electrónico para la regulación de velocidad del motor eléctrico con reductora.

- Bandeja para residuos bajo la platina como un contenedor para proteger la estructura.
- Movilidad o sistema para transporte por medio de ruedas individuales del mercado.
- Contenedor para el agua.

8.2 Descripción de las alternativas

8.2.1 Concepto 1

A continuación se presenta el primer concepto propuesto para el puesto de trabajo. Se basa en la modularidad de la forma principal de la superficie de trabajo y a partir de ella se generan una tapa, una superficie auxiliar, un soporte estructural y una ubicación para puestos de trabajo similares.

La ubicación inicial del puesto de trabajo del *Concepto 1* propone mantener el asiento en la parte inferior de la superficie de trabajo, para la reducción de espacio durante los momentos en los que no se encuentra en uso. Para la protección de las piezas internas, se presenta una tapa que se puede remover. Esta propuesta selecciona un soporte estructural de tripode que ofrece una fácil regulación de altura y presenta tres puntos de apoyo para el sistema; este soporte se usa de igual forma para el asiento.



Figura 18. Concepto 1: Ubicación inicial.

La figura 19 presenta de forma aproximada las dimensiones principales del sistema. El diámetro general de la superficie de trabajo es de 50 cm, menos el corte lateral de la forma. Con espacio suficiente para los elementos internos, permite el trabajo con una platina o plato metálico de 35 cm de diámetro. La altura del puesto de trabajo, variable, se encuentra aproximadamente entre los 60 y 70 cm. El diámetro del asiento es de aproximadamente 35 cm y presenta igualmente un corte lateral que encaja en el eje principal del soporte del tripode. La altura del asiento varía entre 35 y 45 cm.



Figura 19. Concepto 1: Dimensiones principales.

La figura 20 presenta la carcasa (indicado de amarillo) del puesto de trabajo, en la cual se encuentran los elementos eléctricos y electrónicos para su funcionamiento, entre los que se incluye el motor y su reductora, la fuente, la placa para el control de velocidad, y la platina o plato giratorio. Esta carcasa se encuentra sobre el soporte rojo.



Figura 20. Concepto 1: Carcasa.



Figura 21. Concepto 1: Superficie auxiliar.

En la *figura 21* se puede observar la reubicación de la tapa protectora del sistema. Encajada en el soporte rojo y en voladizo pasa a ser una superficie auxiliar para herramientas y elementos complementarios del trabajo. Su ubicación puede variar un poco sobre el perfil del soporte rojo y según el usuario.

El soporte (indicado con rojo) además de servir como apoyo para la superficie auxiliar, sirve de base para la carcasa amarilla del sistema, la cual puede ser inclinada por medio de bisagras para facilitar la decoración de platos o piezas planas. Este soporte también es la unión del plano de trabajo con el sistema de tripode. La señalada bandeja (de color gris claro) es la pieza que protege los elementos ubicados en la carcasa y recibe los diferentes residuos del proceso, como arcilla y agua. Lo anterior se puede observar en la *figura 22*.



Figura 22. Concepto 1: Inclinación de la superficie de trabajo.

La forma principal de la propuesta se construye a partir de la intersección de un círculo con otro de igual tamaño; el resultado es un módulo que permite la ubicación de uno igual de forma inmediatamente siguiente. La *figura 23* presenta la vista superior de tres módulos iguales y la construcción formal del módulo.

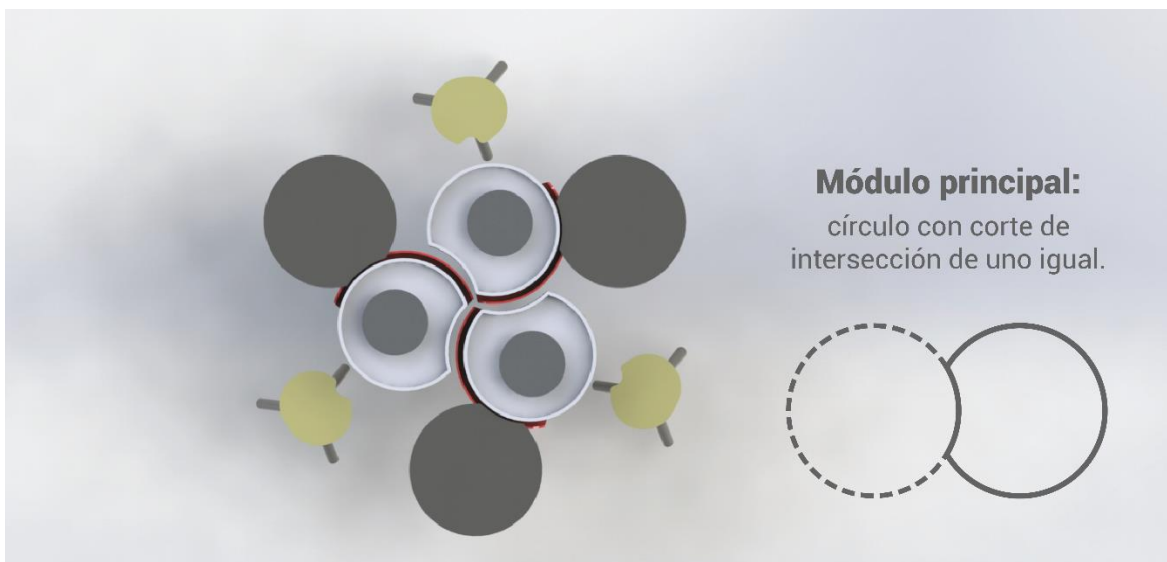


Figura 23. Concepto 1: Módulo principal del puesto de trabajo.



Figura 24. Concepto 1: Isla de trabajo.

En las *figuras 24 y 25* se puede observar la isla de trabajo conformada por 3 puestos con sus respectivos asientos y superficies auxiliares. El módulo también puede ser usado con la ubicación de puestos de trabajo de forma lineal según el usuario.



Figura 25. Concepto 1: Isla de trabajo.

8.2.2 Concepto 2

El segundo concepto a considerar mantiene la modularidad en la forma general del puesto de trabajo para la ubicación de sistemas similares y con un mayor tamaño, presenta una propuesta con superficies auxiliares amplias para los diferentes implementos y herramientas.



Figura 26. Concepto 2: Soporte.

Por medio de la *figura 26* es posible observar la propuesta de forma general, con un asiento independiente al resto del sistema y el uso de un soporte tijera permite no solo la graduación de la altura según el usuario, sino también plegar la estructura; este soporte se incluye en el plano de trabajo y en el asiento.

Respecto a las dimensiones principales de la propuesta, se puede notar en la *figura 27* que para el plano de trabajo se define una superficie de 120 cm de ancho y una profundidad de 45 cm. La carcasa del sistema tiene un diámetro aproximado de 45 cm y la altura varía entre 55 y 70 cm, según la posición del soporte. El asiento con una superficie circular tiene un diámetro de 40 cm y

su altura varía entre 35 y 45 cm. La platina o plato giratorio metálico se calcula con un diámetro de aproximadamente 35 cm.

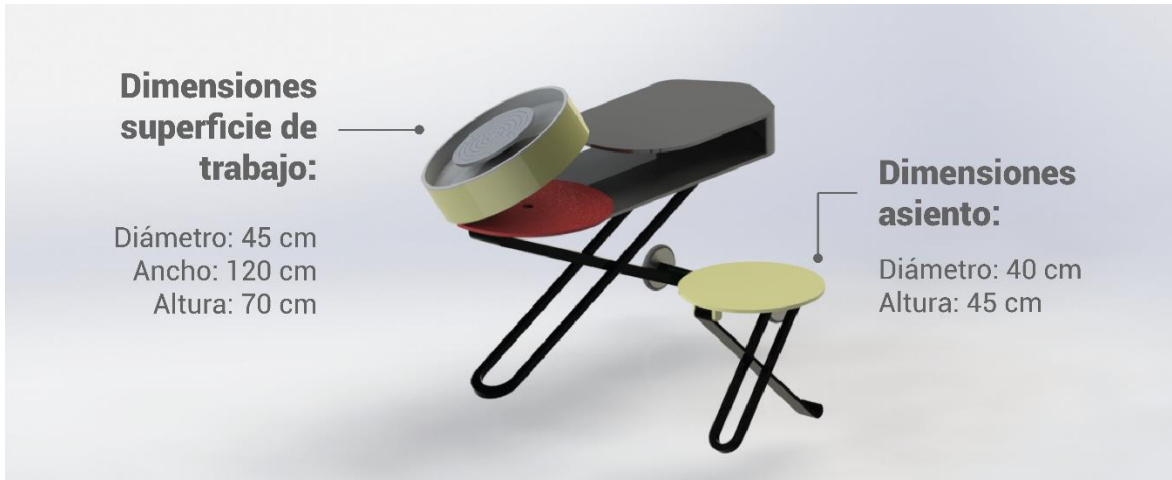


Figura 27. Concepto 2: Dimensiones principales.



Figura 28. Concepto 2: Carcasa bandeja.

En la figura 28 se observan la carcasa del sistema, para la ubicación de los elementos eléctricos y electrónicos apoyada en la superficie horizontal principal del sistema, y la bandeja para la

recolección de residuos de los trabajos y para la protección de los elementos de la carcasa. La carcasa y la bandeja, con dimensiones similares tienen un diámetro aproximado de 45 cm, y encajan la una en la otra; la carcasa tiene una altura aproximada de 12 cm y la bandeja una altura de cerca de 4 cm.



Figura 29. Concepto 2: Sistema plegable para transporte.

El soporte de tijera de la propuesta permite además de graduar la altura del plano de trabajo y el asiento, plegar el sistema para su transporte. Plegando las dos secciones, el asiento y el plano de trabajo, se obtiene una forma más compacta con 2 ruedas en la parte posterior para levantar de un lado el sistema y jalarlo. Las ruedas requieren de frenos para mayor seguridad.

Otros detalles sobre la forma compacta del sistema son el mango, que sobresale una vez plegado el soporte y la ubicación del asiento entre las superficies auxiliares del plano de trabajo, las cuales coinciden en diámetro. Lo anterior se puede observar en las *figuras 29 y 30*.

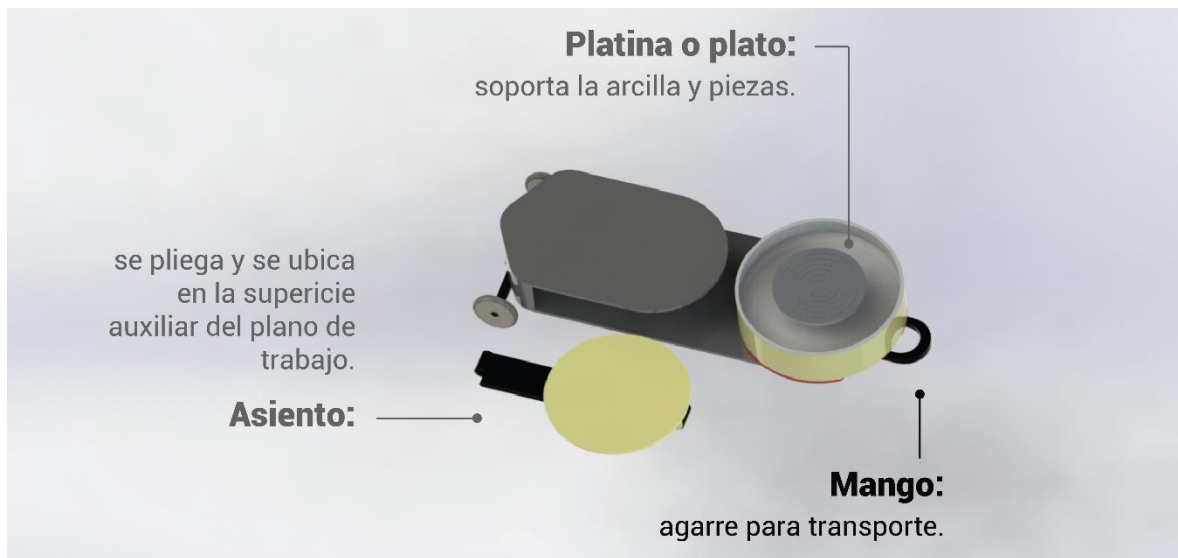


Figura 30. Concepto 2: Detalles sistema plegable.



Figura 31. Concepto 2: Inclinación de la carcasa.

Por medio de la *figura 31* se presenta el soporte de la carcasa (señalado con rojo), con el cual es posible inclinar la carcasa para los procesos de decorado con piezas planas, y la rotación de la carcasa, para el trabajo desde cualquier punto de la terminación circular del módulo. También se

pueden apreciar las 2 superficies auxiliares de la propuesta: una principal que sirve de soporte para la carcasa y una segunda en voladizo para aumentar el espacio de trabajo para ubicación de piezas terminadas e implementos.

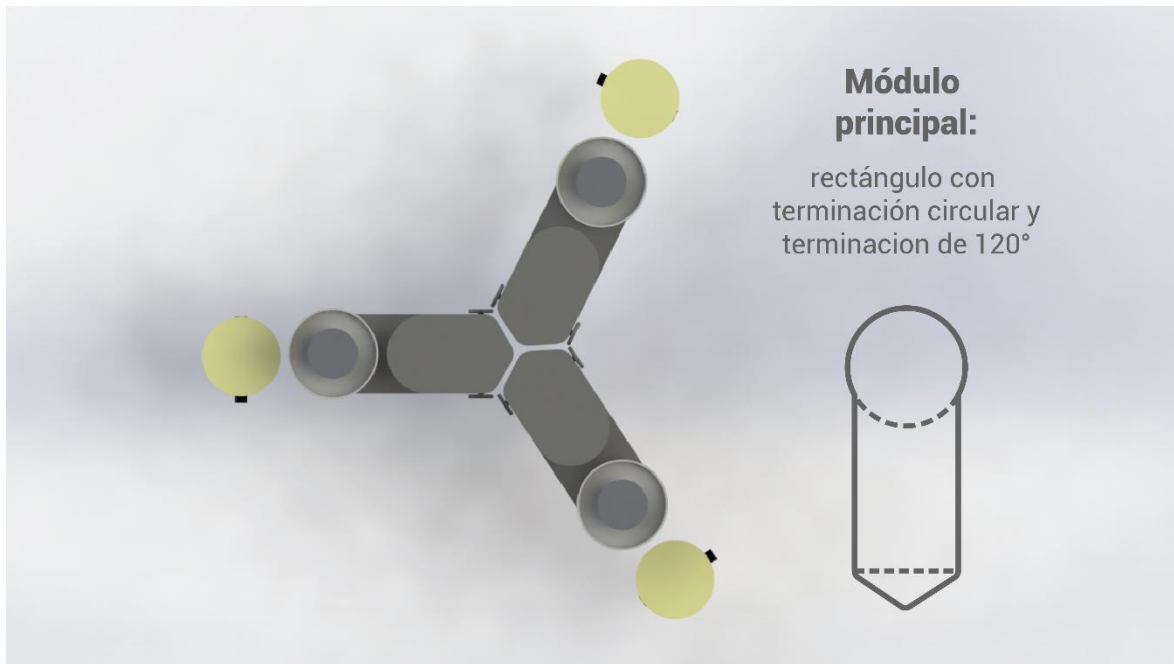


Figura 32. Concepto 2: Módulo formal principal.

En la figura 32 es posible ver el módulo formal principal del concepto 2, construido a partir de una base rectangular con una terminación triangular y otro circular. La terminación triangular, con 120° de ángulo entre las aristas permite el crecimiento modular con tres puestos de trabajo y la terminación circular ofrece una superficie coherente con el movimiento giratorio del torno y promueve la cercanía del usuario con el plano de trabajo principal.

La figura 33 muestra el crecimiento modular en una vista isométrica, en donde se puede apreciar que las ruedas y los soportes de cada uno de los puestos de trabajo no generan inconveniente o interferencia a los otros y de igual forma, el usuario tiene suficiente espacio para su ubicación en

cada una de las puntas redondeadas y permitiendo el desplazamiento de la persona en las superficies auxiliares a ambos lados del puesto correspondiente.



Figura 33. Concepto 2: Diseño modular.

8.2.3 Concepto 3

Para el *concepto 3* se cambian los soportes estructurales plegables y los sistemas de regulación de altura por una estructura cónica continua de un ángulo de 4° con respecto a la vertical. La superficie en contacto con el suelo tiene un corte lateral que genera tres puntos de apoyo y mejorar la estabilidad del sólido. El asiento del conjunto tiene la misma estructura cónica pero de menor altura. Una primera imagen del *concepto 3* se puede observar en la *figura 34*, junto con una carcasa en amarillo, una bandeja en blanco sobre la carcasa y un plato giratorio gris oscuro sobre la bandeja.



Figura 34. Concepto 3: Soporte estructura.



Figura 35. Concepto 3: Dimensiones principales.

Las dimensiones del concepto pueden apreciarse en la *figura 35*, con el diámetro de la superficie de trabajo y el asiento iguales, aproximadamente de 35 cm, exigiendo la menor apertura de piernas

a los usuarios para mayor comodidad. La altura del plano de trabajo es de aproximadamente 55 cm y la altura del asiento de 40 cm. El plato o platina para la ubicación de la arcilla es de 20 cm.



Figura 36. Concepto 3: Transporte y almacenamiento.

