



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Hermosillo

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE ARQUITECTURA FÍSICA DE UNA URNA
ELECTRÓNICA”**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

GABRIELA JIMÉNEZ GUTIÉRREZ

Director:

DR.GERMÁN RUÍZ DOMÍNGUEZ

Hermosillo Sonora, México

Enero /2019



Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro C.P. 83170 Hermosillo, Sonora
Tel. 01 (662) 2-606500, Ext. 136 e-mail: depi_hermosillo@tecnm.mx
www.tecnm.mx | www.ith.mx





SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Hermosillo



Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro C.P. 83170 Hermosillo, Sonora
Tel. 01 (662) 2-606500, Ext. 136 e-mail: depi_hermosillo@tecnm.mx
www.tecnm.mx | www.ith.mx



ISO 9001:2015
Sistema de Gestión de Calidad Certificado

Índice

| | |
|--|----|
| Capítulo 1. Introducción..... | 1 |
| 1.1 Contexto y antecedentes de la problemática | 1 |
| 1.1.1 Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana..... | 2 |
| 1.2 Definición de la problemática | 5 |
| 1.3 Preguntas de investigación | 5 |
| 1.4 Hipótesis | 6 |
| 1.5 Objetivo general | 6 |
| 1.6 Objetivos específicos | 6 |
| 1.7 Justificación..... | 7 |
| 1.8 Alcances y limitaciones | 7 |
| 1.9 Conclusiones del capítulo | 8 |
| Capítulo 2. Marco Teórico | 9 |
| 2.1 Introducción..... | 9 |
| 2.1.1 Frecuencia de palabras claves | 10 |
| 2.2 Convergencia del conocimiento | 12 |
| 2.3 Diseño de productos | 13 |
| 2.4 Despliegue de la función de calidad..... | 15 |
| 2.5 Tecnología en el diseño de productos..... | 17 |
| 2.6 Evolución internacional del voto electrónico..... | 19 |
| Bélgica | 19 |
| Estonia..... | 20 |
| Estados Unidos | 20 |
| Brasil | 21 |
| Otros países..... | 21 |
| 2.7 Dispositivos antecesores de la urna electrónica | 21 |
| Tarjetas perforadas | 22 |
| Sistemas de escaneo de papeletas de votación | 22 |
| Sistemas de Votación de Registro Electrónico Directo (<i>Direct-recording electronic –DRE- voting system</i>)..... | 23 |
| Sistemas DRE con Comprobante de Auditoría de Papel Verificado por el Votante (<i>Voter Verified Paper Audit Trail – VVPAT</i>) | 23 |
| 2.8 Urnas Electrónicas elaboradas en México | 24 |
| 2.9 Conclusiones del capítulo | 28 |
| Capítulo 3. Materiales y métodos | 29 |
| 3.1 Introducción..... | 29 |
| 3.2 Materiales..... | 29 |
| 3.2.1 Recursos materiales | 29 |
| 3.2.2 Recursos humanos..... | 30 |
| 3.2.3 Recursos informáticos | 31 |
| 3.3 Método | 34 |
| 3.3.1 Fase 0. Planeación | 34 |
| 3.3.2 Fase 1. Desarrollo del concepto | 35 |

| | | |
|-------------|--|----|
| 3.3.3 | Fase 2. Diseño en el nivel sistema | 37 |
| 3.3.4 | Fase 3. Diseño de detalle | 38 |
| 3.3.5 | Fase 4. Pruebas y refinamiento | 39 |
| 3.4 | Conclusiones del capítulo | 40 |
| Capítulo 4. | Resultados | 41 |
| 4.1 | Introducción..... | 41 |
| 4.2 | Fase 0. Planeación..... | 41 |
| 4.3 | Fase 1. Desarrollo del concepto..... | 42 |
| 4.3.1 | Requerimientos del cliente | 42 |
| 4.3.2 | Generación del concepto..... | 43 |
| 4.3.3 | Selección del concepto..... | 45 |
| 4.4 | Fase 2. Diseño en el nivel sistema..... | 46 |
| 4.4.1 | Especificaciones del producto | 46 |
| 4.4.2 | Módulos que conforman la arquitectura de la urna electrónica | 47 |
| 4.4.3 | Comparación contra la competencia | 48 |
| 4.5 | Fase 3. Diseño de detalle..... | 49 |
| 4.5.1 | Componentes de la urna electrónica | 49 |
| 4.5.2 | Diseño de las partes de la carcasa..... | 53 |
| 4.6 | Análisis económico de la urna electrónica | 57 |
| 4.7 | Conclusiones del capítulo | 59 |
| Capítulo 5. | Conclusiones..... | 61 |
| 5.1 | Introducción..... | 61 |
| 5.2 | Conclusiones..... | 61 |
| 5.3 | Trabajos futuros | 63 |
| Capítulo 6. | Referencias bibliográficas | 65 |

Lista de figuras

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1.1 | Funciones del Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora..... | 3 |
| Figura 1.2 | Organigrama del Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora..... | 4 |
| Figura 2.1 | Meta-análisis de la bibliografía en base a Kang et al. (2016)..... | 10 |
| Figura 2.2 | Frecuencia de palabras claves..... | 11 |
| Figura 2.3 | Clasificación de las palabras claves por grupos..... | 12 |
| Figura 2.4 | Convergencia del conocimiento..... | 13 |
| Figura 2.5 | Fases del Proceso Genérico de Desarrollo (Ulrich & Eppinger, 2013)..... | 15 |
| Figura 2.6 | Matriz “Casa de la calidad” (Moubachir & Bouami, 2015)..... | 17 |
| Figura 2.7 | Plataforma web de interacción entre usuarios, diseñadores y fabricante (Zhang et al., 2015)..... | 18 |
| Figura 2.8 | Dispositivos de realidad virtual (Zhang et al., 2015)..... | 19 |
| Figura 2.9 | Prototipo de urna electrónica de la UAM (Universidad Autónoma Metropolitana, 2018)..... | 25 |
| Figura 2.10 | Prototipo de urna electrónica del IEDF (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005)..... | 26 |
| Figura 2.11 | Prototipo de urna electrónica del IEPC del Estado de Coahuila (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005)..... | 27 |
| Figura 2.12 | Urnas electrónicas del Instituto Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Jalisco (Pounce Consulting, 2018)..... | 28 |
| Figura 3.1 | SolidWorks® 2016 Premium..... | 32 |
| Figura 3.2 | Microsoft™ Word 2013..... | 32 |
| Figura 3.3 | Microsoft™ Excel 2013..... | 33 |
| Figura 3.4 | Microsoft™ PowerPoint 2013..... | 34 |
| Figura 3.5 | Formato para la declaración de la misión..... | 34 |
| Figura 3.6 | Formato de la Matriz de Selección..... | 36 |
| Figura 3.7 | Formato para la matriz de necesidades-métricas..... | 38 |
| Figura 3.8 | Formato para la comparación contra la competencia..... | 38 |
| Figura 3.9 | Formato para el listado de componentes..... | 39 |
| Figura 4.1 | Declaración de la misión..... | 42 |
| Figura 4.2 | Modelado de urna electrónica tipo “Kiosco A”..... | 44 |
| Figura 4.3 | Modelado de urna electrónica tipo “Maletín”..... | 44 |
| Figura 4.4 | Modelado de urna electrónica tipo “Kiosco B”..... | 45 |
| Figura 4.5 | Matriz de selección del concepto..... | 46 |
| Figura 4.6 | Matriz necesidades-métricas..... | 47 |
| Figura 4.7 | Arquitectura de la urna electrónica..... | 48 |
| Figura 4.8 | Monitor Elo Touch 10”..... | 51 |
| Figura 4.9 | Pantalla posterior de la urna electrónica..... | 51 |
| Figura 4.10 | Raspberry Pi 3 Modelo B..... | 52 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 4.11 | Microcontrolador Arduino UNO | 52 |
| Figura 4.12 | Impresora Zebra KR-403..... | 52 |
| Figura 4.13 | Transmisor por radiofrecuencia..... | 53 |
| Figura 4.14 | Modelado 3D de tapa frontal | 54 |
| Figura 4.15 | Modelado 3D de tapa posterior | 54 |
| Figura 4.16 | Modelado 3D de tapa lateral | 55 |
| Figura 4.17 | Lista de materiales de la urna electrónica | 56 |
| Figura 4.18 | Modelado 3D de la urna electrónica..... | 56 |
| Figura 4.19 | Sujeción de los componentes internos de la urna electrónica..... | 57 |
| Figura 4.20 | Costos de las piezas a fabricar | 58 |
| Figura 4.21 | Costos totales de la urna electrónica | 59 |

Lista de tablas

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 2.1 | Especificaciones técnicas de urna electrónica UAM (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005)..... | 25 |
| Tabla 2.2 | Especificaciones técnicas de urna electrónica IEDF (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005)..... | 26 |
| Tabla 3.1 | Computadora portátil Dell Inspiron N5110..... | 30 |
| Tabla 3.2 | Herramienta manual, maquinaria y equipo adicional..... | 30 |
| Tabla 4.1 | Listado de los requerimientos del cliente..... | 43 |
| Tabla 4.2 | Comparación con la competencia | 49 |
| Tabla 4.3 | Elementos principales de la urna electrónica | 50 |

Lista de anexos

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Especificaciones técnicas de monitor Elo Touch 10” | 69 |
| Anexo 2. Especificaciones técnicas de tarjeta Raspberry Pi | 70 |
| Anexo 3. Especificaciones técnicas de Arduino UNO | 70 |
| Anexo 4. Plano de pieza “Tapa Frontal” | 71 |
| Anexo 5. Plano de pieza “Tapa Posterior” | 73 |
| Anexo 6. Plano de pieza “Lateral” | 75 |
| Anexo 7. Plano de pieza “Sujetador U” | 76 |
| Anexo 8. Plano de pieza “Sujetador L” | 77 |
| Anexo 9. Proceso de diseño colaborativo de un producto | 78 |
| Anexo 10. Diagrama de Gantt del proyecto “Diseño de arquitectura física de una urna electrónica” | 79 |
| Anexo 11. Cotización de componentes varios..... | 80 |
| Anexo 12. Cotización de hoja de acero A36 | 81 |
| Anexo 13. Fase 1 del QFD | 82 |
| Anexo 14. Fase 2 del QFD | 83 |
| Anexo 15. Modelado 3D de impresora | 84 |
| Anexo 16. Modelado 3D de monitor Elo Touch | 85 |
| Anexo 17. Modelado 3D de Raspberry Pi | 86 |
| Anexo 18. Modelado 3D de Arduino UNO..... | 87 |
| Anexo 19. Modelado 3D de fuente de poder UPS..... | 88 |
| Anexo 20. Modelado 3D de batería..... | 89 |

Dedicatoria

A mi hija Mariela, quien es el motor de mi vida, mi motivación para ser una mejor persona, y mi principal inspiración para realizar este trabajo.

A mi esposo por brindarme su amor y apoyo incondicional.

A mis padres quienes me alientan día a día a seguir superándome profesionalmente.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios, por guiar mis pasos y darme fortaleza en los momentos difíciles.

A mi familia, por su paciencia, comprensión y cariño inigualable.

A mi director de tesis, por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto, por todas las enseñanzas y el esfuerzo brindado para poder culminarlo.

Resumen

El presente trabajo muestra el proceso de desarrollo del diseño físico de una urna electrónica, desde su planeación hasta la construcción 3D. Con la finalidad de satisfacer las necesidades del Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana (IEEyPC) del Estado de Sonora, se desarrollaron en un inicio tres conceptos o alternativas de solución, para posteriormente analizarlas mediante la matriz de Pugh y seleccionar la solución óptima. La carcasa de la solución elegida, está elaborada de lámina de acero A36 de dos mm de grosor; cuenta con una tapa frontal, una tapa posterior y dos tapas laterales. En las tapas frontal y posterior se realizaron barrenos para la sujeción de los componentes internos de la urna, como lo son: impresora, pantalla *Elo Touch 10"*, contenedor de votos, batería, fuente de poder, *Raspberry* y *Arduino*; de tal manera que quedarán fijos a las paredes de la urna electrónica, asegurando con ello su durabilidad.

Se elaboró un listado de costos de los componentes, a fin de obtener un presupuesto general de la urna electrónica ensamblada, y poder brindarle al cliente una visión más amplia de la inversión necesaria para la realización del prototipo físico; ya que este proyecto culmina con el diseño asistido por computadora en tercera dimensión.

Abstract

This thesis shows the process of development of the physical design of an electronic ballot box, from its planning to 3D construction. In order to meet the needs of the “Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana (IEEyPC) del Estado de Sonora”, three concept or solution alternatives were initially developed, to later analyze them using the Pugh matrix and select the optimal solution. The casing of the chosen solution is made of A36 steel sheet, two millimeters thick; it has a front cover, a back cover and two sides covers. In the front and rear covers holes were made for the subjection of the internal components of the ballot box, such as: printer, Elo Touch 10” screen, vote container, battery, power source, Raspberry and Arduino; in such a way that they will be fixed to the walls of the electronic ballot box, thus ensuring its durability.

A list of costs of the components was drawn up, in order to obtain a general budget of the assembled electronic ballot box, and to be able to offer the client a broader vision of the investment necessary for the realization of the physical prototype; since this project culminates with computer-aided design in the third dimension.

Capítulo 1. Introducción

1.1 Contexto y antecedentes de la problemática

Las votaciones en nuestro país tienen una extensa historia, sus antecedentes datan del año 1917, donde se establecieron los primeros organismos electorales. En el Estado de Sonora el instituto encargado de las votaciones electorales inició sus actividades en noviembre del 1993, cuando se reformó la ley electoral en el Congreso del Estado; con la finalidad de que los procesos electorales en la entidad fueran organizados por dicho órgano. Sin embargo, fue hasta principios del año 1994 que empezó de manera oficial sus funciones, comenzando inmediatamente con la obligación de preparar las elecciones para ese periodo. Años más tarde, el 2 de julio del 2011 entró en vigor la Ley de Participación Ciudadana del Estado de Sonora, brindándole a la ciudadanía el derecho a colaborar de forma directa en la toma y ejecución de las decisiones públicas fundamentales, y resolver problemas de interés general.

