

Tablero de control para la Marmita ECOOK STEAM MAV-40

Denis Marión Gómez Morales

**Trabajo presentado como requisito para optar por el título profesional de: Diseñadora
Industrial**

Director:

Francisco Mario Espinel Correal

Magíster en Semiótica y Diseñador Industrial

Codirector:

Víctor José Manrique Moreno

Ingeniero Mecánico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2017

Dedicado especialmente a mi mamá, una guerrera que con esfuerzo y dedicación fue parte esencial de este largo proceso. A ti má, por ser un gran motor en cada etapa de mi vida.

A mis hermanas Ingrid y Kelly por el cariño y apoyo que siempre me han brindado.

A mis amigos que han sido una base fundamental a lo largo de este trayecto, por estar presentes en los buenos y malos momentos. Chicos, sin sus consejos, regaños y motivación no hubiera llegado hasta acá. A mi familia y a cada una de las personas que de cualquier forma han contribuido en mi crecimiento personal y profesional.

A todos mil gracias.

Denis Marión Gómez Morales

Agradecimientos

A la Escuela de Diseño Industrial por las enseñanzas.

A la Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico - CDT de Gas por permitirme realizar las pasantías, conocer y aprender el desarrollo profesional dentro del ámbito laboral.

A mi director D.I Francisco Espinel y codirector Ing. Víctor Manrique por las asesorías y el tiempo brindado.

Al personal del área de comedores y cafetería de la Universidad Industrial de Santander, que amablemente compartieron parte de su tiempo para la colaborar en las pruebas iniciales y finales de este proyecto.

A todas las personas participantes en pruebas de usuario por su colaboración.

¡Gracias!

Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Introducción | 16 |
| 1. Reseña del proyecto | 18 |
| 1.1 Título..... | 18 |
| 1.2 Justificación y exposición del problema de diseño..... | 18 |
| 1.3 Objetivos | 25 |
| 1.3.1 Objetivo General | 25 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 25 |
| 2. La marmita Ecook Steam MAV-40 | 26 |
| 3. Aproximación conceptual | 29 |
| 3.1 La comunicación hombre-máquina..... | 29 |
| 3.2 Los modelos mentales..... | 31 |
| 3.3 El tablero de control..... | 31 |
| 3.3.1 Relaciones dimensionales que intervienen en el diseño | 34 |
| 3.3.2 Relaciones cognitivas y visuales que intervienen en el diseño..... | 36 |
| 3.4 El diseño de interfaces | 40 |
| 3.5 Normatividad relacionada..... | 43 |
| 4. Compilación de productos y sistemas existentes | 45 |

| | |
|--|----|
| 5. Análisis de uso actual e identificación de necesidades | 48 |
| 5.1 Clasificación de usuarios | 49 |
| 5.2 Planeación de entrevistas | 50 |
| 5.2.1 Test de uso | 50 |
| 5.2.2 Cuestionario de satisfacción | 51 |
| 5.3 Resultados | 51 |
| 6. Procedimiento para el cumplimiento de objetivos en el proceso de diseño | 55 |
| 6.1 Fase 1. Definir el contexto de uso..... | 56 |
| 6.2 Fase 2. Especificar requisitos..... | 56 |
| 6.2.1 Requerimientos de Uso | 56 |
| 6.2.2 Requerimientos Funcionales | 57 |
| 6.2.3 Requerimientos Estructurales | 58 |
| 6.2.4 Requerimientos Técnico-Productivos | 58 |
| 6.2.5 Requerimientos de Mercado | 59 |
| 6.2.6 Requerimientos Expresivo-Formales | 59 |
| 6.2.7 Requerimientos Legales..... | 59 |
| 6.3 Fase 3. Producir soluciones de diseño | 60 |
| 6.3.1 Configuración Formal..... | 60 |
| 6.3.2 Interfaz gráfica | 65 |
| 6.4 Selección de alternativas..... | 75 |
| 6.4.1 Interfaz gráfica | 76 |
| 6.4.2 Configuración formal..... | 79 |
| 7. Diseño en detalle..... | 81 |

8. Verificación y validación de la interfaz 90

9. Conclusiones 100

Referencias bibliográficas..... 101

Apéndices..... 105

Lista de figuras

| | Pág. |
|---|-------------|
| <i>Figura 1.</i> Tareas del usuario relacionadas al funcionamiento de la marmita | 20 |
| <i>Figura 2.</i> Secuencia de imágenes de la prueba para la tarea de inicio de cocción. | 21 |
| <i>Figura 3.</i> Árbol de problemas para la Ecook Steam..... | 24 |
| <i>Figura 4.</i> Árbol de Objetivos..... | 26 |
| <i>Figura 5.</i> Ecook Steam MAV-40..... | 27 |
| <i>Figura 6.</i> Funcionamiento de la marmita auto generadora de vapor a gas..... | 28 |
| <i>Figura 7.</i> Sistema clásico Hombre-Máquina. | 29 |
| <i>Figura 8.</i> Componentes internos del tablero de control | 32 |
| <i>Figura 9.</i> Análisis postural del usuario durante la interacción. | 35 |
| <i>Figura 10.</i> Medidas Antropométricas para el ámbito laboral de personas entre los 20 y 39 años en Colombia. | 36 |
| <i>Figura 11.</i> Modelo mental de lectura de un usuario occidental. | 37 |
| <i>Figura 12.</i> Matriz de representación de caracteres. | 39 |
| <i>Figura 13.</i> Dimensiones para zonas de activación en pantallas táctiles. | 40 |
| <i>Figura 14.</i> Distribución horizontal del tablero según la guía GEMMA..... | 42 |
| <i>Figura 15.</i> Panel industrial para la intervención del operario mediante el uso de la guía GEMMA. | 43 |

| | |
|--|----|
| <i>Figura 16.</i> Electrolux SM6B300 Smart-Line 300L Electric Boiling Pan. | 46 |
| <i>Figura 17.</i> Small Kettle Classic High..... | 47 |
| <i>Figura 18.</i> Marmita Auto generadora de vapor basculante VGLT40. | 48 |
| <i>Figura 19.</i> Tiempo empleado por cada usuario para completar la tarea de poner en funcionamiento la marmita | 52 |
| <i>Figura 20.</i> Proceso de la metodología del DCU..... | 55 |
| <i>Figura 21.</i> Prueba interfaz física del tablero de control. | 62 |
| <i>Figura 22.</i> Alternativas de distribución de controles e indicadores en pantalla. | 63 |
| <i>Figura 23.</i> Configuración formal - Alternativa 1 | 64 |
| <i>Figura 24.</i> Configuración formal - Alternativa 2. | 64 |
| <i>Figura 25.</i> Configuración formal - Alternativa 2. | 65 |
| <i>Figura 26.</i> Diagrama de flujo para la secuencia de acciones | 67 |
| <i>Figura 27.</i> Tipografías utilizadas en la interfaz gráfica..... | 68 |
| <i>Figura 28.</i> Wireframes para la Alternativa 1..... | 69 |
| <i>Figura 29.</i> Alternativa 1- Interfaz gráfica de usuario. | 71 |
| <i>Figura 30.</i> Wireframes para la Alternativa 2..... | 72 |
| <i>Figura 31.</i> Alternativa 2- Interfaz gráfica de usuario. | 73 |
| <i>Figura 32.</i> Wireframes para la Alternativa 3..... | 74 |
| <i>Figura 33.</i> Alternativa 3- Interfaz gráfica de usuario. | 75 |
| <i>Figura 34.</i> Aplicación pruebas de selección de interfaz gráfica..... | 77 |
| <i>Figura 35.</i> Aplicación de pruebas de selección de configuración formal | 80 |
| <i>Figura 36.</i> Colores de la interfaz. | 83 |
| <i>Figura 37.</i> Iconos utilizados para la interfaz. | 83 |

Figura 38. Interfaz gráfica de usuario modificada. 84

Figura 39. Componentes de control y seguridad de la marmita Ecook Steam MAV-40. 87

Figura 40. Brazo móvil – soporte de pantalla 88

Figura 41. Configuración formal modificada..... 88

Figura 42. Planos de diseño global, brazo móvil, carcasa de pantalla y cuerpo del tablero de control. 89

Figura 43. Prototipado de interfaz en JUSTINMIND..... 90

Figura 44. Validación de interfaz gráfica..... 91

Figura 45. Componentes de control y supervisión del tablero de control..... 92

Figura 46 Satisfacción de usuarios en interfaz gráfica final 92

Figura 47. Satisfacción de usuarios en interfaz gráfica final 93

Figura 48. Satisfacción de usuarios en interfaz gráfica final 93

Figura 49. Selección de ubicación de los elementos de control para la interfaz..... 94

Figura 50. Tiempo empleado por cada usuario para completar la tarea de poner en funcionamiento la marmita. 95

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. <i>Primer Test de Usuarios</i> | 21 |
| Tabla 2. <i>Tasa de error en cada paso (Cantidad de intentos hasta lograr el objetivo)</i> | 22 |
| Tabla 3. <i>Ventajas respectivas de los tableros analógicos y digitales.</i> | 33 |
| Tabla 4. <i>Características de la polaridad de pantalla.</i> | 38 |
| Tabla 5. <i>Asociación de funcionalidades del color en el ámbito del control de procesos.</i> | 41 |
| Tabla 6. <i>Tasa de error en cada paso (Cantidad de intentos hasta lograr el objetivo)</i> | 53 |
| Tabla 7. <i>Resultado de atributos como requerimientos aplicando el Modelo Kano</i> | 54 |
| Tabla 8. <i>Tabulación de resultados para Cuestionarios de Interfaz</i> | 77 |
| Tabla 9. <i>Tabulación de resultados para Cuestionarios de Forma</i> | 81 |
| Tabla 10. <i>Especificaciones de los componentes de control y seguridad de la marmita Ecook Steam MAV-40</i> | 85 |
| Tabla 11. <i>Tasa de error en cada paso (Cantidad de intentos hasta lograr el objetivo)</i> | 95 |
| Tabla 12. <i>Comparación de resultados iniciales y finales de pruebas</i> | 98 |

Lista de Apéndices

| | Pág. |
|--|-------------|
| Apéndice A. Primer test de usuario | 105 |
| Apéndice B. Visita a cocinas del área de comedores en la Universidad Industrial de Santander | 106 |
| Apéndice C. Primer cuestionario de Satisfacción..... | 107 |
| Apéndice D. Tiempos de ejecución de cada tarea (Primera prueba) | 108 |
| Apéndice E. Resultados Modelo de Kano | 109 |
| Apéndice F. Ficha técnica PLC SAMBA SM35-J-T20..... | 113 |
| Apéndice G. Resultados pruebas de distribución de elementos de control e indicadores en pantalla..... | 114 |
| Apéndice H. Hoja de resultados para la aplicación de la Guía de Usabilidad..... | 115 |
| Apéndice I. Protocolo para la aplicación del método heurístico – Interfaz Gráfica | 117 |
| Apéndice J. Prueba de selección para la Interfaz Gráfica..... | 120 |
| Apéndice K. Protocolo para la aplicación del método heurístico – Configuración Formal | 128 |
| Apéndice L. Prueba de selección para la Configuración Formal..... | 132 |
| Apéndice M. Formato cuestionario de satisfacción final..... | 134 |
| Apéndice N. Tabla de tiempo gastado por cada usuario durante la realización de las tareas..... | 136 |

Resumen

Título: Tablero de control para la Marmita ECOOK STEAM MAV-40*

Autor: Denis Marión Gómez Morales**

Palabras clave: Sistemas de automatización, modelos mentales, interfaz, equipos de cocción, control y supervisión.

Descripción

Con el objetivo de mitigar sustancialmente la incidencia negativa y el porcentaje de error durante la puesta en marcha de la marmita ECOOK STEAM MAV_40 de la Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas, este proyecto propone un nuevo diseño para la mejora del tablero de control y supervisión actual de la marmita teniendo en cuenta principalmente la interfaz operario máquina.

Para el desarrollo de este nuevo tablero se tuvo en cuenta todos los elementos eléctricos, electrónicos, de gas y mecanismos necesarios para hacer funcionar la máquina, ya que estos fueron escogidos cuidadosa y detalladamente, por un equipo de profesionales de diferentes áreas de ingeniería desde el principio de la construcción como la mejor opción disponible en el mercado.

La ejecución del proyecto se realizó con la aplicación de la metodología del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) para obtener resultados más precisos orientados al usuario directo de la marmita. Para esto se aplicaron diferentes tipos de pruebas y encuestas orientadas al desarrollo de un sistema centralizado, que permitiera controlar las condiciones de operación de los componentes de la marmita, y del mismo modo, supervisar las variables más representativas durante el proceso.

De acuerdo a esto, se logró desarrollar una propuesta de diseño con menor posibilidad de error y mejor operación gracias a la disminución de tiempos durante la manipulación.

* Trabajo de investigación

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial. Director Francisco Mario Espinel Correal D.I. M. Sc. Semiótica. Codirector Ing. Mecánico Víctor José Manrique

Abstract

Title: Control panel for the steam kettle jacketed Self-Contained ECOOK STEAM MAV-40*

Author: Denis Marión Gómez Morales**

Keywords: Automation systems, mental models, interface, cooking equipment, control and supervision.

Description

With the goal of mitigating substantially the negative incidence and the error percentage during the startup of the ECOOK STEAM MAV-40 pot of the corporation Center of Technological Development of Gas, this project recommends a new design to improve the control board and supervision of the current pot, mainly considering the operator - machine interface.

For the development of this new board all the necessary electric elements, electronic, gas and mechanisms were considered to make work the machine, since this were picked carefully and in detail, by a professional team of different engineering areas from the beginning of the construction as the best available option in the market.

The execution of the project was done applying the User Centered Design (DCU) methodology to obtain more accurate results oriented towards the pot direct user. For this, different trials and inquiries were applied oriented towards the development of a centralized system, that allowed controlling conditions in the operations of the pot components, and in the same way, supervising the most representative variables during the process.

According to this, a design proposal was accomplished with less error possibility and better operation thanks to the time diminution during the manipulation.

* Research work

** Physical-Mechanical Engineering's Faculty, Industrial Design School. Director Francisco Mario Espinel Correal D.I. M. Sc. Semiotics. Tutor Mechanical Engineer Víctor José Manrique

Introducción

En Colombia, las marmitas son utilizadas, en su mayoría, para la cocción de alimentos en medio acuoso. Empresas como Colombina S.A., Compañía Nacional de Chocolates S.A. y Bocado El Puma, utilizan marmitas para su producción y cada vez son más las empresas e instituciones como restaurantes escolares, batallones y hospitales que incorporan este tipo de artefactos dentro de su equipamiento de cocina. En forma complementaria, las empresas han realizado grandes inversiones en maquinaria y en nuevas instalaciones. La mayoría de esta maquinaria proviene de Europa y de Estados Unidos, y es adquirida principalmente para la producción de confites y chocolates exportables (DNP, 2004). En el país, los sectores productivos se clasifican en subsectores según su actividad económica. Para el sector de procesamiento de alimentos, el CIIU¹ (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) clasifica al sector de Elaboración de otros productos alimenticios con el código 1089. Además, el MinCIT (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo) ubica al sector como uno de los 10 sectores más dinámicos que contribuyen a la economía del país con una participación del 9.2%, de acuerdo con su contribución al crecimiento de la producción real del sector industrial durante el cuatrimestre enero-abril de 2015, con un aporte de 2.0 puntos porcentuales en el total de la variación de la industria.

La Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas -en adelante CDT de Gas- es una entidad privada, líder tecnológico en el sector del gas a nivel nacional. Sus actividades se enfocan principalmente en la ciencia e innovación, y aportan así, al crecimiento del sector del gas, y en general, de la industria nacional como la metalmecánica y alimentos. En el marco de la

¹ Con el propósito de clasificar las actividades económicas de los empresarios del país de la manera más precisa, las cámaras de comercio del país, a partir del año 2000, se rigen por la CIIU de todas las actividades económicas.

convocatoria 642 del 2013 de Colciencias “Locomotora de la innovación para el apoyo del desarrollo tecnológico”, con el objetivo de desarrollar tecnología nacional que contribuyera a

cerrar la brecha entre las marmitas auto generadoras de "alta gama" de fabricantes internacionales, el CDT de Gas presenta la propuesta “Marmita auto generadora de vapor, con calentamiento por gas natural de alta eficiencia” con el código 549464239677, la cual recibió concepto favorable para la financiación de su ejecución.

Con la intención de contribuir en el crecimiento y optimización de los procesos de cocción, principalmente de alimentos en medio acuoso, ya sean dulces (jaleas, mermeladas, bocadillos, arequipe, salsas, pulpas de frutas) o salados (sopas, arroces, carne, estofados) de pequeñas y medianas empresas, dicho proyecto culminó con resultados satisfactorios en términos de eficiencia a finales del año 2015, aunque se evidenciaron falencias en la interfaz hombre-máquina, cuyas interrelaciones quedaron pendientes de verificación debido al corto tiempo para la ejecución.

Si bien es cierto que el éxito de un producto técnico depende de más factores aparte del precio, la fiabilidad y el ciclo de vida; también depende de factores como la capacidad de manipulación y la facilidad de uso para el usuario. Lo ideal sería que una interfaz hombre-máquina (HM) se explicara por sí misma de forma intuitiva, sin necesidad de formación (Ponsa & Granollers, 2007b). Por este motivo, se toma como punto de partida para este proyecto los resultados del proyecto “Marmita auto generadora de vapor, con calentamiento por gas natural de alta eficiencia”.

La intención, entonces, del presente proyecto es proponer un tablero de control que permita una fácil manipulación de la máquina, y además, proporcione las señales y elementos necesarios para proveer un correcto modelo mental de manejo y uso al usuario.

1. Reseña del proyecto

1.1 Título

Tablero de control para la marmita Ecook Steam MAV-40

1.2 Justificación y exposición del problema de diseño

Si bien las marmitas han existido desde hace tiempo, la Corporación CDT de Gas las identificó como una oportunidad de innovación, respecto de los modelos producidos localmente y disponibles comercialmente en Colombia, así como su utilidad en un segmento del mercado de la industria alimenticia. Con esto se busca contribuir a cerrar la brecha que hay entre las marmitas de “alta gama” de fabricantes internacionales, que, a pesar de sus múltiples ventajas, no son accesibles para todo el mercado, y los desarrollos locales que, a pesar de sus costos relativamente más bajos, en algunos casos, presentan problemas de eficiencia que se traducen en mayores costos de operación e implican un mayor riesgo para el usuario por sus características formales y estructurales.

Tradicionalmente, para los procesos de cocción se han utilizado marmitas de vapor directo, que utilizan vapor generado en una caldera. Una variante de estas marmitas son las auto generadoras de vapor, que no requieren de una caldera externa. Por sus características, éstas transfieren varias ventajas al proceso, en términos de flexibilidad, menores requerimientos de infraestructura y espacio, y a su vez, mayor disponibilidad del factor humano para otras tareas, pues no es necesaria una supervisión constante del proceso. Este es el caso de la Ecook Steam MAV-40.

Para el desarrollo del proyecto del CDT de Gas, se planteó una propuesta de trabajo multidisciplinar, con la participación de Víctor José Manrique y Jhon Freddy Alfonso, ingenieros de la Corporación CDT de Gas, Leonardo Enrique Rivera, estudiante de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander y el autor, estudiante de Diseño Industrial. Esto con la finalidad de mejorar notablemente la marmita, en términos no sólo de eficiencia, sino también de interfaz usuario-producto; aspecto que en dos ocasiones anteriores se habían descuidado por completo y en consecuencia, provocó que el producto no fuera usable, pues todo lo relacionado con mandos de control y lenguaje de uso fueron ubicados aleatoriamente en la marmita sin tener en cuenta al usuario final.

En esta ocasión, se logró mejoras notables en términos de ergonomía física y coherencia formal al involucrar el diseño industrial en su ejecución. No obstante, el tiempo fue corto para la organización y planeación del panel de control, y hubo que tomar las decisiones de diseño ajustadas a la instrumentación eléctrica y de gas necesaria para el funcionamiento de la marmita.

El proyecto “Marmita auto generadora de vapor, con calentamiento por gas natural de alta eficiencia”, se entregó a COLCIENCIAS sin un especial estudio acerca de la usabilidad de la misma, de los sistemas, subsistemas y accesorios que la componen. En este punto, la importancia de los tableros radica en la capacidad de transmitir información a las personas, ya que en cuestión de máquinas garantiza su buen funcionamiento. No obstante, esto solo fue totalmente evidente para el equipo de trabajo al final del proceso, en el momento de probarlo definitivamente.

El funcionamiento de la marmita relacionada con el usuario está dado por dos tareas principalmente: 1) Iniciar la cocción y 2) supervisar el estado actual de funcionamiento de la marmita durante el proceso de cocción. A su vez, la tarea número uno se descompone en cinco sub tareas, y dos de ellas en tres pasos como se muestra en la Figura 1.

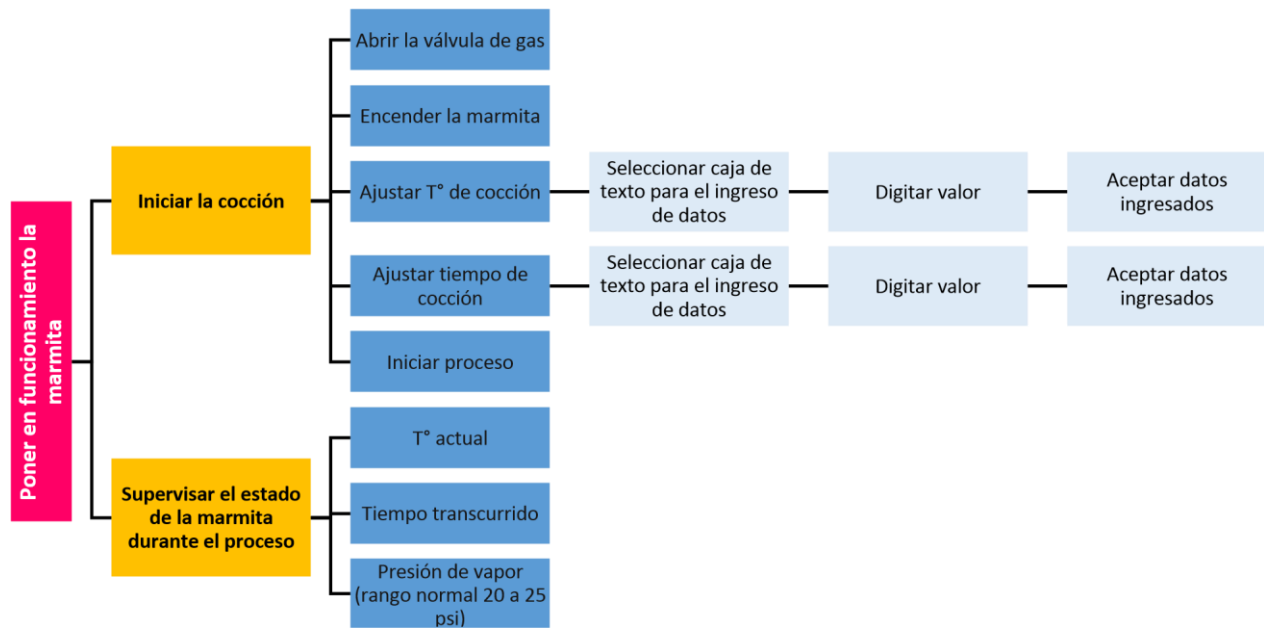


Figura 1. Tareas del usuario relacionadas al funcionamiento de la marmita

Para la identificación del problema, se realizó trabajo de campo basado en la observación, grabaciones, entrevistas informales a usuarios y la aplicación del test de satisfacción (Apéndice A) luego de usar el producto. Así mismo, se planteó la prueba de usuario, que consistió en iniciar la cocción de la Marmita Ecook Steam (Figura 2) y luego diligenciar el test de uso con el fin de analizar cómo percibían los usuarios la interacción con la máquina. Dicha prueba, fue realizada en las instalaciones del Laboratorio de Lácteos de la Universidad Industrial de Santander sede Guatiguará, con una muestra de siete personas con edades entre los 19 y 54 años, que tuvieran conocimientos previos a la interacción con maquinaria industrial en el sector de alimentos.