Con respecto al almacenamiento del módulo de trabajo, se propone un sistema apilable: el asiento del conjunto encaja por medio del espaldar y el corte lateral del plano de trabajo sobre este y presenta como resultado una torre de aproximadamente 90 cm de altura. Este sistema, además que facilitar el almacenamiento del puesto de trabajo, permite un mejor manejo de las partes en caso de transporte o cambio de ubicación. Esta torre del conjunto lista para almacenar puede observarse en la anterior *figura 36*.

Este mismo corte que permite encajar el asiento y el plano de trabajo está diseñado con la forma de la intersección que presenta la carcasa al inclinarse hacia adelante para la aplicación de decoración. La inclinación de la carcasa a través del corta lateral puede observarse en la *figura 37* a continuación.



Figura 37. Concepto 3: Inclinación de la carcasa.

Como las anteriores alternativas, el *concepto 3* cuenta con bandeja para la recolección de residuos y carcasa para los elementos eléctricos; estos están señalados en la *figura 38*.



Figura 38. Concepto 3: Bandeja y carcasa.

Para permitir la inclinación de la carcasa se propone la ubicación de un soporte (señalado con color rojo) de una forma circular con un corte recto unido a la carcasa por medio de una bisagra simple. Este soporte está unido a un eje central formado por una barra roscada que además de mantener el soporte en su lugar, permite por medio del movimiento giratorio de la rosca ofrecer diferentes alturas de trabajo para la superficie principal. Este soporte y su eje roscado pueden verse en la siguiente *figura 39*. El asiento, sin embargo, carece de un eje roscado o un similar por lo mismo no ofrece un ajuste de altura.



Figura 39. Concepto 3: Soporte de carcasa.

Ahora bien, el *concepto 3* mantiene el primer módulo principal para la creación de su forma estructural: un círculo con la intersección de otro de iguales proporciones. Este módulo permite la ubicación de tres puestos de trabajo mucho más cercanos que en los conceptos anteriores debido a las dimensiones señaladas. La forma circular interseccionada genera un corte lateral en la forma cónica de la estructura y sobre esta se ubica el siguiente módulo. La construcción de la forma y los tres módulos unidos se pueden apreciar en la *figura 40*.

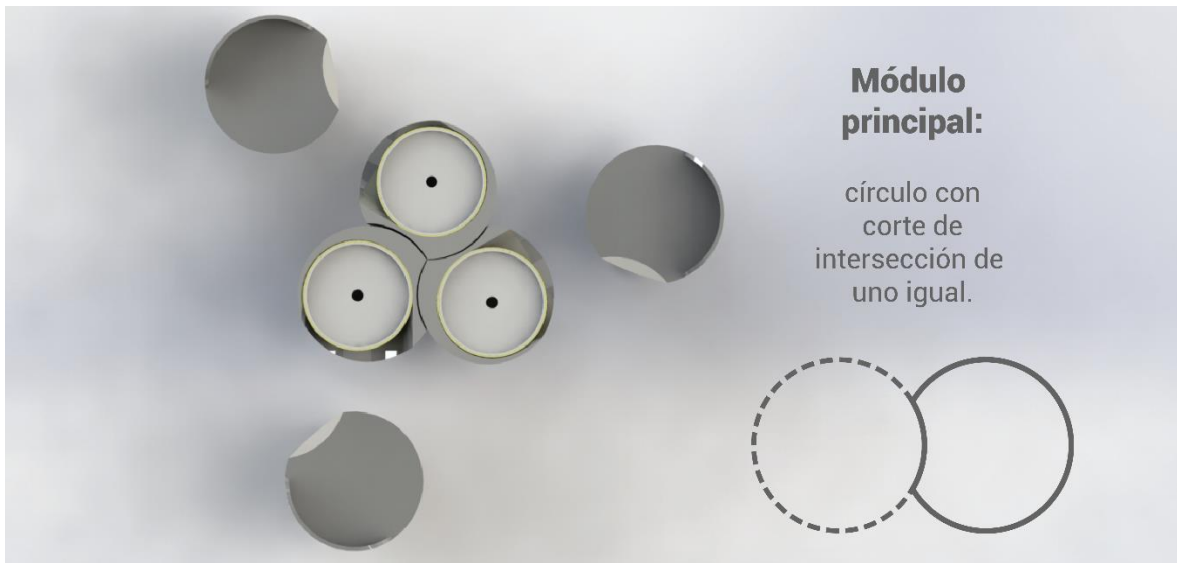


Figura 40. Concepto 3: Módulo formal principal.

Aunque los tres puestos de trabajo ubicados modularmente pueden observarse de mayor cercanía, el sistema de inclinación y el ajuste de altura no interfieren con las funciones de los puestos siguientes. Lo anterior puede observarse en la *figura 41*.



Figura 41. Concepto 3: Diseño modular.

8.3 Evaluación de alternativas

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 30 se puede observar la escala de clasificación comparativa. En la tabla 31 se evidencia la matriz de puntuación de concepto usada para la evaluación de las alternativas. Los criterios de selección definidos son: legibilidad, modularidad, portabilidad o transporte, facilidad de manufactura, peso, facilidad de instalación, versatilidad, estabilidad, facilidad de limpieza, superficie auxiliar, ajuste de altura e inclinación de grados.

Tabla 31.

Escala para calificación de conceptos.

Desempeño relativo	Calificación
Mucho peor que la referencia	1
Peor que la referencia	2
Igual que la referencia	3
Mejor que la referencia	4
Mucho mejor que la referencia	5

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

El producto de referencia con el que se comparan y califican las alternativas es el torno que puede observarse en la *figura 42*. Este torno eléctrico fabricado con fibra de vidrio y soportes metálicos es el producto más accesible en el mercado, debido a su precio, alrededor de \$ 2'500.000

COP, y a su lugar de fabricación en Chia, Cundinamarca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 60 cm de ancho y profundidad y 45 cm de altura, además de un plato de trabajo de 35 cm de diámetro. Su activación se realiza por medio de pedal e incluye interruptores.



Figura 42. Torno de referencia para puntuación de conceptos.

Los resultados de la tabla 32 señala al *concepto 3* como el más adecuado para continuar el proceso de desarrollo de diseño, con un puntaje de 3,25. Aunque carece de algunas características en comparación con las demás alternativas, como el ajuste de altura y la portabilidad, es una propuesta modular con un tamaño reducido que favorece la comodidad de los usuarios y la fabricación del conjunto.

Los *conceptos 1* y *2* obtienen puntajes de 3,21 y 3,16 respectivamente y se niega su continuidad. Entre las características desfavorables de estas alternativas se consideran los soporte metálicos que aumentan el costos de producción, la estabilidad que podría verse comprometida, y el mayor tamaño y peso que pueden dificultar la manipulación.

La continuidad del proceso de diseño con el *concepto 3* se evidencia en el capítulo siguiente.

Tabla 32.

Matriz de puntuación de concepto.

Criterios de selección	Peso	CONCEPTO 1: TRÍPODE		CONCEPTO 2: TIJERA		CONCEPTO 3: CÓNICO	
		Clasificación	Puntuación ponderada	Clasificación	Puntuación ponderada	Clasificación	Puntuación ponderada
Legibilidad	8%	3	0,24	2	0,16	4	0,32
Modularidad	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6
Portabilidad, transporte	8%	3	0,24	4	0,32	3	0,24
Facilidad de manufactura	15%	2	0,3	2	0,3	3	0,45
Peso	5%	4	0,2	2	0,1	4	0,2
Facilidad de instalación	8%	3	0,24	2	0,16	3	0,24
Versatilidad	5%	3	0,15	4	0,2	2	0,1
Estabilidad	10%	2	0,2	2	0,2	3	0,3
Facilidad de limpieza	5%	4	0,2	4	0,2	4	0,2
Superficie auxiliar	8%	4	0,32	5	0,4	2	0,16
Ajuste de altura	8%	4	0,32	4	0,32	3	0,24
Inclinación de grados	5%	4	0,2	4	0,2	4	0,2
	Puntuación total		3,21		3,16		3,25
	Rango		2		3		1
	¿Continua?		No		No		Desarrollar

9 Diseño de detalle

9.1 Evolución de la alternativa

El *concepto 3* presenta la propuesta de un puesto de trabajo más pequeño para favorecer el traslado y almacenamiento, con la posibilidad de ensamblar el asiento con el plano de trabajo y con una estructura formada por una superficie curva continua. Se procura implementar mejoras en este concepto para complementar el que sería el diseño a fabricar como un modelo funcional con materiales algunos reales. Entre los principales cambios al diseño se encuentra: incorporación de un sistema para el ajuste de altura, incorporación de un sistema para inclinar la carcasa, incorporación de elementos para transporte, y diseño de detalles. Este diseño es posteriormente fabricado, usado, validado y verificado. A continuación, se describe a profundidad el diseño.

Debido al reducido tamaño de la estructura, el uso del módulo circular con un corte lateral para la ubicación de un siguiente módulo resultó incómodo, porque exigía gran cercanía de un cuerpo de con otro y por lo mismo de un usuario con el otro, podían interferir con los movimientos.

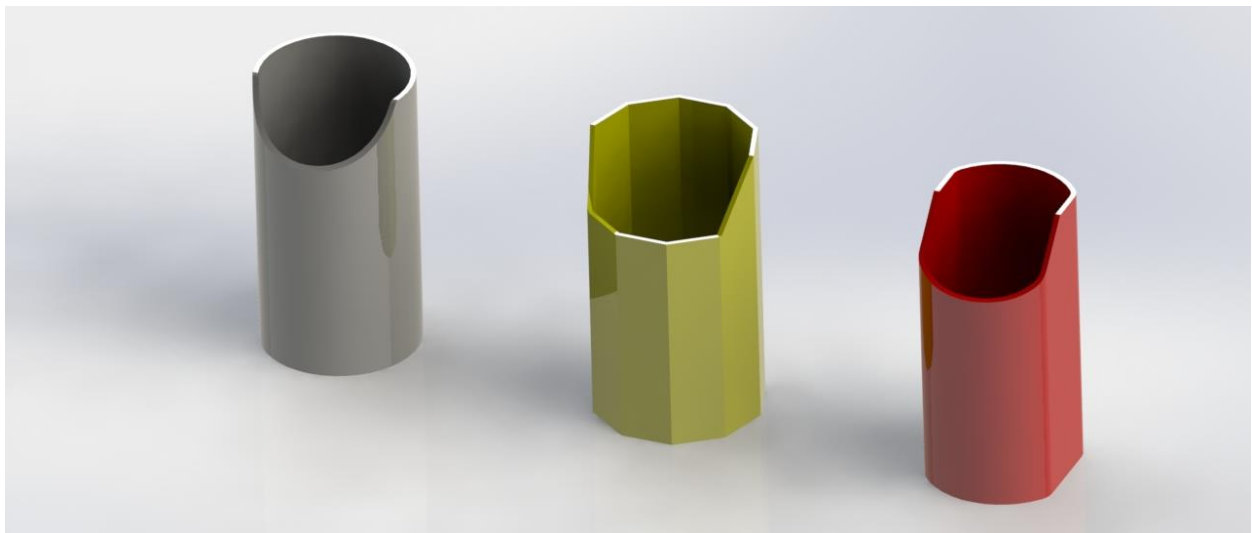


Figura 43. Alternativas para estructura.

Como se puede apreciar en las figuras 43 y 44 se buscan alternativas formales para el cuerpo estructural del diseño. Entre las posibilidades se escoge el círculo (forma gris oscura a la izquierda en las figuras), que puede ser complementado con el módulo inicial, que presenta un soporte cilíndrico resistente a la fuerza axial y que resulta más simple y básico. Otras formas consideradas fueron el decágono (amarillo) y el círculo con cortes rectos lateral (rojo).



Figura 44. Geometrías alternativas para estructura.



Figura 45. Evolución del diseño: Estructura.

Con la misma estructura cilíndrica se construyen tanto el plano de trabajo como el asiento. Estas dos partes del conjunto se conforman de dos piezas cada una: una sección superior (indicada con gris oscuro en la figura 45 y en adelante) y una sección inferior (indicada con gris claro), la cual se encuentra en la parte interna de la sección superior y permite la continuidad de la forma durante el ajuste de altura.

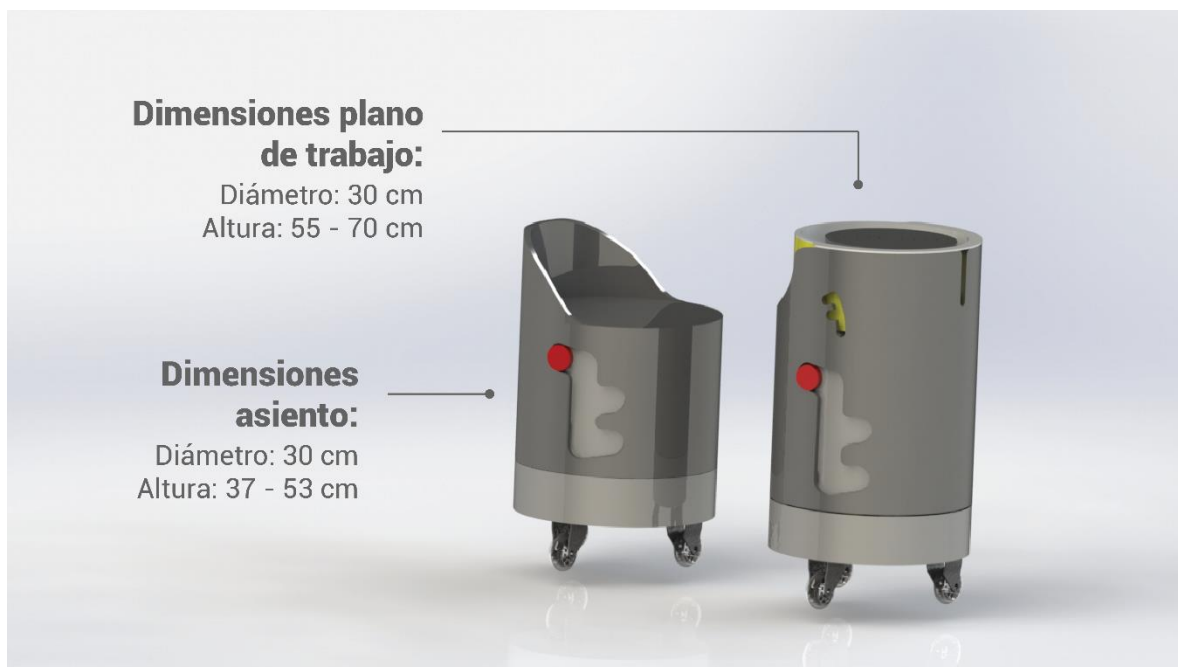


Figura 46. Evolución del diseño: Dimensiones principales.

Las dos partes comparten dimensiones de diámetro, aproximadamente de 30 cm. Respecto a la altura de las partes se determina para el plano de trabajo una dimensión de 55 cm, superior a la convencionalmente usada en los torno eléctricos del mercado (45 cm) justificada con las consideraciones de tamaño de las piezas a fabricar por los usuarios en un plato de giro de 20 cm de diámetro; y para el asiento una dimensión de 37 cm. La estructura de las dos partes permite la regulación de altura: en el plano de trabajo una altura media de 62,5 cm y una altura máxima de 70 cm, y el asiento de una altura media de 45 cm una altura máxima de 53 cm.



Figura 47. Evolución del diseño: Ajuste de altura.

El sistema de ajuste propuesto se conforma de un corte lateral en la estructura de la sección superior de las partes que permite el encaje de una pieza metálica de forma circular (señalada con color rojo). El sistema se puede ver en la figura 47 y de forma detallada en la figura 48.

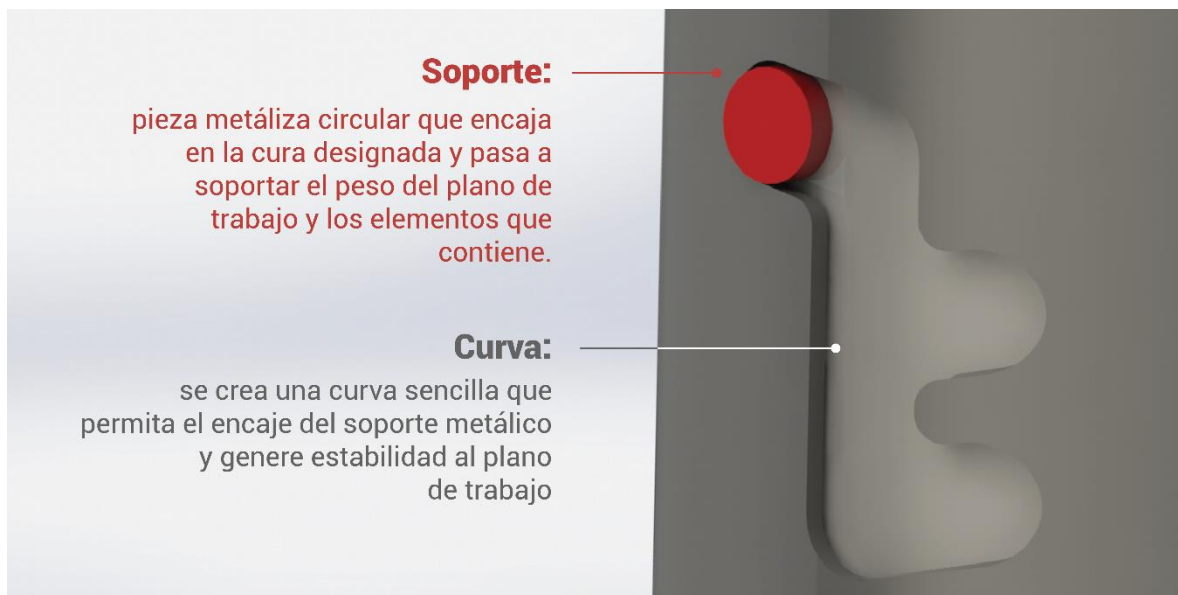


Figura 48. Evolución del diseño: Detalle ajuste de altura.