El proceso electoral en el Estado de Sonora se ha realizado siempre de forma manual, tanto la elección en la papeleta electoral como el escrutinio o conteo de los votos al terminó de las votaciones, provocando con ello que el tiempo de resolución o emisión del dictamen sea bastante tardado. Además, hasta el día de hoy no se tiene registro de que el Instituto Estatal Electoral cuente con un quiosco informativo, en el cual, la ciudadanía pueda recurrir con facilidad a esclarecer dudas de manera confiable y rápida.

En la actualidad, distintos estados de la República Mexicana han creado diferentes prototipos de urnas electrónicas (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005), con la finalidad de innovar el proceso electoral, tal es el caso de Coahuila, Jalisco y el Distrito Federal entre otros, que han fabricado sus propios prototipos de urnas electrónicas. Sin embargo, en el Estado de Sonora aún no se ha creado ningún dispositivo que se asemeje a los ya mencionados.

1.1.1 Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana

El Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana (IEEyPC) es un organismo local, que se encarga de garantizar los derechos de los candidatos y partidos políticos, así mismo, preparar la jornada electoral, imprimir los documentos y materiales electorales; y además, de los escrutinios y cómputos de Gobernador, Diputados y Ayuntamientos, resultados preliminares; y finalmente, de la organización, desarrollo, cómputo y declaración de resultados, en los mecanismos de participación ciudadana que disponga la legislación local. La real academia española define las elecciones como: la emisión de votos para designar cargos políticos o de otra naturaleza; y así mismo, el significado de urna: es una caja para depositar las papeletas en las votaciones secretas (Real Academia Española, 2017).

Los fines que tiene el Instituto Estatal Electoral en el Estado de Sonora son entre otros, apearse rigurosamente a las leyes generales y locales, y así, brindar seguridad a los ciudadanos vigilando el cumplimiento de sus derechos y obligaciones; además, asegurar la celebración periódica y pacífica de las elecciones, y custodiar la autenticidad y efectividad del voto. Ya que como su visión lo indica, se busca “ser un organismo de prestigio nacional con altos índices de confianza en la organización y desarrollo de procesos electorales locales que se consolide como el mayor promotor de la educación cívica, la cultura democrática y la participación ciudadana de los sonorenses” (INSTITUTO ESTATAL ELECTORAL Y DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA, 2018).

1.1.1.1 Funciones principales del IEEyPC

El organismo encargado de las votaciones electorales en el Estado de Sonora posee distintas funciones con el fin de mantener un orden de cada una de ellas. Posee funciones de registro, de asignación, de difusión, de vigilancia, entre otras; que fueron establecidas por la Ley de Instituciones y Procedimientos Electorales para el Estado de Sonora; la totalidad de ellas se ilustran en la figura 1.1 con el objetivo de tener un conocimiento más amplio acerca de la responsabilidad de dicho organismo.

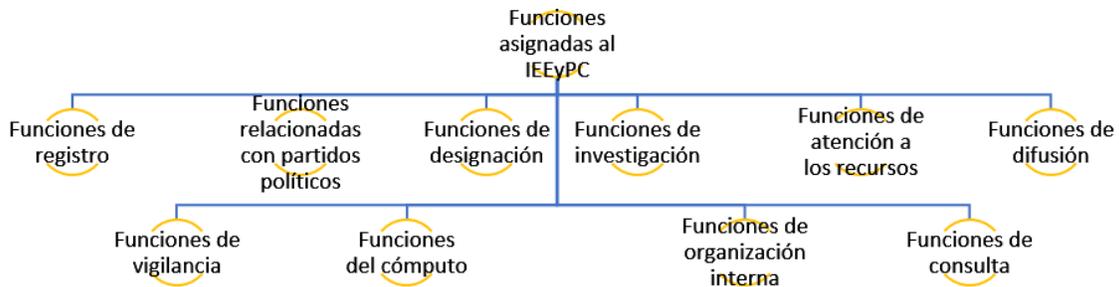


Figura 1.1 Funciones del Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora

1.1.1.2 Estructura organizacional del IEEyPC

La representación gráfica de la estructura del IEEyPC se describe en la figura 1.2, como se puede observar, se cuenta con cinco subdivisiones principales que son: órganos centrales, órganos electorales, direcciones ejecutivas, unidades técnicas, y otros órganos. El órgano central está compuesto por el consejo general, que éste a su vez, se conforma por una consejera presidenta, seis consejeros electorales y un secretario ejecutivo. Los órganos electorales, se componen por los consejos distritales, que son organismos encargados de organizar las elecciones de las diputaciones en el Estado de Sonora, y por los consejos municipales, quienes se encargan de la organización de las elecciones en los ayuntamientos.

La división de direcciones ejecutivas se compone de los siguientes rubros: Administración, que se encarga de cumplir con los acuerdos del Consejo, las comisiones y de la Junta, realizando las notificaciones y aclaraciones correspondientes; Educación cívica y capacitación, quien planea, organiza, dirige, supervisa y evalúa el desarrollo de los programas y acciones internos; Asuntos jurídicos, se encarga de formular dictámenes y opiniones sobre asuntos propios de la dirección ejecutiva que le solicite el consejo, el presidente del consejo, las comisiones, la junta o la secretaria ejecutiva; Organización y logística internacional, organiza acciones con los titulares de otras direcciones ejecutivas, direcciones o de las unidades técnicas, con el fin de que el funcionamiento del Instituto prospere. Finalmente, se encuentra el área de fiscalización, la cual se encarga de asesorar técnicamente a las diversas áreas del Instituto en lo que respecta a la competencia de la dirección ejecutiva.

El apartado de unidades técnicas está compuesto por: Comunicación social, que se encarga, entre otras cosas, de coordinar las ruedas de prensa, conferencias, foros y entrevistas necesarias para la difusión de las actividades institucionales; y Vinculación con el Instituto Nacional Electoral, coordina y supervisa las acciones que realizan las distintas áreas del Instituto en cumplimiento de los convenios celebrados con el Instituto Nacional o cualquier actividad que se realice en conjunto.

La unidad técnica informática, se ocupa de brindar los servicios informáticos, de cómputo y telecomunicación que se necesiten en actividades ordinarias, procesos electorales y procedimientos de participación ciudadana. Por último, se cuenta con la unidad técnica de fomento y participación ciudadana, responsable de la ejecución, seguimiento y evaluación de los programas que apruebe el consejo general para este rubro, y cabe resaltar, que hoy en día tiene a su cargo el desarrollo del proyecto de creación e implementación de urnas electrónicas en convenio con el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

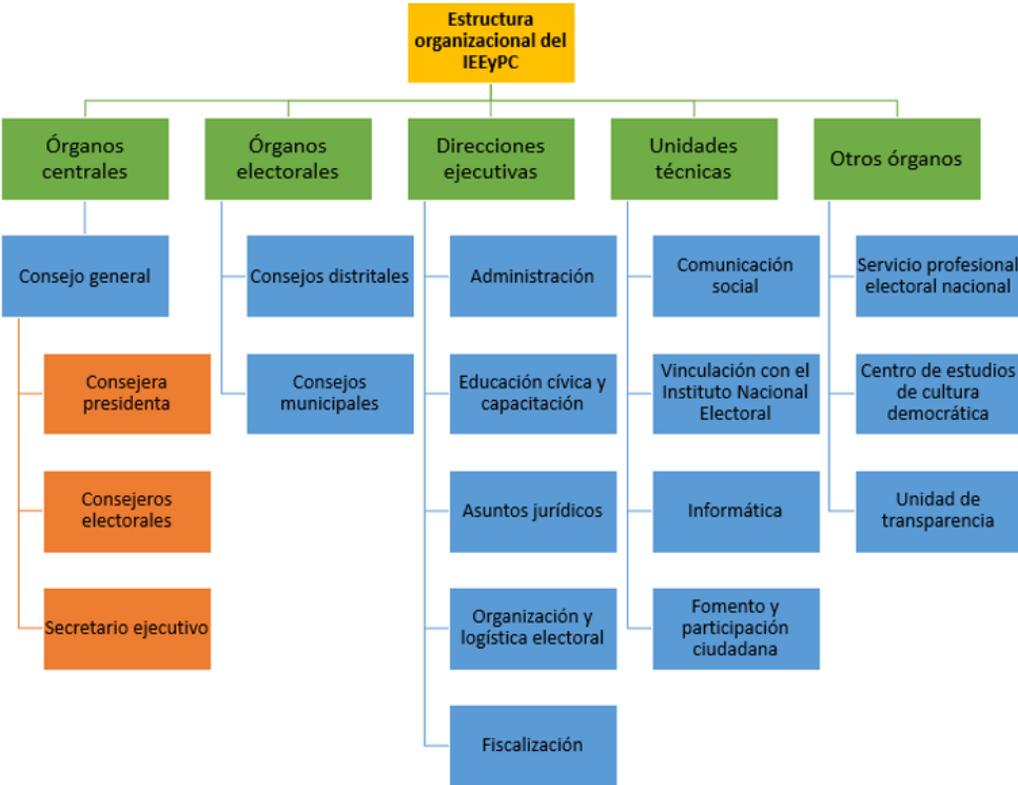


Figura 1.2 Organigrama del Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora

1.2 Definición de la problemática

El Estado de Sonora cuenta con municipios ubicados en zona de sierra alta, por lo que el acceso rápido a estas comunidades se torna difícil, provocando que las urnas de estos municipios, tarden en llegar al lugar de destino donde serán contabilizadas, provocando que se postergue aún más el resultado de las votaciones. El organismo encargado de las votaciones electorales en el Estado de Sonora actualmente no cuenta con una urna electrónica para facilitar el ejercicio electoral y el escrutinio del mismo; es decir, el proceso electoral en Sonora es completamente manual.

Las votaciones en todo el Estado de Sonora, se realizan marcando papeletas con tinta indeleble, para después, una vez marcadas ser depositadas en urnas (cajas selladas), y finalmente, transportarse a un centro donde sean contabilizadas manualmente. Este proceso se utiliza también en la mayoría de los Estados de la República Mexicana, lo que hace que las votaciones sean costosas y tardadas, debido a la gran cantidad de papel y personas que se requieren en el proceso, y el tiempo que demora la emisión de los resultados.

Además, como ya se mencionó, desde el año 2011 la ciudadanía tiene voz y voto en las decisiones de Instituto Estatal Electoral, es por ello, que se planea que la urna electrónica sea utilizada como un medio de información, a través del cual, se realicen encuestas por parte de la población en general con la finalidad de esclarecer dudas referentes al proceso electoral o forma de trabajo del instituto, así mismo, obtener estadísticas referentes a ciertos temas que puedan ser encuestados.

1.3 Preguntas de investigación

Las siguientes preguntas, son los cuestionamientos que se deben responder a lo largo de la investigación:

¿Por qué es necesaria la creación de una urna electrónica?; ¿Cuál será el diseño óptimo para cumplir con las especificaciones requeridas?; ¿Cómo se debe definir la arquitectura del producto, tanto de las partes internas y externas de la urna?; ¿Qué *software* de diseño será útil para realizar un modelado 3D de la urna

electrónica?; ¿Qué materiales se deben tomar en cuenta para la elaboración de la urna?; ¿Qué componentes debe tener la urna electrónica para cumplir con la totalidad de los requerimientos del cliente?; ¿Cuál será el costo total del producto final?; ¿En cuánto tiempo se desarrollará el proyecto?.

1.4 Hipótesis

En base al planteamiento de la problemática que hay que solventar, la hipótesis de la investigación se define de la siguiente manera: **Se puede diseñar una urna electrónica para utilizarla en las votaciones electorales y en encuestas de participación ciudadana.**

1.5 Objetivo general

En el Estado de Sonora actualmente no se cuenta con un dispositivo que realice el conteo automático de los votos electorales, por ello el objetivo de este proyecto es diseñar un dispositivo multifuncional, que por una parte, pueda ser utilizado como quiosco informativo, para aplicar encuestas de participación ciudadana y resolver dudas de la población en general; y por otra parte, sea utilizado como una urna electrónica en el ejercicio electoral, registrando de manera automática el total de votantes y votos de cada elección, de manera rápida, segura y confiable.

1.6 Objetivos específicos

Para la elaboración de la urna electrónica, se tomará en consideración los siguientes objetivos particulares:

- Definir la arquitectura del producto, tanto de las partes internas como de las partes externas que tendrá la urna.
- Aprender a utilizar un *software* de diseño o modelado 3D.
- Determinar el diseño óptimo para cumplir con las especificaciones requeridas.
- Analizar diferentes tipos de materiales, a fin de elegir el que cumpla con los requerimientos por parte del cliente.
- Definir los componentes físicos de la urna electrónica.
- Determinar la metodología a utilizar para desarrollar el proyecto.

- Programar los tiempos para cada actividad del desarrollo del proyecto.
- Estimar el costo total del producto final.

1.7 Justificación

Sonora cuenta con 72 municipios, de los cuales, más del 50% se encuentran en la Sierra (INEGI, 2015), por lo que es difícil y tardado llevar las urnas tanto al lugar de las votaciones como a donde se contarán los votos. En nuestros días, la tecnología se encuentra en todas partes, y siendo las elecciones electorales un proceso largo y costoso es necesario innovarlo. Al implementarse una urna electrónica en el proceso electoral, los resultados se obtendrán de manera inmediata; además se ahorrará una gran cantidad de papel, lo que impactaría de manera favorable al cuidado del medio ambiente. Por consiguiente, se disminuirán los costos de todo el proceso electoral ya que se necesitará menor número de personas.

Con el diseño de la urna electrónica también se reducirán los errores humanos en el escrutinio, ya que cuando una persona está cansada puede fallar más fácilmente a la hora de realizar el conteo; es decir, los humanos a diferencia de las máquinas tienen muchos factores que pueden causar variabilidad en las actividades que están realizando. La urna tendrá un dispositivo que irá contabilizando los votos de manera automática, a fin de que, al terminar el ejercicio electoral, se obtenga de manera casi inmediata el dictamen de las elecciones.