Figura 2. Secuencia de imágenes de la prueba para la tarea de inicio de cocción.

Durante el análisis de las respuestas de los usuarios tabuladas en la Tabla 1, se evidenció una satisfacción baja en relación con el uso de la marmita; pues en general, la interfaz se percibió confusa e insuficiente para que los usuarios lograran hacer uso de la máquina de manera eficiente. Los aspectos con menor satisfacción fueron: la dificultad para la detección de fallos durante el funcionamiento de la máquina debido a la ausencia de indicadores visuales o auditivos, la falta de información en la interfaz gráfica del PLC (Controlador Lógico Programable) para accionar la máquina, y por último, la disposición y elección de los elementos de control en el tablero

Tabla 1. *Primer Test de Usuarios*

| Enunciado | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | U6 | U7 | Promedio |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| La marmita es fácil de encender/apagar | -2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.4 |
| La pantalla me muestra todo lo que necesito saber para poner a funcionar la marmita | -1 | 1 | -1 | -1 | 2 | 1 | 0 | 0.1 |
| Entiendo claramente lo que me indica la pantalla | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | -0.6 |
| Puedo graduar temperatura y tiempo con facilidad | -1 | 1 | -2 | -1 | -2 | 1 | 0 | -0.6 |
| Puedo identificar cuando algo en el sistema está fallando | -1 | -1 | -1 | -2 | -1 | -2 | -1 | -1.3 |

-2: Totalmente en desacuerdo, -1: Parcialmente en desacuerdo, 0: Ni en acuerdo ni en desacuerdo, 1: Parcialmente de acuerdo, 2: Totalmente de acuerdo

Tabla 2. *Continuación*

| | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Usuario 1 | 1 | 4 | 8 | 15 | 2 | 2 | 7 | 1 | 1 |
| Usuario 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| Usuario 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 4 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 6 | 4* | 1 | 3 |
| Usuario 5 | 1 | 6 | 8 | 5 | 1 | 3 | 2* | 1 | 1 |
| Usuario 6 | 1 | 1 | 6 | 4 | 12 | 11 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 7 | 1 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuarios que intentaron más de una vez | 0 | 2 | 6 | 5 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| Porcentaj e de error (%) | 0 | 29 | 86 | 71 | 29 | 57 | 57 | 14 | 29 |

**Se les pidió que ingresaran 20 minutos y en su lugar ingresaron 20 horas.*

De acuerdo con el análisis de los datos obtenidos, se desarrolló el árbol de problemas de la Ecook Steam (Figura 3). Conforme a esto, se puede evidenciar la carencia del factor cognitivo en la máquina, que permite que los datos atribuidos al diseño sean percibidos por el usuario como información para el uso del producto. Éste se encuentra asociado al conocimiento y es facilitador del proceso de aprendizaje (Mendoza López, 2006) gracias a la experiencia, así como la necesidad de establecer un sistema de relación adecuado de los controles y elementos del tablero

indispensables para poner en marcha la máquina, sin que el usuario se sienta frustrado durante la interacción con ella.

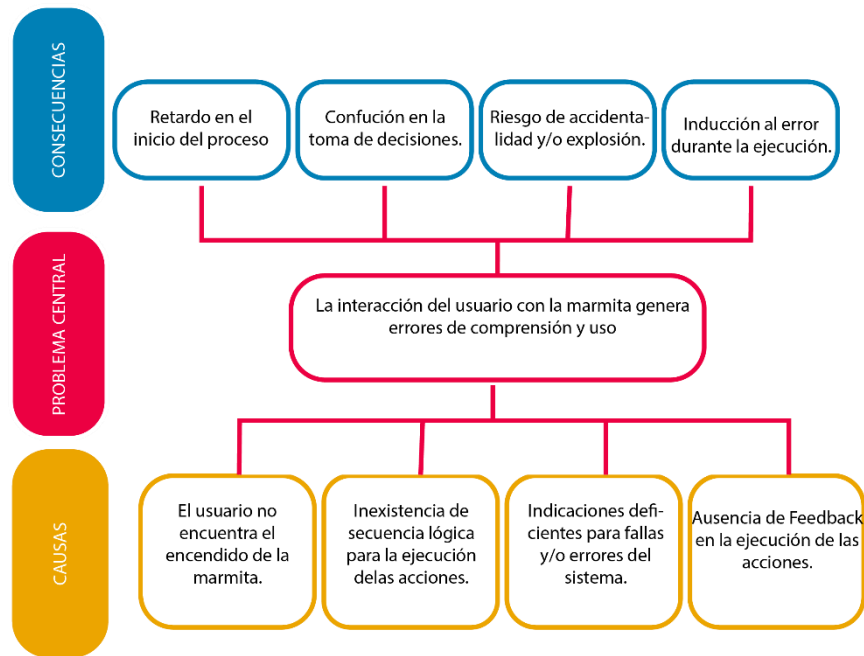


Figura 3. Árbol de problemas para la Ecook Steam

La mejora de las características y condiciones del tablero ayuda a que el diseño del sistema de trabajo sea el apropiado para el usuario, lo que contribuye a su bienestar general y la prevención de errores humanos (INSHT, 1997). Se hace conveniente, entonces, una intervención para corregir y/o mejorar esta parte tan importante de la marmita, y de esta manera, garantizar la efectividad de la operación y a la vez, lograr que el producto sea más atractivo por su simplicidad y facilidad de uso.

De acuerdo con lo anterior, surgió la pregunta de diseño: ¿En qué medida el rediseño del tablero de control y supervisión de la Ecook Steam reduce el porcentaje de error durante la operación y así mismo, el tiempo para concebir un modelo mental de uso correcto?

1.3 Objetivos

Para establecer los objetivos se tuvo en cuenta al árbol de problemas anteriormente expuesto, en busca de una estrategia de mejora para el mismo se generó un árbol de objetivos para dar solución al problema central (Figura 4).

1.3.1 Objetivo General. Rediseñar el tablero de información y control de la marmita auto generadora de vapor ECOOK STEAM modelo MAV-40 de la Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas para mejorar la interacción operario-máquina, y de esta manera, disminuir el porcentaje de error durante su funcionamiento.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar y definir los factores que obstaculizan la interacción operario-tablero de control, basados en el análisis del contexto de uso de la Ecook Steam mediante la aplicación del método de observación.
- Determinar las características cognitivas de los operarios y los instrumentos de control adecuados para estructurar los elementos del sistema de mando.
- Proponer una alternativa que contribuya al mejoramiento de la interfaz usuario-máquina con base en el lenguaje de uso y la aplicación del diseño centrado en el usuario (DCU).
- Comprobar la efectividad de la propuesta por medio de la construcción de un modelo funcional que permita evaluar la nueva interfaz del operario con el sistema y sus elementos.

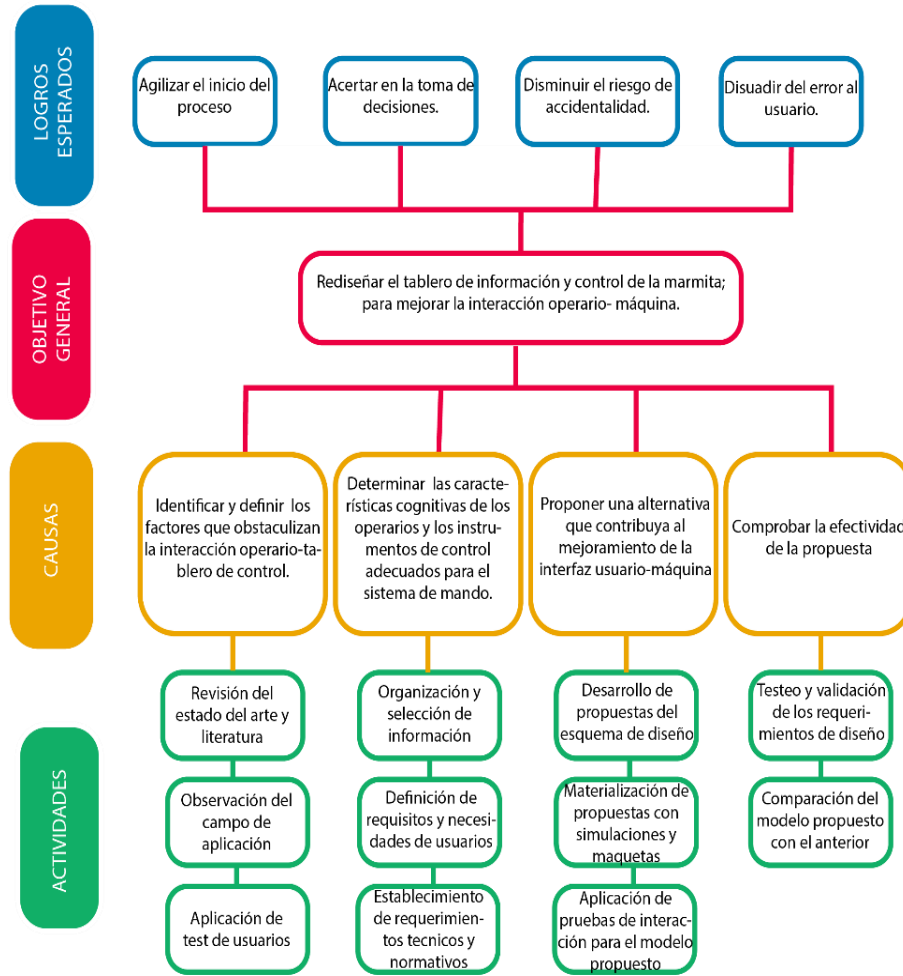


Figura 4. Árbol de Objetivos.

2. La marmita Ecook Steam MAV-40

Una marmita es un recipiente perteneciente a la familia de las ollas, diseñado con doble pared que permite la circulación de vapor, elaborada en acero inoxidable AISI 304 por su resistencia a la corrosión, según los requerimientos de la norma ASTM F1602 Y F1603. Generalmente se utiliza

en procesos industriales para la cocción de grandes cantidades de alimentos mediante el uso de calor de vapor, lo que hace que el proceso de cocción sea más eficiente y rápido.

La Ecook Steam del Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas (Figura 5) es una marmita con generación propia de vapor, por medio de la contención de una cantidad fija de agua calentada por combustión de gas natural. La referencia MAV-40 hace alusión a la clase que pertenece la marmita, que es Auto generadora de Vapor, y el número (40) a la capacidad en litros. Su eficiencia de calentamiento está por encima del 60 %, ajustándose al estado del arte actual de los fabricantes internacionales, que es de aproximadamente 65% (Manrique, 2011) .



Figura 5. Ecook Steam MAV-40

Esta marmita se adecúa a los requerimientos de control y seguridad de las normas ASTM F160212 o ASTM F1603-12, del Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión, y de las normas técnicas aplicables para equipos comerciales a gas especificadas en el siguiente capítulo. En cuanto al funcionamiento, el principio de operación es básicamente el mismo para todas las marmitas, como se observa en la Figura 6. La generación de vapor se da al interior de un conjunto de tubos inmersos en la chaqueta de agua, que toman los gases desde la cámara de combustión y

los evacua hacia la chaqueta de gases, y de allí hacia una chimenea; proceso que logra subir la temperatura del agua. De esta manera, el vapor producido es el necesario para lograr el calentamiento uniforme del agua dentro del recipiente contenedor.



Figura 6. Funcionamiento de la marmita auto generadora de vapor a gas. Adaptada de (V. Manrique, 2015)

3. Aproximación conceptual

3.1 La comunicación hombre-máquina

El término interfaz de usuario, se define en ISO 9241-110 como todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el mismo. Su particularidad radica en que los elementos que lo componen están asociados entre sí, lo que genera que el comportamiento de uno de ellos afecte el de la totalidad. Un sistema se caracteriza por ser holístico, transdisciplinario y dinámico (Lara Rosano, 2006).

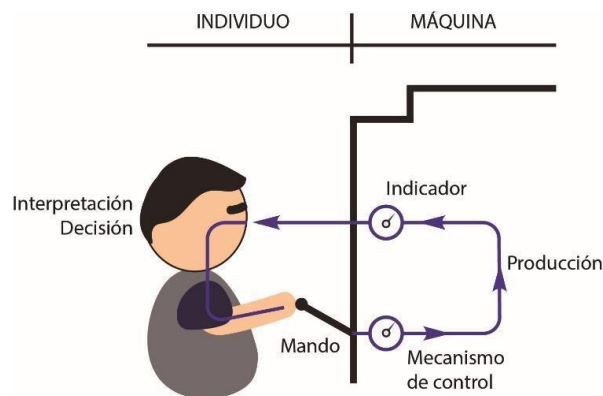


Figura 7. Sistema clásico Hombre-Máquina. Adaptada de García, 2002

El sistema de interfaz de la Ecook Steam involucra elementos de entrada de señales a los sistemas informáticos “inputs”, tales como controles y botones de interacción; y elementos de salida llamados “outputs”, tales como los display visuales táctiles y auditivos. La idea es que la interfaz gestione y regule el diálogo entre el hombre y la máquina, es decir, se pretende prescindir

del usuario experto de los inicios de la computación (Oborne, 1990); pues su utilidad reside en que se adapte los requisitos y capacidades del operario. Con esta finalidad, se plantea la interfaz usuario-máquina como un sistema, cuyo objetivo es lograr la mejor comunicación e interacción entre el hombre y la máquina, siendo capaz de gestionar múltiples estímulos sensoriales, como se puede observar en la Figura 7 de un sistema clásico.

En el contexto de uso de la Ecook Steam, un buen diseño de interfaz considera las capacidades, competencias psicológicas y fisiológicas humanas para facilitar la interacción hombre-máquina, sin ignorar el predominio actual de la comunicación visual, y más específicamente, de la audiovisual. Es necesario observar las limitaciones o umbrales de percepción de los usuarios, además del conocimiento previo o de familiarización con este tipo de equipos, ya que para analizar la información, el primer paso es capturarla, reconocerla y percibirla (García, 2002). Con esto se podrá minimizar la posibilidad de error en la ejecución, agilizar el tiempo de interacción y permitir al usuario realizar otras actividades dentro de su itinerario de trabajo, además de librar la carga y estrés mental al lograr cumplir un objetivo con facilidad.

A pesar de que a simple vista la interacción se da entre la máquina y la persona, no se debe olvidar que el espacio físico como parte del sistema ergonómico (componente del ambiente construido) ya no es "pasivo", es decir, no es un simple marco de referencia donde interactúan, sino un elemento igualmente activo e importante como los otros dos, pues en el ambiente se presentan, principalmente, factores como altas temperaturas, humedad y ruido.

3.2 Los modelos mentales

Los modelos mentales se forman como representaciones a modo de imágenes o ideas internas de acuerdo con las experiencias vividas de cada persona, que se contextualizan como creencias y conocimiento al momento de encontrarse con algo desconocido (Montero & Santamaría, 2009). En relación con las implicaciones que trae a un operario enfrentarse por primera vez con la marmita, estas pueden asociarse a su funcionamiento y modo de uso con otra maquinaria utilizada en procesamiento de alimentos, tales como hornos y freidoras; de no ser así, si la máquina posee otras características no asociadas al perfil del modelo mental de los usuarios, se entorpece la interacción. De esta manera, si la interfaz logra establecer una buena asociación del mundo interno del usuario, se puede alcanzar una mayor eficacia para hacer un uso adecuado de la Ecook Steam.

Montero y Santamaría (2009) afirman que a medida que observamos cierto grado de homogeneidad en la visualización de elementos y las acciones que estos posibilitan, se produce una realimentación de refuerzo que permite, no solo confirmar nuestras creencias, sino llegar a esa generalización que anticipa nuestro pensamiento. Esto principalmente, en tanto que es la máquina quien intenta comunicarse con el operario e informar sobre su estado interno por medio de un tablero de control, lo que supone una relación de proximidad entre los elementos de control e indicadores y la distribución de la información presentada en el display.

3.3 El tablero de control

En palabras de Rolfe & Allnutt (1967), el tablero traduce lo que primero era imperceptible para nosotros a términos perceptibles los tableros transmiten información, que es percibida por los

usuarios a través de los sentidos sensoriales: vista (contadores, displays, leds de luces) y oído (alarmas sonoras) y tacto (botones y switches), en este caso. Como complemento, se encuentra que las etiquetas e instrucciones/advertencias también forman parte del tablero como estímulo de refuerzo en la parte visual (Mendoza, 2013).

Los tableros de control funcionan como cajas contenedoras de dispositivos de conexión, de maniobra, de comandos, de protección, de señalización y de todo aquello que sea necesario para controlar el funcionamiento de la máquina, con sus cubiertas y soportes correspondientes para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico y/o electrónico, en especial. Por este motivo, su fabricación y ensamblaje debe cumplir criterios de diseño y normas que garanticen la seguridad del operario y de los elementos que se encuentran ubicados en él (Ver Figura 8).



Figura 8. Componentes internos del tablero de control

Como se indicó anteriormente, los tableros de control presentan principalmente información del estado del sistema al operario, que le permite dar respuestas en forma de acciones para el control de la máquina. Dado que el acto de la comunicación de la marmita sucede como una transmisión intencionada del estado interno del equipo (Presión y Temperatura) a través de un

canal (pantalla), se requiere que el receptor (usuario) entienda correctamente el mensaje originario del transmisor (marmita). Por consiguiente, se toman los principales criterios para la medición de la efectividad del tablero: velocidad, que se refiere al tiempo que tome el receptor para asimilar la información; la precisión, para evitar errores de ambigüedad al tomar una decisión; y por último, la sensibilidad para detectar, por ejemplo, el menor cambio en una variable que se mide. Dependiendo de la tarea a realizar, estos criterios tomarán mayor o menor importancia al ser evaluados (Oborne, 1990).

La Ecook Steam incorpora un tablero de tipo visual-digital que presenta la información directamente en lecturas cuantitativas y cualitativas, es decir, en números y gráficos. Cuando se decide el tipo de tablero que deberá usarse y las características que tendrá, es necesario analizar antes, en detalle, qué tipo de información necesita el operario para desarrollar sus tareas de manera eficaz, y de esta forma, maximizar la efectividad del sistema al lograr que el operario se ajuste a las capacidades del tablero, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Ventajas respectivas de los tableros analógicos y digitales.

| <i>Función</i> | <i>Tablero analógico</i> | <i>Tablero digital</i> |
|------------------------|--|---|
| Lecturas cuantitativas | El mejor si no se requieren lecturas precisas, o si la tarea contiene componentes predictivos o de verificación. | El mejor para lecturas precisas de valores lentamente cambiantes; incompletos si la tarea incluye valor predictivo o componentes de verificación. |
| Lecturas cualitativas | El mejor para advertencias, verificación y predicción; útiles si tienen áreas visuales codificadas. | Incompleto |

Tabla 3. *Continuación*

| <i>Función</i> | <i>Tablero analógico</i> | <i>Tablero digital</i> |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|
| Presentación y seguimiento | El mejor | Incompleto |

Fuente: (Oborne, 1990)

3.3.1 Relaciones dimensionales que intervienen en el diseño. La Asociación Internacional de Ergonomía define la ergonomía de una manera integral de la siguiente manera:

En los factores humanos, *Ergonomía* es la disciplina científica relacionada con el conocimiento de la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para el diseño con el fin de optimizar el bienestar humano y la ejecución del sistema global (IEA, 2008: Internacional Ergonomics Association).

La ergonomía implica un estudio acerca del impacto del producto en los factores humanos, pues es de considerarse que los equipos son diseñados para personas, y no al contrario. Aunque es común encontrarse con situaciones en las que el usuario debe adaptarse a la función del producto, normalmente, la gente más allá de querer saber cómo funcionan las cosas, lo que quiere es saber y entender cómo funciona el producto (Norman, 1990).

Para garantizar una buena interacción, se precisa la aplicación de medidas antropométricas determinadas por el estado postural al accionar el producto. Durante el accionamiento de la marmita, se observó que el usuario adquiere una postura bípeda erguida, con flexión de la cabeza y brazo, mientras que la orientación de la mano es puesta en pronación mientras el dedo índice hace compresión generalmente sobre la pantalla (Figura 9).



Figura 9. Análisis postural del usuario durante la interacción.

A partir del análisis postural, se encuentra que la cabeza tiende a inclinarse en movimiento de flexión aproximadamente 40° para visualizar la pantalla, que se encuentra estática en la superficie del tablero de control. De acuerdo con Fidalgo & Nogareda (2001) para los puestos con pantallas de visualización, se recomienda permitir una rotación de la misma en sentido horizontal libre de 90° e inclinación vertical de 15° para evitar las posturas forzadas del operario. Además, un criterio importante de diseño para este tipo de actividad, es evitar los movimientos extremos del cuello, debido a que el horizonte óptico recomendado para los displays de seguridad se ubica entre los 30° hacia abajo y 15° hacia arriba, que es el rango de extremos máximos para la comodidad del ojo (Maradei & Espinel, 2009).