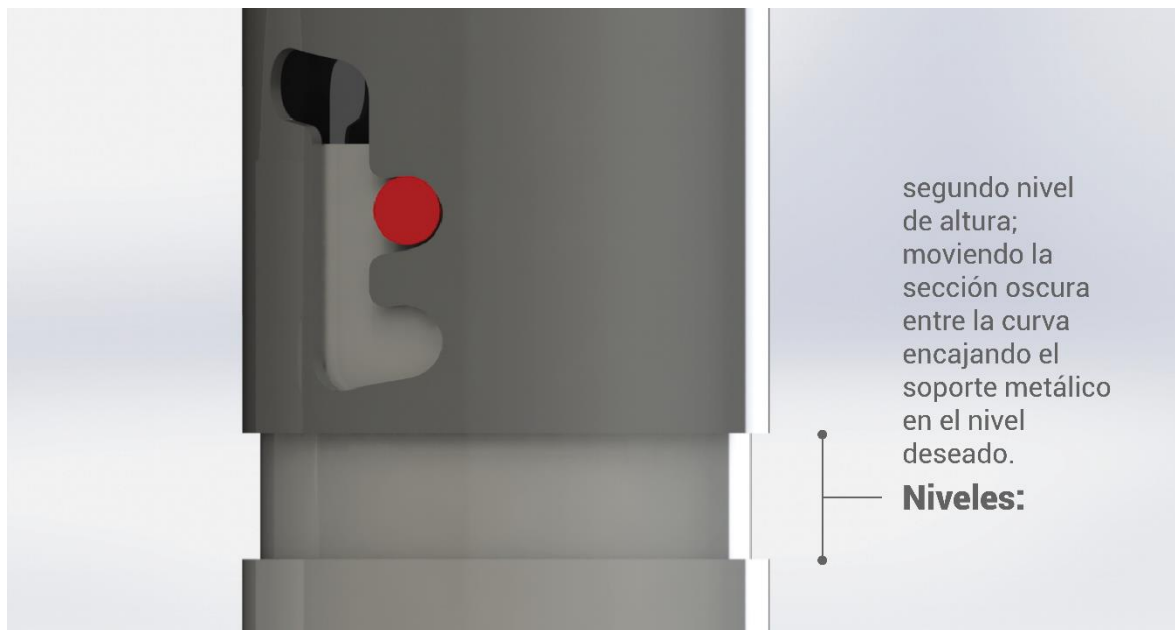


Figura 49. Evaluación del diseño: Niveles ajuste de altura.

Este sistema mecánico para el ajuste de altura permite tres niveles: un primer nivel inicial, en el que se mantiene el sistema en su ubicación inicial, un nivel medio a 7 cm del anterior como se puede distinguir en la figura 49, y un tercer nivel, el más alto a 15 cm del inicial. La sección superior de las partes se levanta y mueve siguiendo la curva hasta ubicar el soporte en el nivel deseado.

La figura 50 siguiente destaca la ubicación de los controles en la parte frontal izquierda de la carcasa, frente al usuario. Se indican los tres controles antes determinados: un interruptor para encender y apagar, una perilla para la regulación de la velocidad de giro del motor, y una entrada para la conexión del pedal. Igualmente se puede ver de forma general la bandeja para la recolección de residuos justo bajo el plato giratorio. La bandeja se encuentra un poco sobre el nivel del plato con el fin de recolectar más agua.

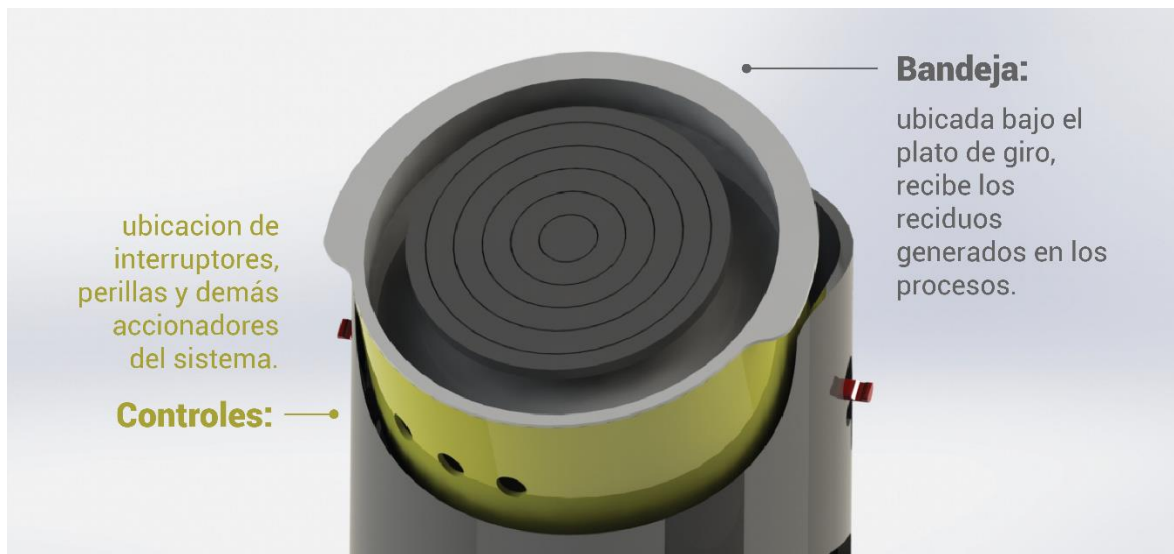


Figura 50. Evolución del diseño: Bandeja y controles.

Se determina el uso de ruedas para facilitar la movilidad y el transporte del conjunto y de cada parte de puesto de trabajo. Según el peso a soportar por el conjunto, se adquieren en el mercado ruedas de goma suaves con frenos para el plano de trabajo y sin frenos para el asiento de 5 cm de diámetro, un ancho de 2,5 cm y con una resistencia de 50 kilos, con bolas de doble rodamiento, placa de alta resistencia y casquillos de fricción. Se ubican 3 ruedas para cada parte del conjunto. Vea la figura 51.

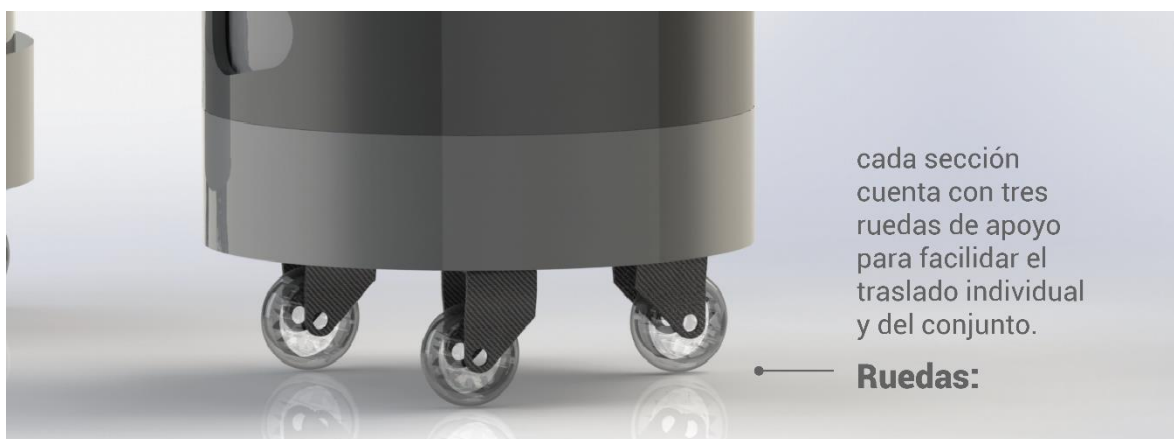


Figura 51. Evolución del diseño: Ruedas.



Figura 52. Evolución del diseño: Encaje.

Se conserva el corta lateral en la superficie cilíndrica en el nivel superior del plano de trabajo y el espaldar del asiento para el encaje de uno sobre otro, como se aprecia en la figura 53. El mismo corte permite la inclinación de la carcasa como se puede observar en la figura 52.

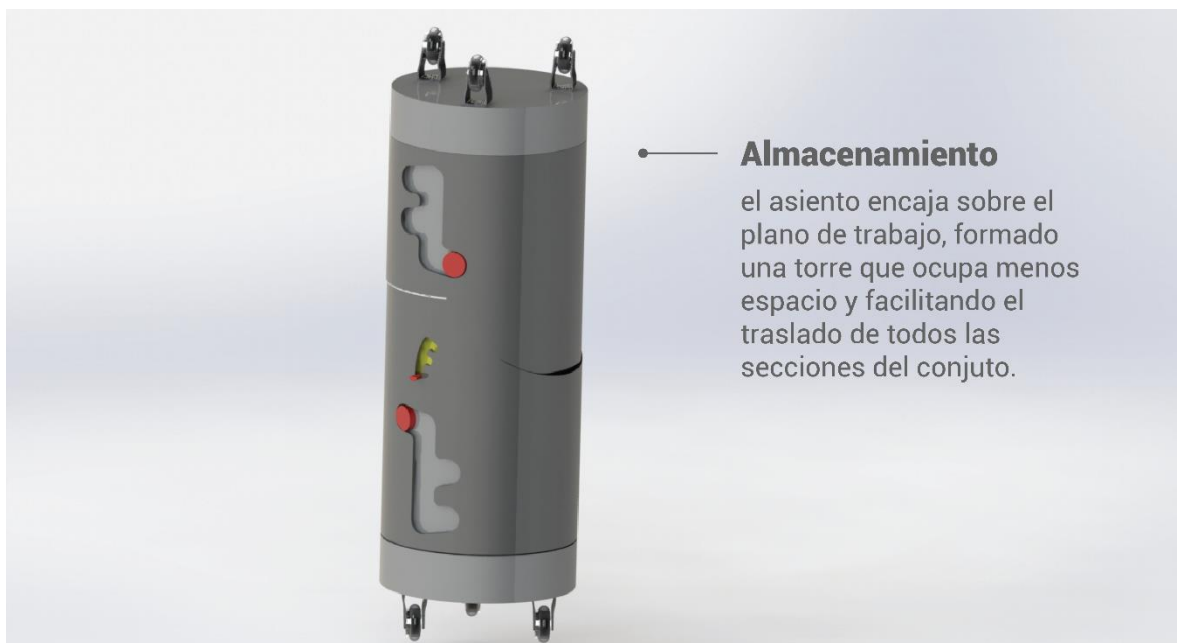


Figura 53. Evolución del diseño: Almacenamiento.

Para soportar la inclinación de la carcasa se propone el uso de una barra metálica ubicada bajo la carcasa, que atraviesa la superficie cilíndrica estructural gracias a dos cortes laterales. Durante la inclinación de la carcasa, unida a un soporte plano con una bisagra, el eje metálico pasa a soportar el peso de los elementos sobre la carcasa y los materiales de trabajo. El eje de soporte está señalado en la figura 54 con color rojo.



Figura 54. Evolución del diseño: Eje de soporte.

La curva permite dos ángulos de inclinación diferentes para la aplicación de decoraciones sobre el plato de giro, como se puede identificar en la figura 55.



Figura 55. Evolución del diseño: Ángulos de inclinación.

La estructura cilíndrica principal del plano de trabajo incluye un corte en la parte posterior para la salida y el movimiento del cable, en caso de inclinar la carcasa, como lo ve en la figura 56.

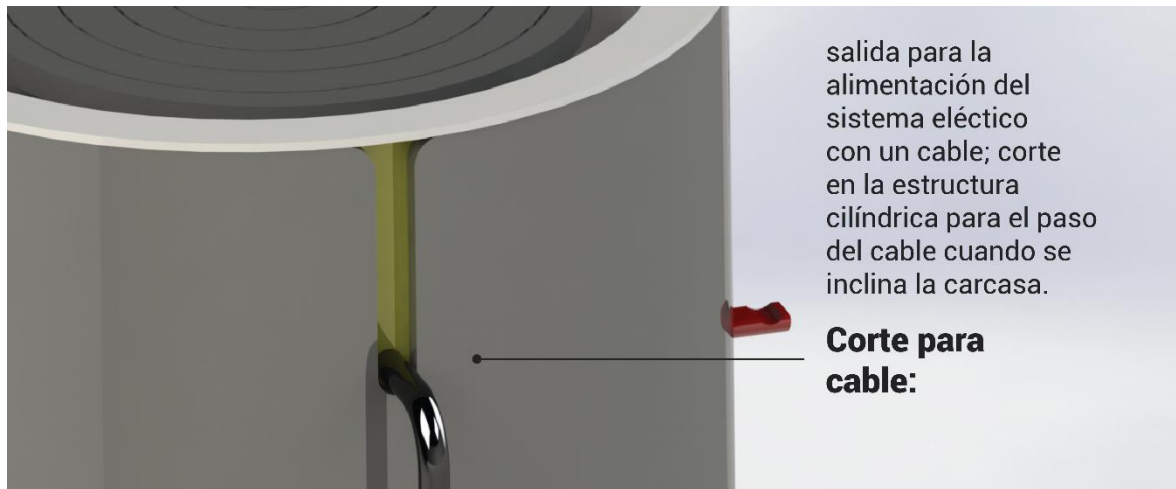


Figura 56. Evolución del diseño: Salida de alimentación.

El cable, por otro lado, puede ser desconectado y guardado en el interior del plano de trabajo, entre el plato de giro y la bandeja. Una imagen del sistema con el cable está en la figura 57.

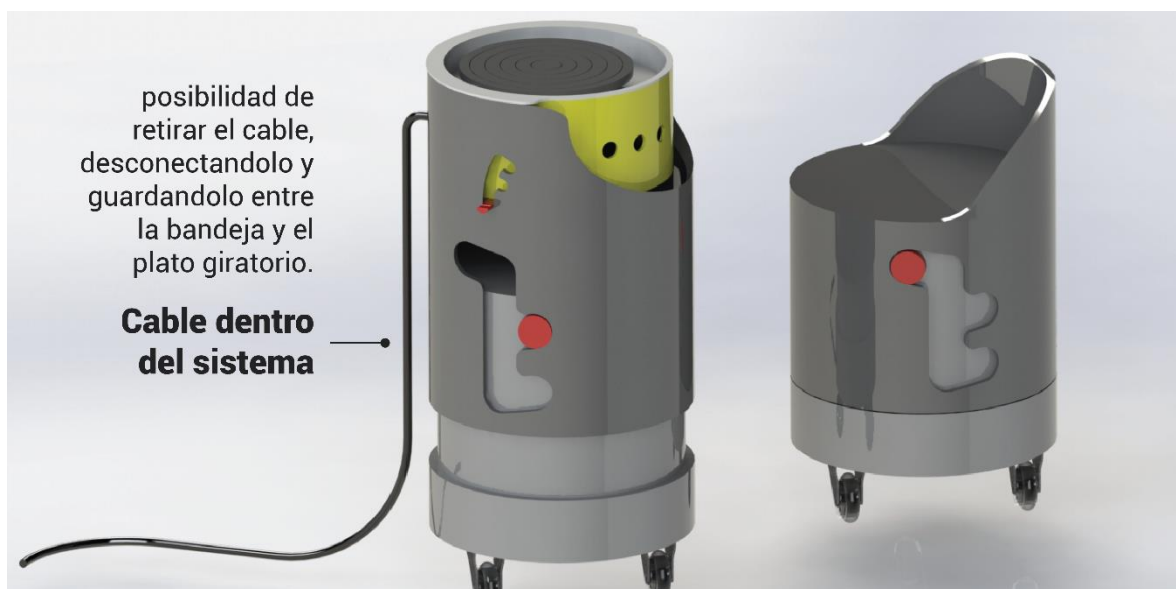


Figura 57. Evolución del diseño: Cable de alimentación.