Todos los sonorenses serán beneficiados de cierta manera con el diseño de esta urna electrónica, ya que el dinero que se utiliza para las votaciones se reducirá, y se podrá invertir en otros proyectos para beneficio social y económico de la población del Estado. Además, como se mencionó anteriormente, la urna también servirá como un medio de información cuando no sean tiempos electorales, es decir, estará disponible para consultas y encuestas para la población en general, en los lugares donde la organización electoral lo considere conveniente.

1.8 Alcances y limitaciones

En la elaboración de la urna es importante analizar el tipo de material con que se va fabricar. En Sonora cada año se tienen registradas temperaturas extremas, tanto en

tiempo de frío como en tiempo de calor a lo largo del año. Por ello, el material de la carcasa debe ser resistente a los cambios drásticos de temperatura, para que no se vea afectada la funcionalidad del equipo. Otro punto a considerar, es que sea un material ligero, ya que se busca que su transportación sea fácil, debido a que la urna no tendrá un lugar fijo, sino que andará de un lado a otro donde se requiera. Se tiene que investigar acerca de las propiedades de los materiales, para elegir el material óptimo para la fabricación de la carcasa, ya que es la parte más voluminosa de la urna electrónica.

El diseñador tiene que especializarse en un *software* de diseño para modelar el producto final, es decir, realizar un prototipo 3D de la arquitectura física de la urna e ir modificando el modelo hasta lograr el diseño óptimo, añadiendo la totalidad de los componentes internos a la carcasa. Al término de este proyecto se tendrá cuando menos un prototipo real de la urna electrónica, que cumpla con las especificaciones del cliente, y que será empleado inicialmente como quiosco informativo, para realizar encuestas de participación ciudadana, y posteriormente cuando se lleguen los tiempos electorales, será utilizado a modo de prueba en las votaciones.

1.9 Conclusiones del capítulo

La problemática que se quiere solucionar ha quedado establecida en este capítulo; con la definición de la hipótesis y objetivos claves, es momento de investigar bibliografía relacionada, para ver cuál es la mejor manera de atacar dicha temática. A lo largo de los siguientes apartados se irán resolviendo las preguntas de investigación que se asentaron para el presente proyecto. Cabe resaltar que se trabajará de la mano con la unidad técnica informática del Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana, mediante un convenio establecido entre el Instituto Tecnológico de Hermosillo y el IEEyPC, para el buen desarrollo y finalización del proyecto.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Introducción

El marco teórico que fundamenta esta investigación, permitirá conocer los conceptos básicos para el desarrollo de este proyecto, de manera que el lector tenga una idea más clara acerca del tema. En primera instancia, se describirá un metaconocimiento sobre la revisión de literatura a lo largo de los últimos once años; posteriormente, se presentará información relevante de los dispositivos antecesores a la urna electrónica; y finalmente las urnas electrónicas o prototipos que han sido elaborados en México.

La metodología utilizada en la búsqueda de información para este capítulo se basa en Kang et al. (2016) y se resume en la figura 2.1. Se comienza con una búsqueda y revisión de los artículos en general, con la finalidad de obtener información relacionada con el tema que se está investigando, definiendo para ello un lapso de tiempo, que en este caso son de los últimos once años. Lo anterior para asegurarse de realizar una revisión de la literatura actualizada en el tiempo. Seguido, se hace una clasificación y selección de la información encontrada en el paso anterior, comenzando por definir cinco palabras claves que ayudarán a seleccionar los artículos que cuenten con alguna de ellas. Se organizarán los artículos que contengan las palabras claves y se dividirán en tres grupos, para un análisis más detallado, dichos grupos serán combinaciones de dos o más palabras claves, los cuales se explicarán en una sección posterior. Finalmente, se analizará y discutirá la información seleccionada para ser incluida en esta tesis de grado.

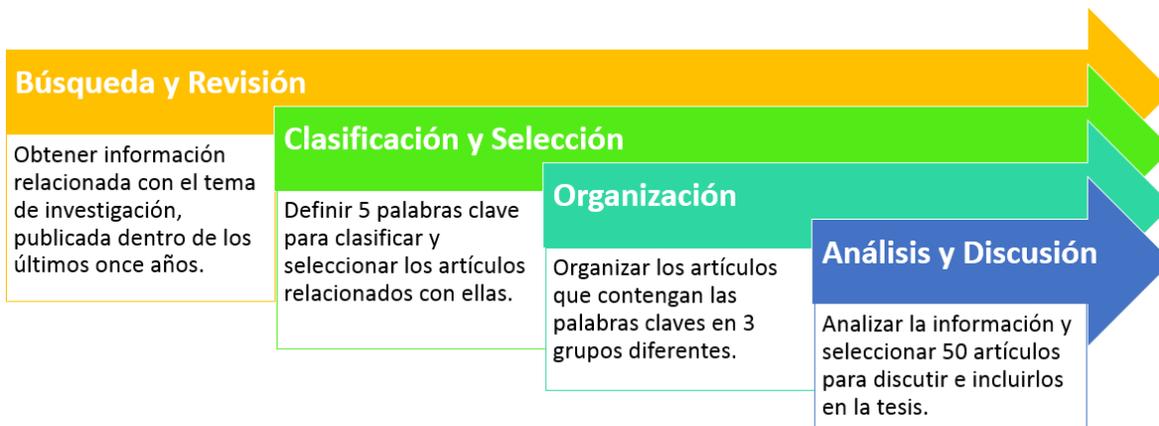


Figura 2.1 Meta-análisis de la bibliografía en base a Kang et al. (2016)

2.1.1 Frecuencia de palabras claves

Para delimitar la búsqueda de información respecto al tema que se está investigando, se eligieron las siguientes palabras claves, las cuales definen el proyecto de investigación: diseño, diseño colaborativo, arquitectura física, elecciones, y urna. La gráfica de la figura 2.2, que se muestra a continuación, representa el flujo que han tenido las palabras claves a lo largo del tiempo, respecto a la aparición en artículos científicos publicados dentro de los últimos once años.

Como se puede observar, hay dos palabras que muestran bastante afluencia de aparición (Diseño y Elecciones), esto es debido a que son palabras muy generales. Las otras tres palabras son más específicas, y por ende, existe mucha menos información relacionada. En el caso de “arquitectura física” la información publicada que se relaciona con ella, ha seguido una ruta constante, manteniéndose en un nivel muy bajo en comparación con las demás palabras clave. Las publicaciones que se hicieron respecto a “diseño colaborativo” del año 2007 al 2012 se mantuvieron con una ligera tendencia a disminuir; sin embargo, en el año 2013 y 2015 se muestra una alza en las publicaciones referentes a esta palabra clave; y finalmente, en el último año la información publicada en relación con “diseño colaborativo” ha ido decayendo. La palabra clave “urna” a lo largo de los últimos once años ha tenido una tendencia ascendente, sin embargo, como se observa en la gráfica en el año 2010 se tuvo el menor registro de publicaciones referentes a esta palabra clave.

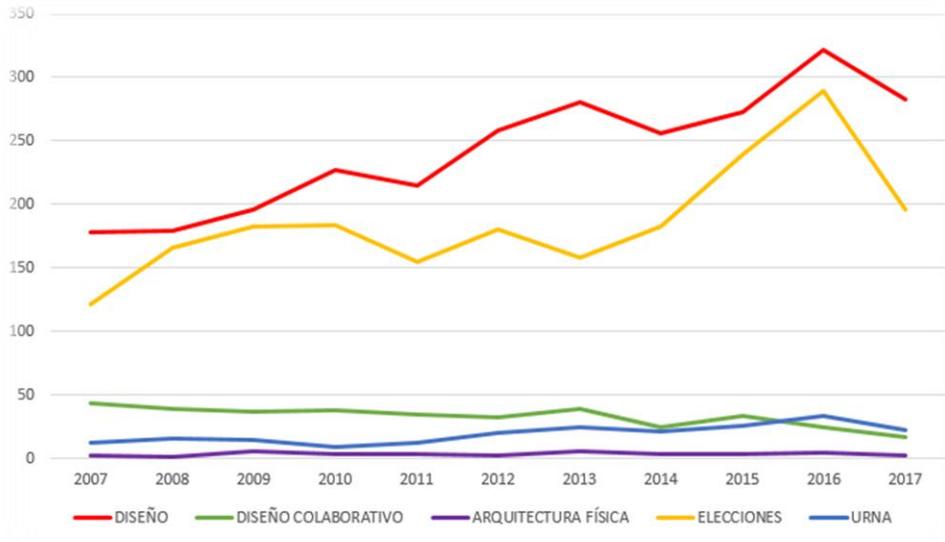


Figura 2.2 Frecuencia de palabras claves

Las cinco palabras claves que se dieron a conocer en la sección anterior, se dividen ahora en tres grupos para una mejor clasificación. Los grupos se eligieron en base a la relación que existe entre dos o más palabras claves, y quedaron de la siguiente manera, grupo 1: Diseño-Diseño Colaborativo; grupo 2: Elecciones-Urna; grupo 3: Diseño-Arquitectura Física. La gráfica de la figura 2.3 muestra el comportamiento de los tres grupos a lo largo de los once años que se revisaron.

El grupo 1 se aprecia notablemente que tiene el nivel más alto de artículos publicados a lo largo de los últimos once años, que como ya se dijo anteriormente, está conformado por las palabras claves Diseño y Diseño Colaborativo, al ser esta combinación de palabras muy general tiende a abarcar una amplia gama del contenido total de los artículos encontrados. Seguido en porcentajes se encuentra el grupo 2 (Elecciones-Urna), el cual tuvo un poco más porcentaje de frecuencia de aparición que el grupo 3 (Diseño-Arquitectura Física), apareciendo en 6 años de los once que se revisaron. Finalmente, del grupo 3 aparecieron publicaciones en sólo cinco años de los once, y con valores muy bajos, por ser la combinación de palabras claves más específica.

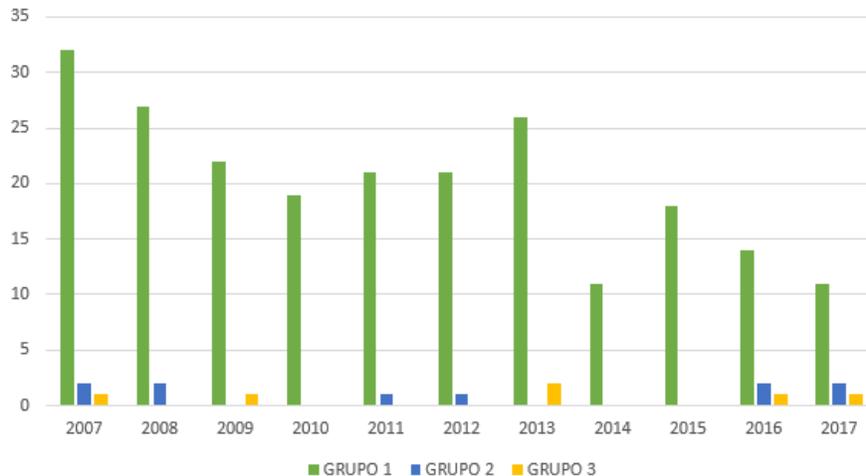


Figura 2.3 Clasificación de las palabras claves por grupos

2.2 Convergencia del conocimiento

Los tres grandes campos del conocimiento con los que se relaciona el tema de investigación son diseño, tecnología y sistema electoral, los cuales se observan en la ilustración 2.4 convergencia del conocimiento. El área de diseño tiene a su vez distintos campos como lo son: diseño de moda (ej. vestimenta); diseño editorial (ej. periódicos o revistas); diseño arquitectónico (ej. edificios); diseño gráfico (ej. invitaciones o volantes); y el diseño industrial, que es el que se relaciona directamente con el diseño de productos y/o prototipos. Por consiguiente, el diseño industrial es el que forma el enlace directo con el diseño físico de la urna electrónica.

El campo del Instituto Estatal Electoral se divide en distintas unidades técnicas; la unidad técnica de comunicación social, unidad técnica informática, unidad técnica de vinculación con el Instituto Nacional Electoral, y la unidad técnica de participación ciudadana, esta última es el área del sistema electoral que se relaciona con el proyecto de investigación, debido a que la implementación de la urna electrónica impactará directamente en ella. Las descripciones de cada una de las unidades técnicas fueron mencionadas en el primer capítulo en la sección 1.1.



Figura 2.4 Convergencia del conocimiento

2.3 Diseño de productos

El diseño industrial en nuestros días ha avanzado en gran medida, y con las herramientas tecnológicas que existen en la actualidad se ha logrado perfeccionar cada vez más las técnicas de diseño de productos. Medland citado por (Alcaide Marzal, Diego Más, & Artacho Ramírez, 2005) define el proceso de diseño como un proceso en el que se delimita un problema y sus variables, eliminando todo aquello que no tiene influencia en el diseño.

Un proceso de diseño, es el conjunto de actividades técnicas dentro de un proceso de desarrollo de productos, que trabaja para cumplir con la visión del área de mercadotecnia (Otto & Wood, 2001). Este conjunto incluye el refinamiento de la visión del producto en especificaciones técnicas, el desarrollo de nuevos conceptos e ingeniería de realización del nuevo producto. Un proceso de desarrollo de productos, a diferencia del proceso de diseño, es el conjunto de actividades necesarias para llevar un nuevo concepto hasta un estado de preparación del mercado, desde la inspiradora visión inicial del nuevo producto, hasta las actividades de análisis de negocios, los esfuerzos de mercadeo, las actividades de diseño de ingeniería técnica, el desarrollo de planes de fabricación y la validación

del diseño del producto para cumplir con estos planes, e inclusive, el desarrollo de los canales de distribución para comercializar estratégicamente e introducir el nuevo producto.