A continuación, en la Figura 10, se presentan detalladamente las medidas tomadas en cuenta para el diseño, de acuerdo con el percentil 5 (P5) y 95 (P95) seleccionados en función del principio antropométrico para el diseño de los extremos de población de hombres y mujeres a nivel nacional (Ávila, Prado, & Gonzáles, 2007)

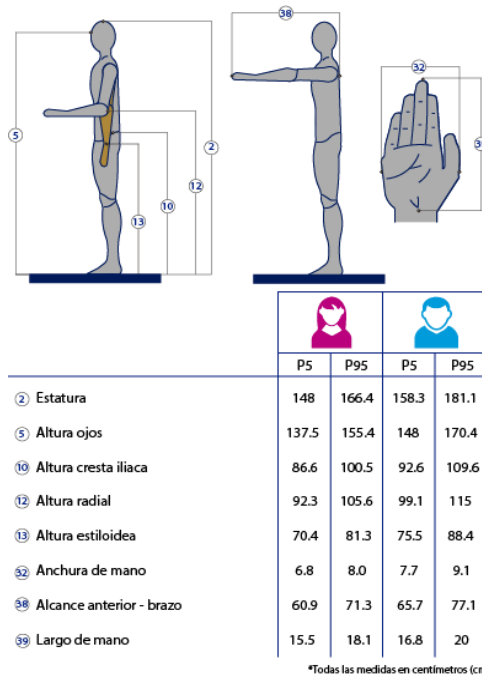


Figura 10. Medidas Antropométricas para el ámbito laboral de personas entre los 20 y 39 años en Colombia. Adaptada de Ávila et al., 2007

Si bien la posición de los controles y la distribución auguran un mejor entendimiento de la máquina, también es necesario considerar los aspectos visuales relacionados con el proceso cognitivo de las personas, los cuales se detallan a continuación:

3.3.2 Relaciones cognitivas y visuales que intervienen en el diseño.

Jerarquía visual. Establecer recorridos para el ojo humano en la interacción con pantallas, que permite al usuario diferenciar fácilmente los elementos, según su organización, conduciéndolo así, por el camino lógico y acertado durante el proceso.

Dicha estructura debía permitirle al usuario la creación de un modelo mental (Saavedra, 2013) para la lectura de la información, presentada en el tablero de control de la marmita, y del mismo

modo, hacer más sencillo el procesamiento de ésta, de tal manera que se les dio mayor peso a los íconos de control como temperatura y tiempo por medio de la ubicación y tamaño en la pantalla. Para lograr esto, se tuvo en cuenta el modelo de lectura para usuarios occidentales (Figura 11), ya que la marmita está desarrollada primordialmente para un mercado nacional.

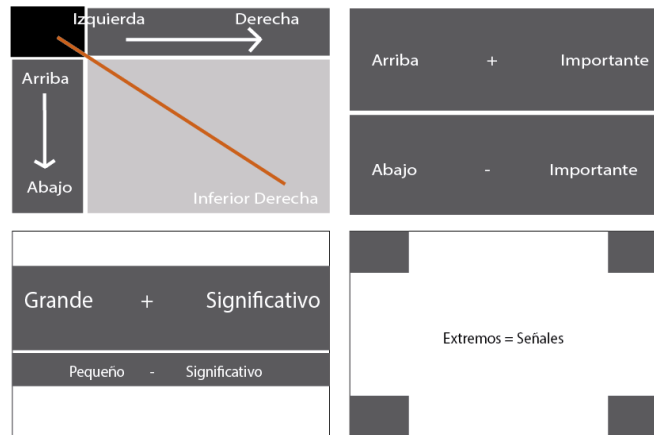


Figura 11. Modelo mental de lectura de un usuario occidental. Adaptada de Saavedra (2013)

Uso del color. El color mejora y ayuda a la presentación y comprensión de información presentada en la pantalla (WikiSysop, 2009). Es muy importante definir un uso adecuado de éste en la interfaz, evitando que se generen contradicciones entre lo conocido por el usuario y lo planteado por el diseñador: por ejemplo, usar el rojo como color principal de la interfaz sería poco acertado, cuando es de conocimiento general que este se reconoce como señal de alerta o de paro. También es importante hacer una selección de colores donde se cree contraste entre el fondo, letra y figura para facilitar la legibilidad en la pantalla y evitar molestias y esfuerzos visuales al usuario. Para el diseño de la interfaz pantalla de la marmita, se tomaron los siguientes criterios para la aplicación del color en las pantallas, establecidos por Ponsa & Granollers (2007a):

- El número de colores debe limitarse a 4 o 5 en una misma pantalla, y máximo 7 en la totalidad de la interfaz.
- Utilizar un código de colores para apoyar la tarea del usuario y ser consistente en todas las pantallas.
- El uso de fondos acromáticos maximiza la visibilidad de las representaciones en color (Alberto & Merinero, 1996).

Polaridad de la pantalla. Existen dos tipos de polaridad, una positiva (letra oscura sobre fondo blanco) y otra negativa (letra clara sobre fondo oscuro). La clasificación, para el caso de este proyecto, se realizó teniendo en cuenta el entorno en el que se opera la máquina y la alta reflectancia del material principal (acero), que podría llegar incidir sobre la pantalla. A continuación, se muestran las características de cada una (Ver tabla 4) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1997).

Tabla 4. *Características de la polaridad de pantalla.*

| <i>Polaridad Positiva</i> | <i>Polaridad Negativa</i> |
|--|---|
| Los reflejos son menos perceptibles. | El parpadeo es menos perceptible. |
| Los bordes de los caracteres aparecen más nítidos. | La legibilidad es mejor para las personas con agudeza visual. |
| Se obtienen más fácilmente el equilibrio de luminancias. | Los caracteres se perciben mayores de lo que son. |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

De acuerdo con lo anterior, se percibe que es necesario el uso de una polaridad positiva en el diseño de las pantallas, teniendo en cuenta que las condiciones de luz durante el uso de la marmita varían en todos los lugares, y por lo tanto, se diseña para condiciones extremas considerando fuentes de luz directas sobre ésta.

Caracteres. La norma técnica ISO 9241-110 recomienda el uso de un tamaño mínimo para garantizar la legibilidad de los caracteres en pantalla, cuya matriz de representación debe constituirse por un tamaño de 5 x 7 píxeles (Figura 12). Sin embargo, cuando se requiera de una lectura frecuente e importante, debe utilizarse una matriz de 7 x 9 píxeles, que en términos más conocidos, equivale a un tamaño de letra de 12 puntos (pt).

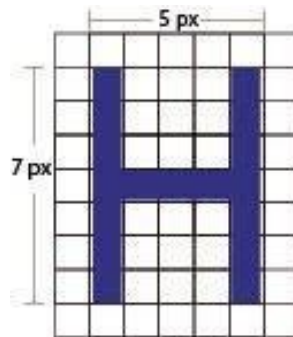


Figura 12. Matriz de representación de caracteres.

Zonas de activación en pantallas táctiles. En los botones de este tipo de pantallas ha de considerarse el área de contacto al presionarlos. Es por ello, que se deben respetar dimensiones en la separación de los mismos para evitar que se activen otros botones que estén próximos. Por lo tanto, se define que el tamaño mínimo de los botones será de 6 mm con una separación de 2 mm, como se muestra en la Figura 13.

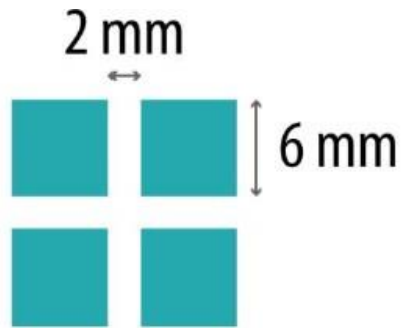


Figura 13. Dimensiones para zonas de activación en pantallas táctiles. Adaptada de Rediseño y construcción de la interfaz gráfica de usuario y modelo estructural del cabezal de aplicación para el equipo de cavitación de la empresa Vacusonic Biotech Ltda. Modalidad






3.4 El diseño de interfaces

En este apartado se reúnen diferentes áreas de estudio donde se incluye la ergonomía cognitiva, la usabilidad y la normatividad de seguridad correspondientes y adecuadas para el diseño del tablero y panel, en el que el operario pueda ejecutar la fase de intervención de una manera correcta y segura.

En la fase de diseño se definieron las especificaciones tales como la posición de la pantalla, su interfaz gráfica y el uso de pulsadores y botones; estos elementos debían cumplir con varios detalles de seguridad en máquinas, como el grado de protección IP 54 o IP 65³ para pantallas de uso industrial. Además de considerar los aspectos de la nota técnica preventiva NTP n. 53 relacionada con el uso de color de los diferentes indicadores visuales y controles (Tabla 5).

³ Los niveles de protección están indicados por un código compuesto de dos letras constantes “IP” y dos números que indican el grado de protección. El primero contra el ingreso de partículas sólidas y el segundo contra líquidos.

Tabla 5. Asociación de funcionalidades del color en el ámbito del control de procesos.

| <i>Color</i> | <i>Función</i> | <i>Ejemplo de utilización</i> |
|--|--|---|
| Rojo  | Parada. Parada de emergencia. | Parada de uno o varios motores. Parada de elementos de la máquina. Parada del ciclo. Parada general. |
| Amarillo  | Puesta en marcha de un movimiento de retorno que no está en la secuencia habitual. Puesta de una operación en marcha destinada a suprimir condiciones peligrosas. | Retorno de los elementos de la máquina a la posición del ciclo de inicio, si el ciclo no está terminado. |
| Verde  | Puesta en marcha (Preparación) | Puesta en tensión de los circuitos de mando. Arranque de uno o varios motores para las funciones auxiliares. Puesta en marcha de elementos de la máquina. |
| Verde o negro  | Puesta en marcha (En ejecución) | Inicio de un ciclo o una secuencia general. Marcha golpe a golpe. |
| Blanco o azul claro  | Toda función para la cual no ha sido previsto ninguno de los colores anteriores. | Mando de funciones no unidos directamente al ciclo de trabajo. |

Adaptada de NTP 53

Por otra parte, se tuvo en cuenta las indicaciones en la guía GEMMA⁴ desarrollada por la ADEPA (Agence nationale pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie, Agencia nacional francesa para el desarrollo de la ingeniería aplicada a la industria), que agrega características específicas en la fase de intervención del panel, en cuanto a la colocación de mandos e indicadores determinados en el estudio de marcha y parada (Ver capítulo 5) de la siguiente manera:

A nivel horizontal se ubican los dispositivos de información visual (DIV) en la parte superior del tablero, y en la parte inferior los dispositivos controladores; siempre manteniendo la coherencia (Figura14).

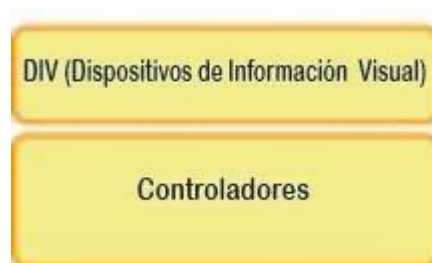


Figura 14. Distribución horizontal del tablero según la guía GEMMA. Adaptada de Diseño y Automatización Industrial

A nivel vertical se agrupan en 3 bloques. La idea básica es que la agrupación de los DIV y controladores que comparten la misma funcionalidad en un mismo bloque, facilitarán el reconocimiento de la situación por parte del usuario (Figura 15).

⁴ GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts, Guía de estudio de los modos de marchas y paradas): Trata de una representación organizada de los estados de Marcha y Parada en que se puede encontrar un proceso de producción, y orienta sobre los saltos que puedan darse entre una fase y otra.



Figura 15. Panel industrial para la intervención del operario mediante el uso de la guía GEMMA.

Adaptada de Diseño y Automatización Industrial

3.5 Normatividad relacionada

Como se mencionó anteriormente, es necesario el conocimiento y aplicación de toda la normatividad relacionada con este tipo de equipos, principalmente a nivel nacional, ya que el producto responde a necesidades específicas encontradas en la región santandereana. Se destacan las siguientes normas:

ISO 9421-110 Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs): Se enfoca en las especificaciones para el trabajo con pantallas de visualización en términos de usabilidad.

ASTM F1602-07 Standard Specification for Kettles, Steam-Jacketed, 20 to 200 gal (75.7 to 757 L), Floor or Wall Mounted, Direct Steam, Gas and Electric Heated: Cubre especificaciones

de diseño, materiales y requisitos de rendimiento asociados a marmitas auto generadoras de vapor y la clasificación de estas según su capacidad, tipo, clase y estilo.

NTC 2832-1 Gasodomésticos para la Cocción de Alimentos. Parte 1. Requisitos de seguridad:

Esta norma especifica las características de construcción y funcionamiento, así como el rotulado y requisitos de seguridad para artefactos de uso doméstico para cocción que operan con gas.

NTC 3649 Calderas. Controles y Dispositivos de Seguridad para las Calderas de Control de Combustión Automático: Los requisitos generales de esta norma cubren el montaje,

mantenimiento y operación de todos los controles y dispositivos instalados en las calderas.

NTC 3765 Requisitos Generales de Seguridad para Artefactos a Gas de Uso Doméstico o Comercial y su Instalación: Establece requisitos generales de seguridad para garantizar el correcto funcionamiento y uso, con el fin de evitar riesgos al usuario.

Resolución 1023. Reglamento Técnico para Gasodomésticos en Colombia: Establece un reglamento técnico sobre el uso de gasodomésticos en Colombia, con el fin de prevenir cualquier riesgo relacionado con el usuario y medio ambiente.

NTP 53 Equipo Eléctrico de Máquinas-Herramientas. Órganos de Servicio. Colores: pretende dar difusión de los colores de los órganos de servicio (botones, pulsadores, selectores, etc.) del equipo eléctrico de las máquinas-herramientas, así como las condiciones de montaje y modos de utilización, con el fin de evitar toda posible confusión en la interpretación y elección de los mismos.

4. Compilación de productos y sistemas existentes

Actualmente son varias las compañías nacionales e internacionales que ofrecen este tipo de artefactos, pero a pesar de los precios relativamente bajos del mercado nacional, las mejores opciones en cuanto a calidad son ofrecidas por fabricantes internacionales.

Los principales fabricantes se encuentran en Europa y Estados Unidos. El más destacado es UNIFIEDBRANDS y CLEVELAND RANGE, que en su larga trayectoria ha logrado consolidarse como líder, gracias a la calidad y variedad de sus diseños que cubren las diferentes necesidades del mercado.

La industria nacional es más reducida en cuanto a fabricación de este tipo de artefactos, pues la mayoría se encarga solamente de importar para luego distribuir. No obstante, se destacan como fabricantes PALLOMARO y MGC.

Electrolux SM6B300 Smart-Line 300L Electric Boiling Pan. Es una marmita eléctrica de volteo, cuenta con un panel aislado del cuerpo dotado de una pantalla con protección IP 65, además, las partes externas están muy bien aisladas del calor generado internamente. Fabricante: Electrolux.



Figura 16. Electrolux SM6B300 Smart-Line 300L Electric Boiling Pan. Adaptada de Electrolux SM6B300 Smart-Line 300L Electric Boiling Pan. Disponible en: <http://www.stoddart.com.au/232222.html>

Small Kettle Classic High. Pertenece a la línea actual de marmitas eléctricas y posee controles avanzados en cuanto a ajustes preestablecidos de temperatura y temporizadores; además de estar protegidos contra el agua. La interfaz es simple, debido a la eliminación de menús y controles innecesarios. Fabricante: Groen Unified Brands.



Figura 17. Small Kettle Classic High. Adaptada de unifiedbrands Disponible en: <http://www.unifiedbrands.net/products/groen/steam-jacketed-kettles-with-newelectronic-controls/>

Vulcan Blodgett Nat Gas 40 Gallon Self Contained Tilting Steam Kettle VGLT40. Los modelos eléctricos del contador tienen elementos de calefacción desprendibles del campo. El tablero de control tiene diseño resistente al agua con mecanismo de bloqueo de limpieza, y la manija de la inclinación montada en la derecha o la izquierda para el verter controlado.

Fabricante: Vulcan.



Figura 18. Marmita Auto generadora de vapor basculante VGLT40. Adaptada de Vulcan equipment. Disponible en: <http://www.vulcanequipment.com/News-andEvents/Press-Releases/Vulcan-Redesigns-Steam-Jacketed-Kettle-Line-to-Better-Meet-Customer-Needs/>

5. Análisis de uso actual e identificación de necesidades

Durante la etapa de identificación del problema de diseño, se realizó un análisis para reconocer el comportamiento del operario al momento de interactuar con la máquina, a fin de establecer las necesidades del usuario y por consiguiente, los requerimientos de diseño. En esta fase se utilizaron diferentes métodos de apoyo para el diseño como el informe de la Asociación Profesional de Especialistas en Información (APEI) de usabilidad, test de usuarios y evaluación heurística, que fueron ajustados a la primera prueba de usuario.

La prueba de usuario se realizó en el entorno real de la marmita, tal y como se expuso en el capítulo 2. Las tareas realizadas por el usuario fueron predeterminadas por el equipo de diseño,

desde el modelo anterior de la marmita, y por lo tanto, se pidió a los usuarios la realización de las mismas actividades. En este punto, se pudo realizar un análisis detallado de la postura y patrones de movimiento mediante la observación, además con la aplicación del test de uso y satisfacción fue posible medir la eficiencia y eficacia de la interfaz, utilizando el modelo de respuestas con la escala de actitudes de Likert (INSHT, 1982). De esta forma, se logró determinar las características que presentaban fallas en la interacción y los atributos más agradables para el usuario mediante la aplicación del modelo de Kano.

5.1 Clasificación de usuarios

Para la elección de usuarios se tomó en cuenta el entorno de uso de la marmita, durante la primera entrevista y conversaciones no formales con personal de cocina institucional, específicamente, del área de comedores y cafetería de la Universidad Industrial de Santander (Apéndice B) y la revisión del trabajo de grado *Diseño y construcción de una marmita auto generadora de vapor, a gas natural, como alternativa para la reconversión tecnológica de la industria del bocadillo en Vélez, Santander* de Manrique (2011). De esta manera, fueron obtenidas las siguientes conclusiones:

- En general, las personas que manipulan este tipo de equipos no tienen ningún estudio sobre el tema, pero si una previa capacitación por parte de la entidad que los contrata.

- El rango de edad de los operarios/usuarios es de 19 a 54 años.

- Dentro de la clasificación, puede dividirse el grupo en dos tipos de usuario, según Hackos y Redish (1998):

1. Inexpertos: personas con conocimiento mínimo, que no han tenido ningún acercamiento a la máquina, pero podrían en algún momento hacer uso de ella.

2. Ocasionales: personas competentes para la operación de la máquina, que han tenido interacción constante con ella, pero no conocen la totalidad del sistema, como es el caso del personal de cocina.

En esta oportunidad, no se consideró a los usuarios expertos, debido a que no están interactuando constantemente con las tareas descritas para el análisis, y sólo se encargan del área técnica y de mantenimiento de la marmita.

5.2 Planeación de entrevistas

5.2.1 Test de uso. El objetivo principal fue conocer la forma en la que el usuario percibía el producto, en cuanto a facilidad de uso. En seguida, durante la observación, se dio lugar a definir las fallas e incidencias de error con la interfaz gráfica y física del tablero de control para lograr cumplir una tarea de manera eficiente y eficaz. A través de la observación fue posible la medición de tiempos y cantidad de errores cometidos para cumplir una tarea.

Muestra: Hombres y mujeres entre los 19 y 50 años con conocimientos en procesos de cocción industrial, usuarios ocasionales e inexpertos. Cantidad 7

Procedimiento: Primero se realizó una introducción sobre el funcionamiento de la marmita y el objetivo de la prueba. En seguida, se le indicó a cada participante una medida de tiempo y temperatura para ajustar, y luego de terminar la prueba, se le entregó a cada usuario el test.

5.2.2 Cuestionario de satisfacción. Para evaluar los atributos de la marmita, se tomó en cuenta el Modelo Kano con el objetivo de indagar el grado de satisfacción de los usuarios con la inclusión o no de ciertas características.

Muestra: Hombres y mujeres entre los 19 y 50 años con conocimientos en procesos de cocción industrial, usuarios ocasionales e inexpertos. Cantidad 10

Procedimiento: Después de realizar la prueba de uso y mostrar el funcionamiento de la marmita a otros usuarios que no participaron en la prueba, se le entregó a cada uno un formato de cuestionario de satisfacción (Apéndice C) para que calificaran la importancia de los atributos de la marmita, definidos como: (1) Tablero Digital, (2) Alarma Sonora, (3) Alarma Visual y (5) Temporizador.

5.3 Resultados

Para conocer la satisfacción de los usuarios de acuerdo al uso y preferencias en los atributos de la marmita, se tuvo en cuenta los test aplicados y el contenido de la normatividad relacionada, y a partir de estos, se definieron los requerimientos del producto.

El test de uso relacionó el tiempo gastado en las tareas y el porcentaje de error en cada una de ellas, como se explicó anteriormente en el Capítulo 1. A partir de la observación se determinaron las tareas que más tiempo ocupaban al usuario (Apéndice D) como se observa en el Gráfico 1.

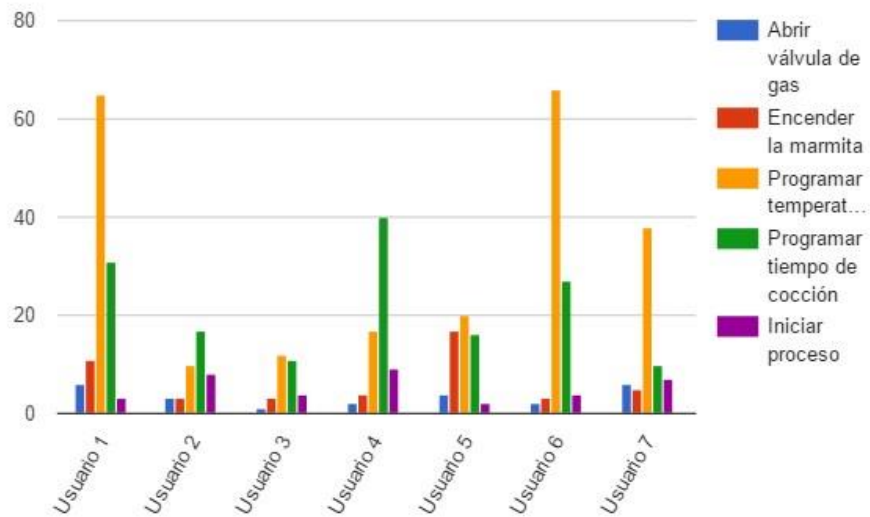


Figura 19. Tiempo empleado por cada usuario para completar la tarea de poner en funcionamiento la marmita

El porcentaje de error se definió de acuerdo con la cantidad de intentos realizados por el usuario hasta lograr el objetivo de cada sub tarea, con respecto al total de usuarios; y se obtuvo al aplicar la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de error} = \left(\frac{\text{cantidad de usuarios que intentaron más de una vez}}{\text{Total de usuarios}} \right) * 100$$

Tabla 6. Tasa de error en cada paso (Cantidad de intentos hasta lograr el objetivo)

| | <i>Abrir válvula de gas</i> | <i>Encender la marmita</i> | <i>Programar temperatura de Cocción</i> | <i>Programar tiempo de cocción</i> | <i>Iniciar proceso</i> | | | | |
|--|--|--------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Selecciona la caja de valor datos la caja de valor datos texto para ingresados entrada de datos datos | | | | | | | | |
| Usuario 1 | 1 | 4 | 8 | 15 | 2 | 2 | 7 | 1 | 1 |
| Usuario 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| Usuario 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 4 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 6 | 4 | 1 | 3 |
| Usuario 5 | 1 | 6 | 8 | 5 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Usuario 6 | 1 | 1 | 6 | 4 | 12 | 11 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 7 | 1 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total de intentos por paso | 7 | 15 | 33 | 35 | 19 | 25 | 19 | 8 | 12 |
| Cantidad de usuarios que intentaron más de una vez | 0 | 2 | 6 | 5 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| Porcentaje de error (%) | 0 | 29 | 86 | 71 | 29 | 57 | 57 | 14 | 29 |

De estos resultados, se pudo inferir que las tareas que presentaban más atención para el usuario fueron el ajuste de tiempo y de temperatura, ya que requieren de tres pasos para ejecutar una única acción. El principal problema se evidenció en el reducido tamaño del área de contacto de los mandos, que, al estar muy próximos entre sí, ocasionaron error al accionarse; además, porque no hubo una clara visualización de los mandos para deshacer y aceptar los datos ingresados. Del mismo modo, se constató que el mando de encendido y apagado no ejerce una representación reconocible para el usuario; y sumado a esto, no hay una señal que dé indicios del momento en que la marmita acepta los ajustes del usuario e inicia el proceso.