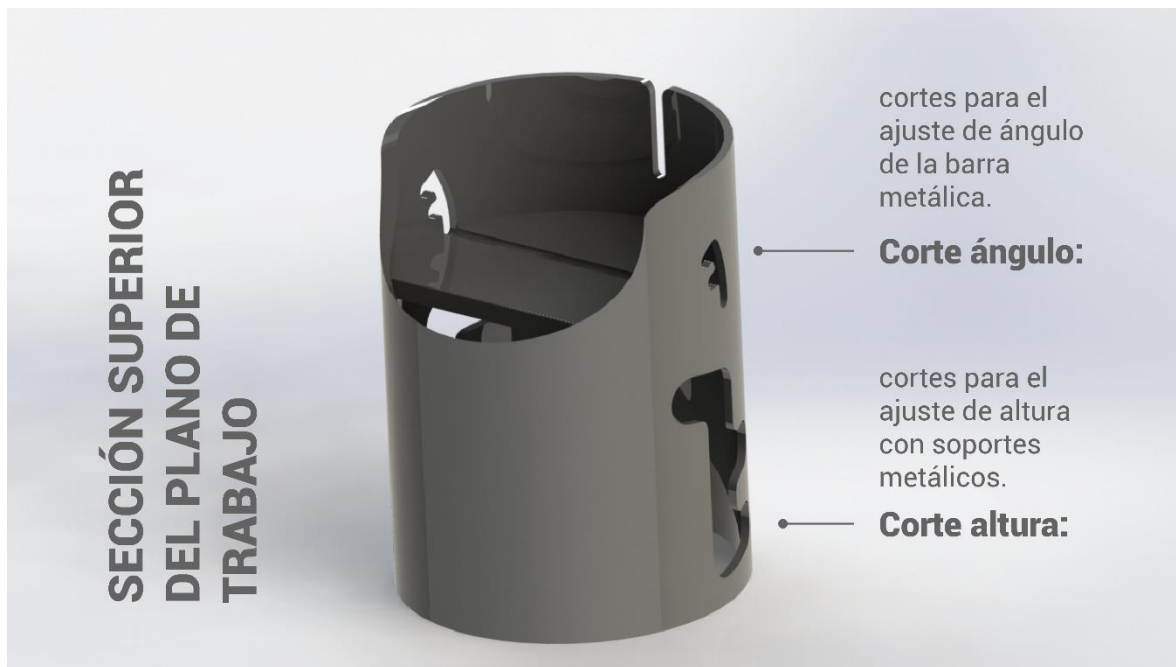


Figura 58. Detalle del diseño: Sección superior del plano de trabajo.

La sección superior del plano de trabajo resulta ser una pieza cilíndrica con diferentes cortes en la superficie: corte lateral para el sistema de regulación de altura, corte lateral para el sistema de regulación de inclinación y corte posterior para la salida del cable de alimentación. Incluye también una base a 13 cm de la terminación superior para el soporte de la carcasa. La pieza se puede detallar en la figura 58.

Se propone como material para la sección superior del plano de trabajo y para la sección superior del asiento, madera: triplex de 2,5 mm que permite ser doblado para alcanzar la geometría propuesta.

La sección superior del asiento, igualmente cilíndrica, cuenta con cortes laterales para el sistema de ajuste de altura, un soporte horizontal para la ubicación del usuario, y una continuidad en la superficie cilíndrica para formar el espaldar. Se puede detallar esta pieza en la figura 59.

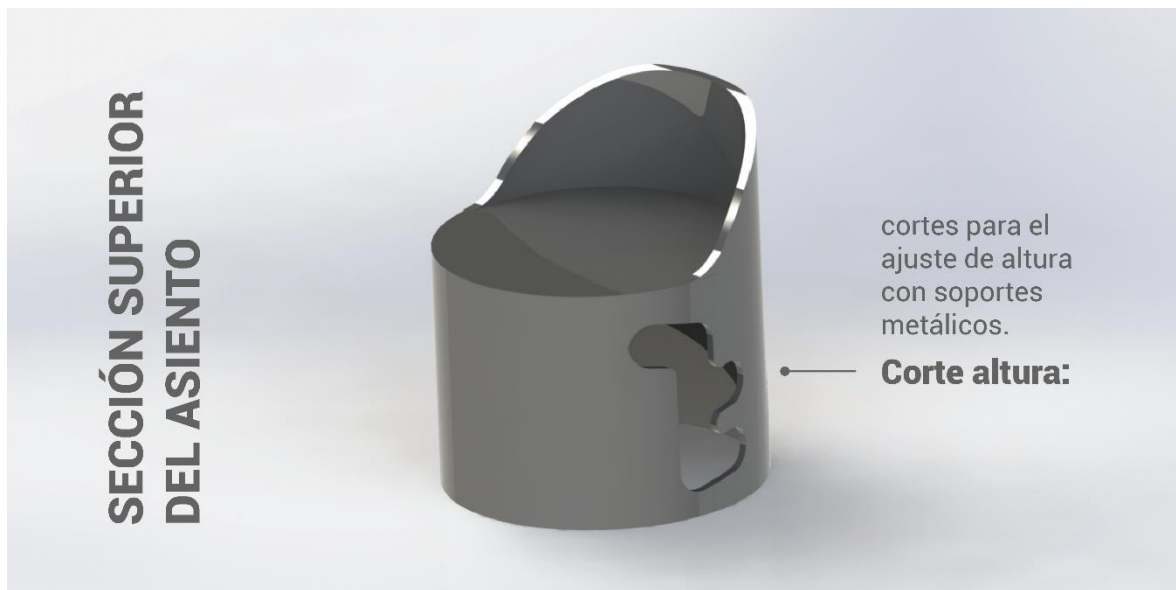


Figura 59. Detalle del diseño: Sección superior del asiento.

La sección inferior del plano de trabajo y del asiento de la figura 60 varía en la altura. El soporte metálico es una pieza independiente y se une a la sección inferior por medio de tornillos.

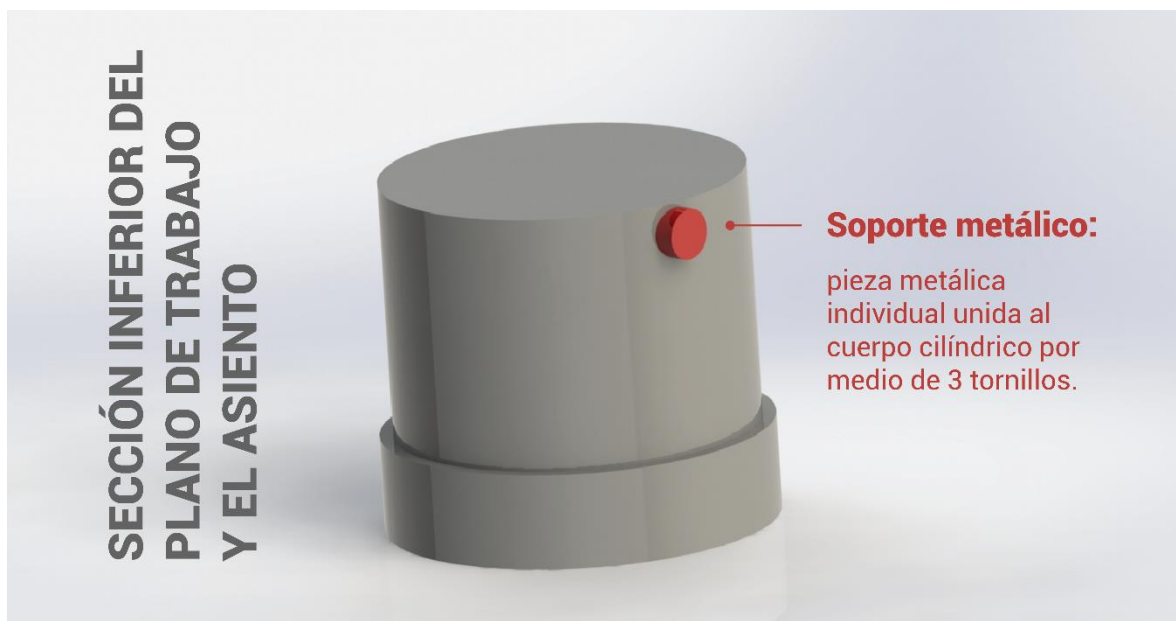


Figura 60. Detalle del diseño: Sección inferior del plano de trabajo y del asiento.



Figura 61. Detalle del diseño: Carcasa.

La carcasa en la figura 61 se propone igualmente en madera. Tiene un borde o división a 3 cm de la salida superior para la ubicación de una tapa que divida la parte delimitada para los elementos electrónicos de la bandeja. Además de los cortes señalados para los controles, en la parte posterior la carcasa tiene un corte para la salida del cable de alimentación.

Internamente, la caja cuenta con divisiones y soportes para los diferentes elementos electrónicos entre los que se encuentran el motor, la fuente, cables y la PCB con el circuito. Una imagen de la organización interna de la carcasa se puede observar en la figura 62.

Para la función de inclinación de la carcasa, la pieza se encuentra unida al soporte de la sección superior del plano de trabajo por medio de una bisagra atornillada desde la parte inferior de la pieza.

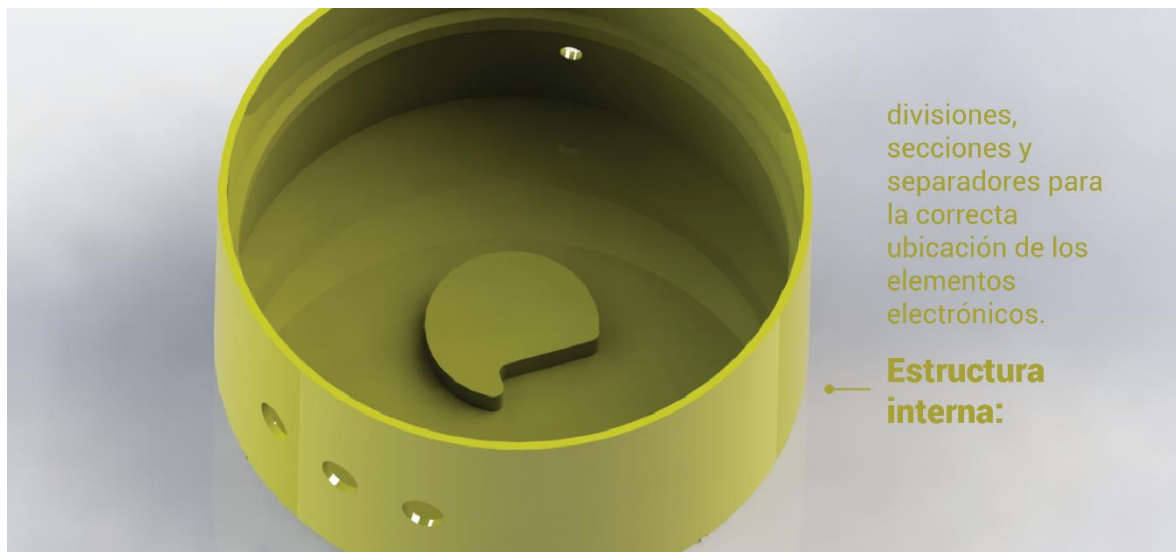


Figura 62. Detalle del diseño: Estructura interna de la carcasa.

La bandeja, propuesta en un material polimérico resistente al agua, tiene una forma circular que encaja en la carcasa. Con el borde más pronunciado a un lado permite la ubicación del asiento y los tres sobresaltos en el centro coinciden en los tornillos del motor. Véase en la figura 63.

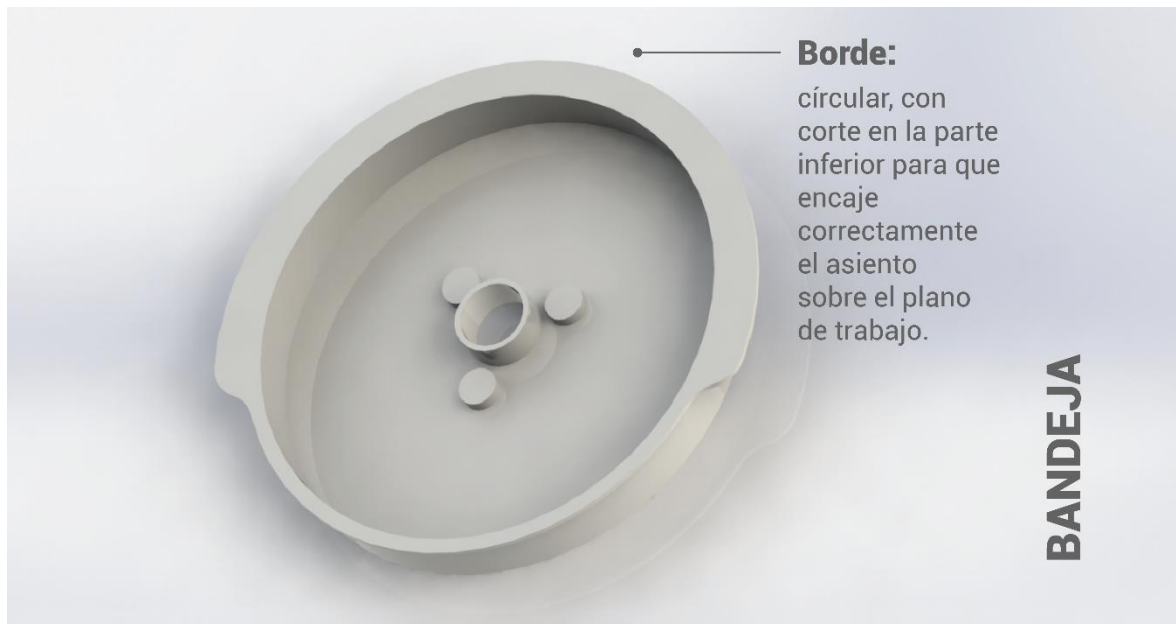


Figura 63. Detalle del diseño: Bandeja.

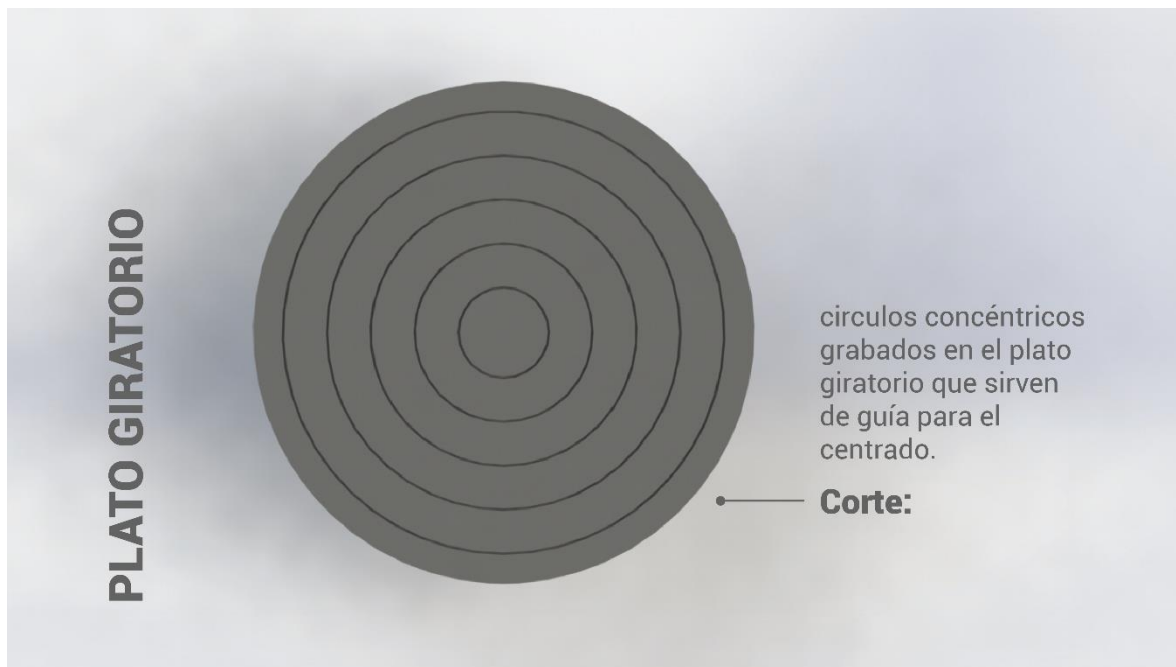


Figura 64. Detalle del diseño: Plato giratorio.

El plato metálico de giro se propone de acero inoxidable, con un calibre de 5 mm y un diámetro de 20 cm, cuenta con guías circulares para centrar, como se puede distinguir en la figura 64.



Figura 65. Detalle del diseño: Eje de soporte para inclinación.

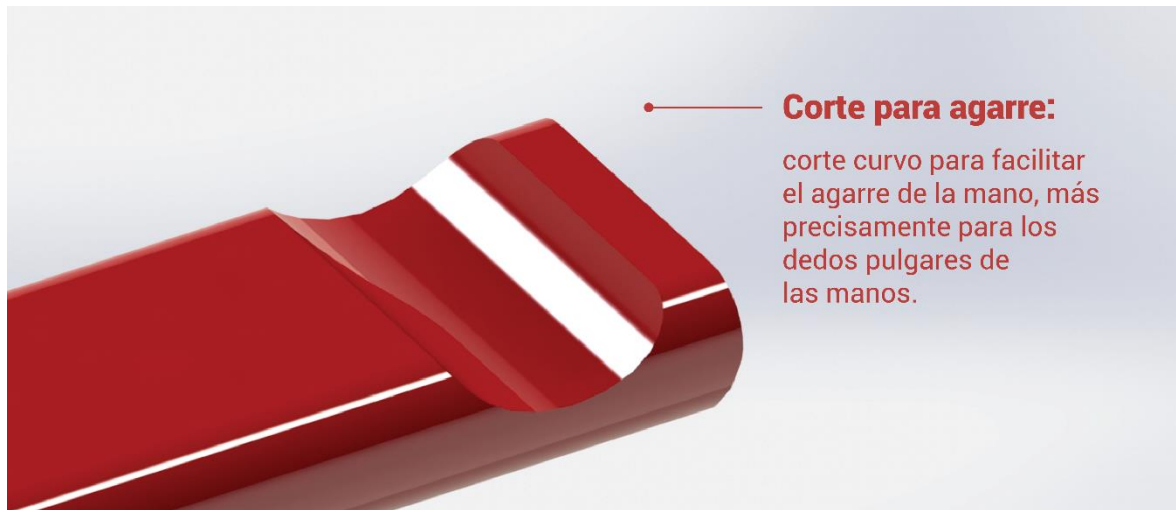


Figura 66. Detalle de diseño: Corte del eje de soporte de inclinación.