El diseño convencional que se conocía años atrás ha sido reemplazado hoy en día por el diseño asistido por computadora, conocido también como *CAD* por sus siglas en inglés (*Computer Aided Design*), el cual, se basa en el desarrollo del diseño de productos a través de un *software* de computadora (Alcaide Marzal, Diego Más, & Artacho Ramírez, 2005). El *CAD* cuenta con características muy particulares como: capacidades de diseño 3D en forma rápida y aplicaciones directas (visualización, representación en tiempo real, vistas auxiliares, etc.). Ensamblaje de piezas (unión de piezas bajo ciertas condiciones de posición). Desarrollo de piezas y sistemas virtuales (permite en muchos casos eliminar los prototipos físicos). Ingeniería concurrente (trabajo con objetos virtuales en todas las etapas del proyecto). Ingeniería inversa (obtener un modelo *CAD* a partir del palpado de una pieza real). Utilización de la dimensión de tiempo (movimiento, animación y sonido).

La principal característica de un sistema *CAD* es que permite diseñar en forma interactiva y al mismo tiempo crea una base de datos que se almacena en la computadora y puede ser compartida fácilmente (Alcaide Marzal, Diego Más, & Artacho Ramírez, 2005). La reducción del uso del papel también tiene un peso relativo en el uso de sistemas *CAD*, ya que los diseños realizados se almacenan en medios electrónicos. Los pasos que se desarrollan generalmente en el *CAD* son: diseño de las piezas, donde se elaboran las piezas de forma individual; ensamblaje, aquí se ensamblan o unen las piezas para formar un todo, el cual da resultado al producto final; y elaboración del plano de fabricación, está formado por una hoja donde se especifican las cotas de cada una de las piezas del ensamblaje.

El diseño colaborativo de productos, es el diseño en el que participan directamente dos o más personas en las actividades de desarrollo del producto; implica una serie de actividades como la creación de conceptos iniciales de productos, decisiones sobre especificaciones internas, y el desarrollo de estructuras internas y externas del producto (Kim & Lee, 2016). Es un proceso en el que tanto el diseño industrial

como el diseño de ingeniería están directamente involucrados en las actividades de desarrollo del producto. En el anexo 9, se puede observar el proceso de diseño colaborativo en su totalidad.

Diseño es definir la forma física del producto para que satisfaga mejor las necesidades del cliente (Ulrich & Eppinger, 2013). La arquitectura física complementa al diseño del producto, al expresar cuáles son los componentes físicos que participan en el diseño, así como la relación entre ellos (Alcaide Marzal, Diego Más, & Artacho Ramírez, 2005). “Un proceso de desarrollo del producto es la secuencia de pasos o actividades que una empresa utiliza para concebir, diseñar y comercializar un producto” (Ulrich & Eppinger, 2013); en la figura 2.5 se observa el proceso genérico de desarrollo.



Figura 2.5 Fases del Proceso Genérico de Desarrollo (Ulrich & Eppinger, 2013)

2.4 Despliegue de la función de calidad

El diseño detallado, implica el establecimiento de las especificaciones técnicas del producto en cuestión. Lo anterior, se puede realizar mediante el método conocido como “despliegue de la función de calidad” (*QFD* por sus siglas en inglés), el cual, convierte los deseos del cliente en requerimientos de ingeniería, es decir, en especificaciones medibles; de modo que, se le asigna un valor a estos deseos y se establecen objetivos para cumplir dichos requerimientos. El método utiliza una serie

de matrices para darle forma a la adquisición de información y la documentación; cada matriz se llama “casa de la calidad” (Otto & Wood, 2001).

El *QFD* es un método que se ha utilizado durante años para desarrollar y mejorar el proceso de diseño. La fase de diseño es, por lo general, la etapa más desafiante y lenta del ciclo de vida del producto; donde, encontrar la herramienta de diseño correcta y tomar una decisión racional rápida es siempre una de las principales preocupaciones de los diseñadores. El objetivo de *QFD* es proporcionar una metodología que considere los requisitos del cliente como el principal impulsor en el proceso de diseño (Moubachir & Bouami, 2015). La herramienta principal que se utiliza para desarrollar las fases del *QFD* es la matriz conocida como “casa de la calidad”, la cual, se utiliza para correlacionar dos atributos diferentes; es una matriz con la forma de una casa, mediante la cual, se transfiere el grado de importancia de los requisitos del cliente (el qué) a las especificaciones del diseño (el cómo).

La matriz se divide en seis regiones, como se muestra en la figura 2.6, **La primera región (Qué):** es la región donde se colocan los requisitos del cliente, se divide en dos columnas. En la primera columna se ponen los requisitos y en la segunda se coloca el coeficiente que refleja la importancia de cada requisito. **La segunda región (Cómo):** es donde se colocan las especificaciones de diseño y se define la forma de mejor (aumentar, disminuir o mantener). **La tercera región (Que vs Cómo):** define cuánto impacto puede tener la especificación de diseño en el requisito del cliente. En cada cuadrícula se puede dar puntaje (0, 1, 3 o 9) para estimar el impacto. **La cuarta región (Cuánto):** se divide en tres líneas, en la primera se otorga un valor y la unidad de medición de la especificación de diseño. En la segunda se define el rango de aceptación o la tolerancia para el valor antes mencionado. En la última línea se pone la puntuación para la especificación de diseño. **La quinta región (Benchmarking):** se compara el rendimiento del producto contra los competidores, asignando valores (1, 2, 3, 4, 5), el valor 1 significa que el producto no satisface el requerimiento del cliente y el 5 significa que el producto satisface perfectamente el requerimiento del cliente. La sexta región (Cómo vs Cómo): se define el tipo de correlación entre cada dos especificaciones de diseño,

ya sea positiva, negativa o neutral, según la forma de mejora que se haya corregido para cada una. Representa el impacto de mejorar una especificación en la otra.

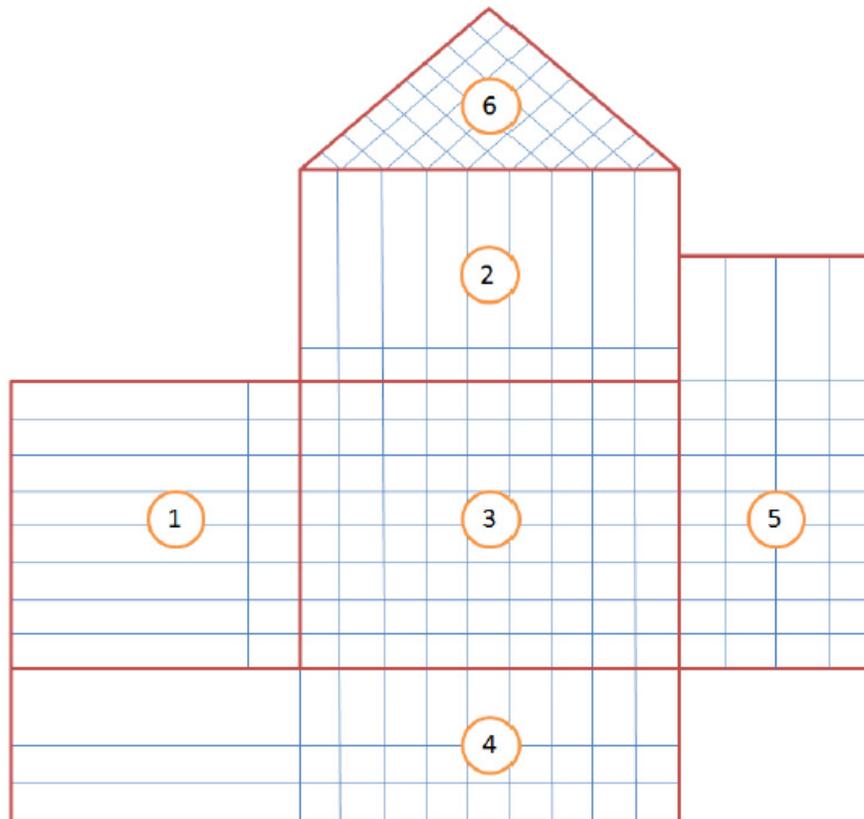


Figura 2.6 Matriz “Casa de la calidad” (Moubachir & Bouami, 2015)

2.5 Tecnología en el diseño de productos

Existen distintos tipos de *software* para apoyar el desarrollo de nuevos productos, como lo es, la planificación de procesos asistida por computadora, mediante la cual se busca crear un enlace entre el diseño asistido por computadora y la fabricación asistida por computadora (Jacob, Windhuber, Ranke, & Lanza, 2018). El sistema analiza automáticamente la pieza diseñada, la compara con los datos de la máquina y sugiere procesos de fabricación más eficientes.

Las formas de diseño colaborativo que se conocen actualmente se basan en las tecnologías y herramientas disponibles. Un método en donde varias personas participan e interactúan en el diseño de productos se basa en las tecnologías de internet, en donde por medio de una plataforma de diseño se enlazan tanto los

fabricantes como los diseñadores y los usuarios del producto (figura 2.7); usando esta plataforma, los usuarios puede observar y discutir con diseñadores y fabricantes para comprender la información del diseño (Zhang, Peng, & Gu, 2015). Los diseñadores pueden diseñar los módulos personalizados de acuerdo con la información proporcionada por los usuarios; y el fabricante puede actualizar el módulo de la plataforma, según las sugerencias de los usuarios, desde una interfaz en línea entre los usuarios y diseñadores.

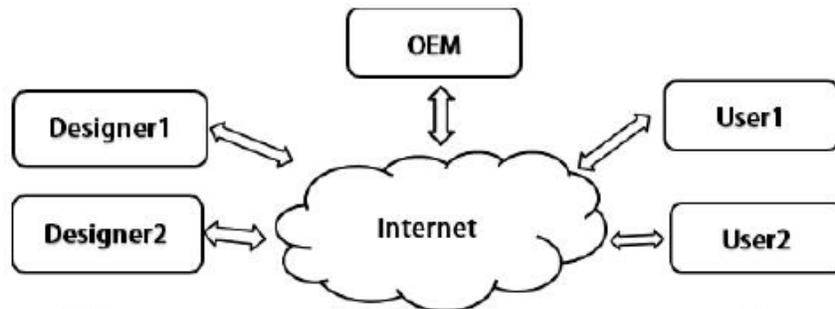


Figura 2.7 Plataforma web de interacción entre usuarios, diseñadores y fabricante (Zhang et al., 2015)

Otro método, consiste en utilizar tecnologías de realidad virtual, para ofrecer a los usuarios una forma sencilla de involucrarse en el proceso de diseño. A través de la retroalimentación visual y la interacción con el producto, los usuarios pueden evaluar el diseño para satisfacer sus necesidades. Los dispositivos de realidad virtual consisten en paredes de proyección 3D, lentes de seguimiento y/o una varita de control (figura 2.8). La participación del usuario puede incluir entre otras cosas: la visualización personalizada del diseño, módulo de entrada, selección y manipulación, simulación de la operación y actualización del producto (Zhang et al., 2015).



Figura 2.8 Dispositivos de realidad virtual (Zhang et al., 2015)

2.6 Evolución internacional del voto electrónico

A lo largo de los años muchos países han estado trabajando en la modernización del proceso electoral; dándose cuenta con ello, que por más mínimo que sea el cambio, ha traído consigo resultados positivos para el proceso electoral en la mayoría de los casos. La incorporación de la tecnología en el proceso electoral tiene sus antecedentes hace más de 100 años, debido a que, Estados Unidos y Francia inventaron urnas mecánicas para automatizar y facilitar el voto en distintas elecciones (Barrientos del Monte, 2003). A continuación, se hace referencia a los países más representativos que han implantado alguna forma de voto electrónico en su proceso electoral.

Bélgica

Bélgica es pionero en aplicar sistemas de voto electrónico en el mundo. En 1989 se optó por utilizar el método de tarjeta de banda magnética combinada con el sistema de pantalla táctil, en el cual, el votante introduce la tarjeta y posteriormente selecciona al candidato mediante la pantalla. Una vez concluida la votación, la tarjeta es introducida en una urna electrónica donde se registra y contabiliza el voto. Las pruebas piloto de este sistema se realizaron en el cantón de Verlaine, en el año de 1991. El sistema de *e-voting* se aplicó a las elecciones europeas, federales, regionales y municipales, a partir de 1994, en ese mismo año quedó enmarcada en la ley federal la legislación belga sobre el voto electrónico (Kinel, 2014).

Estonia

En el 2001 Estonia tuvo sus inicios con el voto electrónico, gracias a la propuesta legislativa del Ministerio de Justicia de emitir el voto por la vía electrónica en las elecciones parlamentarias de 2003. La propuesta consistía en que el ciudadano se podía registrar como e-votante y poder emitir su voto desde la comodidad de su hogar a través de la conexión a internet. La prueba inicial tuvo lugar en el año 2005, en las elecciones locales donde participaron 10,000 personas, votando desde los puntos autorizados por la vía *online*; y para el año 2007, en las elecciones al Parlamento, casi un millón de habitantes realizaron la votación de manera electrónica. El voto a distancia se pudo llevar a cabo gracias a la identificación por el documento de identidad electrónico y, por tanto, por medio de la firma electrónica autorizada (Kinel, 2014).

Estados Unidos

En Estados Unidos desde inicios del siglo XX se utilizan legalmente máquinas automáticas en la emisión y conteo de votos. Durante muchos años el modelo más utilizado fue una máquina de palanca dividida en columnas, en la cual, se indica en la parte superior el tipo de la elección y en la inferior varios pulsadores que correspondían a cada uno de los candidatos. El votante pulsaba un botón que ponía en funcionamiento la máquina, accionando con ello los modos de cada columna hasta que los indicadores señalaban su preferencia. La máquina registra los votos conforme se van emitiendo, para el escrutinio basta levantar las tapas y leer el resultado en las esferas indicadoras.

En el 2001 se adoptó un sistema denominado *e-Slate*, el cual es un sistema de votación electrónica de registro directo, muy parecido a un cuaderno de notas que simplifica incluso la selección del idioma. La diversidad de métodos que se utilizan en las votaciones electorales es tal que en el año 2000, el 1.6% de los electores usaron boletas de papel; el 9.1% usó el registro electrónico directo; el 18.6% usó las máquinas de palanca; el 27.3% usó los lectores ópticos y el 34.3% usó las tarjetas perforadas, además de 200 militares en servicio que realizaron su votación vía internet (Barrientos del Monte, 2003).