Por otro lado, los atributos evaluados con el modelo de Kano resultaron ser, en su mayoría, atractivos para los usuarios (Apéndice E). En la Tabla 7 se tabulan los resultados obtenidos en el test.

Tabla 7. Resultado de atributos como requerimientos aplicando el Modelo Kano

| <i>Número y contenido abreviado de la pregunta</i> | <i>A</i> | <i>O</i> | <i>U</i> | <i>INV</i> | <i>I</i> | <i>Total</i> | <i>C</i> |
|--|----------|----------|----------|------------|----------|--------------|----------|
| 1. La marmita tiene un tablero de control digital | 4 | 2 | 0 | 1 | 3 | 10 | A |
| 2. La marmita tiene alarma sonora | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 | 10 | I |
| 3. La marmita tiene una alarma visual | 4 | 3 | 0 | 1 | 2 | 10 | A |
| 4. La marmita tiene un temporizador para las preparaciones | 2 | 1 | 3 | 0 | 4 | 10 | I |

De acuerdo con esto, se tiene que la inclusión de una alarma sonora es indiferente (I) para el usuario ya que no influye en que él se sienta seguro con la máquina, pues su satisfacción está relacionada directamente con el funcionamiento. Mientras que el tablero digital, así como el uso de una alarma visual resulta atractivo (A) a pesar de que no disminuye para ellos la satisfacción,

si se incluyera, la aumentaría gratamente. Por último, la inclusión del temporizador les es indiferente (I), de forma tal que su ausencia o presencia no afecta la satisfacción de los usuarios.

6. Procedimiento para el cumplimiento de objetivos en el proceso de diseño

Para la realización del proyecto se desarrolló una metodología enfocada principalmente en el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), con el objetivo de lograr la usabilidad del producto, a partir de adaptar sus características al modelo mental de los usuarios. Por ello, todos los pasos tienen como guía las necesidades, los objetivos y los conocimientos del usuario involucrándolo así, durante todo el proceso (Figura 19).

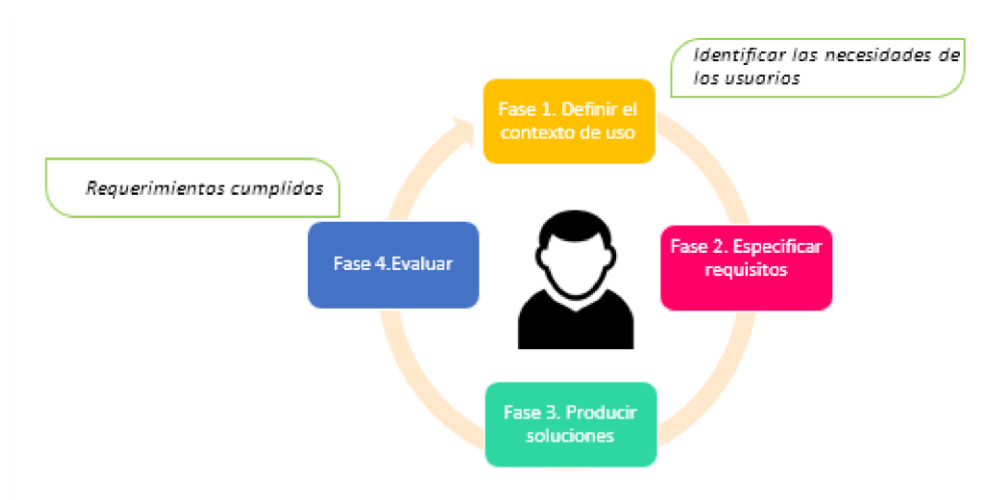


Figura 20. Proceso de la metodología del DCU.

6.1 Fase 1. Definir el contexto de uso

En los capítulos anteriores, se ha definido la fase 1 en lo referente al contexto de uso y estado actual de la máquina. En esta fase se realizaron las pruebas y entrevistas a usuarios que permitieron conocer el comportamiento del usuario frente a la máquina y además conocer lo referente al estado del arte de la marmita.

El comienzo de la etapa de creación de alternativas va de la mano con los parámetros que se pueden, se deben y se recomiendan incluir para lograr un buen diseño. Para esto, se define la siguiente etapa de acuerdo a las necesidades del usuario, las características deseadas y la normatividad relacionada con el diseño y construcción de marmitas o equipos de este tipo.

6.2 Fase 2. Especificar requisitos

A continuación, se especificarán los requerimientos para el nuevo diseño:

6.2.1 Requerimientos de Uso

Generales

- Se deben incluir todas las etiquetas con el rotulado e instrucciones correspondientes.
- Los dispositivos de accionamiento deben ser visibles e identificables, y serán marcados.
- Se deben incluir dispositivos de parada de emergencia.

Interfaz gráfica

- Se debe reducir la carga cognitiva al usuario.
- Se deben mostrar los textos claros y de fácil comprensión.
- Se debe estructurar las tareas de forma sencilla en un orden fijo.
- Se debe tener en cuenta la separación entre mandos.
- Debe determinarse una jerarquía en los elementos de la interfaz, de manera que las opciones

sean relevantes para el usuario.

- Debe tener control de tiempo y temperatura.

6.2.2 Requerimientos Funcionales

Generales

- La carcasa debe brindar protección al sistema.
- Debe permitir la ventilación con la finalidad de evitar calentamiento dentro del panel.
- La carcasa evitará la entrada inadecuada de líquidos a los circuitos eléctricos y de gas.
- El sistema será alimentado por electricidad.
- Debe incluirse una señal de alarma sonora, que informe al usuario cuando el sistema esté

fallando.

Interfaz gráfica

- Debe indicarse la temperatura, tiempo de cocción y presión.
- Es necesario generar señales retroalimentarias (*feedbacks*) para las funciones principales.

6.2.3 Requerimientos Estructurales

Generales

- Debe establecerse un espacio para ubicar todos los componentes eléctricos y de gas.
- Los componentes serán unidos principalmente por cables y se ajustarán en lámina del panel.
- Los materiales y componentes deben ser resistentes a altas temperaturas.
- El material del panel no debe ser conductivo eléctricamente.
- Las superficies deben de ser lisas incluyendo la de la pantalla de visualización.
- Los componentes deben ser resistentes al agua y al choque.
- La pantalla de visualización debe ser resistente al agua.
- El material principal de la carcasa será el acero inoxidable (Acero inoxidable AISI 304).

Interfaz gráfica

- La pantalla debe visualizarse con nitidez, suficiente contraste e iluminación y/o evitar reflejos.
- La estructuración de la información debe permitir al usuario la creación de un modelo mental.

6.2.4 Requerimientos Técnico-Productivos

Generales

- El panel debe permitir fácil acceso para el mantenimiento de los componentes.
- Debe tener una única entrada general de alimentación al sistema.

- La estructura debe ser compacta y sellada completamente, de modo que el área de los componentes electrónicos sólo sea accesible para el servicio técnico.

6.2.5 Requerimientos de Mercado

- Se debe usar la identidad de la marca en la configuración de la pantalla.

6.2.6 Requerimientos Expresivo-Formales

- La configuración formal debe ser acorde al resto del cuerpo de la marmita y debe haber una unidad con todos los componentes.

- Debe mantenerse coherencia con el contexto de la industria alimentaria.

- Las superficies deben visualizarse limpias e higiénicas.

6.2.7 Requerimientos Legales

- Se aplicará la normatividad relacionada para la construcción en general de gasodomésticos, calderas y artefactos a gas.

Después de haber definido los requerimientos de diseño, es posible iniciar la construcción de alternativas con los parámetros adecuados y con una idea más aproximada de la composición del nuevo diseño.

6.3 Fase 3. Producir soluciones de diseño

En esta fase, se plantean alternativas para la topografía del producto y todo lo relacionado con la interfaz y controles de la marmita. Las actividades realizadas fueron:

- Desarrollo de varias propuestas del esquema de diseño, de tal forma que se puedan fusionar entre sí y reducir la cantidad de alternativas en otras más completas.
- Realización de soluciones de diseño más concretas, mediante simulaciones y maquetas.
- Demostración de las soluciones de diseño a los usuarios y permitir que realicen tareas/simulaciones del sistema.

Siendo que el panel de control se integra en interfaz como una composición entre la parte formal y la parte gráfica-visual, y con la finalidad de facilitar el proceso de selección se dividieron las propuestas en dos partes, una para la configuración formal y otra para la interfaz gráfica

Análogamente se realizaron 3 alternativas para cada parte, las cuales se describen a continuación:

6.3.1 Configuración Formal. Durante el proceso de reconocimiento de la máquina y observación de interacción del usuario, se detectó la posibilidad de mejorar la ubicación de la pantalla y de esta manera, permitir mayor autonomía al usuario para accionarla en la posición que él prefiera y le brinde mayor comodidad. De acuerdo con esto, se hace conveniente una intervención en el panel de control que funciona como contenedor, para lograr que todas las partes se relacionen de tal forma que se perciban como un único sistema.

La configuración formal del tablero de control contempla los elementos de control como conjunto, que están directamente a cargo del usuario para la supervisión y control de la máquina, y el tablero como caja contenedora de todos los componentes del sistema. Por este motivo, se dividió a su vez en dos partes:

Por un lado, se tuvo en cuenta específicamente el modelo mental de los usuarios directos e indirectos para la ubicación del encendido e indicadores del sistema. A partir de la hipótesis en la que la ubicación de los elementos define el orden y la forma de uso de un equipo según el modelo mental de quien lo use, se plantea una prueba dinámica a seis usuarios, a los cuales se les proporcionó un prototipo de todas las partes de la interfaz física del tablero (soporte con pantalla, botón on/off y LEDS rojo y verde) para que según la experiencia de cada uno, ubicaran libremente los LEDS y botón en la superficie de soporte de la pantalla como se muestra en la Figura 20.

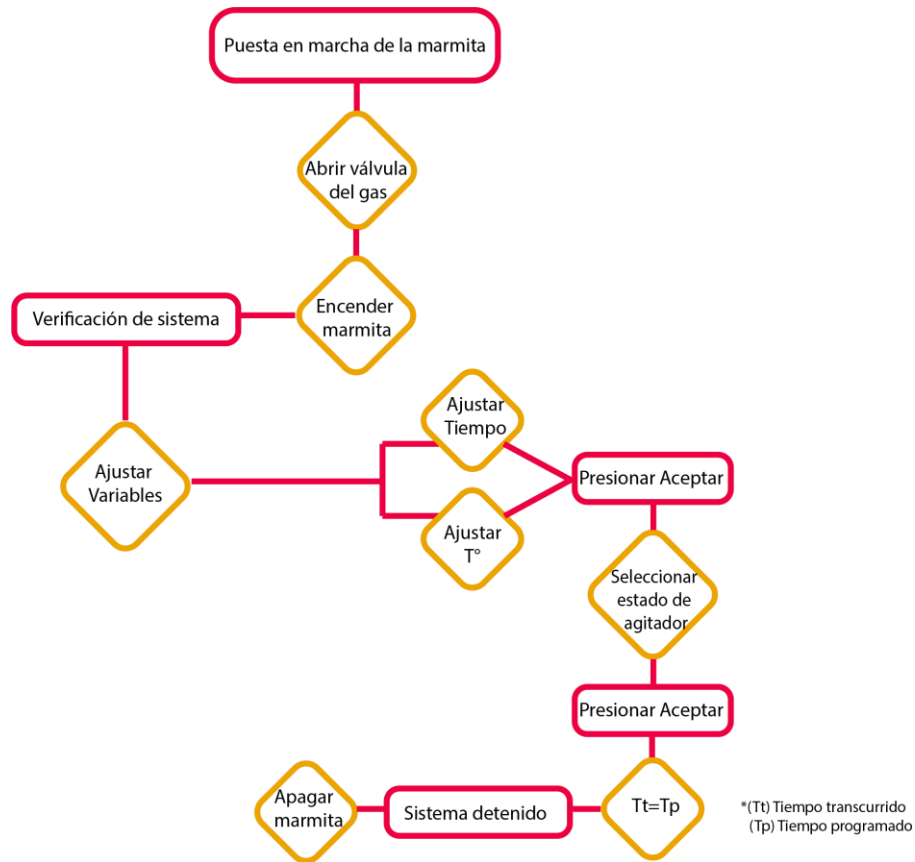


Figura 21. Prueba interfaz física del tablero de control.

Después de registrar las diferentes disposiciones de los elementos para la pantalla (Apéndice G) que se destacaron por la ubicación de los elementos hacia los extremos y centro de la pantalla, se seleccionaron tres opciones (Figura 21) que presentaran características similares en la organización de los mismos según los usuarios.



Figura 22. Alternativas de distribución de controles e indicadores en pantalla.

Es importante destacar que la selección para la organización de los elementos de control y supervisión en la pantalla del tablero se realizó en la etapa posterior de evaluación de la interfaz (Ver capítulo 7), para dar al usuario una aproximación más precisa al uso de la interfaz, y así él mismo lograra identificar qué organización sería la más adecuada para estos elementos.

Para la creación de alternativas de la configuración formal del tablero de control se tomó como base el diseño existente y las características positivas tales como el fácil acceso al interior del tablero, la ventilación y la organización de los componentes eléctricos y electrónicos.

Alternativa 1- Configuración formal

Tomando en cuenta la forma de la chimenea, uno de los componentes externos principales de la marmita, se realiza una propuesta que tenga estas mismas características de forma como la curvatura de la parte superior, para que todos los componentes se perciban como un conjunto

(Figura 23). En esta alternativa el PLC se ubica sobre la lámina inclinada y se le da una inclinación de 45° basada en el diseño original, que argumenta una fácil lectura de los caracteres y gráficos en el mismo.



Figura 23. Configuración formal - Alternativa 1

Alternativa 2-Configuración formal

Esta propuesta le brinda al usuario la posibilidad de ubicarse en posición diferente al diseño actual, por este motivo el tablero de control y el PLC se colocan con una orientación al lateral de la marmita; lo que sugiere al usuario una nueva posición para operarla y así mismo, se despeja el área sobresaliente del desagüe para evitar algún tipo de lesión al usuario (Figura 24).



Figura 24. Configuración formal - Alternativa 2.

Alternativa 3-Configuración formal

Esta alternativa le brinda al usuario la posibilidad de ajustar en posición el PLC de acuerdo con su ubicación, por lo cual, se propone una pantalla que pueda girar vertical y horizontalmente según la necesidad. Además, de acoplar el contenedor del tablero de control, de tal forma que la marmita se configure como una unidad (Figura 25).



Figura 25. Configuración formal - Alternativa 2.

6.3.2 Interfaz gráfica. Se compone de todos los elementos gráficos que nos ayudan a comunicarnos con un sistema (Luna, 2004). La interacción se da a través periféricos⁵ en el PLC que permite la entrada y salida de datos de acuerdo a las características establecidas por el fabricante (Apéndice F), por este motivo es necesario realizar una intervención adecuada, de modo que los controles e íconos sean de fácil comprensión para el usuario.

Para la interfaz gráfica se genera un diagrama de flujo (Figura 26) que permite entender de la mejor manera la secuencia de las acciones a controlar por el usuario, de acuerdo con las tareas realizadas. Es necesario resaltar que, llegado a este punto, en el transcurso del desarrollo de las

⁵ Según la Real Academia Española (RAE) el término *periférico*, en informática hace referencia a cada uno de los elementos o aparatos externos conectados a una unidad central de la computadora que permiten la entrada y salida de datos.

dos fases anteriores, la marmita fue intervenida por el CDT de Gas con la inclusión de un agitador mecánico, considerado parte importante de la marmita que precisa controlarse desde el tablero.

La estructuración de la información se diseña según una organización lineal, que sea consecuente con el orden de las tareas para poner en funcionamiento la marmita, y a partir de allí, realizar los primeros bosquejos de alternativas para las pantallas, a través de *wireframes*⁶ que conectan la estructura conceptual con el diseño visual de la interfaz (Garret, 2010). El objetivo es conseguir que las personas entiendan y logren realizar las acciones para las que fue diseñado el sistema de la forma más intuitiva y sencilla posible. Trata de la facilidad de uso y las emociones que provoca una buena o mala experiencia del usuario. Los elementos gráficos y la jerarquía que se usen para la pantalla son los encargados de lograr este objetivo, así pues, si se elabora un buen diseño interactivo es posible reducir los errores cometidos, y generar así, una grata experiencia al usuario.

⁶ En diseño de interfaces principalmente se utiliza el término *Wireframe* para referirse a una guía visual en forma de estructura (Brown, 2011)

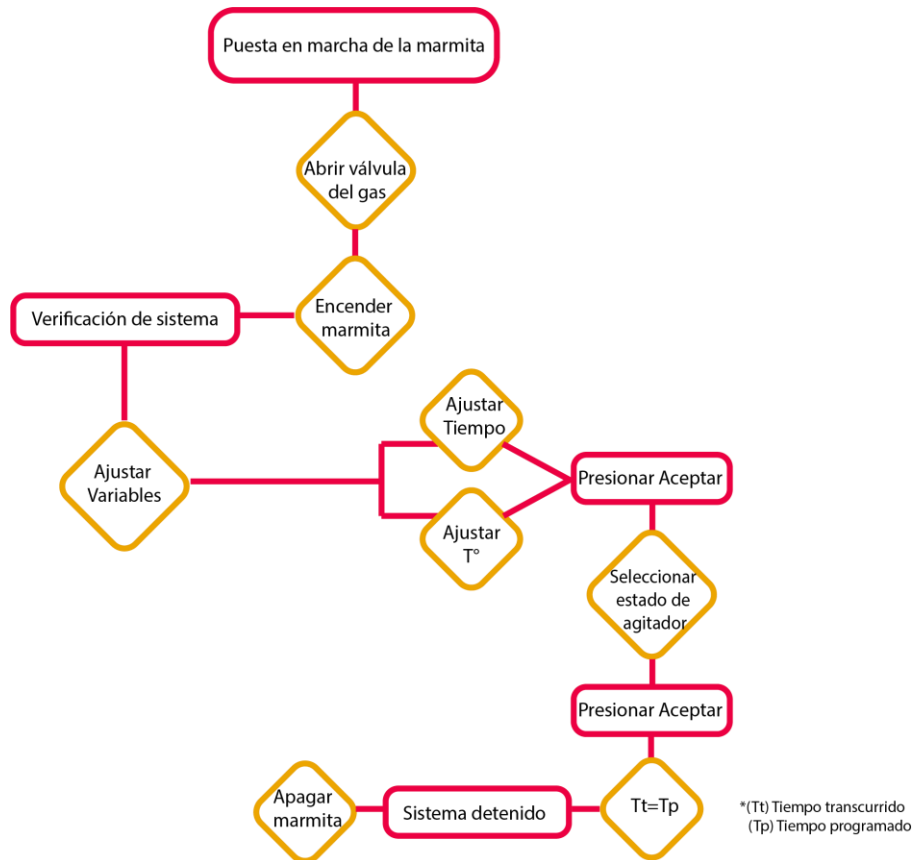


Figura 26. Diagrama de flujo para la secuencia de acciones

Basado en el proceso descrito anteriormente, para la generación de alternativas se tuvo en cuenta el cómo cumplir los objetivos, es decir, que se redujera el porcentaje de error y del mismo modo, se lograra la reducción de tiempos e iteraciones durante la interacción del usuario con la marmite. Para esta sección se realizaron diferentes esquemas para cada alternativa en orientación horizontal, según las especificaciones de uso del PLC.

Ponsa & Granollers, (2007) recomiendan para el diseño de pantallas, el uso de colores neutros en los fondos y la limitación de los mismos a 4 y 7 colores por pantalla, y del mismo modo, generación de un contraste entre fondo y figura/texto para facilitar la lectura y el monitoreo. Así mismo, se deben usar máximo 3 tipos de fuente, preferiblemente de tipo *Sans Serif* para permitir

una mejor lectura de caracteres, por lo tanto, se utilizó para las alternativas, la fuente *MS Reference Sans Serif* y *Arial Narrow* y *Black* (Figura 27).

Arial

Narrow

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn
Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz

Black

**Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn
Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz**

Ms Reference Sans Serif

Regular

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn
Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz

Figura 27. Tipografías utilizadas en la interfaz gráfica.

La creación de alternativas inició con la realización de esquemas o *wireframes* para definir las actividades a realizar en la interfaz. De este modo, se enmarcaron las zonas activas y estáticas de la pantalla asignando colores a cada una de la siguiente manera: los botones de funcionamiento con color azul, las zonas estáticas o de fondo en color gris, y los gráficos o indicadores en color amarillo.

Alternativa 1-Interfaz gráfica

Esta alternativa consta de ocho pantallas con tres diferentes mensajes de error y/o advertencia. Está compuesta por una pantalla de inicio que, al encender la marmita, se carga mientras el sistema está listo para usarse. Las pantallas de configuración se pueden ajustar en tiempo (minutos), temperatura (°C) y encendido/apagado del agitador de acuerdo con las necesidades del usuario; cada variable se ajusta en una pantalla diferente a través de un teclado digital numérico que se muestra al seleccionar la variable a ajustar. De manera alterna, se coloca la opción de volver a una pantalla anterior durante la programación y un comando de *Reset*, en caso de que el operario así lo requiera, en una pantalla de estado actual de la máquina con las variables anteriormente ajustadas, y adicionalmente, un indicador de presión interna durante el proceso de cocción (Figura 28).