Finalmente, el eje metálico que soporta la carcasa durante su inclinación tiene un perfil transversal circular con un corte en la parte superior, para ofrecer una superficie lisa en contacto con la carcasa, como se presenta en la figura 65. Tiene una dimensión de 33 cm de largo, 1,5 cm de ancho y 0,9 cm de alto. En la figura 66 se puede observar el corte curvo que se realiza en los extremos del eje para comodidad de agarre.

9.2 Fabricación

La fabricación del modelo funcional hecho para los proceso de validación y comprobación del diseño se realizaron de forma manual en su mayoría, con madera, triple y aglomerado. El proceso de fabricación parte del cálculo de los materiales. Adquiridos estos se pasa a realizar los diferentes procesos de corte y mecanizado de cada uno de ellos, como se presenta en la tabla 33.

Tabla 33.

Materiales y características para fabricación.

Materiales	Presentación comercial	Calibre	Proceso
Madera	Aglomerado OSB	9 mm	Corte laser
	Triplex	2,5 mm	Corte laser
	Acero inoxidable	4 mm	Mecanizado
Metal	Hierro	10 mm	Corte por plasma
			Mecanizado
Polímero	Acrílico	3 mm	Termo formado

Las partes de madera se unen de forma manual por medio de puntillas y grapas para madera: alrededor de las bases circulares de aglomerado OSB se ubican las cintas o láminas de triplex de 2,5 mm, el cual gracias a su calibre permite el doblado, como se puede observar en la figura 67; se apuntilla y grapa el triplex alrededor de la base y sobre este cilindro formado se ubica una nueva lámina de triplex, unida a la anterior por medio del encolado y apuntillado; se usan tres capas de triplex sobre las bases de aglomerado y de esta manera se construyen las piezas: superior del plano de trabajo y del asiento, inferior del plano de trabajo y del asiento y la carcasa con su tapa; un total de 5 piezas.



Figura 67. *Proceso de unión de partes de madera.*

Para el acabado de la madera se aplica una base de poliuretano para ofrecer protección del agua y sobre esta base se aplica un barniz brillante de colores gris oscuro y claro. En la figura 68 se pueden observar las piezas antes de la aplicación del acabado final.

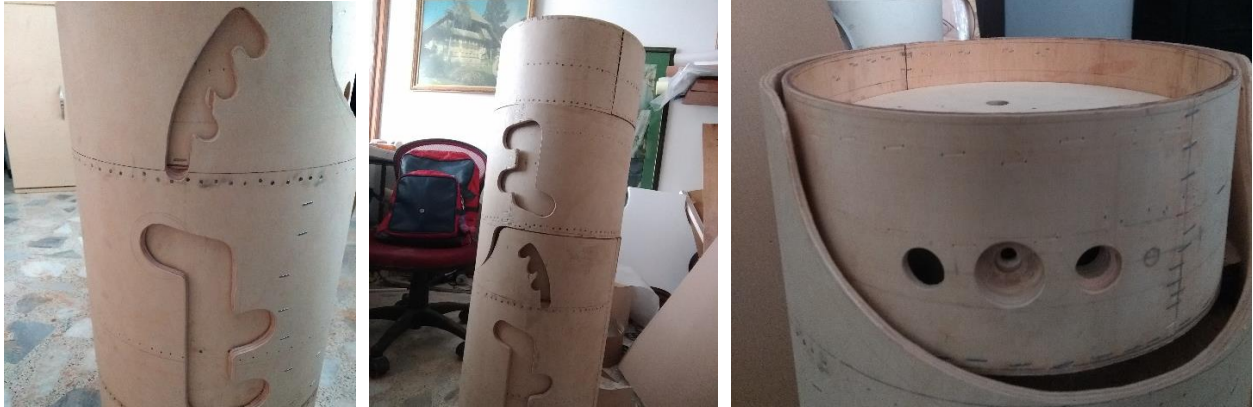


Figura 68. Piezas de madera sin acabado.



Figura 69. Diseño fabricado.

10 Validación y verificación del sistema

10.1 Verificación de funcionamiento

10.1.1 Sistema electrónico

Diseñado e instalado por el Ingeniero Oscar Corzo, el diseño electrónico que se describe a continuación. Como se observa en la figura 70, el circuito electrónico fabricado realiza la regulación de velocidad por medio de un potenciómetro. A este elemento, se unen las diferentes conexiones necesarias: el interruptor, el pedal, y el motor. El interruptor, que activa el flujo de energía a través del sistema, se encuentra conectado a la fuente que regula el cambio de la corriente AC a DC para el correcto funcionamiento del motor y del diseño.

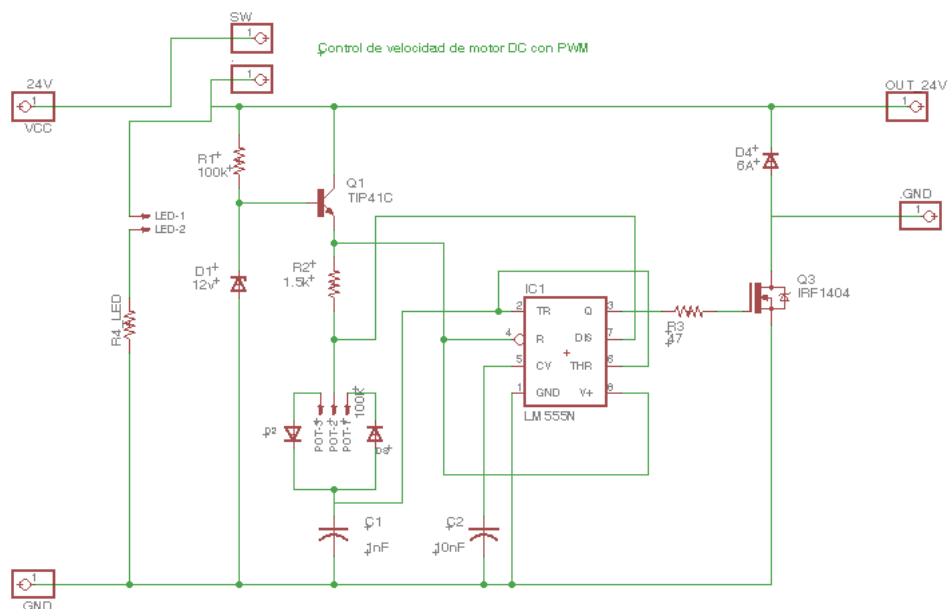


Figura 70. Diagrama esquemático del circuito electrónico.

Los elementos usados para el diseño se encuentran todos disponibles en el mercado regional, y no cuentan con características especializadas de altos costos.

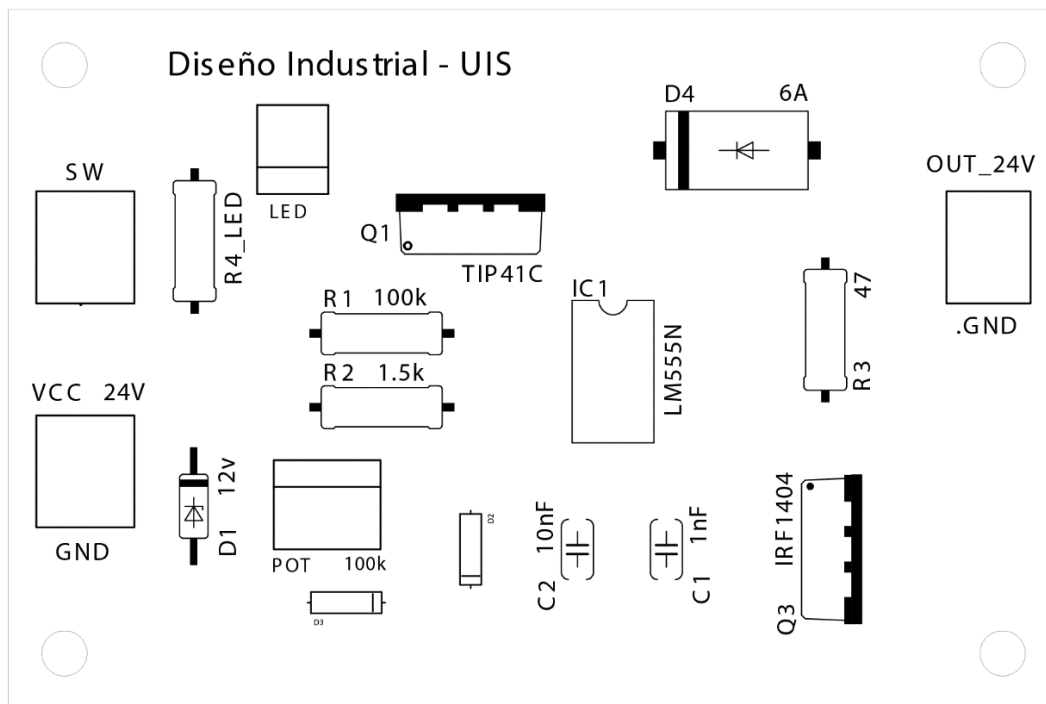


Figura 71. Diagrama guía de los elementos de la PCB.

10.1.2 Sistemas mecánicos

Finalizada la construcción del modelo funcional con la instalación de todas las piezas y elementos para las diferentes funciones del puesto de trabajo, se pone en uso los sistemas mecánicos implementados para la regulación de altura, la regulación de la inclinación de la carcasa, el transporte del conjunto y el encaje y unión de las partes (plano de trabajo y asiento).

La funcionalidad de todos los sistemas propuestos queda comprobada, cada mecanismo funciona para la actividad para la que es diseñado, como el ajuste de altura que se puede observar en la figura 72, que permite el cambio de altura del asiento y el plano de trabajo; sin embargo, la verificación evidenció algunas correcciones a realizar, las cuales se detallan en la tabla 34.

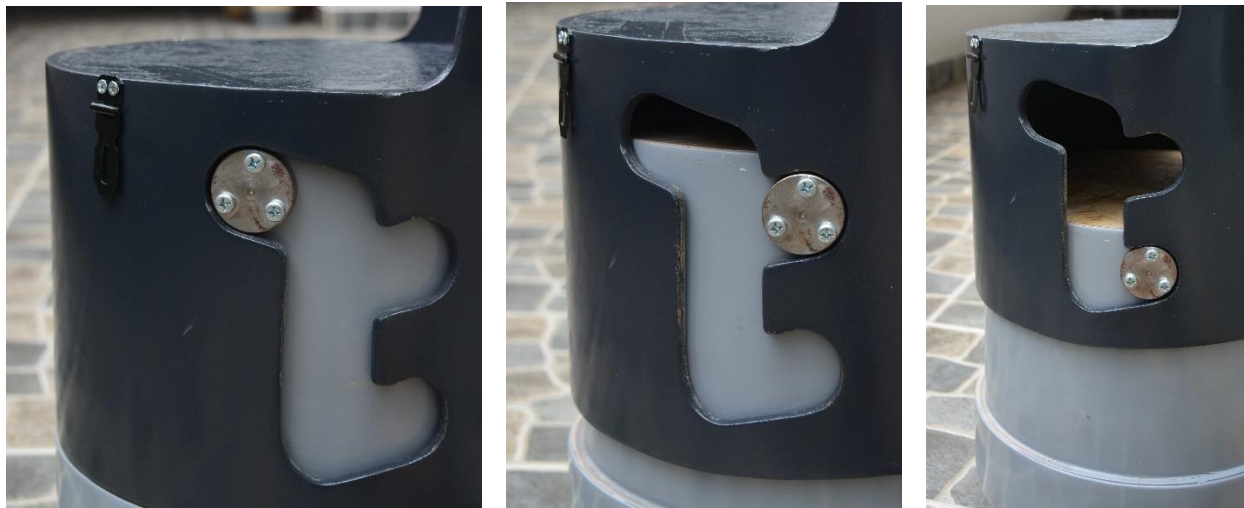


Figura 72. Ajuste de altura en el modelo funcional.

Tabla 34.

Observaciones de verificación de sistemas mecánicos.

Sistema mecánico	Piezas del sistema	Observaciones
Regulador de altura	Curva	Verificación de tolerancias
	Soporte metálico	Forma circular inadecuada
	Tornillos de unión	-
Regulador de inclinación	Curva	Verificación de tolerancias
	Eje metálico	Elemento externo al conjunto
	Terminaciones	-
Ruedas	Número de ruedas	Aumentar número de ruedas
	Características de las ruedas	Inestabilidad en terreno inconstante
Encaje de asiento y plano de trabajo	Portacandado	-

Se tiene en cuenta las anteriores observaciones durante la aplicación de las correcciones en el diseño al finalizar la validación y verificación.

10.2 Análisis de usabilidad

Con el fin de realizar una validación de usabilidad al diseño de estación de torno y decorado se presenta una corta prueba práctica con usuarios para medir el nivel de efectividad, eficiencia y satisfacción que cumplen las diferentes características críticas del diseño.

A partir del proyecto de grado aprobado y titulado **Guía de medición de usabilidad para productos físicos** de Ana Milena Acosta Sánchez, dirigido por la profesora María Fernanda Maradei Garcia y codirigido por el profesor Luis Eduardo Bautista Rojas, se determina una metodología adecuada para el diseño de la prueba de usabilidad a aplicar.

Se determina que el tipo de prueba a aplicar es más adecuada del tipo cualitativa. La fase de diseño en la que se permite la aplicación es después de la fabricación; el lugar de desarrollo de la prueba es en un entorno real; y la prueba debe permitir la evaluación de los tres determinantes de usabilidad: efectividad, eficiencia y satisfacción. Se identifica también que la prueba se encuentra orientada al rendimiento del usuario, para establecer relación entre el cómo el usuario interactúa con el producto, con énfasis en la facilidad de uso y la aceptabilidad en el uso del mundo real.

Entre los métodos disponibles para la aplicación de la prueba, se identifican los más adecuados según las características anteriores y las diferentes herramientas correspondientes. En la tabla 35 se puede observar los métodos y las herramientas ordenadas.

Tabla 35.

Métodos de usabilidad para evaluación.

Métodos Válidos	Herramientas
Grupos de discusión	Modelos 3D, attrakdif, test, SPSS
Entrevistas	Modelado 3D, test, SPSS
Cuestionarios	Modelado 3D, test, SPSS
Pensando en voz alta	Modelado 3D, attrakdif, test, SPSS
Método conductor	SPSS, test: NAU, DRUM, SUMI, PROKUS

Por medio del cuestionario, es posible generar una evaluación en los tres aspectos de usabilidad, efectividad, eficiencia y satisfacción. El cuestionario permite al evaluador realizar preguntas a los participantes sobre la experiencia con el producto a evaluar (actitud e impresiones); es más rígida que las entrevistas pero facilita la generación de datos estadísticos más específicos.

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 de la estación de torno y decoración cerámica.

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:

- Mecanismo para la regulación de altura (torno y asiento)
- Mecanismo para la inclinación
- Interruptores y controles

- Sistema modular

10.2.3 Materiales

- Modelo funcional
- Cuestionario
- Lapicero
- Cronómetro
- Cámara fotográfica
- Fuente eléctrica

10.2.4 Muestra

Se cuenta con la participación de los estudiantes de la Escuela de Diseño Industrial de la UIS que se encuentran cursando la asignatura de Materiales y Procesos V: Cerámicos en el Primer Periodo Académico de 2018. El curso cuenta con 20 estudiantes.

10.2.5 Participantes

Personas en edad adulta entre los 20 y 30 años de edad, con estudios básicos, secundarios o superiores; de sexo femenino o masculino.

10.2.6 Variables

Variables independientes:

Número de tratamientos: 1 alternativa dividida en dos fases: en la primera fase el usuario realiza las actividades señaladas en el orden aleatoria especificado y en la segunda fase escoge en el cuestionario respuestas según su opinión. Para la primera fase se realiza un proceso de

aleatorización para el orden de las actividades y para la segunda fase dos se mantiene el uso de una misma composición.

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 tarda el participante en realizar cada tarea señalada; el tiempo promedio de cada participante será comparado con el tiempo que le toma a un experto realizar las mismas tareas.

- 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 Proceso de aleatorización

Los participantes reciben en un orden determinado las tareas a realizar por medio del uso del prototipo funcional. Algunas de estas actividades se encuentran condicionadas de forma sucesiva debido a la función que representan para el usuario y otras permiten en cambio de orden sin interferir con otras. Las actividades a realizar se presentan en la tabla.

Tabla 36.

Actividades a realizar y seriado para su orden.

Actividad	Serie
Abrir el conjunto (ubicación del asiento)	Primera actividad
Usar el regulador de altura del torno	1
Usar el regulador de inclinación de la bandeja	2
Encender el torno	
Activar el motor	
Desactivar el motor	3
Apagar el torno	

La actividad de *abrir el conjunto* se refiere a mover el asiento de la parte superior del torno para su ubicación sobre el suelo; esta actividad debe realizarse siempre de primera para poder llevar a cabo las demás. La actividad 1 de *usar el regulador de altura del torno* se refiere a levantar con brazos la pieza superior de la estructura del torno para variar su altura; esta actividad puede realizarse en varios momentos del desarrollo de la prueba. La actividad 2 de *usar el regulador de inclinación de la bandeja* se refiere a levantar la caja que contiene la platina del torno por medio de un eje que soporta el peso para variar el ángulo de inclinación; esta actividad puede realizarse en varios momentos del desarrollo de la prueba. La actividad 3 se requiere al conjunto de cuatro actividades que requieren su consecuencia para ser realizadas correctamente y son *encender el torno, activar el motor, desactivar el motor y apagar el torno*; las cuatro actividades en conjunto pueden realizarse en varios momentos del desarrollo de la prueba.