Brasil

Brasil implementó urnas electrónicas en sus votaciones a principios de octubre del 2002, lo que trajo por consiguiente, que los resultados definitivos se dieran a conocer en tan solo tres horas después del cierre de los colegios electorales, a partir de este año las urnas electrónicas son el único medio para ejercer el voto en este país (Islas Gerardo, 2018). Las urnas son del tamaño de una caja registradora y cuestan aproximadamente 400 dólares. Actualmente otros países latinoamericanos están utilizando el sistema brasileño, comenzando con pruebas no vinculantes (Tuesta Soldevilla, 2004). El sistema de votación electrónica es una urna con una pantalla y un teclado simple, similar a los cajeros automáticos, se escoge, se confirma o corrige la elección, después se pasa a otra, hasta terminar (Barrientos del Monte, 2003).

Otros países

En 1995 en Cataluña, España se utilizaron tarjetas con banda magnética, esto sucedió en dos colegios electorales en las elecciones al Parlamento autonómico. Por otra parte, en Filipinas las primeras elecciones con voto electrónico fueron en 1998; y el sistema que se utilizó fue el de lectura óptica, utilizando en total 68 máquinas en seis centros. En 1998 en India, se utilizaron tableros electrónicos donde aparece la lista de candidatos alineados con sendos interruptores, y se realiza la votación apretando un interruptor. Finalmente, Japón en 1999, utilizó el sistema de tarjeta con banda magnética, en donde, las opciones se elegían a través de una pantalla táctil (Tuesta Soldevilla, 2004).

2.7 Dispositivos antecesores de la urna electrónica

Como se mostró en la sección anterior, son varios los dispositivos los que se han generado con el fin de automatizar el proceso electoral. Primeramente, se comenzó con el invento de urnas mecánicas, seguido del sistema de tarjetas perforadas, y así sucesivamente, se ha seguido diseñando una variedad de herramientas o sistemas con el paso de los años y las innovaciones de la tecnología. A continuación, se muestran dichos dispositivos y sus características (Caceres Rincon, 2011).

Tarjetas perforadas

Los sistemas de votación por tarjeta perforada requieren que el elector marque sus papeletas con perforaciones en tarjetas de papel. La tarjeta perforada puede ser introducida en una máquina de escrutinio automatizada ya sea en el sitio mismo de votación o en una instalación central de escrutinio. Esta modalidad es utilizada desde mediados de los 60's. Son dos los tipos de tarjetas perforadas en uso común: las tarjetas "*votomatic*" y las "*datavote*". Los sistemas más nuevos de tarjeta perforada usan tarjetas que no están pre-marcadas. En su lugar, generalmente se benefician de bolígrafos o marcadores con un resorte especial que le permite a los electores perforar tarjetas no pre-marcadas con facilidad. Los restos de papel que son removidos cuando se perfora una tarjeta, a menudo no son completamente desprendidos de las tarjetas cuando éstas están pre-marcadas. Estos "fragmentos colgantes" pueden eventualmente reacomodarse en sus sitios originales y bloquear las perforaciones ya hechas. O cuando finalmente se desprenden de sus tarjetas al momento en que se trasladan las papeletas de votación, pueden adherirse a las perforaciones hechas en otras tarjetas (Caceres Rincon, 2011).

Sistemas de escaneo de papeletas de votación

Los sistemas de este tipo consisten en papeletas impresas con círculos, óvalos, cuadrados, o rectángulos que los electores rellenan con una pluma o lápiz para marcar sus votos. Generalmente se utiliza la tecnología de lectores ópticos para identificar las marcas en cada papeleta. Las opciones o preguntas generalmente están impresas directamente en la papeleta, justo al lado de los casilleros correspondientes. Las papeletas de marca sensitiva pueden contabilizarse en los sitios de votación o en instalaciones de escrutinio centralizadas. Algunos sistemas de conteo o escrutinio están diseñados de tal forma que le permiten a los electores introducir directamente sus papeletas para esos efectos. La máquina registradora puede, consecuentemente, notificar a los electores si sus papeletas no están adecuadamente marcadas, dándoles la oportunidad de hacerlo correctamente. Recientemente, estos sistemas pueden incluir un Marcador Electrónico de Papeletas (*EBM*, por sus siglas en inglés) que permite a los votantes seleccionar las opciones de su preferencia, usando una máquina de votar con el dispositivo para

ingresar selección, normalmente una pantalla sensible para digitación similar a un *DRE (Sistema de Registro Electrónico Directo, por sus siglas en inglés)* (Caceres Rincon, 2011).

Sistemas de Votación de Registro Electrónico Directo (*Direct-recording electronic –DRE- voting system*)

Consisten en terminales de computadora que permiten a los electores emitir su voto presionando algún botón o tocando alguna imagen en una pantalla de computadora. Los modelos RED (DRE, por sus siglas en inglés) lucen como cajero automatizado o computadoras personales, y tienen la habilidad para desplegar tanto texto como imágenes. Un equipo RED bien diseñado puede ser más fácil de usar y quizá más accesible a personas iletradas o con discapacidad, que los sistemas de tarjeta perforada o lector óptico. Los sistemas RED aseguran que los electores no hagan selecciones ambiguas, por lo que no puede presentarse ninguna tentativa de impugnación. Las máquinas *DRE* requieren de una inversión mucho más fuerte que las de tarjeta perforada o lector óptico. Deben adquirirse suficientes máquinas para que los electores no tengan que permanecer formados mucho tiempo para poder votar. Las máquinas RED deben ser transportadas de manera segura a los sitios de votación y ser almacenadas durante los periodos que median entre la celebración de una y otra elección. Debido a que físicamente no existen papeletas que puedan ser re-contabilizadas o examinadas manualmente, es esencial que los sistemas RED sean probados completamente antes de una elección y que todos los partidos involucrados tengan confianza en su operación. Es fundamental que los votos sean registrados en por lo menos dos dispositivos separados, a efecto de que se cuente con el debido respaldo en caso de que uno de ellos falle. Cuando se utilizan sistemas RED debe ponerse especial atención en el flujo de energía eléctrica durante la jornada electoral (Caceres Rincon, 2011).

Sistemas DRE con Comprobante de Auditoría de Papel Verificado por el Votante (*Voter Verified Paper Audit Trail – VVPAT*)

Este tipo de sistema busca garantizar la auditabilidad haciendo que la máquina de votar imprima una papeleta de papel u otro facsímil de papel que pueda ser verificado visualmente por el votante antes de que éste ingrese a una locación

segura. Para ser verdaderamente verificado por el votante, el registro mismo debe ser verificado por el votante y estar en condiciones de serlo sin asistencia, ya sea en forma visual o sonora. En caso contrario, si el votante usa un escáner de código de barras u otro aparato electrónico para verificar, entonces el registro no es verdaderamente verificable por el votante, puesto que es en realidad el aparato electrónico el que está verificando el registro. Con el método *VVPAT*, la papeleta de papel es tratada a menudo como la papeleta oficial de registro. En este escenario, la papeleta es primaria y los registros electrónicos se usan solamente para un recuento inicial. En cualquier recuento o disputa subsiguientes, el papel, no el voto electrónico, se usaría para el escrutinio. En cualquier caso, en que el registro en papel sirve como papeleta legal, ese sistema estará sujeto a los mismos beneficios y preocupaciones como cualquier sistema de papeleta de papel. Para auditar exitosamente cualquier máquina de votar, se requiere una estricta cadena de custodia (Caceres Rincon, 2011).

2.8 Urnas Electrónicas elaboradas en México

La tendencia mundial de automatizar los procesos de votación como signo de modernidad y seguridad también ha influido en los órganos electorales mexicanos. Tal es el caso de Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Cd de México y Jalisco en los cuales ya se ha avanzado al respecto, llevando a cabo proyectos de diseño de urnas electrónicas y utilizándolas en distintas pruebas piloto, obteniendo resultados favorables, tanto en las áreas de la gestión electoral como en la respuesta de la ciudadanía (Barrientos del Monte, 2007).

La Universidad Autónoma Metropolitana desarrolló en el año 2004 una urna electrónica, que cumplía con las necesidades y características requeridas por el Instituto Electoral del Distrito Federal, la misma se observa en la figura 2.9, en donde el ciudadano podía realizar su votación en sólo 20 segundos, por medio de una pantalla sensible al tacto (Universidad Autónoma Metropolitana, 2018). El prototipo en aquel entonces fue considerado de fácil manejo, seguro y confiable, al contar con una capacidad eléctrica autónoma para operar de 18 horas y un peso menor a

10 kg. Las especificaciones técnicas de la urna se describen a continuación en la tabla 2.1.



Figura 2.9 Prototipo de urna electrónica de la UAM (Universidad Autónoma Metropolitana, 2018)

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas de urna electrónica UAM (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005).

| | |
|---------------------------|---|
| Procesador: | <ul style="list-style-type: none"> • Intel PXA255 RISC 32-bit, 400 MHz. • SA-1111 StrongARM, USB host, soporte para PCMCIA y Compact Flash. |
| Gráficos: | <ul style="list-style-type: none"> • Video XGA (1024x768) LCD color (manejo por PXA255). • Conector Backlight con PWM. • Pantalla Touchscreen (pantalla táctil). |
| Memoria: | <ul style="list-style-type: none"> • Buffer SDRAM a 64 MB. • Memoria Flash 64 MB síncrona y 32 asíncrona. • 128 Kbytes de EPROM. • PCMCIA (Tipo II). |
| Sistema operativo: | <ul style="list-style-type: none"> • Linux embedded. |

Por su parte, el Instituto Electoral del Distrito Federal también desarrolló su propio prototipo de urna electrónica, la cual se observa en la figura 2.10 (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005); esta poseía: un diseño ergonómico, de fácil manejo para su traslado y almacenamiento, al ser este prototipo en forma de maletín; garantizaba el carácter universal, libre y secreto del voto, evitando cualquier alteración de la información y los resultados; los resultados se iban contabilizando automáticamente, y guardaba así mismo, los resultados impresos en pequeños trozos de papel; contaba con autonomía energética por hasta 12 horas, y su peso máximo era de 9.8 kg; estaba conformada por un mecanismo para la identificación del elector, con la finalidad de evitar intentos de falsificación del voto; impedía que

el ciudadano intentará votar en más de una ocasión; y así mismo, permitía al votante corregir su preferencia antes de confirmar su votación, todo esto mediante una pantalla sensible al tacto. Las especificaciones técnicas más destacadas que tenía este prototipo de urna electrónica se encuentran en la tabla 2.2.



Figura 2.10 Prototipo de urna electrónica del IEDF (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005)

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas de urna electrónica IEDF (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005).

| | |
|---|---|
| Tarjeta principal | <ul style="list-style-type: none"> • Procesador: Intel PXA255, tecnología RISC, 32 bits, 400 MHz. |
| Tarjeta secundaria | <ul style="list-style-type: none"> • Interface de video: LCD a color XGA (1024 x 768). • Pantalla táctil. • Regulador integrado, audio, entrada de micrófono y reloj de tiempo real con respaldo de batería. |
| Impresora | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo térmica con inserción de papel frontal, capacidad de corte de papel completo. • Área efectiva de impresión 48mm. • Ancho de papel 58mm. • Peso aproximado 120g. |
| Batería | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: recargable de plomo ácido sellada. • Peso: 6kg. |
| Habilitador | <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo electrónico externo de un botón y 3 leds. |
| Botones con aplicaciones Braille | <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo electrónico interno para control de tres botones. • Botón de avance, retroceso y selección. Elaborados con material elastómero termoplástico. |

En el año 2003 el Instituto Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Coahuila tomó la decisión de construir un dispositivo que permitiera la emisión electrónica del sufragio electoral. Dicho dispositivo contaba con una pantalla sensible al tacto que posibilitaba al votante navegar en distintas ventanas para emitir su voto, se contabilizaba en la memoria del dispositivo y se imprimía un comprobante del voto emitido (Arredondo Sibaja, 2012). El prototipo se muestra en la figura 2.11. Una característica de esta urna electrónica era su manejo individualizado, es decir, no tenía ningún vínculo de comunicación con otras urnas, lo que garantizaba que la votación fuera única en cada casilla. El software que contenía le permitía al elector conocer no sólo los nombres de los candidatos y partidos políticos, sino también su fotografía (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005). Las especificaciones técnicas más importantes de la urna electrónica del Estado de Coahuila son: gabinete metálico; disco duro de 40GB; sonido, red y video integrado; Pentium IV 1.8 Ghz, 28 MB de Ram; pantalla LCD *Touchscreen* 12"; impresora de matriz de puntos; lectora de código de barras.



Figura 2.11 Prototipo de urna electrónica del IEPC del Estado de Coahuila (Instituto Electoral de Distrito Federal, 2005)

El caso más representativo de prototipos de urnas electrónicas en México pertenece al Estado de Jalisco, la urna electrónica diseñada por el Instituto Electoral y de Participación Ciudadana de Jalisco, estaba compuesta por una pantalla táctil de 15", una pantalla de "eds" en la parte posterior del equipo, un lector de tarjeta de banda magnética, una mini impresora térmica, así como un teclado numérico inalámbrico, el cual enviaba el acceso al voto e ingresaba comandos especiales de configuración, posteriormente se le agregó un compartimento acrílico para

almacenar los testigos de voto dentro de la misma urna. En la figura 2.12 se observa la urna electrónica. Las especificaciones técnicas más importantes de esta urna son: procesador AMD Fusión de alto desempeño; memoria RAM de 2GB; disco duro de estado sólido con capacidad de 16GB; 6 interfaces USB *High Speed*; batería auxiliar que permite el funcionamiento de la urna por más de 100 minutos sin alimentación sin alimentación eléctrica; memoria SD de respaldo con capacidad de 4GB; teclado inalámbrico exclusivo y vinculado a cada urna; salida de audio; compatibilidad con los sistemas operativos Windows XP, Vista 7 y las principales distribuciones Linux; lector de memoria SD; conexión wifi y llave de seguridad que evita el encendido y apagado accidental de la urna.