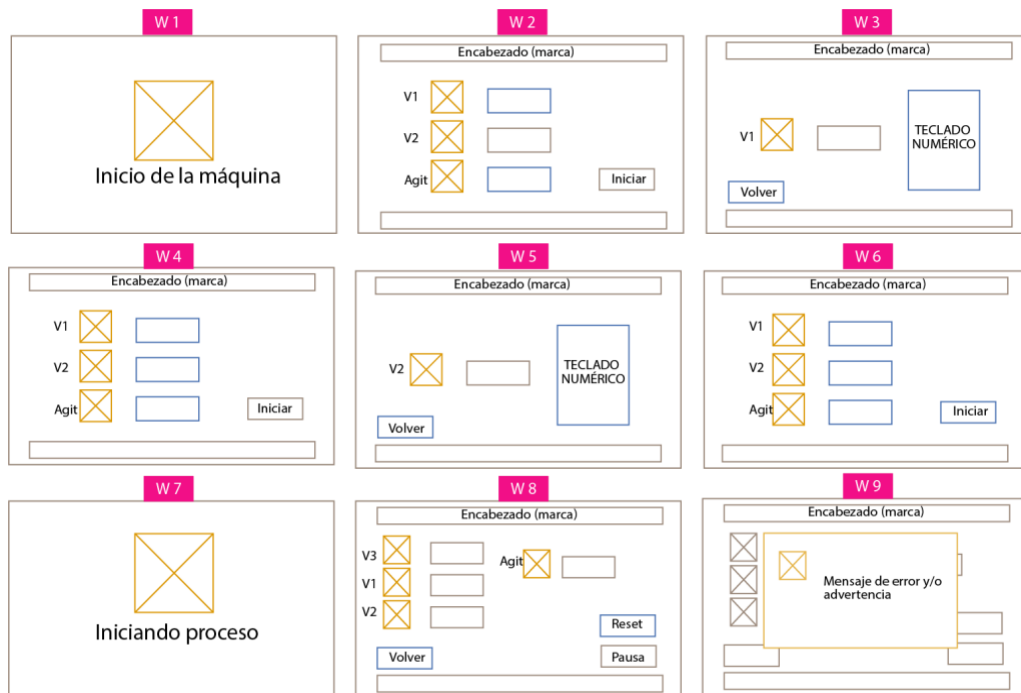


Figura 28. Wireframes para la Alternativa 1.

A continuación, en la figura 28 se muestran las pantallas detalladamente y los mensajes de información y advertencia para cada una según la necesidad o requerimiento de la operación.

- Pantalla 1: Inicio del sistema.
- Pantalla 2: Opciones para selección de temperatura, tiempo y movimiento del agitador. Se selecciona una a una, en orden descendente.

- Pantalla 3: Se digita la temperatura deseada (T° máxima: 100°C)
- Pantalla 4: Al programar al T° se vuelve a la pantalla 2 para programar el tiempo.
- Pantalla 5: Se digita el tiempo deseado.
- Pantalla 6: Luego de digitar tiempo, se vuelve a la pantalla 2. En ese momento se puede iniciar el proceso.

- Pantalla 7: Aparece tan pronto se selecciona “iniciar”.
- Pantalla 8: Muestra el estado actual de la máquina y el proceso.
- Mensaje 1: *“La temperatura máxima permitida es de 100°C ”*. Información para la pantalla 3.

- Mensaje 2: *“Para continuar seleccione temperatura y tiempo”*. Información para la pantalla 4.

- Mensaje 3: *“¡Cuidado! La presión es demasiado alta, por favor revise”*. Advertencia, la presión debe de estar entre 20 y 25 psi.

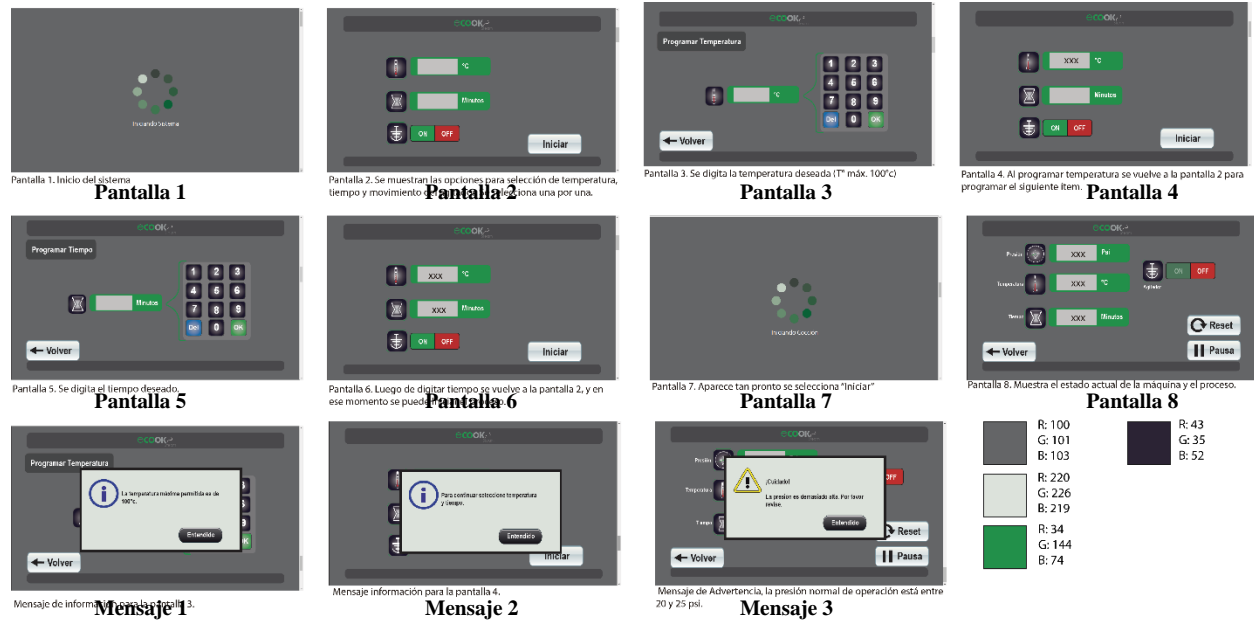


Figura 29. Alternativa 1- Interfaz gráfica de usuario.

Alternativa 2-Interfaz gráfica

La siguiente alternativa está constituida por siete pantallas con tres mensajes de error y/o información (Figura 29). Principalmente se agrega un modo de ajuste automático y uno manual; en el modo automático, se da un ajuste preestablecido de 100°C de temperatura y una hora de tiempo (que fueron determinados a partir de las entrevistas informales a usuarios); mientras que, en el modo manual, el usuario es quien ajusta cada variable a su necesidad. La variable de encendido/apagado del agitador se muestra en una pantalla diferente, y se añade un indicador gráfico de presión en posición vertical.

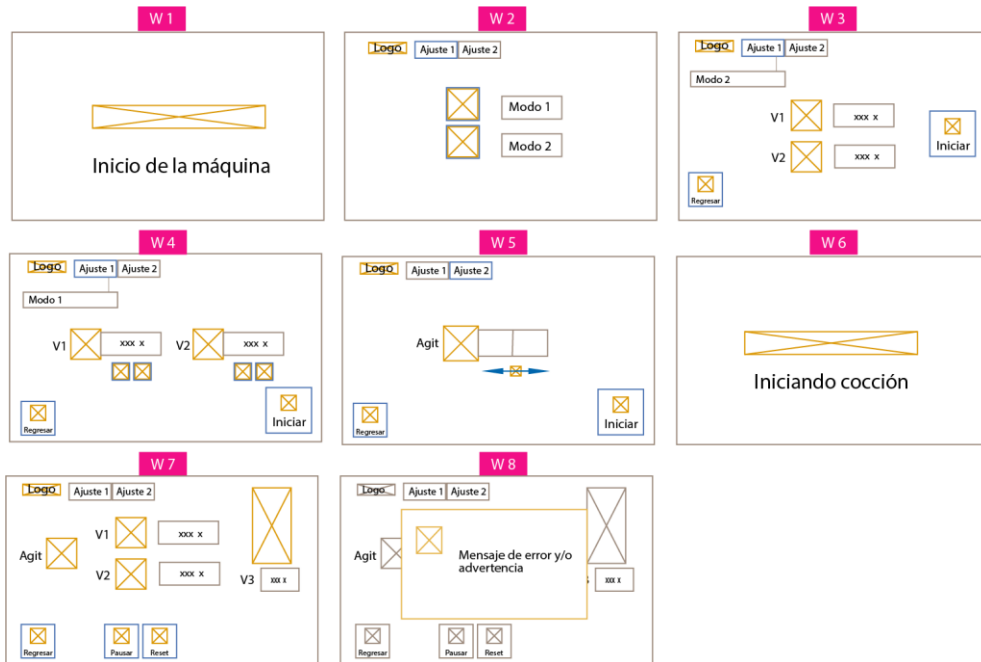


Figura 30. Wireframes para la Alternativa 2.

En la figura 30 se puede ver que el uso de colores, a diferencia de la anterior, es una paleta más cálida con un contraste más alto entre los mismos.

- Pantalla 1: Inicio del sistema.
- Pantalla 2: Brinda la posibilidad de escoger un ajuste manual o establecido.
- Pantalla 3: Si se selecciona modo automático, se muestra de manera automática una temperatura de 100°C y tiempo de 1 hora.
- Pantalla 4: Si se selecciona modo manual, se muestra la opción de ajustar tiempo y temperatura según la necesidad.
- Pantalla 5: Al cambiar a la pestaña de agitador, se muestra la opción de encenderlo o apagarlo según el contenido de la preparación.
- Pantalla 6: Aparece tan pronto se selecciona “iniciar” en las pantallas 3, 4 o 5.
- Pantalla 7: Muestra el estado actual de la máquina y el proceso.

- Mensaje 1: “Para continuar por favor seleccione Iniciar”. Información para la pantalla 3.
- Mensaje 2: “Por favor seleccione temperatura y tiempo para continuar”. Información para la pantalla 4.
- Mensaje 3: “La presión es demasiado alta”. Advertencia para la pantalla 7, la presión debe de estar entre 20 y 25 psi.

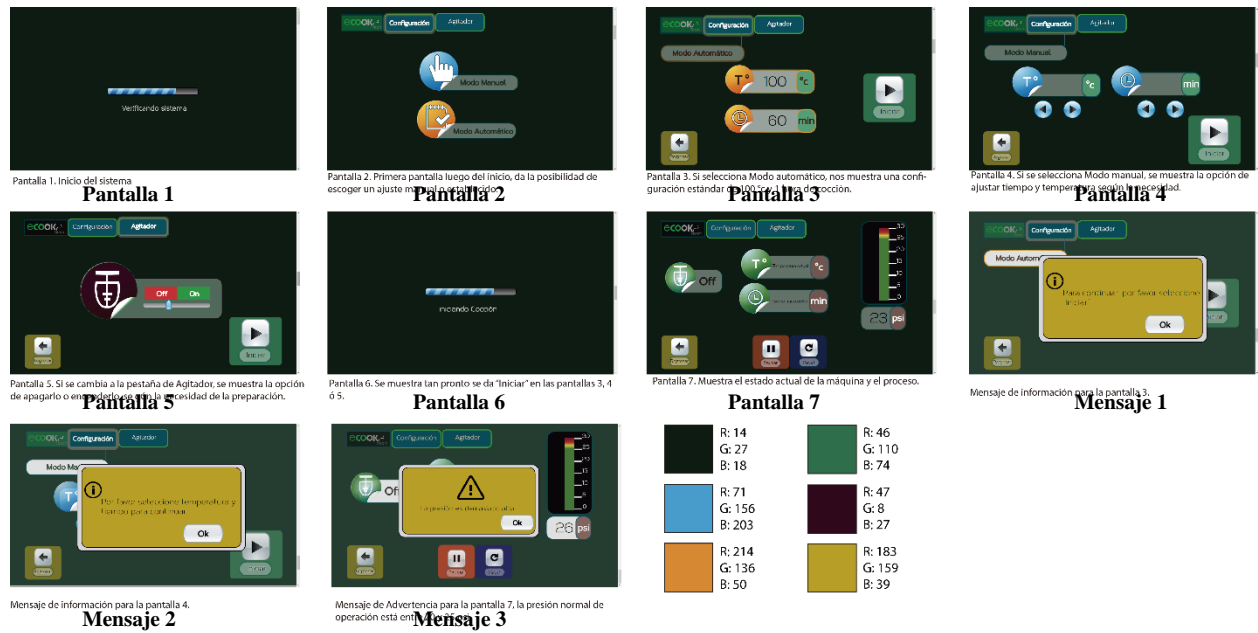


Figura 31. Alternativa 2- Interfaz gráfica de usuario.

Alternativa 3-Interfaz gráfica

En esta alternativa se reducen las pantallas a un total de seis y dos mensajes de error y/o advertencia (Figura 32); es una variación de la paleta de colores de la alternativa 1 y los modos de ajuste de la alternativa 2.

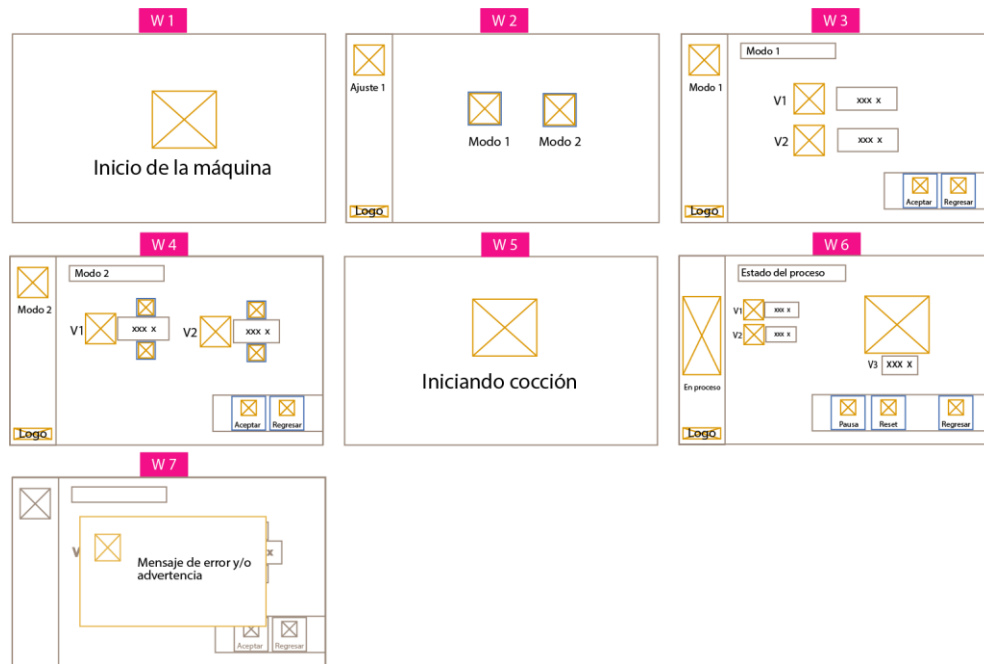


Figura 32. Wireframes para la Alternativa 3

En esta opción se suprime la opción de ajuste del agitador, para dejarlo directo al iniciar el proceso de cocción, y se muestra la variable de presión en forma de gráfico análogo, como se observa en la Figura 33.

- Pantalla 1: Inicio del sistema.
- Pantalla 2: Brinda la posibilidad de escoger un ajuste manual o establecido.
- Pantalla 3: Si se selecciona modo automático, se muestra de manera automática una temperatura de 100°C y tiempo de 1 hora.
- Pantalla 4: Si se selecciona modo manual, se muestra la opción de ajustar tiempo y temperatura según la necesidad.
- Pantalla 5: Aparece tan pronto se selecciona “iniciar” en las pantallas 3 o 4.
- Pantalla 6: Muestra el estado actual de la máquina y el proceso.
- Mensaje 1: “Para continuar presione □”. Información para la pantalla 3.

- Mensaje 2: “La presión de operación no debe superar los 25 psi”. Advertencia para la pantalla 6, la presión debe de estar entre 20 y 25 psi.

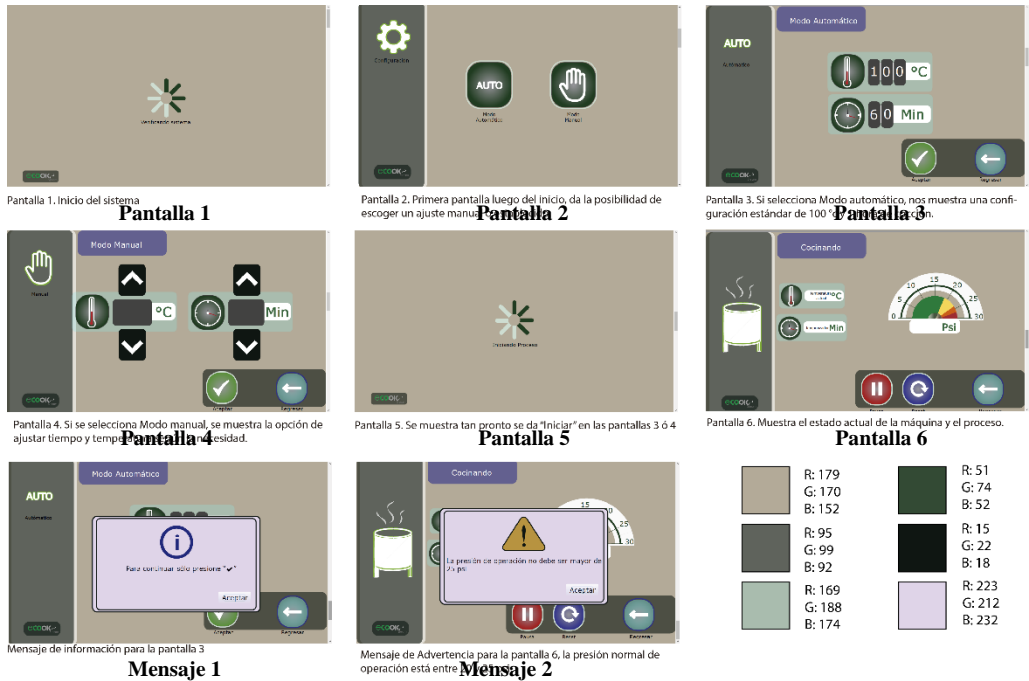


Figura 33. Alternativa 3- Interfaz gráfica de usuario.

6.4 Selección de alternativas

Luego de proponer las alternativas, estas fueron evaluadas por usuarios directos e indirectos, con el propósito de seleccionar las mejores características de cada una, de acuerdo con los requerimientos de diseño y criterios de usabilidad. Para la interfaz gráfica y la propuesta formal del tablero fue necesario realizar tres pruebas (entre encuestas y entrevistas), que permitieran seleccionar la mejor alternativa: en cada una de ellas se cambiaron y mejoraron características deficientes, identificadas por los usuarios hasta llegar a una propuesta apropiada. De la misma manera, se realizaron mediciones de tiempo para ejecutar las acciones y se compararon con los

resultados de la primera prueba en la que se identificaron los problemas, con el fin de corroborar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Esta sección del diseño involucra al usuario primordialmente durante la interacción con el sistema.

La selección de las alternativas de configuración formal y de interfaz gráfica se llevó a cabo mediante la utilización de la Guía de Medición de Usabilidad propuesta por Acosta, 2017. Dado que, en este punto, factores como fase de diseño, lugar de realización de pruebas tipo laboratorio y usuarios expertos e indirectos, y la aplicación de la guía (Apéndice H) dieron como resultado el método de lista de comprobación, de la cual se escogió la evaluación heurística como principal herramienta.

6.4.1 Interfaz gráfica. Con el objetivo de determinar cuáles eran las alternativas más efectivas y cuáles causaban mayor satisfacción para la interfaz del tablero de control, de acuerdo con los criterios de usabilidad, se desarrolló un protocolo para la prueba con su respectivo procedimiento (Apéndice I).

De acuerdo con Nielsen & Landauer (1993), con un mínimo de tres a cinco usuarios expertos en el tema o principios a evaluar, se obtiene aproximadamente un 75% de los errores en una interfaz dado que esta área de estudio es más reducida, se eligió un grupo mínimo de tres usuarios con conocimientos en usabilidad, con edades entre 20 y 50 años a los que se presentó la evaluación en tres partes: 1) Diseño visual, 2) Contenido de las pantallas y 3) Terminología e información del sistema (Apéndice J).



Figura 34. Aplicación pruebas de selección de interfaz gráfica

Según la tabulación de resultados en la tabla 8, se selecciona la alternativa mejor calificada por los participantes.

Tabla 8. Tabulación de resultados para Cuestionarios de Interfaz

| | <i>Alternativa 1</i> | | | | <i>Alternativa 2</i> | | | | <i>Alternativa 3</i> | | | |
|--------------------------|----------------------|----|----|------------|----------------------|----|----|------------|----------------------|----|----|------------|
| | P1 | P2 | P3 | \bar{P} | P1 | P2 | P3 | \bar{P} | P1 | P2 | P3 | \bar{P} |
| 1. Diseño Visual (Ítems) | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | 5 | 3 | 3 | 3.7 | 3 | 5 | 3 | 3.7 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| 1.2 | 5 | 3 | 3 | 3.7 | 4 | 5 | 2 | 3.7 | 4 | 4 | 2 | 3.3 |
| 1.3 | 5 | 3 | 2 | 3.3 | 4 | 5 | 2 | 3.7 | 4 | 4 | 3 | 3.7 |
| 1.4 | 5 | 3 | 1 | 3.0 | 3 | 5 | 3 | 3.7 | 4 | 4 | 2 | 3.3 |
| 1.5 | 5 | 4 | 1 | 3.3 | 3 | 4 | 3 | 3.3 | 3 | 5 | 3 | 3.7 |
| 1.6 | 3 | 4 | 2 | 3.0 | 3 | 5 | 3 | 3.7 | 3 | 5 | 3 | 3.7 |
| 1.7 | 0 | 3 | 1 | 1.3 | 0 | 4 | 2 | 2.0 | 0 | 4 | 2 | 2.0 |

Tabla 8. *Continuación*

| | <i>Alternativa 1</i> | | | | <i>Alternativa 2</i> | | | | <i>Alternativa 3</i> | | | |
|---|----------------------|---|---|------------|----------------------|---|---|------------|----------------------|---|---|------------|
| 2. Pantallas (Ítems) | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | 4 | 3 | 3 | 3.3 | 5 | 5 | 2 | 4.0 | 3 | 3 | 1 | 2.3 |
| 2.2 | 3 | 4 | 3 | 3.3 | 3 | 5 | 2 | 3.3 | 4 | 3 | 2 | 3.0 |
| 2.3 | 3 | 3 | 2 | 2.7 | 3 | 4 | 2 | 3.0 | 3 | 3 | 2 | 2.7 |
| 2.4 | 4 | 4 | 4 | 4.0 | 3 | 4 | 4 | 3.7 | 3 | 3 | 4 | 3.3 |
| 2.5 | 3 | 4 | 2 | 3.0 | 3 | 5 | 3 | 3.7 | 3 | 3 | 2 | 2.7 |
| 2.6 | 3 | 3 | 4 | 3.3 | 3 | 4 | 3 | 3.3 | 3 | 4 | 3 | 3.3 |
| 2.7 | 4 | 3 | 4 | 3.7 | 3 | 4 | 3 | 3.3 | 3 | 3 | 3 | 3.0 |
| 3. Terminología e información del sistema (Ítems) | 5 | 3 | | 3.7 | 4 | | | 3.7 | 3 | 4 | | 3.7 |
| 3.1 | | | 3 | | 4 | | 3 | | 4 | | | |
| 3.2 | 4 | 4 | 4 | 4.0 | 3 | 5 | 3 | 3.7 | 5 | 4 | 4 | 4.3 |
| 3.3 | 4 | 4 | 1 | 3.0 | 4 | 4 | 1 | 3.0 | 4 | 4 | 3 | 3.7 |
| 3.4 | 4 | 4 | 2 | 3.3 | 3 | 4 | 2 | 3.0 | 4 | 3 | 3 | 3.3 |
| 3.5 | 4 | 4 | 3 | 3.7 | 5 | 5 | 4 | 4.7 | 3 | 3 | 3 | 3.0 |
| 3.6 | 0 | 3 | 1 | 1.3 | 0 | 4 | 3 | 2.3 | 0 | 4 | 2 | 2.0 |
| Resultados | | | | 3.2 | | | | 3.4 | | | | 3.2 |

P (#): Participante.