Tabla 37.

Proceso de aleatorización de actividades.

Participante	Alternativas		
P1 – P7 – P13 – P19	1	2	3
P2 – P8 – P14 – P20	1	3	2
P3 – P9 – P15	3	2	1
P4 – P10 – P16	2	1	3
P5 – P11 – P17	3	1	2
P6 – P12 – P18	2	3	1

10.2.8 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”.

10.2.9 Procedimiento

1. Se da inicio con una presentación y una introducción sobre el proyecto que permita al participante la contextualización. En un lugar del TDI en el que no se encuentren los demás participantes
2. Se muestra el prototipo funcional y se explican algunas características de la estación de torno y decorado. 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.

A continuación, se muestra la prueba presentada a los usuarios tras una breve instrucción.

PRUEBA DE USABILIDAD ESTACIÓN DE TORNO Y DECORACIÓN CERÁMICA

Nombre _____

Actividades a realizar

1. Abrir el conjunto
2. Usar el regulador de altura del torno
3. Usar el regulador de inclinación de la sección de trabajo
4. Encender el torno
 - Activar el torno
 - Desactivar el torno
 - Apagar el torno

Cuestionario

¿Considera fácil de usar al mecanismo para la regulación de altura (torno y asiento)?

Fácil _____ Difícil

¿Considera fácil de usar el mecanismo para la inclinación de la caja del sistema electrónico?

Fácil _____ Difícil

¿Considera fáciles de usar los interruptores y controles de la estación de torno y decoración?

Fácil _____ Difícil

¿Considera fácil de usar el sistema modular de la estación de torno y decoración de cerámica?

Fácil _____ Difícil

10.2.10 Resultados Prueba

En las tablas de la 38 a la 55 se presentan de forma individual los resultados de los 18 participantes de la prueba. Posteriormente se tabulan de forma general y se concluyen correcciones a aplicar en el diseño final del puesto de trabajo.

Tabla 38.

Resultados usabilidad: Participante 1.

Participante 1	Juan Camilo Triana			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	No realizada
Tiempo	10 segundos	52 segundos	14 segundos	-
Satisfacción (0 – 10)	6,4	4,2	9,4	8,2

Tabla 39.

Resultados usabilidad: Participante 2.

Participante 2	Laura Ochoa			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	14 segundos	28 segundos	15 segundos	12 segundos
Satisfacción (0 – 10)	8,1	1,7	9,1	9

Tabla 40.

Resultados usabilidad: Participante 3.

Participante 3	Raul Alejandro Rueda			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	15 segundos	25 segundos	11 segundos	18 segundos
Satisfacción (0 – 10)	7,4	5,1	9,4	9,6

Tabla 41.

Resultados usabilidad: Participante 4.

Participante 4	Alejandra Peña Peñaranda			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	No realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	26 segundos	-	8 segundos	10 segundos
Satisfacción (0 – 10)	10	0	10	10

Tabla 42.

Resultados usabilidad: Participante 5.

Participante 5	Anderson Zafra			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	16 segundos	34 segundos	15 segundos	9 segundos
Satisfacción (0 – 10)	5,2	4,6	7,4	4,3

Tabla 43.

Resultados usabilidad: Participante 6.

Participante 6	Ricardo Alonso Cardozo			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	33 segundos	23 segundos	9 segundos	42 segundos
Satisfacción (0 – 10)	2,8	5,4	9,9	3,8

Tabla 44.

Resultados usabilidad: Participante 7.

Participante 7	Laura Lucía Villareal			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	No realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	22 segundos	-	16 segundos	4 segundos
Satisfacción (0 – 10)	7,5	2,4	8	7,7

Tabla 45.

Resultados usabilidad: Participante 8.

Participante 8	Juan David Meneses			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	13 segundos	60 segundos	17 segundos	38 segundos
Satisfacción (0 – 10)	2,5	0,5	9,6	4,9

Tabla 46.

Resultados usabilidad: Participante 9.

Participante 9	Lucía Cristina Caballero			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	No realizada
Tiempo	20 segundos	36 segundos	18 segundos	-
Satisfacción (0 – 10)	5,4	2,2	9,6	8,2

Tabla 47.

Resultados usabilidad: Participante 10.

Participante 10	Juan Camilo			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	8 segundos	17 segundos	9 segundos	4 segundos
Satisfacción (0 – 10)	8,8	9,1	8,9	8,9

Tabla 48.

Resultados usabilidad: Participante 11.

Participante 11	Duvan Fonseca Abril			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	8 segundos	17 segundos	9 segundos	4 segundos
Satisfacción (0 – 10)	8,8	9,1	8,9	8,9

Tabla 49.

Resultados usabilidad: Participante 12.

Participante 12	Vanessa Marcón Caballero			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	No realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	14 segundos	-	25 segundos	19 segundos
Satisfacción (0 – 10)	7,7	1,5	9,2	8,7

Tabla 50.

Resultados usabilidad: Participante 13.

Participante 13	Ana María Mejía			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	22 segundos	46 segundos	14 segundos	17 segundos
Satisfacción (0 – 10)	7,8	3,2	8	8,1

Tabla 51.

Resultados usabilidad: Participante 14.

Participante 14	Paola Andrea Arias			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	11 segundos	20 segundos	7 segundos	24 segundos
Satisfacción (0 – 10)	9	8	10	7,2

Tabla 52.

Resultados usabilidad: Participante 15.

Participante 15	Luz Angélica Cepeda Gil			
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	27 segundos	10 segundos	13 segundos	30 segundos
Satisfacción (0 – 10)	6,1	5,4	9,9	7,8

Tabla 53.

Resultados usabilidad: Participante 16.

Participante 16		Camila Amaya Portilla		
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	No realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	6 segundos	-	10 segundos	17 segundos
Satisfacción (0 – 10)	6,9	6,4	9,6	9,1

Tabla 54.

Resultados usabilidad: Participante 17.

Participante 17		Steffy Ballesteros Romero		
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	17 segundos	28 segundos	9 segundos	7 segundos
Satisfacción (0 – 10)	7,4	2,7	8,7	8,4

Tabla 55.

Resultados usabilidad: Participante 18.

Participante 18		Esteban Gutiérrez		
Aspectos	Modularidad	Altura	Controles	Ángulo
Cumplimiento	Realizada	Realizada	Realizada	Realizada
Tiempo	10 segundos	15 segundos	13 segundos	7 segundos
Satisfacción (0 – 10)	9,2	3,7	9,6	5,9

Respecto a la efectividad de los sistemas considerados en la prueba se registran 6 participantes que faltaron con la realización de una de las actividades como se puede distinguir en la tabla 56. Los 12 participantes resultantes ejecutaron la totalidad de las actividades. Las actividades que faltaron o fallaron en realizar fueron el uso del regulador de altura, por cuatro usuarios, y el uso del regulador de inclinación por dos usuarios.

Tabla 56.

Resultados efectividad.

Participante	Número de tareas realizadas	Tarea no realizada
Participante 1	3	Ángulo
Participante 2	4	
Participante 3	4	
Participante 4	3	Altura
Participante 5	4	
Participante 6	4	
Participante 7	3	Altura
Participante 8	4	
Participante 9	3	Ángulo
Participante 10	4	
Participante 11	4	
Participante 12	3	Altura
Participante 13	4	
Participante 14	4	
Participante 15	4	
Participante 16	3	Altura
Participante 17	4	
Participante 18	4	

A partir de este resultado, que se representa en la figura 73, se puede considerar que los sistemas de regulación de altura y regulación de inclinación tienen inconvenientes de legibilidad para un 22% y un 11% de los participantes respectivamente; se puede incluir un indicador visual que facilite la lectura de los sistemas. El 67% de los participantes restantes realizaron la lectura de todos los sistemas.

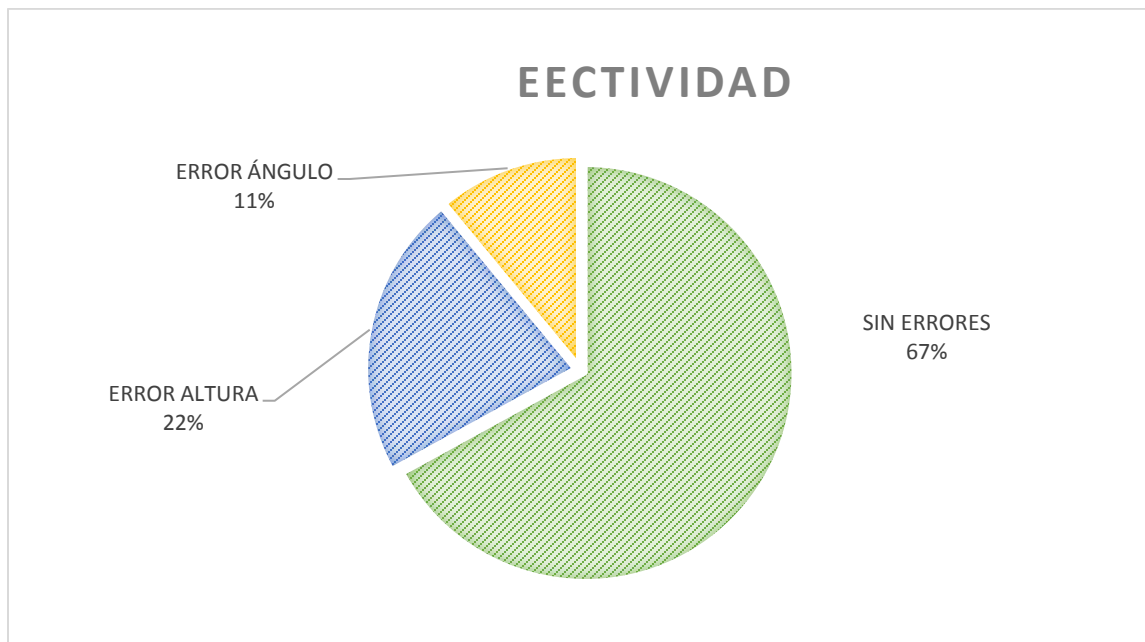


Figura 73. Gráfica de efectividad.

Sobre los resultados en eficiencia de los sistemas evaluados, presentados en la tabla 57, se puede observar que se comparan los promedios de cada actividad con el tiempo que le toma a un experto o conocedor del sistema accionar los sistemas.

Tabla 57.

Resultados eficiencia.

Participante	Tiempo en realizar tareas (segundos)			
	Abrir el conjunto	Regulador de altura	Regulador de ángulo	Controles
Participante 1	10	52	-	14
Participante 2	14	28	12	15
Participante 3	15	25	18	11
Participante 4	26	-	10	8
Participante 5	16	34	9	15
Participante 6	33	23	42	9
Participante 7	22	-	4	16
Participante 8	13	60	38	16
Participante 9	20	36	-	18
Participante 10	8	17	4	9
Participante 11	9	18	8	10
Participante 12	14	-	19	25
Participante 13	22	46	17	14
Participante 14	11	20	24	7
Participante 15	27	10	30	13
Participante 16	6	-	17	10
Participante 17	17	28	7	9
Participante 18	10	15	7	13
Promedio	16,2	29,4	16,6	12,8
Tiempo Experto	20	18	10	10

El tiempo promedio de los participantes para la actividad de abrir el conjunto fue de 16,2 segundos, inferior al tiempo experto, que es de 20 segundos, por lo que se puede señalar que el sistema de encaje y de apertura de los portacandados se entiende correctamente y es fácil de realizar por los usuarios.

El tiempo promedio de los participantes para la actividad de usar el regulador de altura es de 29,4 segundos, bastante superior al tiempo experto de 18 segundos. Se determina que es necesario un complemento que facilite el uso del regulador de altura como un agarre o señalizaciones de color, lo que se incluye en las correcciones para el diseño final.

El tiempo promedio de los participantes para la actividad de usar el regulador de ángulo es de 16,6 segundos, 7 segundos superior al tiempo experto de 10 segundos. Se busca un complemento visual para facilitar el uso del regular, sin embargo, no presenta errores críticos y la mayoría de los usuarios lo identifican y usan correctamente.

El tiempo promedio de los participantes para la actividad de accionar los controles electrónicos es de 12,8 segundos, 3 segundos superior al tiempo experto de 10 segundos. Se resuelve mantener los controles del modelo funcional mejorando los indicadores visuales que se ubican alrededor.

Sobre la satisfacción percibida por los participantes, se pueden observar los resultados en la tabla 57 con los promedios del puntaje indicado por los usuarios del 0 al 10 representando 0 dificultad de uso y 10 facilidad de uso en el diferencial semántico marcado en las encuestas.

Tabla 58.

Resultados satisfacción.

Participante	Puntaje de 0 a 10 (0 difícil y 10 fácil)			
	Sistema modular	Regulador de altura	Regulador de ángulo	Controles
Participante 1	6,4	4,2	8,2	9,4
Participante 2	8,1	1,7	9	9,1
Participante 3	7,4	5,1	9,6	9,4
Participante 4	10	0	10	10
Participante 5	5,2	4,6	4,3	7,4
Participante 6	2,8	5,4	3,8	9,9
Participante 7	7,5	2,4	7,7	8
Participante 8	2,5	0,5	4,9	9,6
Participante 9	5,4	2,2	8,2	9,6
Participante 10	8,8	9,1	8,9	8,9
Participante 11	5	5,5	9,7	9,7
Participante 12	7,7	1,5	8,7	9,2
Participante 13	7,8	3,2	8,1	8
Participante 14	9	8	7,2	10
Participante 15	6,1	5,4	7,8	9,9
Participante 16	6,9	6,4	9,1	9,6
Participante 17	7,4	2,7	8,4	8,7
Participante 18	9,2	3,7	5,9	9,6
Promedios	6,8	3,9	7,75	9,2

Se valora el sistema de encaje del asiento sobre el plano de trabajo con portacandados con un promedio de 6,8 de 10. Aunque el puntaje se encuentra sobre el medio (puntaje 5), se puede comprender que algún factor resulta insatisfactorio para los usuarios durante el encaje del conjunto.

El sistema de regulador de altura tiene un promedio de 3,9 de 10 como puntaje. La mayoría de los usuarios encuentran difícil de usar el sistema y se recomienda la inclusión de agarraderas y otros elementos que facilitan el uso. Se puede incluso considerar el cambio del sistema.

El puntaje recibido por el regulador de inclinación de ángulo tiene un promedio de 7,75 puntos de 10. Como el puntaje se encuentra alto se determina que el sistema de regulación de altura resulta fácil de usar para los usuarios y no se sugieren cambios.

Los controles para la activación del sistema electrónicos fueron evaluados con un puntaje promedio de 9,2 de 10. Como el puntaje se encuentra alto se determina que resultan fáciles de usar por los usuarios y no se sugieren cambios.

10.3 Validación de postura

Prueba de Uso

10.3.1 Objetivo

Determinar la postura que adoptan los usuarios durante el uso del puesto de trabajo por medio de la aplicación del método OWAS y en paralelo identificar problemas, defectos y errores del sistema durante la ejecución del proceso de torneado.

10.3.2 Aspectos a evaluar del diseño

Debido a la fabricación de las piezas, los acabados y el desconocimiento del proceso por los usuarios disponibles para la prueba, se busca identificar errores, defectos y problemas en el puesto de trabajo. Entre los aspectos a revisar con la prueba están:

- Postura
- Problemas de uso

10.3.3 Materiales

- Modelo funcional
- Cronómetro
- Cámara fotográfica
- Fuente eléctrica
- Arcilla
- Contenedor
- Agua
- Perfil recto plano
- Herramienta con punta
- Alambre para cortar

10.3.4 Muestra

Se cuenta con la participación de los estudiantes de la Escuela de Diseño Industrial de la UIS que se encuentran cursando la asignatura de Materiales y Procesos V: Cerámicos en el Primer Periodo Académico de 2018. El curso cuenta con 20 estudiantes.

10.3.5 Participantes

Personas en edad adulta entre los 20 y 30 años de edad, con estudios básicos, secundarios o superiores; de sexo femenino o masculino.

10.3.6 Variables

Variables independientes:

Número de tratamientos: 1 alternativa ejecutada en una fase: el usuario, con el espacio preparado, disposición de arcilla y el puesto de trabajo listo para el uso, se propone realizar una pieza modelada en torno.

Variables dependientes

- Postura

Se determina la postura general de los usuarios y se evalúa el impacto de la misma.

- Problemas de uso

Se identifican los problemas, errores y defectos presentes durante el uso del puesto de trabajo y se complementa con las observaciones de los usuarios con respecto al funcionamiento total del sistema.

10.3.7 Tareas

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

10.3.8 Procedimiento

6. Se preparan los materiales y el puesto de trabajo para la ejecución de la actividad: se alista el contenedor con agua, se prepara y amasa la arcilla, se limpian y ubican las tres herramientas escogidas y se abre el conjunto y conecta para su uso.
7. Se presenta al usuario el espacio de trabajo y se pide que intente realizar una pieza por medio del modelado en torno.
8. Se graba durante 10 minutos el proceso de modelado en torno del usuario para aplicar el método OWAS
9. Se registran errores del sistema identificados durante el desarrollo del modelado en torno.