Figura 2.12 Urna electrónica del Instituto Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Jalisco (Pounce Consulting, 2018)

2.9 Conclusiones del capítulo

La información recabada en el lapso que se desarrolló el proyecto, fue de gran ayuda para establecer los cimientos de la investigación. Al definir las palabras clave, se logró delimitar el área de la información encontrada, quedando a relucir lo que obviamente se esperaba, las palabras más generales contaron con un mayor número de resultados o artículos encontrados que las palabras más específicas. A partir de la información recabada en este capítulo, se comienza la lluvia de ideas para el desarrollo del siguiente capítulo.

Capítulo 3. Materiales y métodos

3.1 Introducción

En el capítulo anterior, se dieron a conocer las bases del proyecto de investigación, obteniendo información de los antecedentes que hay hasta el momento, en el ámbito del diseño de urnas electrónicas. En este capítulo, se explicará el método que se utilizará para la elaboración del proyecto, así como el material y/o equipo que será requerido para realizarlo, logrando con ello una panorámica inicial de la manera en cómo se llevará a cabo el diseño de la arquitectura física de una urna electrónica.

3.2 Materiales

En este apartado se considera a todo aquel equipo, maquinaria, herramental, *software*, y/o personal, que es necesario para la elaboración de un proyecto en específico; la sección de materiales se clasifica a su vez en: recursos materiales, recursos humanos y *software*. Los recursos que están involucrados en el diseño de la arquitectura física de una urna electrónica, se describirán en esta sección.

3.2.1 Recursos materiales

Primeramente, se muestran las especificaciones de la computadora portátil Dell INSPIRON N5110, la cual será utilizada desde el inicio del proyecto hasta su término, lo anterior, debido a que se utilizarán distintos *softwares* para el desarrollo del proyecto. Los componentes principales de la computadora y sus características se muestran en la Tabla 3.1. En la elaboración del prototipo físico, el principal material que se utilizará será lámina de metal para fabricar la carcasa, y para la sujeción de los componentes internos se utilizará tornillería diversa. Para el ensamble total del prototipo, se utilizarán herramientas manuales, equipo de medición, entre otros, mismos que se especifican en la tabla 3.2.

Tabla 3.1 Computadora portátil Dell Inspiron N5110

| | |
|----------------------------------|---|
| Microprocesador/Velocidad | Intel® Core™ i7-2670QM |
| Memoria | DDR3 SDRAM de 8.192 MB (8GB) |
| Gráficos de video | Intel HD 3000 |
| Disco duro | SATA disco duro de 512GB |
| Pantalla | WLED de alta definición (1366 x 768) de 40 cm(15,6") |
| Tarjeta de red | Ethernet 10/100 LAN |
| Conectividad inalámbrica | Intel® Centrino® Wireless-N 1030 |
| Teclado | Teclado en español con 102 teclas |
| Puertos externos | 3 Puertos USB Puerto HDMI v1.4 Puerto VGA Conector de red 10/100 integrado LAN (RJ45) Conector de adaptador de CA |
| Alimentación | Batería de iones de litio de 6 celdas |

Tabla 3.2 Herramienta manual, maquinaria y equipo adicional

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Herramienta manual diversa | Juego de destornilladores |
| | Juego de llaves de combinación |
| | Juego de llaves hexagonales |
| | Pinzas mecánicas |
| | Pinzas de presión |
| | Pinzas de corte |
| Maquinaria y equipo adicional | Caladora |
| | Vernier |
| | Juego de reglas |

3.2.2 Recursos humanos

El proyecto de investigación es un trabajo colaborativo, debido a que estarán trabajando en conjunto un licenciado en informática, el cual será el responsable de diseñar la plataforma del *software*; un ingeniero industrial, quien será el diseñador de la arquitectura física de la urna; y por último, un ingeniero en electrónica, el cual tendrá a su cargo la interconexión de los componentes internos. Por otro lado, se cuenta con el apoyo de la Unidad Técnica de Informática del Instituto Estatal Electoral, la cual brinda los requerimientos esenciales que debe tener la urna electrónica.

3.2.3 Recursos informáticos

Una parte esencial de este proyecto de investigación es el uso de distintos *softwares*, dado que hoy en nuestros días la tecnología y el uso de las computadoras permiten ahorrar costos y tiempos en la elaboración y desarrollo de un proyecto. En este apartado se darán a conocer los distintos *softwares* que serán utilizados, tanto para el diseño como para la captura y presentación de la información. La descripción y características de los mismos se muestran a continuación.

3.2.3.1 SolidWorks®

El *software* SolidWorks® es un programa de diseño mecánico con el que se puede crear geometría 3D, enfocado al diseño de productos, ensamblajes y dibujos para taller; el modelado de productos puede ser de plástico, lámina, estructurales, moldes, componentes mecánicos, tuberías, cableados, entre otros. Dicho programa deja un historial de operaciones para hacer referencia a ellas en cualquier momento e incluye un módulo inteligente de detección de errores de diseño. Es posible evaluar el impacto ambiental del diseño, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. Además, simula el funcionamiento y accionamientos mecánicos obteniendo velocidades, aceleraciones, torques, potencias y demás.

En la figura 3.1 se muestra la versión 2016 Premium de SolidWorks®, el cual se utilizará para diseñar la arquitectura física de la urna electrónica a manera de prototipo *CAD*, es decir, para crear una simulación 3D del prototipo real, esto con el fin de hacer más fácil y rápidas las modificaciones pertinentes al diseño. También, se trabajará con dicho *software*, para realizar análisis de resistencia al material con que se fabricará la carcasa de la urna electrónica.



Figura 3.1 SolidWorks® 2016 Premium

3.2.3.2 Microsoft™ Word

Microsoft™ Word es un *software* procesador de texto, el cual se utilizará para la redacción del proyecto, es decir, para ir plasmando en un archivo escrito el desarrollo del tema de investigación, utilizando los distintos estilos y formatos de letra para colocar las secciones correspondientes. Por otra parte, también se utilizará dicho *software* para realizar reportes técnicos de los avances del proyecto. En la figura 3.2 aparece la ventana principal del procesador de textos, el cual cuenta con distintas opciones para la edición y procesamiento de la información que se redacte, logrando con ello brindarle una apariencia formal al escrito.

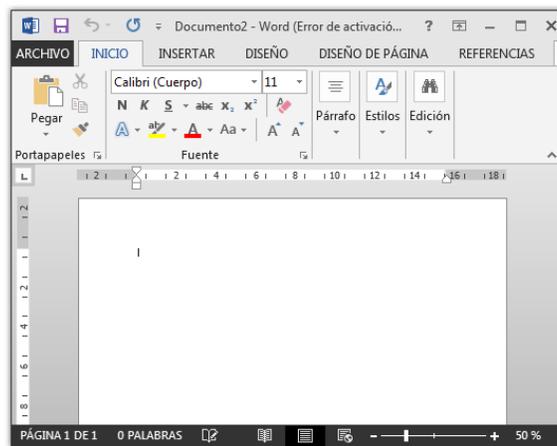


Figura 3.2 Microsoft™ Word 2013

3.2.3.3 Microsoft™ Excel

Microsoft™ Excel es una herramienta informática que sirve, entre otras cosas, para manejar datos por medio de fórmulas matemáticas. Dicho *software* se utilizará para hacer el análisis de la información que se manejará en el proyecto, así como, para realizar matrices de toma de decisiones, que permitirán evaluar las distintas

alternativas de solución. En la figura 3.3 se muestra la ventana inicial del *software*, el cual trabaja mediante hojas de cálculo tabulares para el procesamiento de la información.

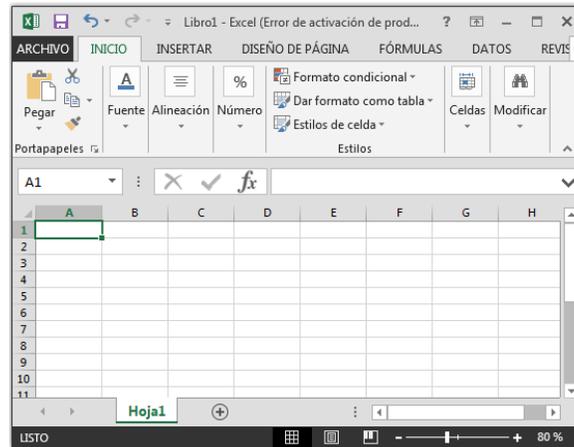


Figura 3.3 Microsoft™ Excel 2013

3.2.3.4 Microsoft™ PowerPoint

Microsoft™ PowerPoint es un programa diseñado para hacer presentaciones mediante diapositivas electrónicas, que pueden incluir texto, imágenes y videos según sea el caso. El *software* incluye distintos diseños de fuente, plantilla y animación. Esta herramienta informática se utilizará para realizar presentaciones de los avances del proyecto, así como la presentación final del mismo. La pantalla principal de Microsoft™ PowerPoint se muestra en la figura 3.4, la cual tiene distintas opciones para elaborar las diapositivas, que van desde el tamaño y tipo de letra, hasta el diseño total de la misma. También cuenta con varias vistas, dependiendo si se está trabajando en la edición o se quiere revisar la visualización final.

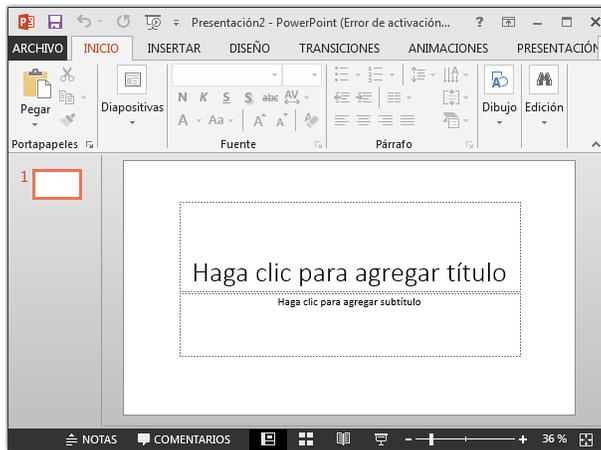


Figura 3.4 Microsoft™ PowerPoint 2013

3.3 Método

La metodología con la cual se llevará a cabo el trabajo de investigación se muestra en la figura 2.5 del capítulo 2, la cual está basada en las fases del proceso genérico del desarrollo de productos, específicamente en el área de diseño; es exactamente ese proceso de desarrollo el que se busca seguir en la metodología del proyecto en cuestión.

3.3.1 Fase 0. Planeación

El trabajo de investigación inicia con la fase de planeación para resolver la problemática, de esta manera, se establece la misión del proyecto en un documento que tiene por nombre “Declaración de la misión”, la elaboración del mismo permite que desde un inicio se plasmen en papel los puntos más importantes a considerar en el desarrollo del proyecto. El formato que se utilizará en la redacción de la declaración de la misión se muestra en la figura 3.5.

| Declaración de la misión: Diseño físico de una urna electrónica | |
|---|--|
| Descripción del producto | |
| Propuesta de valor | |
| Objetivos claves de negocio | |
| Mercado primario | |
| Mercado secundario | |
| Suposiciones y restricciones | |
| Involucrados | |

Figura 3.5 Formato para la declaración de la misión

En la declaración de la misión se hace una breve descripción del producto, se define una propuesta de valor, se plasman los objetivos claves del negocio, así como el mercado primario y secundario. También se hacen las suposiciones y restricciones correspondientes, y se anota al final las principales personas involucradas en el proyecto.

Diagrama de Gantt

Es importante que al inicio del proyecto, se haga un cronograma de actividades y/o tareas a desarrollar, con el cual se logra tener un control de todo el proyecto y dar un mejor seguimiento al avance del mismo, estableciendo con dicho cronograma los tiempos límites para cada actividad. En este proyecto se utilizará el diagrama de Gantt para organizar las actividades, especificando precedencias, es decir, que actividades deben realizarse antes de comenzar una nueva; y actividades que pueden realizarse en paralelo. Estableciendo así mismo, los tiempos límites para cada tarea; el diagrama de Gantt que fue elaborado para el proyecto del diseño físico de la urna electrónica se encuentra en el anexo 10, al final de este documento.

3.3.2 Fase 1. Desarrollo del concepto

Identificar las necesidades del cliente

La fase de desarrollo del concepto comienza con identificar las necesidades del cliente, ya que es precisamente de este punto de donde se debe de partir para generar alternativas de solución y seleccionar el concepto o la idea a desarrollar. Si bien es cierto, el cliente puede tener una lista infinita de requerimientos, en esta etapa del proyecto se hace un listado de los requerimientos de mayor relevancia para el cliente, acorde también a las posibilidades y alcances del proyecto. A partir de la elaboración de esta lista, se tiene una idea más definida del prototipo que se quiere realizar e inclusive se comienzan a elaborar los primeros bosquejos acerca del mismo.

Generación del concepto

La generación de concepto parte de la lista de los requerimientos del cliente, a modo de querer satisfacer dichas necesidades. Se comienza por crear varias alternativas de solución, describiendo en un modelado 3D las funciones y componentes principales de los bosquejos. En este apartado, se busca proponer varias

alternativas para la construcción del producto final, que estén basadas principalmente en las exigencias del cliente, como se mencionó anteriormente, se crearán prototipos 3D para evaluarlos y ver cuál de todos será el más óptimo a desarrollar.