La calificación se realizó de 1 a 5, siendo 1: en desacuerdo y 5: de acuerdo (Ver Apéndice J)

De acuerdo a esto se designa la alternativa número dos como la mejor opción y se llega a las siguientes conclusiones:

- La Alternativa 2 es la mejor opción para continuar desarrollando la propuesta y llegar a una solución efectiva, dado que el promedio de las calificaciones de los usuarios para cada ítem en esta alternativa fue el más alto.
- Los aspectos mejor evaluados de la alternativa elegida fueron: en primer lugar, la fácil lectura de caracteres, seguido de la facilidad de visualización de los mensajes en la pantalla de acuerdo a su posición en ella.
- Los aspectos en los que más hay que trabajar es en el uso del color y en la formulación de los mensajes para hacerla más entendible.
- En la parte de diseño visual se pueden tomar características de la Alternativa 3 en cuanto a la forma de los elementos que la componen.
- En cuanto a las pantallas, la cantidad de información presentada en la Alternativa 1 puede incluirse como mejora de la alternativa elegida.
- La terminología usada en la Alternativa 3 fue mejor calificada y se puede tener en cuenta para mejorar la comprensión de los mensajes en la alternativa elegida.

6.4.2 Configuración formal. Al igual que en las alternativas de interfaz, se desarrolló un protocolo de prueba (Apéndice K) y se eligió un grupo reducido de cinco personas expertas en diseño con edad entre los 20 y 50 años, para evaluar los atributos formales del tablero de control para la marmita, y de esta forma seleccionar la mejor alternativa según los criterios de diseño. La evaluación se realizó en una fase en la que se evaluaron dos aspectos: visibilidad y topología (Apéndice L).

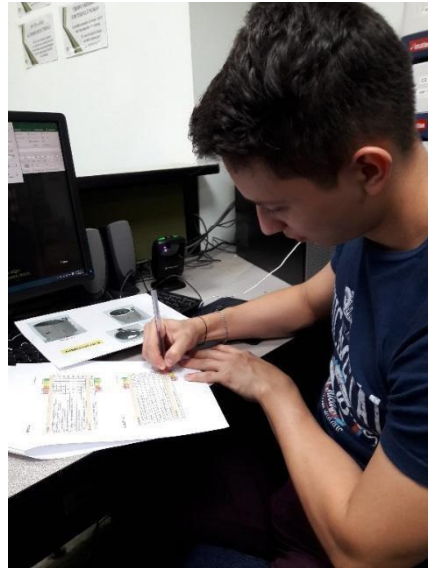


Figura 35. Aplicación de pruebas de selección de configuración formal

De acuerdo con los resultados en la Tabla 9, se puede ver que la alternativa mejor evaluada fue la número tres y se concluye que:

- La alternativa más conveniente formalmente según la tabulación de los cuestionarios fue la Alternativa 3.
- Las características con mejor puntaje fueron la estabilidad del diseño y la simplicidad de la forma.
- Un aspecto a mejorar sería la armonía formal de los componentes.
- Se pueden tomar características de las formas de la Alternativa 2.

Tabla 9. Tabulación de resultados para Cuestionarios de Forma

| | <i>Alternativa 1</i> | | | | | <i>Alternativa 2</i> | | | | | <i>Alternativa 3</i> | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------|----|----|----|----|----------------------|------------|----|----|----|---|---|------------|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | | | |
| 1. Visibilidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Items) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3.4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3.4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.8 |
| 1.2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3.6 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3.8 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.2 |
| 1.3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3.4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3.4 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3.6 |
| 1.4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3.4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3.4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4.2 |
| 1.5 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3.2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3.0 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3.8 |
| 1.6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3.6 | 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4.0 |
| 1.7 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3.2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3.2 | 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4.0 |
| 2. Topología | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Items) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | | | | | | 4.0 | | | | | | 3.8 | | | | | | |
| Resultados | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3.4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3.5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4.0 |

P (#): Participante. La calificación se realizó de 1 a 5, siendo 1: en desacuerdo y 5 de acuerdo (Ver Apéndice J)

7. Diseño en detalle

Luego de seleccionar las Alternativas 2 y 3 para la interfaz gráfica y configuración formal respectivamente, se realizaron las mejoras detectadas en las pruebas y se especificaron cada una

de los subsistemas y componentes del tablero de control y de la marmita, en general, para lograr un correcto funcionamiento del sistema.

A partir de los resultados de las pruebas de selección para la Alternativa 2 de la interfaz gráfica, se tomaron los atributos mejor evaluados y se potencializaron según las sugerencias de los expertos. Además, se eliminaron funciones como el modo automático, el reinicio del sistema o *reset* y pausa del mismo, ya que no son necesarios para la operación y, por el contrario, añaden peso a la pantalla. Así mismo, con el fin de simplificar el uso de la interfaz, se redujo el número de pantallas a seis, incluyendo los mensajes de advertencia y se eliminó la pantalla de retroalimentación de inicio del proceso, ya que el tiempo usado por la máquina para ejecutar la configuración dada por el usuario era de 1 a 2 segundos.

Para facilitar los ajustes de control para preparaciones por parte del usuario al momento de interactuar con la interfaz, se fijó una temperatura inicial de 30° C, ya que internamente la temperatura siempre va a ser del valor de la temperatura ambiente, y el funcionamiento de la marmita siempre va a ser en función de aumentar la misma para el proceso de cocción.

Los aspectos principales para el desarrollo de la alternativa seleccionada fueron los siguientes:

Caracteres. El uso de caracteres se mantuvo, ya que la calificación fue positiva para todas las alternativas. Se conservó la fuente *Ms Reference Sans Serif* en tamaños 6 y 10 puntos y la posición en los mensajes de advertencia en las pantallas se mantuvo con un tamaño más grande de acuerdo a las manifestaciones de los usuarios que expresaron sentir mayor comodidad en la lectura, para lo cual se utilizó la fuente de 12 y 14 puntos.

Color. En general, los expertos coincidieron en que el número de colores para cada alternativa era muy alto, ya que llamaban demasiado la atención, causando fatiga visual al momento de la

interacción; y además las tonalidades se confundían con los colores normativos para procesos industriales. Por este motivo, se redujo el número de colores en las pantallas a un total de tres y se utilizó una paleta de colores de tonalidad neutra monocromática en escala de grises, como se observa en la Figura 35.

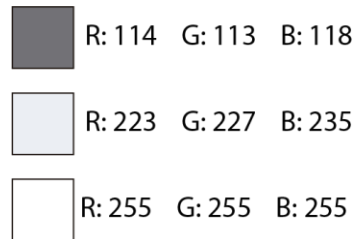


Figura 36. Colores de la interfaz.

Recursos gráficos. De acuerdo con la evaluación, se mantuvieron los iconos de la Alternativa 1 por ser percibidos de manera simple y de fácil reconocimiento.



Figura 37. Iconos utilizados para la interfaz.

La interacción del usuario en cada una de las pantallas se describe a continuación en la Figura 37, que muestra la propuesta de interfaz final con las modificaciones anteriormente mencionadas. La pantalla 1 indica el inicio del sistema con una barra de progreso y la identidad del producto. La siguiente pantalla carga la configuración de tiempo y temperatura, de modo que no permite avanzar a la siguiente pantalla si no se han ajustado las dos variables. En la pantalla 3, dado que es un ajuste opcional para el usuario, se muestra el agitador que se puede dejar encendido o

apagado. Luego de aceptar los ajustes de las tres variables, se da inicio al proceso de cocción y se presenta la pantalla 4 con la información actual del sistema (temperatura, tiempo y presión) de forma dinámica, ya que la temperatura está en constante cambio hasta alcanzar el ajuste establecido; el tiempo decrece hasta llegar a cero, indicando que el proceso ha terminado, mientras que la presión se observa en el medidor de gráfico análogo. En la pantalla 5 y 6 se observan los mensajes de advertencia y peligro respectivamente, advertencia cuando la presión suba de su rango normal de 25 psi y oscile entre los 26 y 29 psi; y de peligro, cuando todos los sistemas de seguridad internos fallen y la presión supere el rango máximo al alcanzar los 30 psi.



Figura 38. Interfaz gráfica de usuario modificada.

Por otro lado, para la configuración formal se tuvo en cuenta que el tablero de control también funciona como una caja contenedora, y de acuerdo con sus componentes, se debe diseñar un tablero de tal manera que los componentes se puedan adaptar en él. En la Figura 38 se observan cada uno de los componentes principales de la marmita y todos los elementos de control y seguridad detallados en la Tabla 10.

Tabla 10. *Especificaciones de los componentes de control y seguridad de la marmita Ecook Steam MAV-40*

| <i>Ítem</i> | <i>Nombre</i> | <i>Descripción</i> |
|-------------|---|--|
| A | PLC con HMI incorporada (Human - Machine Interface). Unitronics. Ref.: SAMBA SM35-J-T20 | Autómata programable con pantalla táctil, soporta hasta 42 pantallas diseñadas por el usuario y permite utilizar gráficos de tipo digital o analógico (Unitronics, 2016) |
| B | Sensor – Transmisor de presión. Dwyer. Ref.: 673-13 | Este tipo de medidor está diseñado para uso en ambientes muy agresivos como las altas temperaturas, su precisión es aproximada al 0,25% lo cual lo hace ideal para el uso en la marmita (OMEGA Engineering cia., 2017). |
| C | Transmisor de temperatura RTD (Resistance Temperature Detection). Ref.: PT 100 | Es un sensor de contiene una resistencia que cambia el valor a medida que la temperatura cambia. Este transmisor fue escogido por las propiedades conductivas y de resistencia del material cerámico con el cual ha sido fabricado (OMEGA Engineering cia., 2017). |
| D | Visor de nivel de agua: | Permite visualizar el nivel de agua dentro de la chaqueta de agua de la marmita (Ver Figura 6). |
| E | Controlador de Ignición HSI Universal. WhiteRodgers. Ref.: 50E47-843 | El controlador o módulo de ignición es el encargado de controlar la operación de encendido/apagado de la llama en un sistema de gas usando un ignitor de superficie caliente (Honeywell Inc, 1995) |
| F | Electrodo de ignición Hot Surface Ignitor HSI. White-Rodgers. Ref.: 21D64-2 | Funciona como un encendedor, cuando llega una señal eléctrica de encendido, este se calienta y envía la señal al módulo para que la válvula de gas se abra y permita el paso de gas. |

Tabla 10. *Continuación*

| <i>Ítem</i> | <i>Nombre</i> | <i>Descripción</i> |
|-------------|--|---|
| G | Electrodo sensor de llama. White-Rodgers. | Luego de que el HSI envía las señales al módulo de ignición y a la válvula, este se encarga de generar una chispa que al entrar en contacto con el gas genera la llama para el quemador de gas. |
| H | Quemador de gas. Polidoro. Ref.: Low NOx OVO S60 | Se utilizaron tres tubos quemadores de forma semicilíndrica con pequeños orificios en la superficie de las paredes, que permiten el paso de gas desde los inyectores hasta que se propague la llama. |
| I | Inyector para gas natural | Cuando se abre la válvula de gas este permite el paso de gas y lo encamina directo a los quemadores, su función es introducir una cantidad determinada de gas a la cámara de combustión. |
| J | Válvula de gas combinada de apertura lenta – 2 etapas. WhiteRodgers. Ref.: 36J55-214 | Es una válvula para uso con encendido/apagado electrónico, a ella se conecta la entrada de gas directa y cuenta con una toma de presión de entrada y salida lo que permite la apertura y cierre de la misma según los valores establecidos por el fabricante (EMERSON Climate Technologies, n.d.). Permite o cierra el paso de gas directamente desde la tubería o |
| K | Llave de paso para gas | conexión de gas en el lugar de uso. |
| L | Válvula de seguridad. Apollo. Ref.: RVS-52 | Esta válvula funciona en caso de emergencia de la máquina, se programa electrónicamente para que esta se dispare en caso de que la presión de operación supere el rango máximo de 30 Psi, y de esta forma se libere la presión dentro de la chaqueta de vapor (Ver Figura 6). |

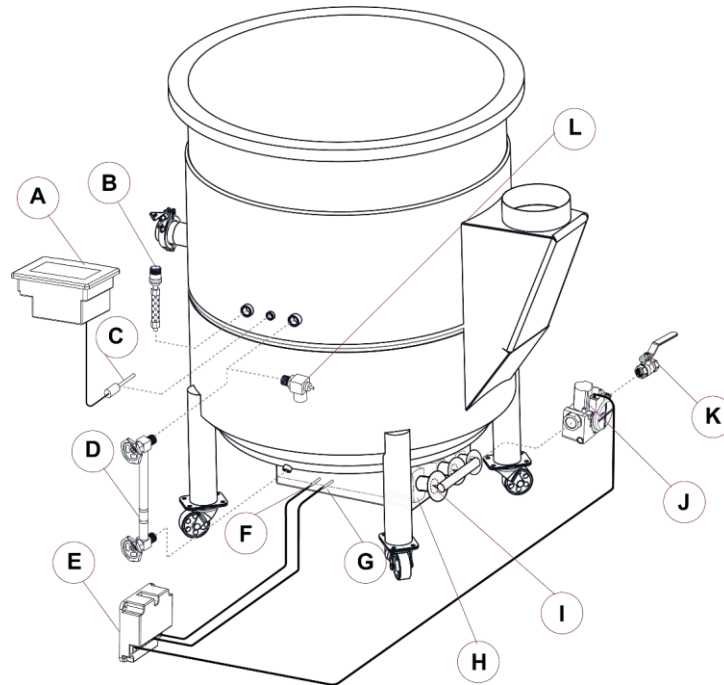


Figura 39. Componentes de control y seguridad de la marmita Ecook Steam MAV-40. Adaptada de Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas - CDT de Gas

Luego de analizar los componentes, es posible realizar el diseño detallado del tablero de control y dimensionarlo de tal manera que sea adecuado para la manipulación del usuario. La ubicación y altura de la pantalla se realizó teniendo en cuenta el P95 para la altura de los ojos y el P5 para el alcance del brazo (Ver figura 10). Además, se mantuvo la rotación voluntaria de la pantalla según la necesidad del usuario, ya que, como se mencionó en el capítulo 3, es ideal mantener la pantalla en un rango de inclinación entre los 15° y 30° por encima y por debajo respectivamente de la línea de visión horizontal. Esto se logró mediante la implementación de un brazo mecánico con dos ejes de rotación, como se puede ver en la figura 39.

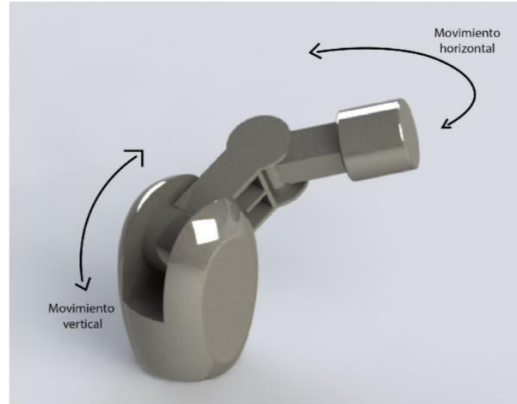


Figura 40. Brazo móvil – soporte de pantalla

El tablero de control se mejoró geoméricamente como una extensión del cuerpo de la marmita, pues se ajustó una puerta para el panel que permitiera la fácil visualización y acceso a los componentes para su mantenimiento y supervisión; además se añadió el agitador en la parte superior del contenedor de alimentos. A continuación, en la figura 40, se observan los ajustes realizados a la alternativa seleccionada con todos los componentes del sistema.



Figura 41. Configuración formal modificada.

Es importante destacar que, para el proceso de fabricación, el producto en general, está construido en lámina de acero AISI 304 con acabado satinado. El calibre de la lámina utilizada es de 18 (1.2 mm), la unión de las partes en su mayoría se realiza con soldadura, y otras en menor cantidad son encajadas a presión en cortes a medida sobre la lámina. A continuación, se presentan los planos globales y del tablero de control de la marmita para su construcción.

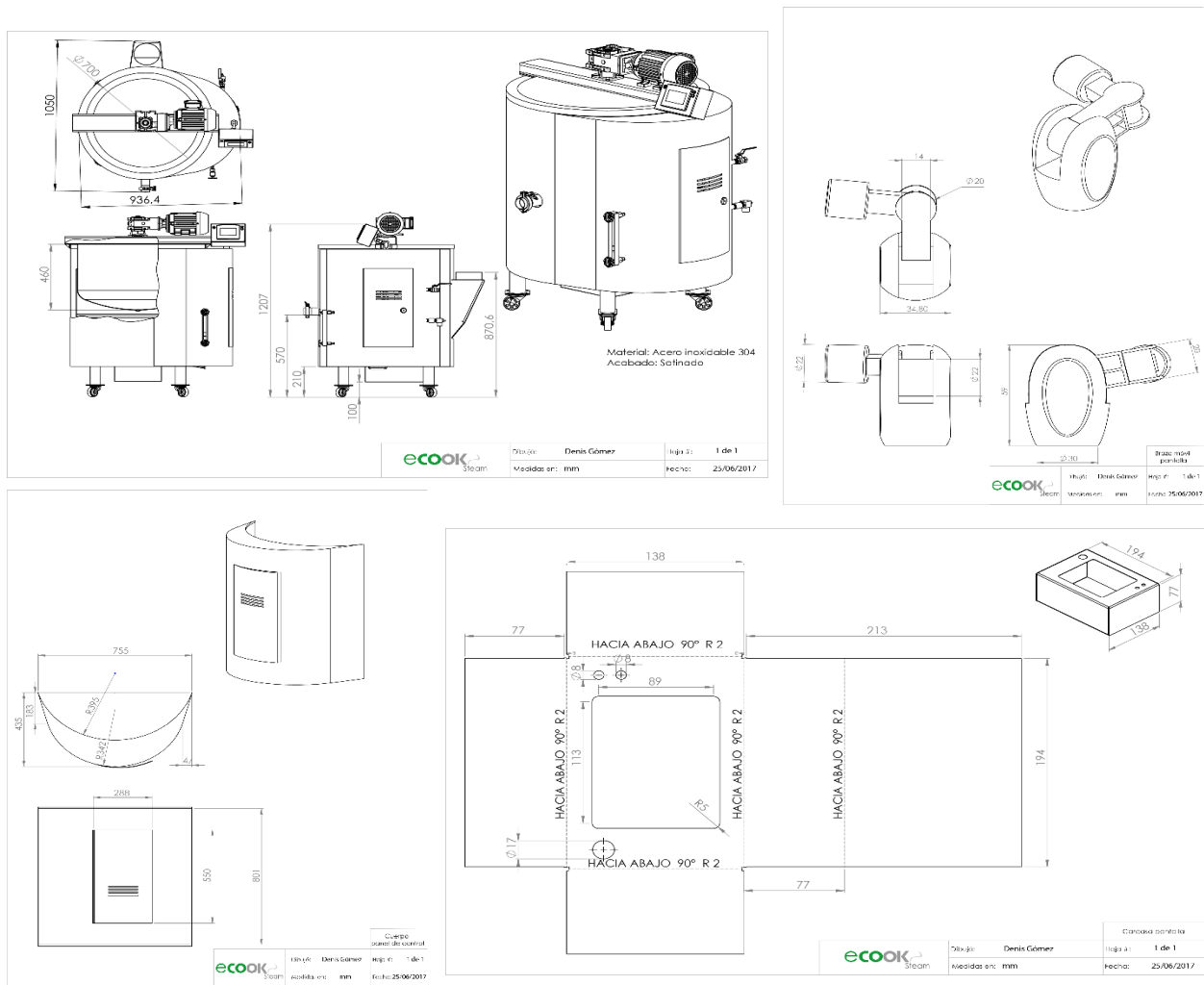


Figura 42. Planos de diseño global, brazo móvil, carcasa de pantalla y cuerpo del tablero de control.

8. Verificación y validación de la interfaz

En esta etapa se realizó la evaluación de las alternativas seleccionadas y nuevamente se recurre a la Guía de Medición de Usabilidad (Acosta, 2017), que, en esta ocasión, arrojó como método principal, el Test que permitió conocer la percepción global del usuario acerca del producto, luego de usarlo.

Para esto, se efectuó la simulación de interfaz por medio de la herramienta de prototipado para aplicaciones web y sitios móviles de uso libre JUSTINMIND.

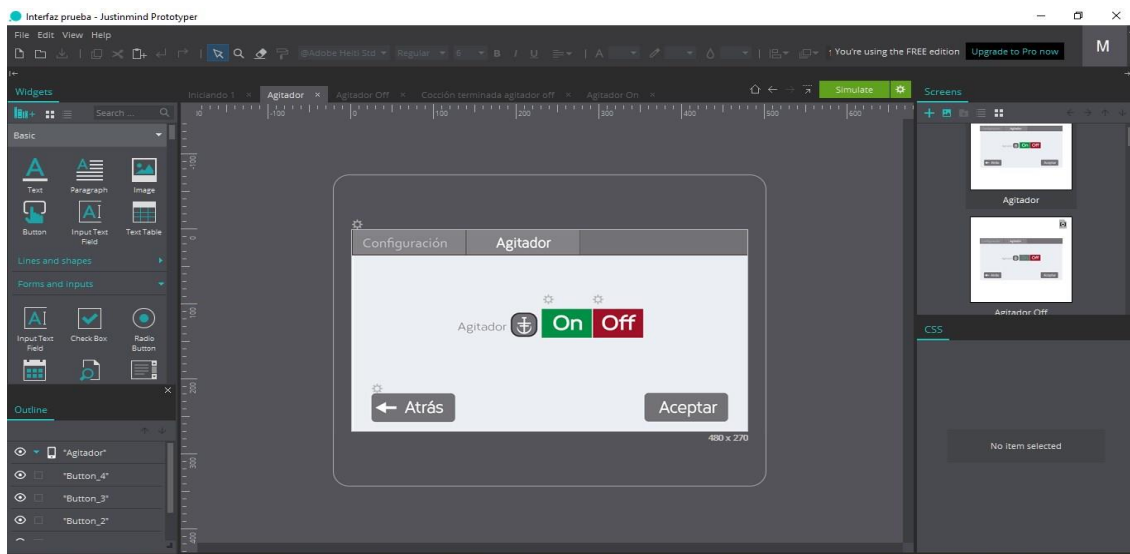


Figura 43. Prototipado de interfaz en JUSTINMIND.

El prototipo se presentó a los usuarios en una pantalla táctil de celular en el tamaño real del PLC con el fin de garantizar una validación más exacta. En la prueba participaron 20 usuarios inexpertos y ocasionales, con edades entre 29 y 54 años de edad, a los cuales se les aplicó el mismo

procedimiento que en el primer test de uso para la identificación de errores y tiempos de ejecución de cada tarea (Ver página 51).