10.3.9 Resultado de la prueba en postura

La prueba se realiza con 3 alumnos, como demuestra la figura 74. Cabe señalar que los participantes de la prueba no tenían conocimiento del modelado en torno y no habían realizado la actividad antes. Con una cantidad de arcilla igual para cada uno, se procuró el modelado de una forma pequeña libre.



Figura 74. Fotografías prueba de uso.

El primer método aplicado es el OWAS. Las tablas 59, 60 y 61 a continuación presentan las categorías resultantes de los 20 muestreos registrados de cada participante.

Tabla 59.

Resultados OWAS: Participante 1.

Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría
1	2	6	2	11	2	16	2
2	2	7	1	12	2	17	2
3	1	8	2	13	2	18	2
4	2	9	2	14	2	19	2
5	1	10	2	15	2	20	2

El participante 1, como se puede ver en la tabla 59, presenta en las categorías de los muestreos mayor presencia de la **categoría 2**: postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano (Diego-Mas, 2015).

Tabla 60.

Resultados OWAS: Participante 2.

Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría
1	1	6	1	11	1	16	2
2	1	7	1	12	1	17	1
3	1	8	2	13	1	18	2
4	2	9	1	14	1	19	1
5	1	10	1	15	1	20	2

El participante 2, como se puede ver en la tabla 60, presenta en las categorías de los muestreos mayor presencia de la **categoría 1**: postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción (Diego-Mas, 2015).

Tabla 61.

Resultados OWAS: Participante 3.

Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría	Muestreo	Categoría
1	1	6	2	11	1	16	2
2	2	7	1	12	1	17	1
3	1	8	2	13	1	18	1
4	2	9	1	14	1	19	1
5	1	10	1	15	1	20	2

El participante 3, como se puede ver en la tabla 61, presenta en las categorías de los muestreos mayor presencia de la **categoría 1**: postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción (Diego-Mas, 2015).

Continuando con la aplicación de OWAS, en las tablas 62, 63 y 64 se encuentra la frecuencia de las posturas identificadas en cada participante.

Tabla 62.

Frecuencia de posturas: Participante 1.

Postura	Frecuencia	Categoría
Espalda derecha	15%	1
Espalda doblada	85%	2
Brazos abajo	85%	1
Un brazo abajo y otro elevado	15%	1
Sedente	100%	2

El participante 1 presenta categoría 2 debido a la frecuencia en las posturas *espalda doblada* y *sedente*. Las posturas restantes no representan efectos dañinos en el sistema según la frecuencia y equivalen a la categoría 1.

Tabla 63.

Frecuencia de posturas: Participante 2.

Postura	Frecuencia	Categoría
Espalda derecha	70%	1
Espalda doblada	30%	1
Brazos abajo	85%	1
Un brazo abajo y otro elevado	10%	1
Brazos elevados	5%	1
Sedente	100%	2

El participante 2 presenta categoría 2 debido a la frecuencia en la postura *sedente*. Las posturas restantes no representan efectos dañinos en el sistema según la frecuencia y equivalen a la categoría 1.

Tabla 64.

Frecuencia de posturas: Participante 3.

Postura	Frecuencia	Categoría
Espalda derecha	70%	1
Espalda doblada	30%	1
Brazos abajo	80%	1
Un brazo abajo y otro elevado	15%	1
Brazos elevados	5%	1
Sedente	100%	2

El participante 3 presenta categoría 2 debido a la frecuencia en la postura *sedente*. Las posturas restantes no representan efectos dañinos en el sistema según la frecuencia y equivalen a la categoría 1.

Con los resultados anteriores se puede concluir respecto a la postura que presentan los participantes durante el uso del puesto de trabajo que de forma general se mantiene la categoría 1, que corresponde a una postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético y no requiere acción (Diego-Mas, 2015). Sin embargo y según la frecuencia de las posturas identificadas, se puede inferir que las posturas de la espalda doblada y sedente, categorizadas en 2 pueden llegar a representar un futuro cambio, en la altura del plano de trabajo, el asiento y la permanencia del usuario sentado.

10.3.10 Resultados de la prueba en uso

Se presentan diferentes inconvenientes durante el uso del modelo funcional fabricado que se traducen a posibles mejoras a incorporar en el puesto de trabajo. En la siguiente tabla 65 se enuncian.

Tabla 65.

Problemas durante el uso.

Problemas durante uso	
	El tamaño del conjunto resulta pequeño
	Superficie auxiliar
Participante 1	Peso del asiento
	Herramientas específicas
	Estabilidad del asiento
	Estabilidad en los niveles de altura
Participante 2	Espaldar inútil
	Entrada de agua entre secciones del plano de trabajo
	Limpieza de las manos
Participante 3	Retiro de la pieza terminada
	Limpieza de controles

11 Correcciones

Siguiendo el orden presentado para la verificación y validación del puesto de trabajo, se enumeran las correcciones a implementar en el diseño.

Sistema electrónico:

- Led indicador de la activación del sistema.
- Reubicación de la entrada para el pedal.

Sistemas mecánicos:

- Corrección de tolerancias en los cortes de las curvas.
- Cambio de la forma circular de los soportes para regular la altura.
- Unión del eje metálico para el regulador de inclinación de la carcasa.

- Aumento del número de ruedas para estabilidad en las dos partes: plano de trabajo y asiento.
- Cambio de las ruedas por un producto para suelos irregulares.

Efectividad:

- Mejora de la legibilidad del regulador de altura con indicadores y colores.
- Mejora de la legibilidad del regular de ángulo con indicadores y colores.

Eficiencia:

- Implemento de agarraderas para usar el regular de altura.
- Implemento de agarraderas para bajar el asiento al abrir el conjunto.
- Indicadores visuales y de textura para los controles.

Satisfacción:

- Cambio del encaje del asiento al plano de trabajo para facilidad de uso.

Postura:

- Revaloración del ajuste de altura en las dos partes.

Defectos del modelo funcional.

- Aumentar tamaño del conjunto.
- Disminuir el peso del asiento.
- Superficie blanda para el asiento.
- Superficie auxiliar.
- Estabilidad en los niveles de altura.

- Revaloración del espaldar.
- Revisión de fugas de agua.
- Diseño de herramientas específicas para el puesto de trabajo.
- Posibilidad de limpieza.
- Superficie plástica adherida al plato de giro para facilitar retiro de piezas.
- Limpieza y protección de los controles y la entrada de alimentación.

12 Presentación del producto final

Con la aplicación de las correcciones anteriormente descritas se complementa el diseño con los cambios por medio de un modelo del conjunto. Se mantiene el concepto, la forma general del puesto de trabajo y los diferentes sistemas de regulación, inclinación y unión. Para evitar la repetición de las características ya descritas en el diseño fabricado, se describen principalmente los cambios realizados.

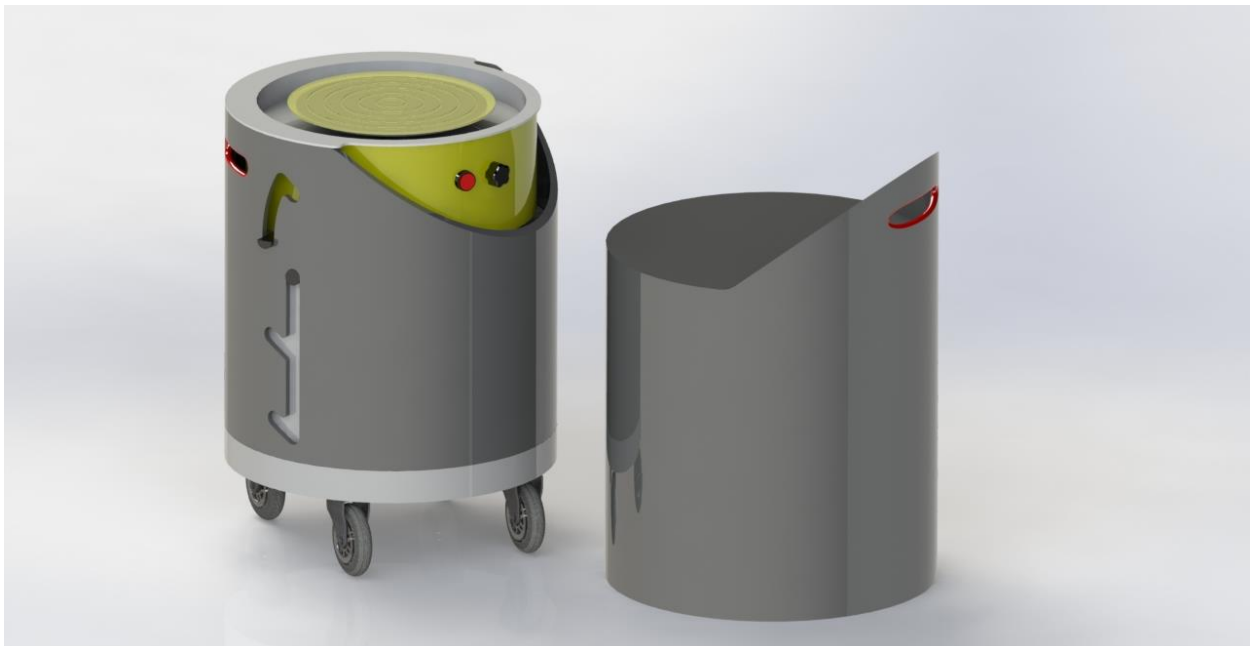


Figura 75. Producto final: Conjunto.

El diseño fabricado como un modelo funcional presentó inestabilidad en cada una de sus partes, debido al uso de solo tres ruedas para la movilidad y a las dimensiones de diámetro del conjunto. De igual forma se identificó que el diseño resultaba pequeño para algunos usuarios y debido a esto se modificaban algunas posturas durante el uso. Se cambia el diámetro general del conjunto, que pasa de 30 cm a 40 cm y mejora la zona en área de uso.

Otro cambio incluido que se puede identificar en la figura 75 es el aumento en el número de ruedas de la sección del plano de trabajo, igualmente con frenos para su correcta ubicación en el lugar. Las ruedas, pequeñas para el terreno irregular de algunos talleres y zonas de trabajo se aumentan de tamaño (de 5 a 7 cm de diámetro) y finalmente, se retiran las ruedas en el asiento para asegurar la estabilidad del usuario, quien no requiere el movimiento del asiento para el proceso; esto además mejora el peso del asiento, que con menos piezas resulta más ligero.

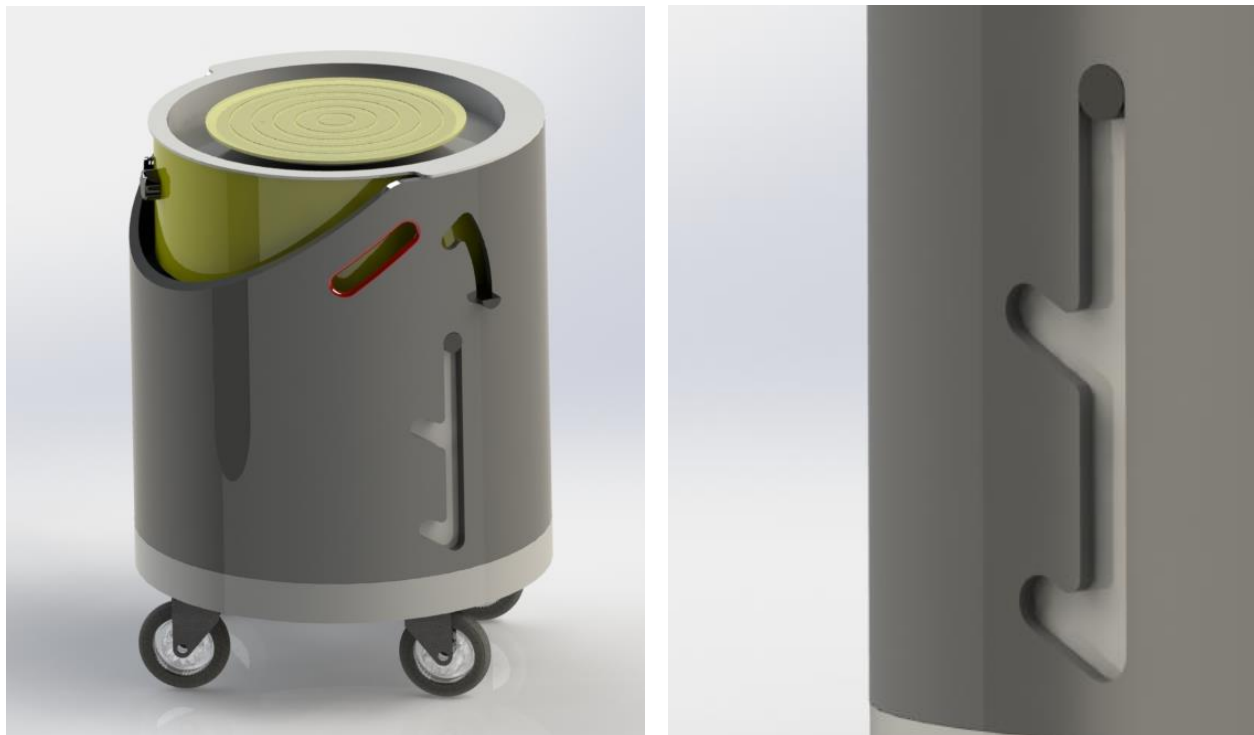


Figura 76. Producto final: Regulador de altura.

Considerando los diferentes errores e inconvenientes presentes en el uso del ajuste de altura se corrige la curva de acción de los soporte, por una guía que mantenga el movimiento más reducido y controlado. Además, se agrega un soporte para el ajuste de altura, en la parte posterior de la sección superior del torno de trabajo, para asegurar la estabilidad del mismo.

Para facilitar la manipulación de la sección superior del plano de trabajo se agregan cortes laterales, indicados de color rojo, para el manejo de los usuarios, que pueden introducir sus manos en los cortes de forma segura y levantar la sección superior para el ajuste de altura.

Se mantienen los tres niveles de altura para el ajuste pero se disminuye el tamaño del soporte metálico, para conservar la integridad y fuerza de la sección superior del plano y mejorar la coherencia formal de la composición de las curvas.

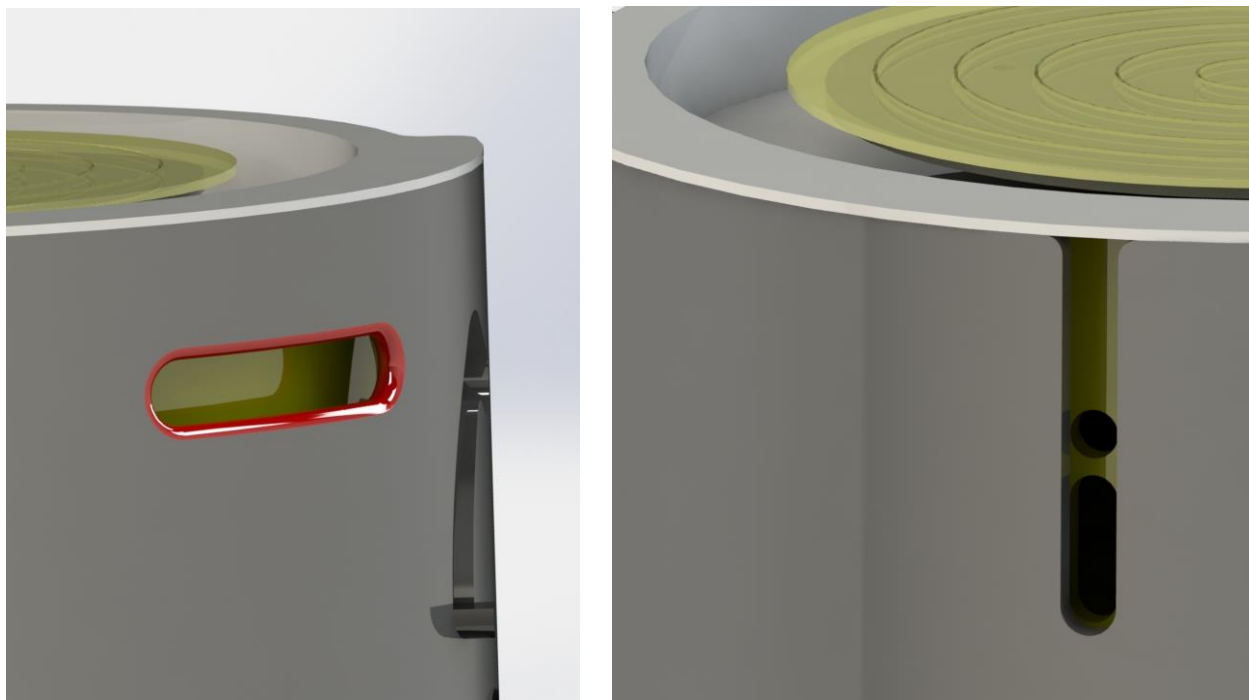


Figura 77. Producto final: Agarradera y salida de alimentación y pedal.

La figura 77 presenta a la izquierda el segundo corte para facilitar el agarre por parte de los usuarios durante el ajuste de altura, descrito anteriormente, que del otro lado se encuentra en diferente ubicación para mejorar la estabilidad del peso al levantar la sección.