Selección del concepto

Para seleccionar el concepto apropiado se debe de realizar una evaluación minuciosa de los criterios clave, a modo comparativo entre los bosquejos que se tengan. En esta fase, es necesario ponderar la importancia de los criterios que se están evaluando, ya que de ellos provienen los resultados finales de la comparativa. En el proyecto de la urna electrónica se utilizará la matriz de selección de Pugh, figura 3.6, en ella se plasmará la comparación entre los conceptos propuestos, dando una ponderación a cada uno de los criterios de evaluación, mismos que estarán basados en los requerimientos del cliente. Una vez que se haya dado peso a los criterios, se realizará la evaluación de cada bosquejo, y al final se sumarán los puntajes obtenidos en cada columna. El bosquejo con mayor puntuación, será el que continúe a la fase de diseño a nivel sistema.

| Matriz de Selección | | | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| <u>Conceptos de las leyendas</u> | | Alternativas de Solución | | | | |
| | | Importancia/ Ponderación | Referencia | Bosquejo 1 | Bosquejo 2 | Bosquejo 3 |
| Mejor | + | | | | | |
| Igual | 0 | | | | | |
| Peor | - | | | | | |
| Criterios clave | | | | | | |
| Criterio 1 | 0 | 0 | | | | |
| Criterio 2 | 0 | 0 | | | | |
| Criterio 3 | 0 | 0 | | | | |
| Criterio 4 | 0 | 0 | | | | |
| Criterio 5 | 0 | 0 | | | | |
| Suma de Positivos | | | 0 | 0 | 0 | |
| Suma de Negativos | | | 0 | 0 | 0 | |
| Suma de Iguales | | | 0 | 0 | 0 | |
| Suma Ponderada de Positivos | | | 0 | 0 | 0 | |
| Suma Ponderada de Negativos | | | 0 | 0 | 0 | |
| TOTALES | | | 0 | 0 | 0 | |

Figura 3.6 Formato de la Matriz de Selección

3.3.3 Fase 2. Diseño en el nivel sistema

Definición de los módulos de la urna electrónica

Es de suma importancia definir la arquitectura física de los módulos con los que contará la urna electrónica, debido a que a partir de ellos, se podrá tener una aproximación del volumen total de la urna. Se debe comenzar por definir la cantidad de módulos, para después, ver la forma más conveniente de adecuarlos utilizando el menor espacio posible, y con ello, lograr una optimización en el diseño. “La creación de una disposición geométrica obliga al equipo a considerar si las interfaces geométricas entre los módulos son factibles y a resolver las relaciones dimensionales básicas entre los módulos” (Ulrich & Eppinger, 2013).

Especificaciones del producto

Una vez que se ha seleccionado el concepto que obtuvo la mayor calificación en la matriz de selección, es momento de convertir los requerimientos del cliente a especificaciones objetivo, es decir, establecer los métricos de ingeniería que describan de la mejor manera las necesidades del cliente, con la finalidad de asignar una unidad de medición y a su vez un rango permisible a cada métrico. Lo descrito anteriormente, tiene por objeto la creación de especificaciones objetivo que sean precisas y puedan de alguna u otra manera ser medidas; sin embargo, también pueden existir métricos subjetivos, los cuales pueden ser basados en sentimientos o preferencias propias del cliente.

En el proyecto del diseño de una urna electrónica, la relación entre las necesidades del cliente y los métricos de ingeniería estarán especificados en la matriz de necesidades-métricas, así como también, se indicará en ella el grado de relación entre ambas, en base a ponderaciones que se determinarán conforme a las necesidades del cliente, y a su vez, se plasmarán los objetivos técnicos donde se especificarán las unidades de medición para cada métrico. El formato que será utilizado aparece en la figura 3.7.

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|-----------------------------|---------|------------------------|---------|---------|---------|-----|-----|-----|
| metro 1 | | | | | | | | | | |
| metro 2 | | | | | | | | | | |
| metro 3 | | | | | | | | | | |
| metro 4 | | | | | | | | | | |
| metro 5 | | | | | | | | | | |
| | | Preferencia | | Abi | Abi | Abi | Arb | Arb | Arb | Arb |
| | | | | Métricos de Ingeniería | | | | | | |
| Requerimientos del Cliente | | Importancia para el cliente | metro 1 | metro 2 | metro 3 | metro 4 | metro 5 | | | |
| Requerimiento 1 | | | | | | | | | | |
| Requerimiento 2 | | | | | | | | | | |
| Requerimiento 3 | | | | | | | | | | |
| Requerimiento 4 | | | | | | | | | | |
| Requerimiento 5 | | | | | | | | | | |
| Objetivos Técnicos | | | | | | | | | | |
| Benchmarking técnico | | Mejor Peor | A B | A B | B A | B A | A B | | | |
| | | Puntuación | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | | Peso Relativo | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | | | |

Códigos Correlación

| | |
|----|--------------|
| 2 | Muy Positivo |
| 1 | Positivo |
| -1 | Negativo |
| -2 | Muy Negativo |

| | |
|----|-------------|
| A: | Nosotros |
| B: | Competencia |

Figura 3.7 Formato para la matriz de necesidades-métricas

Comparación contra la competencia

Es de suma importancia realizar un *benchmarking* contra las urnas electrónicas ya existentes, con el objetivo de identificar las fortalezas y debilidades del nuevo producto, frente a las métricas de sus competidores. Dependiendo de la afinidad del nuevo producto con los productos de la competencia, se puede tener una idea del éxito que tendrá en el mercado comercial. Como se mencionó en el capítulo anterior, existen varias urnas electrónicas que han sido fabricadas en distintos Estados de la República Mexicana, de ellas se elegirán 3 para realizar la comparación de la cual se está haciendo mención. Los datos se organizarán en una tabla, donde se especificarán como puntos a evaluar, las métricas e importancia de las mismas, el formato que se utilizará se muestra en la figura 3.8.

| Metrica | Imp. | Unidades | Urna Propia | Competidor 1 | Competidor 2 | Competidor 3 |
|---------|------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Figura 3.8 Formato para la comparación contra la competencia

3.3.4 Fase 3. Diseño de detalle

Lista de componentes

La fase de diseño de detalle, especifica las medidas de todos los componentes, así como también se selecciona el material de fabricación, y se elaboran los planos de

los componentes incluyendo las tolerancias de las medidas. Es importante que se haga un listado del total de los componentes que tendrá la urna electrónica, para tener un control acerca de ellos; especificando en dicha lista, el peso y volumen de cada de cada componente. La lista de componentes servirá para realizar el diseño que se adecúe a las dimensiones requeridas que debe tener la urna, contemplando los espacios de cada componente. El formato que se utilizará para la elaboración de dicha lista se observa en la figura 3.9.

| COMPONENTE | PESO | VOLUMEN |
|------------|------|---------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Figura 3.9 Formato para el listado de componentes

Diseño de partes

Una vez que se tenga completo el listado de los componentes de la urna electrónica, es momento de refinar el diseño del bosquejo. Se comenzará por hacer el diseño de cada uno de los componentes a detalle, incluyendo en el modelo 3D las dimensiones reales de la pieza. Cuando se tengan los modelados del total de las piezas que lleva la urna electrónica, se procederá a armar el ensamblaje completo del prototipo final. Por otro lado, también es importante que se definan las medidas finales y el estilo del diseño de la carcasa.

3.3.5 Fase 4. Pruebas y refinamiento

En la fase de pruebas y refinamiento, se realizarán pruebas de desempeño, seguridad y durabilidad en general, y si fuese necesario se implementarán cambios en el diseño. La prueba de durabilidad se le realizará al material con que se construirá la carcasa de la urna, para corroborar que el material elegido es *Heavy duty*. La prueba del desempeño de la urna, se llevará a cabo una vez que se tenga el prototipo físico terminado, ya que con esta prueba se mostrará el uso del *software*, así como la interacción de todos los componentes internos. Y finalmente, la prueba de seguridad, la cual también se debe realizar ya que se tenga el prototipo físico de la urna, debido a que esta prueba toma en cuenta el tiempo que dura una persona

para poder violar la seguridad de la urna (candados, cerraduras, soldadura, entre otras).

3.4 Conclusiones del capítulo

El presente capítulo tuvo como objetivo establecer los materiales y la metodología a utilizar en el desarrollo del proyecto; en lo que respecta a los materiales y equipo que se utilizará, en la parte de recursos materiales se detallaron las principales características de la computadora, la cual será de uso fundamental a lo largo de todo el proyecto; se destacó también la importancia del equipo y/o herramental que se utilizará en el armado del prototipo físico. En el ámbito de los recursos humanos se hizo mención de los miembros responsables del proyecto colaborativo. Finalmente, en lo que respecta a la división de materiales, se mencionó la parte informática, es decir, los *softwares* de computadora con los que se trabajará a lo largo del progreso del proyecto.

Con relación a la metodología, se definieron las fases a utilizar para el desarrollo del proyecto, y de igual manera, los formatos con los que se estará trabajando en cada una de las fases establecidas; acentuando en cada una de ellas una pequeña descripción para dejar establecido cómo se trabajará en el siguiente capítulo. Se elaboró un cronograma de actividades conocido como “Diagrama de Gantt”, el cual tendrá como objetivo llevar un control de los avances de las actividades del proyecto, mismo que se estará monitoreando a lo largo de los siguientes capítulos, para corroborar los avances de las actividades.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Introducción

La forma en la cual se desarrolló el proyecto, será descrita de manera detallada en este capítulo. En la sección anterior se mostraron los formatos que se utilizaron para la recaudación y procesamiento de la información, así como también, los materiales y distintos *softwares* que fueron de utilidad en el progreso del proyecto. Las fases del proceso genérico de desarrollo de productos, se desglosan a detalle en el capítulo cuatro, junto con los resultados arrojados por cada una de ellas.

4.2 Fase 0. Planeación

Todo proyecto debe comenzar con la fabricación de un plan de trabajo, en donde se definan las actividades que tendrán lugar en cada una de las fases del desarrollo. Con la finalidad de tener un control general de los tiempos y tareas a ejecutar, es de suma importancia la elaboración de una planeación adecuada desde un inicio, ya que en el plan de trabajo se basará la realización del proyecto. El cronograma de actividades que se buscó seguir al pie de la letra, en el proyecto del diseño físico de una urna electrónica, se dio a conocer en la sección 3.3.1.

En la fase de planeación, se tomaron en cuenta los requerimientos por parte del cliente, quien fue el que se acercó a la Institución educativa en busca de respuestas a sus necesidades. Se elaboró un documento en donde se estableció una breve descripción del producto, la propuesta de valor, los objetivos claves, el mercado primario y secundario al que se buscaba atacar, las suposiciones y restricciones, y finalmente, el personal involucrado; dando con ello cimentación al proyecto. Dicho documento se nombró “**Declaración de la misión**”, mismo que se detalla a continuación en la figura 4.1.

| Declaración de la misión: Diseño físico de una urna electrónica | |
|--|--|
| Descripción del producto | * Para uso en elecciones electorales: registro de votantes, captura y contabilización de votos. |
| Propuesta de valor | * Diseño incluyente para personas con discapacidad auditiva y/o visual. * Ahorro de papel, debido a que la boleta electoral será totalmente electrónica. * Multifuncional, debido a que realizará registro de votantes, captura e impresión del voto y escrutinio de la urna. |
| Objetivos claves de negocio | * Acelerar el proceso de resolución de las votaciones electorales. * Contribuir al medio ambiente, ahorrando una alta cantidad de papel. * Introducción del producto en el tercer trimestre del 2018 * Evitar errores humanos en el escrutinio * Apoyar la innovación de las votaciones electorales, al incluir la tecnología de una urna electrónica. |
| Mercado primario | * Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora |
| Mercado secundario | * Institutos Electorales de otros Estados * Instituciones Educativas |
| Suposiciones y restricciones | * Diseño <i>Heavy Duty</i> * Color uniforme en toda su estructura * Gabinete compacto * Autonomía energética de al menos una hora por medio de baterías * Resistente a altas temperaturas * Material antiestático |
| Involucrados | * Instituto Estatal Electoral y votantes * Ingeniero Industrial * Ingeniero Electrónico * Licenciado en Informática |

Figura 4.1 Declaración de la misión

4.3 Fase 1. Desarrollo del concepto

4.3.1 Requerimientos del cliente

La voz del cliente es primordial en la elaboración de un producto, por ello es de suma importancia escuchar atentamente sus necesidades. En el proyecto del diseño físico de una urna electrónica, se elaboró una lista de requerimientos mínimos por parte del cliente, los cuales se cumplieron en su totalidad. Las exigencias fueron bastante rigurosas, debido a que se trata de un organismo público para el cual se trabajó en conjunto con la institución educativa, en el diseño y elaboración de la urna electrónica.

Cabe destacar, que la urna es un dispositivo multifuncional, puesto que, cuando no se está en tiempos electorales es utilizada como kiosco informativo en encuestas de participación ciudadana a través del mismo organismo. Los requerimientos, para el área específica de diseño, de los cuales se hace hincapié en esta sección se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Listado de los requerimientos del cliente

| Número | Descripción del requerimiento |
|--------|---|
| 1 | La urna electrónica es compacta |
| 2 | El peso total de la urna es menor a 15kg |
| 3 | El material del gabinete mantiene una temperatura constante con la urna en uso |
| 4 | La urna opera normalmente por largos periodos de tiempo |
| 5 | La urna cuenta con autonomía energética en caso de emergencia |
| 6 | Las uniones del gabinete permanecen totalmente selladas con el paso del tiempo |
| 7 | La pantalla <i>touchscreen</i> de la urna electrónica está protegida de golpes cuando no se encuentra en uso (transporte) |
| 8 | El diseño convencional de la urna electrónica facilita su transporte |
| 9 | Los seguros/candados para acceder a la urna electrónica le dan seguridad a todo gabinete |
| 10 | El material del gabinete es de alta resistencia a impactos |
| 11 | El gabinete mantiene un color uniforme en toda su estructura |
| 12 | La urna cuenta en su interior con un depósito para almacenar los testigos de voto |
| 13 | La pantalla principal de la urna electrónica se encuentra ubicada en la parte más accesible para el usuario |
| 14 | La urna electrónica permite la participación ciudadana a personas con capacidades diferentes |
| 15 | La urna electrónica cuenta con una pantalla secundaria que muestra su estado actual |

4.3.2 Generación del concepto

Una vez que ya se enlistaron los requerimientos del cliente, se comenzaron a generar diferentes propuestas de solución, con la finalidad de tener una idea más clara visualmente hablando. Se desarrollaron dichas propuestas utilizando para ello el *software* SolidWorks®, para la elaboración en modelado 3D de cada bosquejo. En el listado de las especificaciones por parte del cliente, existen características básicas que le dan forma a los módulos de la urna electrónica, mismos que se especificarán en la siguiente fase

El primer bosquejo que se realizó de la urna electrónica, por parte del diseñador del proyecto, fue una urna tipo kiosco, a la cual se le dio el nombre de “Kiosco A”, su forma es un tanto irregular, ya que cuenta con un ángulo de entrada en la cara frontal, donde se ubica la pantalla principal y la ventana de impresión, con la finalidad de darle una visión más amplia a dicha sección, ya que es la parte con la

que interactúa el usuario final. En la figura 4.2 se muestra el bosquejo de la urna tipo “Kiosco A”.