Figura 44. Validación de interfaz gráfica

Adicional a esto, se presentó junto con el test las alternativas de organización para los elementos de control como última opción con el fin de que los usuarios decidieran la mejor opción en cuanto al orden de los elementos de control fuera del PLC, luego de conocer la interfaz. El resultado de esta parte del test dio como ganadora la Alternativa 3 (Ver gráfico 2), la cual se integró a la configuración formal del tablero de control como se observa en la Figura 44.

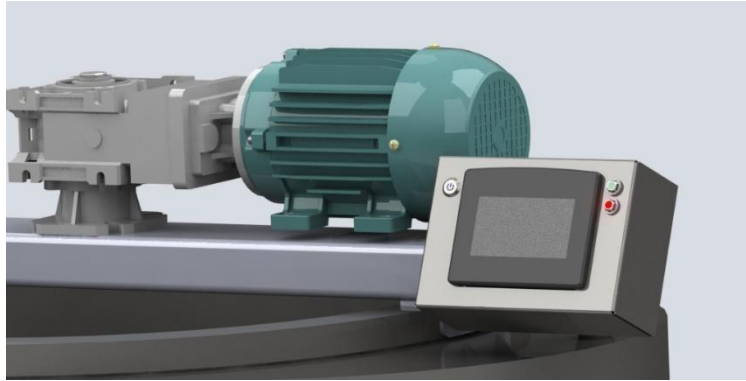


Figura 45. Componentes de control y supervisión del tablero de control.

En el test se indagó por las características de la interfaz que en la primera prueba presentaron menor satisfacción en los usuarios, y se aplicó uno nuevo con tres aspectos a evaluar: Facilidad de lectura en la pantalla, contenido de las pantallas y facilidad de ajuste de variables (Apéndice M).

Los resultados del test de satisfacción fueron totalmente favorables para la interfaz, a continuación, se muestran las estadísticas de las respuestas de los usuarios:

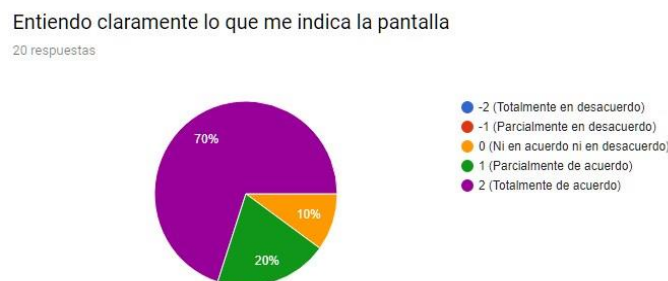


Figura 46 Satisfacción de usuarios en interfaz gráfica final

En el gráfico 2 el 70% de los usuarios manifestaron entender claramente lo que indica la pantalla, el 20% estuvo parcialmente con esta afirmación y el 10% se mantuvo en posición neutra frente a la misma.

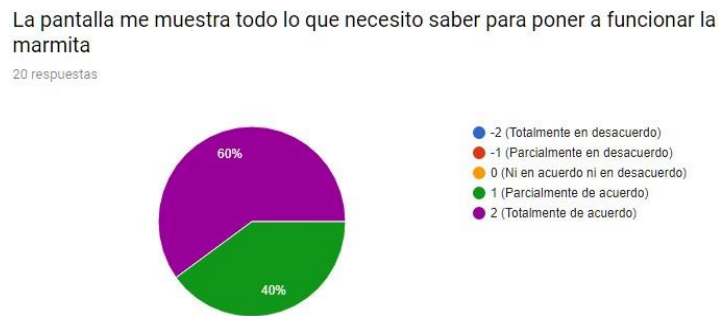


Figura 47. Satisfacción de usuarios en interfaz gráfica final

Para este enunciado, en el gráfico 3 se evidencia gran satisfacción para la cantidad y tipo de información mostrada en la interfaz sobre el manejo de la máquina; aquí se obtuvo el 60% de total acuerdo y el 40% de acuerdo parcial por parte de los usuarios frente a la afirmación.



Figura 48. Satisfacción de usuarios en interfaz gráfica final

En cuanto a la facilidad en el ajuste de tiempo y temperatura, en el gráfico 4 se obtuvo un 85% de total acuerdo, un 10% de parcial acuerdo, mientras que sólo el 5% se mantuvo neutro ante la afirmación.

Para usted, ¿cual alternativa para la organización de los elementos de control fuera del área de la pantalla es la mejor opción?

20 respuestas

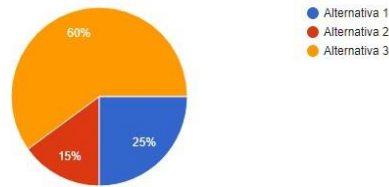


Figura 49. Selección de ubicación de los elementos de control para la interfaz.

En el gráfico 5 se observa la calificación para las alternativas de organización de los elementos de control, aquí el 60% de los usuarios seleccionaron la alternativa 3 como la mejor opción, seguida de la alternativa 1 con una aceptación del 25% y por último la alternativa 2 con un 15% de aceptación.

Con la finalidad de comparar los tiempos de ejecución de cada tarea con la interfaz inicial y la propuesta de mejora, se midieron los tiempos al igual que en la primera prueba, y se observó la reducción de tiempos en la ejecución con un promedio de 4 segundos por paso (Apéndice N).

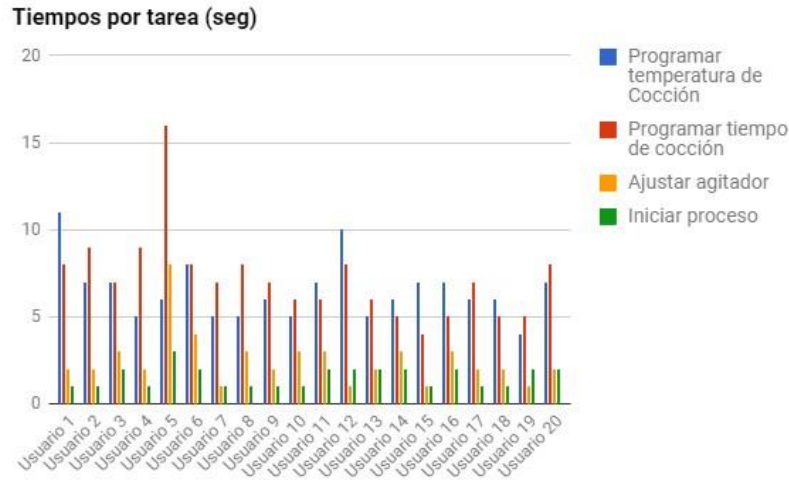


Figura 50. Tiempo empleado por cada usuario para completar la tarea de poner en funcionamiento la marmita.

De la misma forma, se registró la cantidad de intentos que un usuario realizaba para cumplir el objetivo de cada tarea y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11. Tasa de error en cada paso (Cantidad de intentos hasta lograr el objetivo)

| | Programar Cocción | Programar tiempo de cocción | Programar temperatura de Cocción | Seleccionar estado del agitador | Iniciar proceso |
|-----------|--|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | Seleccionar el Ajustar Aceptar datos tiempo a modificar valor ingresados (horas o minutos) | | | | |
| Usuario 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 11. *Continuación*

| | Programar Cocción | Programar tiempo de cocción | temperatura de | Seleccionar estado del agitador | Iniciar proceso |
|------------|--|------------------------------------|-----------------------|--|------------------------|
| | Seleccionar el Ajustar Aceptar datos tiempo a modificar valor ingresados (horas o minutos) | | | | |
| Usuario 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 5 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| Usuario 6 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Usuario 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Usuario 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 11 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Usuario 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 13 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Usuario 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 15 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 17 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Usuario 18 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Usuario 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usuario 20 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |

Tabla 11. *Continuación*

| | Programar Cocción | Programar tiempo de cocción | temperatura de | Seleccionar estado del agitador | Iniciar proceso | |
|--|--|------------------------------------|-----------------------|--|------------------------|----------|
| | Seleccionar el Ajustar Aceptar datos tiempo a modificar valor ingresados (horas o minutos) | | | | | |
| Total, de intentos por paso | 27 | 20 | 29 | 20 | 24 | 21 |
| Cantidad de usuarios que intentaron más de una vez | 5 | 0 | 7 | 0 | 4 | 1 |
| Porcentaje de error (%) | 25 | 0 | 35 | 0 | 20 | 5 |

Así en la siguiente tabla, al comparar estos resultados con las pruebas iniciales, se evidencia que los tiempos y porcentajes de error disminuyeron notablemente, y de esta manera, se concluyen los objetivos de forma positiva.

Tabla 12. *Comparación de resultados iniciales y finales de pruebas*

| | TAREAS | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | Programar temperatura | Programar tiempo | Iniciar proceso |
| Promedio tiempo inicial (seg) | 32.6 | 21.7 | 5.3 |
| Promedio tiempo final (seg) | 7 | 9.1 | 1.6 |
| Porcentaje inicial (%) | 62 | 43 | 29 |
| Porcentaje final (%) | 25 | 11.7 | 5 |

Con las evidencias anteriores se logra responder a la pregunta de diseño planteada al inicio de la investigación de la siguiente manera:

El promedio de tiempo de ejecución actualmente es la cuarta parte del tiempo inicial en la programación de temperatura, la programación de tiempo se redujo aproximadamente a casi la mitad del inicial, y el inicio del proceso a la tercera parte del promedio inicial. Por otro lado, el porcentaje de error redujo 2.4 veces en la programación de temperatura con referencia al inicial, la tercera parte de la programación de tiempo, y casi la sexta parte para la puesta en marcha o inicio del proceso.

En suma, podemos concluir que el sistema para el tablero de control propuesto es el resultado del análisis de las necesidades del usuario y los modelos mentales del mismo, a la hora de enfrentarse con este tipo de productos. Por ende, todas las reformas hechas, se realizaron con el objetivo de mejorar el producto, hacerlo más atractivo y simple de usarlo. Así mismo, durante el proceso se evidenció la tendencia de uso del producto, de acuerdo con otros productos o máquinas similares que compartían no solo procesos sino características formales.

Por medio del rediseño de la interfaz gráfica, se logró reducir los porcentajes de error y tiempos de interacción del usuario con el tablero de control, y la generación de un modelo mental de uso correcto para el producto, a partir de las comprobaciones con usuarios. Pues, además, se logró deducir que es la parte más importante para una puesta en marcha correcta de la máquina en general, ya que, al poder controlar desde allí la temperatura y el tiempo de cada proceso de cocción, se convierte en el vínculo directo del usuario con la máquina para poder saber qué pasa en cualquier momento del proceso. Es decir, la retroalimentación visual está presente en todo momento y se refuerza con la aparición de los mensajes de error y advertencia, según lo que esté sucediendo.

En la configuración formal del tablero de control, se resalta el hecho de brindar al usuario una ubicación predilecta para la manipulación de la pantalla según su posición y se respetaron de igual manera, los principios ergonómicos de rotación para pantallas visuales en posición bípeda.

En general, se logró configurar una propuesta integral de rediseño del tablero de control con resultados positivos y gran aceptación por parte de los usuarios. A modo de sugerencia, se puede seguir desarrollando la propuesta formal, de modo que se logre reducir el tamaño de los componentes eléctricos y electrónicos para configurar un tablero más compacto y de esa manera reducir costos de producción y materiales.

9. Conclusiones

Como conclusión, el presente proyecto logró el rediseño del tablero de información y control de la marmita en cuanto a interfaz y configuración formal, y mejoró en gran medida la interacción operario máquina, ya que, de acuerdo a las pruebas realizadas y los resultados de las mismas, más del 50 % de usuarios expresó que la interacción fue más simple y atractiva, como se evidencia en las encuestas. El diseño produjo, además, la disminución de porcentaje de error durante su funcionamiento, ya que los participantes lograron intuir de la información mostrada cómo accionar la máquina correctamente con menor cantidad de intentos para ponerla en funcionamiento.

Así mismo, se logró identificar y definir los factores principalmente formales-expresivos que obstaculizaron la interacción operario máquina, basados en el análisis de contexto de uso de la Ecook Steam mediante la aplicación del método de observación y la medición de los tiempos de ejecución por parte del usuario al interactuar con la máquina. Dicho análisis junto a las entrevistas y pruebas de usuario, permitieron además conocer la forma en la que los usuarios percibían la información y la lectura de la misma para desarrollar una propuesta bien estructurada en referencia al sistema de mandos y control, de modo que la misma facilitara su uso.

Referencias bibliográficas

- Acosta, A. M. (2017). Guía de medición de usabilidad para productos físicos. Universidad Industrial de Santander.
- Alberto, J., & Merinero, S. (1996). Las Normas Técnicas ISO 9241 y EN 29241 sobre pantallas de visualización. *Mapfre Seguridad*, 62, 11. Retrieved from https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/pt/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1018137
- Ávila, R., Prado, L., & Gonzáles, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Brown, D. (2011). *Communicating Design: Developing Web Site Documentation for Design and Planning* (Second Edi). New Riders.
- DNP. (2004). Departamento Nacional de Planeación. Retrieved June 5, 2015, from [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo Empresarial/Azucar.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo+Empresarial/Azucar.pdf)
- EMERSON Climate Technologies. (n.d.). EMERSON Climate. Retrieved May 7, 2017, from [http://s3.supplyhouse.com/product_files/White Rodgers - 36J55-214 - Product Overview.pdf](http://s3.supplyhouse.com/product_files/White+Rodgers+-+36J55-214+-+Product+Overview.pdf)
- Fidalgo Vega, M., & Nogareda Cuixart, C. (2001). NTP 602: El diseño ergonómico del puesto de trabajo con pantallas de visualización: el equipo de trabajo. *Instituto Nacional de Seguridad E Higiene En El Trabajo.*, 1–8. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_602.pdf

- García, G. (2002). *La Ergonomía Desde La Visión Sistémica*. Bogotá: Unibiblos. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/251231320>
- Garret, J. J. (2010). *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. New Riders.
- Hackos, J. T., & Redish, J. C. (1998). *User and task analysis for interface design*. Nueva York: Wiley.
- Honeywell Inc. (1995). S8910U Módulo Universal de Ignición de. Retrieved May 7, 2017, from <https://customer.honeywell.com/resources/Techlit/TechLitDocuments/68-0000s/68-0161S.pdf>
- INSHT. (1982). NTP 15: Construcción de una escala de actitudes tipo Likert, 1–5. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_015.pdf
- INSHT. (1997). NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1997). *Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización*, 1–76. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/normastecnicaspvd.pdf
- Lara Rosano, F. (2006). *El Enfoque Sistémico como Enfoque Transdisciplinario*. Mesa de Fundamentos Hermeneúticos de Un Diálogo Interdisciplinario.
- Luna, L. (2004). *Revista Digital Universitaria*. El Diseño De Interfaz Gráfica De Usuario Para Publicaciones Digitales, 5, 12. Retrieved from <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num7/art44/art44.htm>

- Manrique, V. J. (2011). Diseño y construcción de una marmita autogeneradora de vapor, a gas natural, como alternativa para la reconversión tecnológica de la industria del bocadillo en Vélez, Santander. Universidad Industrial de Santander.
- Maradei, M. F., & Espinel, F. M. (2009). Ergonomía para el diseño (1st ed.). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Mendoza, J. (2013). Ergonomía 108. Retrieved April 30, 2017, from <http://ergonomia108.blogspot.com.co/2013/10/21-concepto-y-clasificacion-de-tableros.html>
- Mendoza López, P. (2006). Lineamientos de diseño de información para el desarrollo de sitios educativos en Internet. Universidad de las Américas Puebla. Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/ldf/mendoza_1_p/
- Montero, Y. H., & Santamaría, S. O. (2009). Informe APEI de Usabilidad. Gijón: Asociación Profesional de Especialistas en Información.
- Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. New York. <https://doi.org/10.1145/169059.169166>
- Norman, D. A. (1990). La psicología de los objetos cotidianos (Primera Ed). San Sebastián-Donostia, España: Editorial NEREA.
- Oborne, D. J. (1990). Ergonomía en acción: la adaptación del medio de trabajo al hombre. México D.F: Trillas.
- OMEGA Engineering cia. (2017). Omega. Retrieved May 7, 2017, from <http://www.omega.com/prodinfo/rtd.html>
- Ponsa, P., & Granollers, A. (2007a). Diseño de pantalla, 1–10. Retrieved from <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/pantalla.pdf>

Ponsa, P., & Granollers, A. (2007b). Diseño y Automatización Industrial, 30. Retrieved from <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

Real Academia Española. (n.d.). Diccionario de la lengua española. Retrieved April 25, 2017, from <http://www.rae.es/rae.html>

Saavedra, A. C. (2013). Rediseño de sistema de interrelación (interfaz) y dispositivos de mano para equipo de electroporación facial y corporal, electroporex, para la empresa.

Universidad Industrial de Santander.




Unitronics. (2016). Unitronics. Retrieved May 7, 2017, from <https://unitronicsplc.com/sambaserie-samba43/>

WikiSysop. (2009). EcuRed: Enciclopedia cubana. Retrieved April 5, 2017, from https://www.ecured.cu/Diseño_de_Interfaces_de_Usuario

Apéndices

Apéndice A. Primer test de usuario

Cuestionario de Uso

Nombre: Juan F. Alfonso S. Edad: 28

Usuario 57

Luego de utilizar la marmita autogeneradora de vapor Ecook MAV-40, por favor conteste las siguientes preguntas marcando la casilla con el número que considere según su experiencia.

*Al lado derecho de la tabla encontrará la valoración para cada número.

| ENUNCIADO | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 |
|---|----|----|---|---|---|
| La marmita es fácil de encender/apagar | | | | X | |
| La pantalla me muestra todo lo que necesito saber para poner a funcionar la marmita | | | X | | |
| Entiendo claramente lo que me indica la pantalla | | | X | | |
| Puedo graduar fácilmente la temperatura y tiempo con facilidad | | | X | | |
| Puedo identificar cuando algo en el sistema está fallando | | X | | | |

-2: Totalmente en desacuerdo
 -1: Parcialmente en desacuerdo
 0: Ni en acuerdo ni en desacuerdo
 1: Parcialmente en acuerdo
 2: Totalmente de acuerdo

Apéndice B. Visita a cocinas del área de comedores en la Universidad Industrial de Santander



Apéndice C. Primer cuestionario de Satisfacción

Cuestionario de satisfacción



Buen día, mi nombre es Denis Gómez y soy estudiante de último semestre de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente me encuentro desarrollando el tablero de control para una marmita autogeneradora de vapor a gas natural como proyecto de grado. Los datos obtenidos del siguiente cuestionario, serán tomados en cuenta para determinar la importancia para los usuarios de los atributos de diseño para el tablero de control.

1. ¿Cómo se siente si la marmita **incorpora** un tablero de control digital?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | X | | | |

2. ¿Cómo se siente si la marmita **no incorpora** un tablero de control digital?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | | X | |

Jhon

3. ¿Cómo se siente si la marmita **incorpora** una alarma sonora?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | X | | |

4. ¿Cómo se siente si la marmita **no incorpora** una alarma sonora?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | | X | |

5. ¿Cómo se siente si la marmita **incorpora** una alarma visual?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | X | | | |

6. ¿Cómo se siente si la marmita **no incorpora** una alarma visual?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | | | X |

7. ¿Cómo se siente si la marmita **incorpora** un temporizador para el control de cada preparación?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | X | | | |

8. ¿Cómo se siente si la marmita **no incorpora** un temporizador para el control de cada preparación?

| Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
|----------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | | X | |

- No hay un mensaje o advertencia de flujo de gas al iniciar el proceso, sólo cuando hay fuego
- No hay un indicador de nivel de agua adecuado

Apéndice D. Tiempos de ejecución de cada tarea (Primera prueba)

| | TAREAS | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|--|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | Abrir válvula de gas | Encender la marmita | Programar temperatura de Cocción | Programar tiempo de cocción | Iniciar proceso | Tiempo Total | |
| Usuario 1 | 6 | 11 | 65 | 31 | 3 | 116 | Tiempo de Ejecución (Segundos) |
| Usuario 2 | 3 | 3 | 10 | 17 | 8 | 41 | |
| Usuario 3 | 1 | 3 | 12 | 11 | 4 | 31 | |
| Usuario 4 | 2 | 4 | 17 | 40 | 9 | 72 | |
| Usuario 5 | 4 | 17 | 20 | 16 | 2 | 59 | |
| Usuario 6 | 2 | 3 | 66 | 27 | 4 | 102 | |
| Usuario 7 | 6 | 5 | 38 | 10 | 7 | 66 | |
| Promedio | 3.4 | 6.6 | 32.6 | 21.7 | 5.3 | 70 | |

Apéndice E. Resultados Modelo de Kano

| Funcional | | Disfuncional | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| Funcional | Me gusta | | 2.6.7.9-A | | | |
| | Debería incorporarlo | | | 3.4-I | 8.1 | 0-O |
| | Normal | | 1-I | | | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | 5-INV | | | | |

| Funcional | | Disfuncional | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| Funcional | Me gusta | | 2-A | | | |
| | Debería incorporarlo | | | 7-I | 6-I | 1.3.5.8.9-O |
| | Normal | | | 10-I | 4-I | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | | | | |

| FUNCIONAL | | DISFUNCIONAL | | | | |
|---------------|----------------------|--------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| Alarma visual | | | 7- | | | |
| | Me gusta | | | 10-I | | |
| | Debería incorporarlo | 2-A | | | | |
| | Normal | | | 1-I | | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | | | 3.4. 8-O | |
| FUNCIONAL | | DISFUNCIONAL | | | | |
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| Temporizador | | | | | | |
| | Me gusta | | | | | |
| | Debería incorporarlo | | | | | |
| | Normal | | | 5-I | | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | | | | |
| | Me gusta | | | | | |
| | Debería incorporarlo | 2.7-A | | | | |
| | Normal | | | | | |
| | Puedo tolerarlo | | 3.4.6 -I | | | |
| | No me gusta | | 8-O | | | |
| | Me gusta | | | | | |
| | Debería incorporarlo | | | | | |
| | Normal | | | | | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | 1.9.10 -U | | | | |

| Funcional | | Disfuncional | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| Funcional | Me gusta | | xxxx | | | |
| | Debería incorporarlo | | | | xx | xx |
| | Normal | | x | | | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | x | | | |

| Funcional | | Disfuncional | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| Funcional | Me gusta | | x | | | |
| | Debería incorporarlo | | | | | xxxxx |
| | Normal | | | x | x | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | | | | |

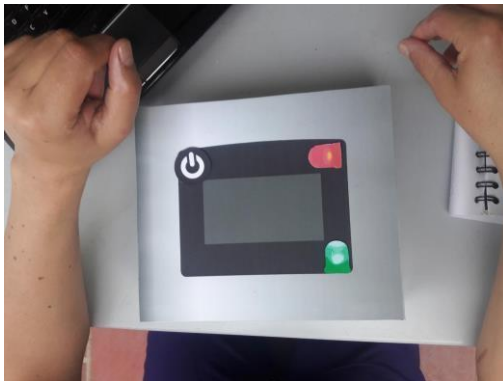
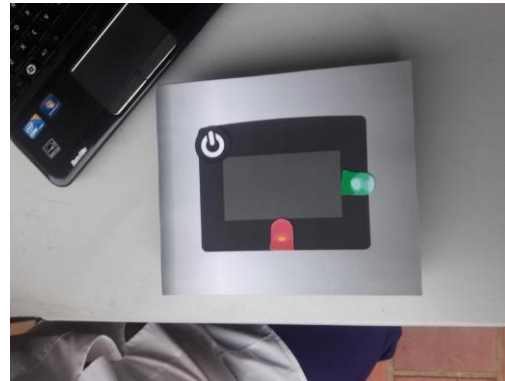
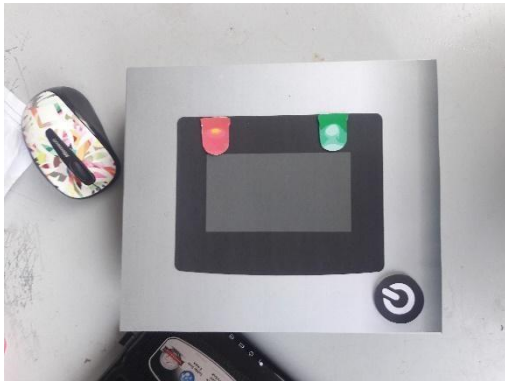
| ALARMA VISUAL | | DISFUNCIONAL | | | | |
|---------------|----------------------|--------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| FUNCIONAL | Me gusta | | x | | xxx | |
| | Debería incorporarlo | x | | | | xxx |
| | Normal | | | x | x | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | | | | |
| TEMPORIZADOR | | DISFUNCIONAL | | | | |
| | | Me gusta | Debería incorporarlo | Normal | Puedo tolerarlo | No me gusta |
| FUNCIONAL | Me gusta | | xx | | | xxx |
| | Debería incorporarlo | | | | | x |
| | Normal | | | x | | |
| | Puedo tolerarlo | | | | | |
| | No me gusta | | | | | |

Apéndice F. Ficha técnica PLC SAMBA SM35-J-T20

| SAMBA | |
|---|--|
| Article Number | SM35-J-R20 |
| | SM43-J-R20 |
| | New SM70-J-R20 |
| | SM35-J-T20 |
| | SM43-J-T20 |
| | New SM70-J-T20 |
| | 10 Digital Inputs 2 Digital /Analog 8 Relay Outputs |
| | 10 Digital Inputs 2 Digital /Analog 8 Transistor Outputs |
| Inputs | |
| Digital | 12 |
| HSC/Shaft-Encoder/Max. Freq. Measure ^{2,3} | 1 32-bit 30 kHz |
| Analog | 2: 10-bit, 0-10v 0-20mA, 4-20mA |
| | 2: 10-bit, 0-10v 0-20mA, 4-20mA |
| Outputs | |
| Digital | 8 relay |
| High-Speed Outputs/PWM | None |
| Analog | 8 pnp Outputs 0 to 6 can be used as PWM outputs 0.5 kHz |
| I/O Expansion | None |
| | Remote I/Os via CANbus |
| Program | |
| Application Memory SM35 SM43 New SM70 | Application Logic: 112kb Images: 1 MB - Fonts: 512 k Application Logic: 112kb Images: 2 MB - Fonts: 512 k Application Logic: 112kb Images: 5 MB - Fonts: 512 k |
| Scan Time | 15µs per 1K of typical application |
| Memory Operands | 512 coils, 256 registers, 32 long integers (32-bit), 32 double words (32-bit unsigned), 24 floats, 32 timers (32-bit), 16 counters. Additional non-retainable operands: 64 X-bits, 32 X-integers, 16 X-long integers, 16 X-double words |
| Data Tables | 32K dynamic RAM data (recipe parameters, datalogs, etc.), up to 16K fixed data |
| SD Card (Micro) | None |
| Enhanced Features | Trends: graph any value and display on HMI String Library: instantly switch HMI language |
| Operator Panel | |
| Type & Colors | TFT LCD - 65,536 colors - 16 bit resolution- Brightness - Adjustable via touchscreen or software |
| Display SM35 SM43 New SM70 | Resolution: 320 x 240 pixels- Size: 3.5" (QVGA) Resolution: 480 x 272 pixels- Size: 4.3" Resolution: 800 x 480 pixels- Size: 7" |
| Touchscreen | Resistive, Analog |
| Keys | Displays virtual keyboard when the application requires data entry |
| General | |
| Power Supply | 24VDC |
| Battery | 7 years typical at 25°C, battery back-up for RTC and system data, including variable data |
| Clock | Real-time clock functions (date and time) |
| Environment | NEMA4X/IP66/IP65 (when panel mounted) |
| Standard | CE, UL Many of our products are also UL Class 1 Div 2 and GOST certified - please contact Unitronics |

¹ When selecting NPN for the digital inputs, the 2 Analog inputs cannot be used.
² Certain inputs can function as high-speed counters, shaft-encoder inputs, or normal digital inputs.
³ This specification depends on cable length.

Apéndice G. Resultados pruebas de distribución de elementos de control e indicadores en pantalla.



Apéndice H. Hoja de resultados para la aplicación de la Guía de Usabilidad

HOJA DE RESPUESTAS

Métodos escogidos:

A5 → Lista de comprobación

Herramientas escogidas:

Modelado 3D, USE, PHE, NHE, PHEU, QUIS,
PUTQ, NAU, DRUM, SUMI, PROKUS.

Apéndice I. Protocolo para la aplicación del método heurístico – Interfaz Gráfica

PROTOCOLO

Objetivo de la prueba

Determinar cuáles alternativas son más efectivas y causan mayor satisfacción para la interfaz del tablero de control, de acuerdo a los criterios de usabilidad.

Participantes

Adultos entre los 20 y 50 años de sexo masculino y femenino, con conocimientos en diseño de productos y/o de interfaces.

- **Muestra:** 3 personas

Materiales

Alternativas impresas.

Hoja de indicaciones para los participantes.

Cuestionario de evaluación para cada alternativa.

Bolígrafo

Variables

- **Variables dependientes:**

Número de tratamientos: 3 alternativas de diseño que se evaluarán en 3 partes, el usuario calificará los atributos de acuerdo a su conformidad; cada parte tiene un espacio para que el usuario experto exprese su opinión libremente.

- **Variables independientes:**

Se evaluará la aceptación de las alternativas, de acuerdo a la conformidad expresada en las respuestas del cuestionario Apéndice de los participantes expertos en diseño.

Tareas

Se le pedirá al usuario desarrollar el cuestionario según las indicaciones dadas.

PROCEDIMIENTO

1. Se da inicio haciendo una presentación por parte del evaluador y una breve introducción para contextualizar al participante.

Introducción

Soy estudiante de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente me encuentro desarrollando el tablero de control para una marmita autogeneradora de vapor a gas natural como proyecto de grado. Los datos obtenidos del siguiente cuestionario, serán tomados en cuenta para determinar la interfaz del sistema.

Contexto

Una marmita es un recipiente diseñado con doble pared en acero inoxidable, perteneciente a la familia de las ollas; generalmente se usa en procesos industriales para la cocción de grandes cantidades de alimentos mediante el uso de calor de vapor, lo que hace el proceso de cocción más eficiente y rápido.

El tablero de control se incorpora como una parte principal de la marmita; este carece de información y organización de los controles para poder manipular la marmita fácilmente. Por esta razón es necesaria la intervención para la mejora de las características de usabilidad en la interfaz.

Las tareas a realizar en la pantalla para la operación de la marmita son: Programar tiempo y temperatura (la T° máx. permitida es de 100 °c) y encender el agitador (esto depende de la necesidad de cada preparación y no es indispensable para cada momento del proceso). Además se debe supervisar temperatura, tiempo y presión (Presión máx. para el funcionamiento normal, entre 20-25 psi) durante su funcionamiento.

2. Se entrega a cada participante las alternativas y el cuestionario para su respectiva calificación.
3. Se finaliza la prueba agradeciendo la participación del usuario.

Apéndice J. Prueba de selección para la Interfaz Gráfica



PRUEBA DE SELECCIÓN DE LA INTERFAZ PARA EL TABLERO DE CONTROL DE LA MARMITA ECOOK STEAM MAV-40

Soy estudiante de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente me encuentro desarrollando el tablero de control para una marmita autogeneradora de vapor a gas natural como proyecto de grado. Los datos obtenidos del siguiente cuestionario, serán tomados en cuenta para determinar la interfaz del sistema.

Nombre: Luis Edwino Barbosa R Edad: 34
 Sexo: F() M(x) Ocupación: Profesor Investigador

¿En qué áreas tiene conocimiento? Marque con una "x"

- Diseño y desarrollo de productos
- Usabilidad
- Diseño de Interfaces

Por favor marque los números que mejor reflejen sus impresiones sobre cada alternativa.

NA= No Aplica

PARTE 1

| | Desacuerdo | | | | | De acuerdo | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|---|------------|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA | | | | |
| 1. Diseño Visual | | | | | | | | | | |
| 1.1 El diseño posee elementos con cualidades similares. | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | NA | | | | |
| 1.2 El diseño tiene formas armónicas. | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | NA | | | | |
| 1.3 El diseño posee elementos que se asocian gracias a su proximidad. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | |
| 1.4 Los elementos del diseño se perciben de manera simple. | <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 3 | 4 | 5 | NA | | | | |
| 1.5 La forma del diseño corresponde a la función | <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 3 | 4 | 5 | NA | | | | |
| 1.6 Los íconos se perciben con claridad. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | |
| 1.7 La combinación de colores es agradable. | <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 3 | 4 | 5 | NA | | | | |

Por favor escriba sus comentarios acerca del diseño visual



PARTE 2

NA= No Aplica

ALTERNATIVAS

| | Desacuerdo | | | | | De acuerdo | | | | |
|--|------------|--------------|--------------|--------------|---|------------|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. Pantallas | | | | | | | | | | |
| 2.1 Los caracteres son fáciles de leer. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 2.2 Las imágenes se ven con claridad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 2.3 El diseño de las pantallas son acertados. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 2.4 La cantidad de información de las pantallas es adecuada. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 2.5 La disposición de la información en las pantallas es lógica. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 2.6 La secuencia de las pantallas es clara. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 2.7 La progresión en las pantallas es coherente con las tareas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |

Por favor escriba sus comentarios acerca de las pantallas

PARTE 3

NA= No Aplica

| | Desacuerdo | | | | | De acuerdo | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---|------------|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. Terminología e información del sistema | | | | | | | | | | |
| 3.1 El uso de la terminología en todo el sistema es consistente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 3.2 La terminología usada se encuentra dentro del contexto del producto. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 3.3 Los mensajes de error son útiles. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 3.4 Los mensajes que aparecen en la pantalla son claros. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 3.5 La posición de los mensajes en la pantalla son fáciles de ver. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |
| 3.6 La formulación de los mensajes es agradable. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | NA |

Por favor escriba sus comentarios acerca de la terminología e información del sistema



ALTERNATIVA 2

PARTE 1

| | Desacuerdo | | | | | De acuerdo | | | | | |
|---|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|---|------------|--|--|--|--|--|
| 1. Diseño Visual | | | | | | | | | | | |
| 1.1 El diseño posee elementos con cualidades similares. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 1.2 El diseño tiene formas armónicas. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 1.3 El diseño posee elementos que se asocian gracias a su proximidad. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 1.4 Los elementos del diseño se perciben de manera simple. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 1.5 La forma del diseño corresponde a la función | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 1.6 Los íconos se perciben con claridad. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 1.7 La combinación de colores es agradable. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | | |

Por favor escriba sus comentarios acerca del diseño visual

PARTE 2

NA= No Aplica

| | Desacuerdo | | | | | De acuerdo | | | | | |
|--|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|------------|--|--|--|--|--|
| 2. Pantallas | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Los caracteres son fáciles de leer. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 2.2 Las imágenes se ven con claridad. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 2.3 El diseño de las pantallas son acertados. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 2.4 La cantidad de información de las pantallas es adecuada. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA | | | | | |
| 2.5 La disposición de la información en las pantallas es lógica. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 2.6 La secuencia de las pantallas es clara. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |
| 2.7 La progresión en las pantallas es coherente con las tareas. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA | | | | | |

Por favor escriba sus comentarios acerca de las pantallas

PARTE 3

NA= No Aplica



| 3. Terminología e información del sistema | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---|----|
| 3.1 El uso de la terminología en todo el sistema es consistente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 3.2 La terminología usada se encuentra dentro del contexto del producto. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 3.3 Los mensajes de error son útiles. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 3.4 Los mensajes que aparecen en la pantalla son claros. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 3.5 La posición de los mensajes en la pantalla son fáciles de ver. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 3.6 La formulación de los mensajes es agradable. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |



Por favor escriba sus comentarios acerca de la terminología e información del sistema

ALTERNATIVA 3

PARTE 1



| 1. Diseño Visual | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|---|---|----|
| 1.1 El diseño posee elementos con cualidades similares. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.2 El diseño tiene formas armónicas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.3 El diseño posee elementos que se asocian gracias a su proximidad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.4 Los elementos del diseño se perciben de manera simple. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.5 La forma del diseño corresponde a la función | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.6 Los íconos se perciben con claridad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.7 La combinación de colores es agradable. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |



Por favor escriba sus comentarios acerca del diseño visual

PARTE 2

NA= No Aplica



| 2. Pantallas | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|----|
| 2.1 Los caracteres son fáciles de leer. | <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2.2 Las imágenes se ven con claridad. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2.3 El diseño de las pantallas son acertados. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2.4 La cantidad de información de las pantallas es adecuada. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |
| 2.5 La disposición de la información en las pantallas es lógica. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2.6 La secuencia de las pantallas es clara. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 2.7 La progresión en las pantallas es coherente con las tareas. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |



Por favor escriba sus comentarios acerca de las pantallas

PARTE 3

NA= No Aplica



| 3. Terminología e información del sistema | | | | | | |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|----|
| 3.1 El uso de la terminología en todo el sistema es consistente. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |
| 3.2 La terminología usada se encuentra dentro del contexto del producto. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |
| 3.3 Los mensajes de error son útiles. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 3.4 Los mensajes que aparecen en la pantalla son claros. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 3.5 La posición de los mensajes en la pantalla son fáciles de ver. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 3.6 La formulación de los mensajes es agradable. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA |



Por favor escriba sus comentarios acerca de la terminología e información del sistema

Apéndice K. Protocolo para la aplicación del método heurístico – Configuración Formal

PROTOCOLO

Objetivo de la prueba

Determinar cuál es la alternativa más conveniente para la forma del panel de control, de acuerdo al criterio de los principios de diseño.

Participantes

Adultos entre los 20 y 50 años de sexo masculino y femenino, con conocimientos en diseño de productos.

- **Muestra:** 5 personas

Materiales

Alternativas impresas.

Hoja de indicaciones para los participantes.

Cuestionario de evaluación según los principios heurísticos de Donald Norman para cada alternativa.

Bolígrafo

Variables

- **Variables dependientes:**

Número de tratamientos: 3 alternativas de diseño para evaluar en una fase que incluye 2 aspectos (visibilidad y topología), en la cual el participante calificará los atributos del diseño formal.

- **Variables independientes:**

Se evaluará la aceptación de las alternativas, de acuerdo a la conformidad expresada en las respuestas del cuestionario Apéndice de los participantes expertos en diseño.

Tareas

Se le pedirá al usuario desarrollar el cuestionario según las indicaciones dadas.

PROCEDIMIENTO

1. Se da inicio haciendo una presentación por parte del evaluador y una breve introducción para contextualizar al participante.
- 2.

Introducción

Soy estudiante de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente me encuentro desarrollando el tablero de control para una marmita autogeneradora de vapor a gas

natural como proyecto de grado. Los datos obtenidos del siguiente cuestionario, serán tomados en cuenta para determinar las características formales del panel de control.

Contexto

Una marmita es un recipiente diseñado con doble pared en acero inoxidable, perteneciente a la familia de las ollas; generalmente se usa en procesos industriales para la cocción de grandes cantidades de alimentos mediante el uso de calor de vapor, lo que hace el proceso de cocción más eficiente y rápida.

El panel de control se incorpora como una parte principal de la marmita, es por esto que es importante crearlo para que se perciba como un diseño integral y no como un ente añadido.

2. Se entrega a cada participante las alternativas y el cuestionario para su respectiva calificación.
3. Se finaliza la prueba agradeciendo la participación del usuario.

Apéndice L. Prueba de selección para la Configuración Formal



PRUEBA DE SELECCIÓN FORMAL PARA EL TABLERO DE CONTROL DE LA MARMITA ECOOK STEAM MAV-40

Soy estudiante de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente me encuentro desarrollando el tablero de control para una marmita autogeneradora de vapor a gas natural como proyecto de grado. Los datos obtenidos del siguiente cuestionario, serán tomados en cuenta para determinar las características formales del panel de control.

Nombre: Alexis Villamizar Cárdenas Edad: 27

Sexo: F() M(X) Ocupación: Disenador Industrial

¿En qué áreas tiene conocimiento? Marque con una "x"

- Diseño y desarrollo de productos
- Usabilidad
- Otros

Por favor marque los números que mejor reflejen sus impresiones sobre el diseño de cada alternativa.

Alternativa 1

NA= No Aplica



| 1. Visibilidad | | | | | | |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|----|
| 1.1 El diseño posee elementos con cualidades similares. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 1.2 El diseño se percibe como estable y con gravedad. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |
| 1.3 El diseño tiene formas armónicas y claras. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 1.4 Los elementos del diseño se perciben de manera simple. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |
| 1.5 El diseño posee elementos que dada su ubicación se perciben como un solo contorno. | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |
| 1.6 El diseño posee formas agradables. | 1 | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 5 | NA |
| 1.7 El diseño constituye una buena arquitectura del producto. | 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2. Topología | | | | | | |
| 2.1 La forma del diseño corresponde a la función | 1 | 2 | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | NA |



ALTERNATIVA 2

NA= No Aplica



| 1. Visibilidad | | | | | | |
|--|---|---|--------------|--------------|---|----|
| 1.1 El diseño posee elementos con cualidades similares. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.2 El diseño se percibe como estable y con gravedad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.3 El diseño tiene formas armónicas y claras. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.4 Los elementos del diseño se perciben de manera simple. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.5 El diseño posee elementos que dada su ubicación se perciben como un solo contorno. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.6 El diseño posee formas agradables. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.7 El diseño constituye una buena arquitectura del producto. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2. Topología | | | | | | |
| 2.1 La forma del diseño corresponde a la función | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |



ALTERNATIVA 3

NA= No Aplica



| 1. Visibilidad | | | | | | |
|--|---|---|---|--------------|--------------|----|
| 1.1 El diseño posee elementos con cualidades similares. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.2 El diseño se percibe como estable y con gravedad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.3 El diseño tiene formas armónicas y claras. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.4 Los elementos del diseño se perciben de manera simple. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.5 El diseño posee elementos que dada su ubicación se perciben como un solo contorno. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.6 El diseño posee formas agradables. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 1.7 El diseño constituye una buena arquitectura del producto. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |
| 2. Topología | | | | | | |
| 2.1 La forma del diseño corresponde a la función | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NA |



Apéndice M. Formato cuestionario de satisfacción final

PREGUNTAS
RESPUESTAS 20

Questionario de Satisfacción

Luego de utilizar la interfaz de la marmita auto generadora de vapor Ecook MAV-40, por favor conteste las siguientes preguntas marcando la casilla con el número que considere según su experiencia.

Nombre *

Texto de respuesta breve

Edad *

Texto de respuesta breve

Marmita Auto generadora de Vapor MAV-40

Entiendo claramente lo que me indica la pantalla *

-2 (Totalmente en desacuerdo)
 -1 (Parcialmente en desacuerdo)
 0 (Ni en acuerdo ni en desacuerdo)
 1 (Parcialmente de acuerdo)
 2 (Totalmente de acuerdo)

La pantalla me muestra todo lo que necesito saber para poner a funcionar la marmita *

-2 (Totalmente en desacuerdo)
 -1 (Parcialmente en desacuerdo)
 0 (Ni en acuerdo ni en desacuerdo)
 1 (Parcialmente de acuerdo)
 2 (Totalmente de acuerdo)

Puedo ajustar temperatura y tiempo con facilidad *


-2 (Totalmente en desacuerdo)
 -1 (Parcialmente en desacuerdo)
 0 (Ni en acuerdo ni en desacuerdo)
 1 (Parcialmente de acuerdo)
 2 (Totalmente de acuerdo)

Para usted, ¿cual alternativa para la organización de los elementos de control fuera del área de la pantalla es la mejor opción?


Alternativa 1
 Alternativa 2
 Alternativa 3

Alternativas de organización


Alternativa 1



Alternativa 2



Alternativa 3



ENVIAR

Apéndice N. Tabla de tiempo gastado por cada usuario durante la realización de las tareas.

| | Programar temperatura de Cocción | Programar tiempo de cocción | Ajustar agitador | Iniciar proceso | Tiempo Total | |
|------------|---|------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|
| Usuario 1 | 11 | 8 | 2 | 1 | 22 | Tiempo en segundos |
| Usuario 2 | 7 | 9 | 2 | 1 | 19 | |
| Usuario 3 | 7 | 7 | 3 | 2 | 19 | |
| Usuario 4 | 5 | 9 | 2 | 1 | 17 | |
| Usuario 5 | 6 | 16 | 8 | 3 | 33 | |
| Usuario 6 | 8 | 8 | 4 | 2 | 22 | |
| Usuario 7 | 5 | 7 | 1 | 1 | 14 | |
| Usuario 9 | 6 | 7 | 2 | 1 | 16 | |
| Usuario 10 | 5 | 6 | 3 | 1 | 15 | |
| Usuario 11 | 7 | 6 | 3 | 2 | 18 | |
| Usuario 12 | 10 | 8 | 1 | 2 | 21 | |
| Usuario 13 | 5 | 6 | 2 | 2 | 15 | |
| Usuario 14 | 6 | 5 | 3 | 2 | 16 | |
| Usuario 15 | 7 | 4 | 1 | 1 | 13 | |
| Usuario 16 | 7 | 5 | 3 | 2 | 17 | |
| Usuario 17 | 6 | 7 | 2 | 1 | 16 | |

TABLERO DE CONTROL PARA LA MARMITA ECOOK STEAM MAV-40

| | Programar temperatura de Cocción | Programar tiempo de cocción | Ajustar agitador | Iniciar proceso | Tiempo Total | |
|------------|---|------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|--|
| Usuario 18 | 6 | 5 | 2 | 1 | 14 | |
| Usuario 19 | 4 | 5 | 1 | 2 | 12 | |
| Usuario 20 | 7 | 8 | 2 | 2 | 19 | |
| Promedio | 7.0 | 9.1 | 3.1 | 1.6 | 21 | |