Del lado derecho la figura 77 presenta la sección posterior superior del plano de trabajo, en la que se mantiene el corte para la salida de la alimentación eléctrica del sistema; pero además, en la carcasa de incluye un segundo corte para habilitar la salida del conector del pedal. En el modelo fabricado, aunque queda habilitado en el diseño electrónico la entrada del pedal para el accionamiento del motor, no puede ser finalizada la instalación debido a que la entrada del conector quedaba totalmente expuesta a la caída de agua y residuos que podrían dañar todo el sistema. Con este nuevo corte para su conexión desde la parte posterior se asegura la integridad de la entrada y el pedal puede ser usado o retirado durante el uso del conjunto.

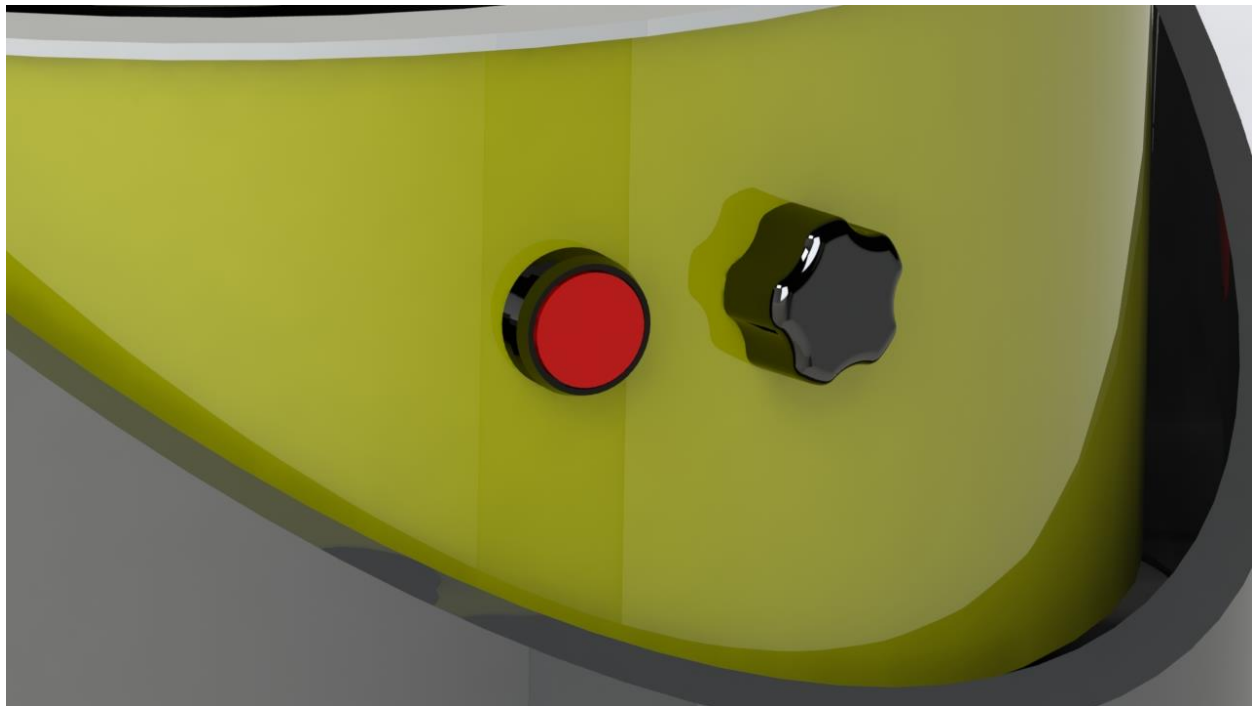


Figura 78. Producto final: Interruptor y perilla.

Durante las pruebas de validación y verificación del sistema, se identifica también que los controles de activación del sistema requieren cambios de forma y material. El interruptor para encender y apagar el sistema se cambia por un elemento pulsador con recubrimiento de goma, para asegurar la barrera contra residuos; la perilla, que finaliza el proceso con gran cantidad de restos arcillosos se cambia por una con un acabado más liso pero con molduras más gruesas para evitar deslizar las manos húmedas de los usuarios, similar al que se puede apreciar en la figura 78. La perilla es un elemento que puede ser retirado para su correcta limpieza sin necesidad de acceder al interior de la carcasa o del uso de herramientas.

Con el fin de aumentar la retroalimentación del sistema sobre el momento de funcionamiento en el que se encuentra se usa un interruptor que cuenta con un piloto, que es un bombillo led al interior del elemento que se enciende cuando se activa el interruptor.



Figura 79. Producto final: Plano de trabajo explosionado.

El plano de trabajo se compone del mayor número de piezas en comparación con las demás partes del conjunto. Como se presenta en la figura 79, para la regulación de altura cuenta con la sección inferior, en la cual se instalan los soportes metálicos. La sección inferior cuenta también con la instalación de las ruedas para el transporte.

La carcasa, instalada a la sección superior por medio de bisagras cuenta con una tapa ajustada con tornillos. Sobre la tapa de la carcasa se ubica la bandeja, que permite la acumulación de residuos, y a continuación, el plato giratorio o platina para la ubicación de la arcilla. Para facilitar el momento de retirar la pieza modelada del plato metálico se propone una pieza plástica (la última en la figura de la izquierda de color amarillo claro) que encaja en la platina y se puede levantar al finalizar.

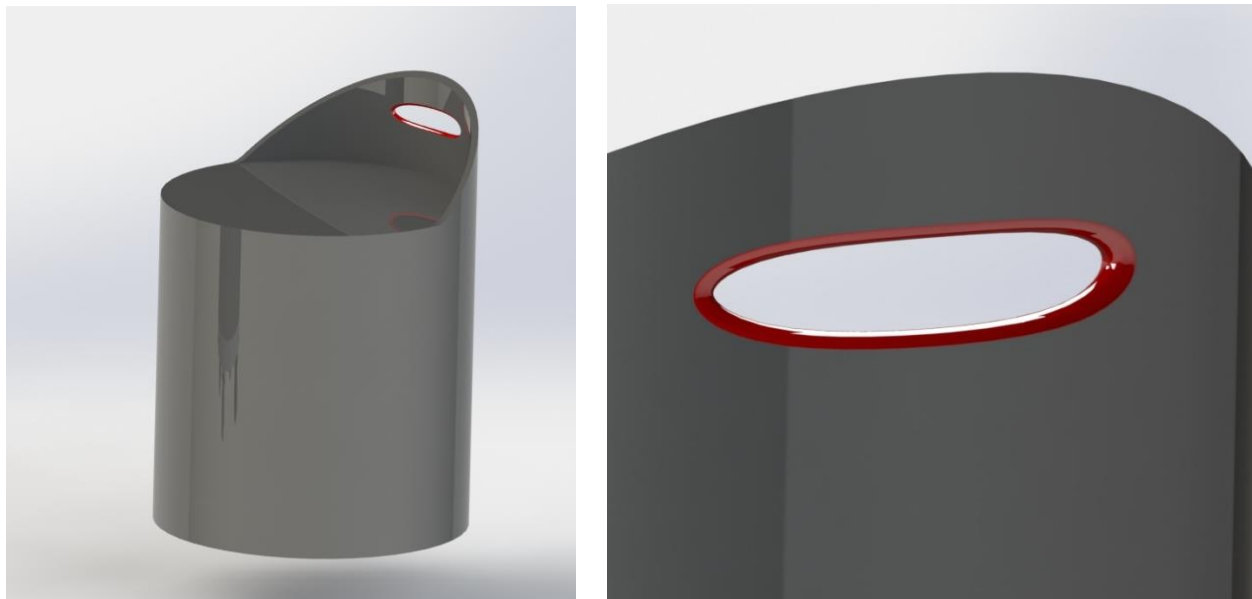


Figura 80. Producto final: Asiento y detalle de mango.

El asiento, de mayor simplicidad, sin ajuste de altura, aumenta la altura a la media de los usuarios: 43 cm. De mayor ligereza, incluye también un corte en el espaldar para el agarre de los usuarios,

como se ve en la figura 80, y un segundo corte similar en la parte inferior que da al suelo. Ambos cortes se señalan con rojo para facilitar la identificación por parte del usuario y pueden incluir igualmente un material polimérico para mayor comodidad.

Para complementar el puesto de trabajo, se propone una superficie auxiliar independiente, con ruedas para la movilidad según la cercanía que desee el usuario. La forma de la superficie usa el módulo del *concepto 1 y 3* de la generación de alternativas y puede acoplarse al resto del conjunto para almacenamiento o durante el uso, como se puede observar en la figura 82 a la izquierda (instalación de la superficie de trabajo con el plano de trabajo). Adicionalmente, la superficie auxiliar cuenta con cortes para la correcta ubicación de los implementos principales usados para el proceso; en amarillo se puede observar una pieza independiente que sirve como contenedor de agua.



Figura 81. Producto final: Superficie auxiliar.

La superficie auxiliar incluye en la parte lateral e inferior cortes laterales para el agarre de los usuarios, como se diferencian de rojo en las figuras 81 y 82.



Figura 82. Producto final: Plano de trabajo, asiento y superficie auxiliar.

El conjunto final se conformaría de dos superficies auxiliares, que encajan la una sobre la otra, un plano de trabajo con el sistema de revolución y un asiento.

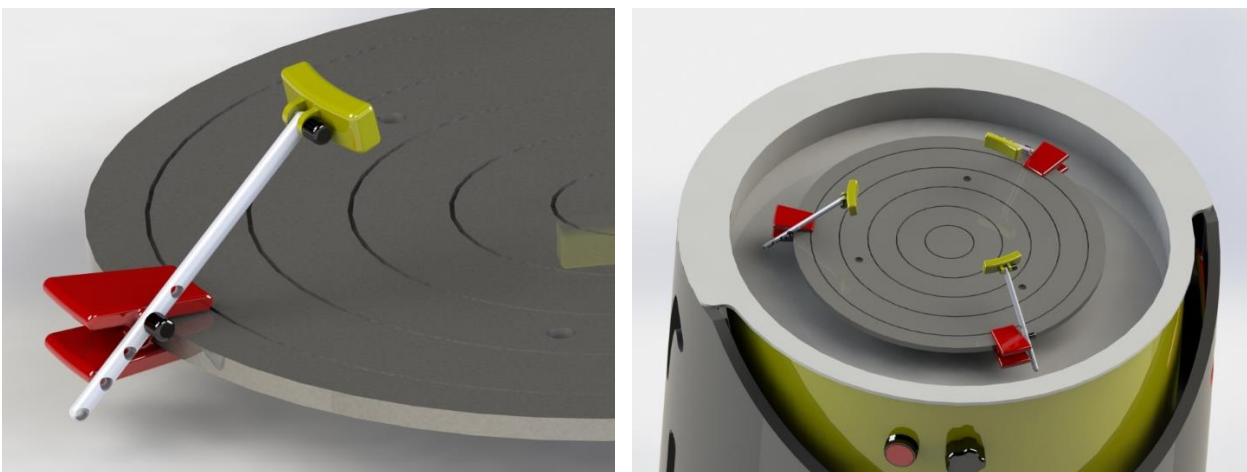


Figura 83. Producto final: Prensa para ajuste de piezas cerámicas.

Para el ajuste de las piezas durante el uso del sistema de regulación de inclinación, se proponen las prensas que se presentan en la figura 83, que con un sistema de pinza simple, señalado con rojo, se fijan al plato de giro, y con la terminación semicircular, señalada con amarillo, en la parte superior del eje, se ajusta a la pieza a decorar. Esta pinza pequeña, de 3 cm aproximadamente de ancho y profundo, cuenta con un pequeño eje adosado a un lado, el cual se puede cambiar y reajustar de altura según el tamaño de la pieza cerámica a decorar. Para el correcto uso de la pieza se propone el uso de tres pinzas y de las terminaciones negras que se aprietan y sueltan por medio de rosca para así asegurar la cerámica.

13 Conclusiones finales

El desarrollo de un proyecto de diseño en el marco de un trabajo de investigación para optar por un título profesional representa diferencias y semejanzas con el proceso de desarrollo de un producto en el mercado. Este proyecto, que finaliza con una parte de este desarrollo de producto permite el alcance satisfactorio de los objetivos de investigación señalados.

Entre los aspectos de mayor valor o importancia del proceso de desarrollo del puesto de trabajo para modelado en torno y decoración cerámica, se busca resaltar la fabricación de un modelo funcional, el acercamiento a usuarios, el uso de herramientas CAD, y el diseño final del producto.

La construcción física de un modelo funcional del diseño permitió un mayor acercamiento a la realidad del producto. Durante la construcción y las pruebas de validación y verificación se obtuvo una mayor comprensión de los límites de los diseños que en ocasiones parten sólo de conceptos; sin embargo, la fabricación y la investigación en su totalidad se encuentra limitada y sujeta a la inversión monetaria que no representa un retorno inmediato y que por lo mismo se debe procurar de la forma más planeada y segura posible, haciendo un uso adecuado de los recursos.

Igualmente, se rescata la importancia del uso adecuado de herramientas CAD, que en este proyecto han sido usadas como apoyo durante gran parte del diseño formal del producto, y que han permitido la vista preliminar de las piezas y componentes facilitando la verificación de algunos aspectos del diseño, como las dimensiones, los sistemas mecánicos, entre otros.

En lo referente al acercamiento con usuarios y profesionales en las diferentes áreas, se señala que ofrece también una base sólida y real del contexto al que se busca incorporar el diseño. Sin la colaboración de las personas entrevistadas y encuestadas durante los diferentes momentos del desarrollo del proyecto, obtener un producto con requerimientos, verificaciones y validaciones adecuados no es posible.

Finalmente, se busca resaltar el producto obtenido, para el cual se ha procurado la implementación del mayor número de requerimientos de la forma más adecuada. El resultado busca presentar una opción de puesto de trabajo para cerámica no sólo para su mercado primario, que son las diferentes instituciones, sino también para artesanos y aprendices de los procesos manuales de la cerámica. Como un conjunto versátil, pequeño y fácil de transportar, se señala que el puesto de trabajo reduce el número de elementos necesarios para el modelado en torno y decoración, incorporando las dos funciones en un mismo sistema. El producto es una solución para la generación de puestos de trabajo integrales que permite la puesta en práctica de conocimientos de las diferentes técnicas de transformación de materiales cerámicos.

Referencias Bibliográficas

Avgustinik, A. I. (1983). *Cerámica*. España: Editorial Reverté, S. A.

Bartsch, W. (1981). *Alrededor del torno*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S. A.

Chambi Flores, L. (2015). *Influencia de la mecanización de un torno alfarero para optimizar la producción de artesanías en cerámica – Púcara*. Juliaca, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

De Matos Carrasco, A. M. (2001). *Ensayo para el establecimiento de un vocabulario crítico del proceso cerámico*. Tesis Doctoral. España, Madrid: Universidad Complutense De Madrid.

Bernal, D. Bustamante, L.C. Díaz J.J y Sáez, A.M. (2013). *Hornos, talleres y focos de producción alfarera en Hispania*. España: Universidad de Cádiz y Sociedad de Estudios de Cerámica Antigua e Hispana.

Diego-Mas, J. (2015). *Evaluación postural mediante el método OWAS*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>

Entrevista con el ceramista Diego Añez. *Colombia Artesanal: La cerámica, una tradición que recorre Colombia*. [En línea]. Publicado el día 7 de marzo de 2016. Disponible en: http://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/Noticia/colombia-artesanal-raquira-manos-que-le-dan-vida-al-barro_6133

Especial realizado por el Sistema de Información para la Artesanía Siart, de Artesanías de Colombia. *Colombia artesanal: Ráquira, manos que le dan vida al barro*. [En línea]. Publicado el día 4 de septiembre de 2015. Disponible en:

http://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/Noticia/colombia-artesanal-la-ceramica-una-tradicion-que-recorre-colombia_7393

La innovación de la cerámica artesanal. (s. f.). España: Fundación Española para la Innovación de la Artesanía y Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España.

Lic. Schwartz, A. Prof. Jordán, C. (s.f.). *Modelado en Torno Alfarero: del artesano anónimo al Autor.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de las Artes (IUNA) y Universidad de Buenos Aires (UBA).

Melo, M. F. *Cerámica.* [En línea]. 13 de septiembre de 2012 Disponible en: <http://ceramicacomplementariafba.blogspot.com.co/search?updated-min=2012-01-01T00:00:00-03:00&updated-max=2013-01-01T00:00:00-03:00&max-results=50>

Midgley, B. (1993). *Guía completa de escultura, modelado y cerámica: técnicas y materiales.* España: Tursen Hermann Blume Ediciones.

Moros, G. Bedenes, J. A. García, A. y Tena, M. A. (2003). *El color de la cerámica: Nuevos mecanismos de pigmentos para los nuevos procesados de la industria cerámica.* España: Publicaciones de la Universidad Jaume I. Atenea.

Mussi, S. *Torneta de sobremesa.* Diccionario de cerámica. [En línea]. Tomado de: <http://ceramicdictionary.com/es/t/1233/torneta-c-de-sobremesa>

Plazas, C. (1987-1998). *Cronología de la metalurgia colombiana.* Bogotá, Colombia: Museo del Oro. Simposio de Metalurgia Prehispánica de América y Congreso Internacional de Americanistas.

Rodriguez, C. (s.f.). *Las tradiciones alfareras tempranas en las llanuras del caribe colombiano (departamentos de bolívar y atlántico): Periodización y comparación cerámica*. Bogotá, Colombia: Museo de Oro.

Rojas Rodriguez, C. I. (2011). *Estudio Ergonómico De Las Exigencias Biomecánicas En La Alfarería Tradicional*. Colombia, Boyacá, Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*.