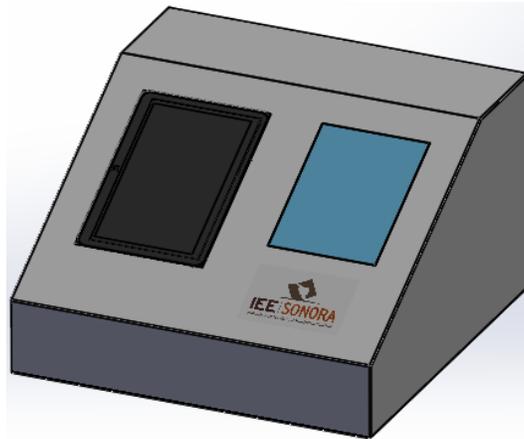


Figura 4.2 Modelado de urna electrónica tipo “Kiosco A”

El segundo diseño que se elaboró de la urna electrónica, consiste en un tipo **maletín**, el cual cuenta con una pantalla principal móvil, que permanece en modo vertical cuando se está usando la urna; y que, al momento de no encontrarse en uso, se coloca en modo horizontal, permitiendo con ello ser protegida junto con la ventana de impresión por la tapadera del maletín, y así mismo, facilitar su transportación. En la figura 4.3 se observa el modelado 3D de la urna anteriormente descrita.

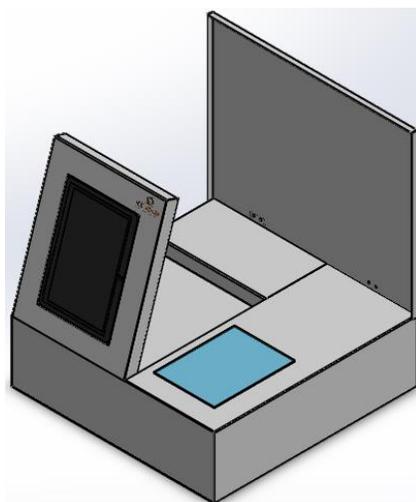


Figura 4.3 Modelado de urna electrónica tipo “Maletín”

El tercer estilo que se diseñó de la urna electrónica se nombró “**Kiosco B**”, el cual consta de una pantalla principal, una ventana de impresión, rejillas para invidentes, entrada para audífonos, agarradera en la parte superior, entre otras cosas; tiene una forma irregular ergonómica, el ángulo de inclinación fue pensado con la finalidad de tener una mayor visibilidad en el área frontal, la cual será manipulada en gran medida por el usuario final. En la figura 4.4 se observa el modelado virtual de dicha urna.

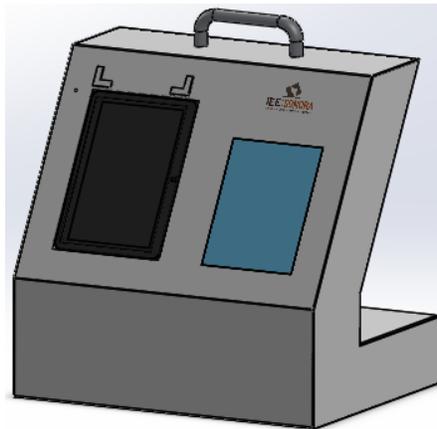


Figura 4.4 Modelado de urna electrónica tipo “Kiosco B”

4.3.3 Selección del concepto

Las alternativas de solución marcaron la pauta para la selección del concepto; es importante mencionar que, para realizar dicha selección, se recurrió a la matriz de Pugh, cuyo formato se dio a conocer en el capítulo anterior. Colocando principalmente, los criterios clave de la evaluación, los cuales fueron ponderados en base a los requerimientos del cliente; como referencia se tomó la urna electrónica de la empresa *Pounce Consulting*, de la cual se cuenta físicamente con un prototipo en el Instituto Tecnológico de Hermosillo. En la figura 4.5 se observa el llenado de la matriz de selección y los resultados que arrojó, por lo que se tomó la decisión de continuar desarrollando la alternativa “**Kiosco B**”, puesto que fue la que obtuvo una mayor puntuación, superando a la urna de referencia en los aspectos de componentes, peso, arquitectura física, entre otras.



Figura 4.5 Matriz de selección del concepto

4.4 Fase 2. Diseño en el nivel sistema

4.4.1 Especificaciones del producto

En la sección anterior quedó definida por medio de la matriz de selección, la alternativa de solución que mejor se adapta a las necesidades del proyecto. En esta sección los criterios clave que se evaluaron anteriormente, son definidos más a fondo, convirtiéndose en especificaciones objetivo que están delimitadas por un rango de medibles. En la figura 4.6 se observa una representación de la matriz tipo QFD (*Quality Function Deployment*, por sus siglas en inglés) que se utilizó para determinar los métricos de ingeniería, los cuales fueron aplicados en la construcción de la urna electrónica.

El QFD es un proceso destinado a ayudar al equipo de diseño a hacer las preguntas correctas, en el momento indicado y a las personas adecuadas. Es una actividad de consenso del equipo de desarrollo, con la finalidad de lograr un acuerdo entre el equipo sobre cómo debe funcionar el producto. Apoya y documenta los procesos de evaluación comparativa y análisis de necesidades del cliente; y su intención es mejorar la calidad de los productos en el sentido más amplio. Significa aprender de la experiencia del cliente y conciliar lo que los clientes quieren con lo que los ingenieros pueden construir razonablemente (Otto & Wood, 2001). En el proyecto

de la urna electrónica se realizó la construcción de las primeras dos matrices QFD, las cuales se encuentra en los anexos 13 y 14 al final de este documento.

| Requerimientos del Cliente | Importancia para el cliente | Métricos de Ingeniería | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|----------------------------|------|-----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | | Volumen (a ¹ b) | Peso | Cambio de temperatura | Autonomía energética | Resistencia y durabilidad | Forma convencional | Seguridad antimoho | Color imparcial y logo de IEE | Impresión y depósito de votos | Pantalla touchscreen de 10" | Pantalla secundaria |
| Compacta | 6 | 9 | 6 | | 1 | | 1 | | | | | |
| Ligera / liviana | 6 | 6 | 9 | | | | | | | | | |
| Temperatura normal en uso constante | 9 | | | 9 | | | | | | | | |
| Operación eficiente por largos periodos de tiempo | 9 | | | 9 | 1 | | | | | | | |
| Batería incluida | 3 | | 6 | 1 | 9 | | | | | | | |
| Uniones del gabinete selladas | 9 | | | | | 9 | | 9 | | | | |
| Protección de pantalla principal | 3 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | |
| Fácil transportación | 3 | | | | | | | 9 | | | | |
| Seguridad de todo el gabinete | 9 | | | | | 3 | | 9 | | | | |
| Resistencia a impactos | 3 | | | | | 9 | | 9 | | | | |
| Confiable | 9 | | | | | 9 | | 9 | | | | |
| Fácil de utilizar por cualquier persona | 6 | | | | | | | 9 | | | | 3 |
| Color uniforme en toda su estructura | 9 | | | | | | | | 9 | | | |
| Impresión de los testigos de voto | 6 | | 6 | | | | | | | 9 | | |
| Pantalla principal accesible para el usuario | 3 | 3 | | 3 | | | | | | | 9 | |
| Pantalla secundaria que muestra el estado de la urna | 3 | | | | | | | | | | | 9 |

| Objetivos Técnicos | | 500X500X200 mm | < 15 kg | < 30° C | 1 hr | 10 años | cubica | 3 min | Gris claro | 750 unidades | 10" | 110X23 mm |
|----------------------|-------|----------------|---------|---------|------|---------|--------|-------|------------|--------------|-----|-----------|
| Benchmarking técnico | Mejor | A | A | B | B | A | A | B | A | A | A | A |
| | Peor | B | B | A | A | B | B | A | B | B | B | B |
| Puntuación | | 102 | 147 | 174 | 42 | 219 | 87 | 270 | 81 | 54 | 45 | 27 |
| Peso Relativo | | 8% | 12% | 14% | 3% | 18% | 7% | 22% | 6% | 4% | 4% | 2% |

| |
|---------------------|
| A: Nosotros |
| B: Pounce Consultin |

Figura 4.6 Matriz necesidades-métricas

4.4.2 Módulos que conforman la arquitectura de la urna electrónica

La urna electrónica está constituida por cinco módulos que interactúan entre sí, con la finalidad de obtener los resultados esperados, y dar cumplimiento a la totalidad de los requerimientos del cliente. El **módulo de registro y procesamiento**, como su nombre lo indica, es el encargado de captar y procesar la información que el usuario le indique. El **módulo de lectura**, recibe la información del usuario y la traduce para mandarla al módulo de impresión. El **módulo de impresión**, se encarga de crear un comprobante físico, en este caso de papel, para que pueda ser utilizado como un testigo del voto; o bien para la impresión de las respuestas, en el

caso de encuestas de participación ciudadana. Además, se cuenta con el **módulo de almacenamiento**, que es el encargado de resguardar los papeles impresos en un solo sitio, con la finalidad de evitar que se dispersen en el interior de la urna, una vez que son cortados por la impresora. Finalmente, se cuenta con el **módulo de fuente de energía**, el cual le brinda autonomía energética con duración de hasta una hora a la urna electrónica en caso de emergencia. En la figura 4.7 se observa la arquitectura de la totalidad de los módulos de la urna electrónica. Cabe notar que el arreglo físico de los módulos puede variar dependiendo de la solución retenida.

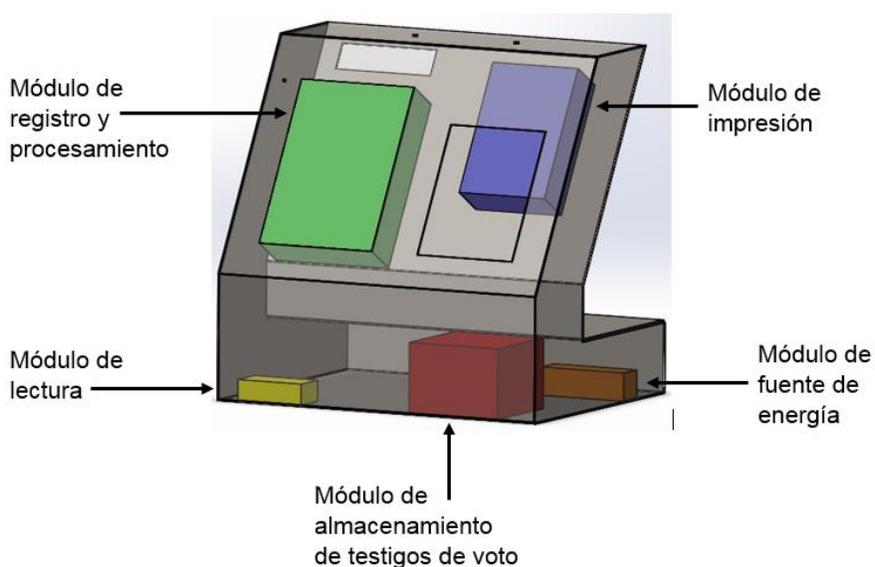


Figura 4.7 Arquitectura de la urna electrónica

4.4.3 Comparación contra la competencia

En el desarrollo de un proyecto, una vez que se avanza en la realización del producto, es conveniente que se elaboren comparaciones con productos similares de distintos fabricantes, con la finalidad de obtener puntos clave a mejorar en el producto propio. Es decir, tener una idea más clara de en qué se está fallando o se está quedando por debajo en comparación con la competencia; así mismo, tener resaltados los puntos a favor o aquellos en que se es superior a la competencia, buscando obtener las ideas base para la mercadotecnia del producto. En la tabla 4.2 se observa la comparación que se hizo contra la urna electrónica de *Pounce Consulting*.

Tabla 4.2 Comparación con la competencia

| Métrica numero | Metrica | Imp. | Unidades | Urna Propia | Pounce-consulting |
|----------------|-------------------------------|------|----------|-------------|-------------------|
| 1 | Volumen (a*l*b) | 6 | mm | ** | * |
| 2 | Peso | 6 | kg | ** | * |
| 3 | Cambio de temperatura | 9 | °C | * | ** |
| 4 | Autonomía energética | 3 | hrs | * | ** |
| 5 | Resistencia y durabilidad | 6 | pascales | ** | * |
| 6 | Forma convencional | 3 | subj | ** | * |
| 7 | Seguridad antirrobo | 9 | min | * | ** |
| 8 | Color imparcial y logo de IEE | 3 | subj | ** | * |
| 9 | Deposito de votos | 3 | mm | ** | * |
| 10 | Pantalla touchscreen de 10" | 1 | inch | ** | * |
| 11 | Pantalla secundaria | 1 | mm | ** | * |

** Superior

*Inferior

4.5 Fase 3. Diseño de detalle

4.5.1 Componentes de la urna electrónica

Una vez que se establecieron los módulos que forman a la urna electrónica, fueron propuestas las distintas alternativas de solución pensando en cubrir la totalidad de las necesidades del cliente; y a su vez, elaborar una urna atractiva al ojo humano y sencilla de manejar. Para comenzar con la generación de los probables conceptos de solución, se realizó un listado de los componentes que debía contener la urna, adjuntando en el mismo el peso y volumen de cada uno, con el fin de tomarlos a consideración en las dimensiones totales de la carcasa. En la tabla 4.3 se observa dicha lista.

Tabla 4.3 Elementos principales de la urna electrónica

| COMPONENTES | PESO | VOLUMEN |
|---|------------------------|--------------------------|
| Pantalla principal (Elo Touch 10") | .79 kg | 254.6mm x 177.3mm x 29mm |
| Raspberry Pi | 45g | 85.60mm x 56.5mm |
| Arduino UNO | 25g | 68.6mm x 53.4mm |
| Impresora térmica (Zebra KR403) | 1.1 kg | 107mm x 68mm x 144mm |
| Pantalla secundaria | S/E | 110mm x 23mm |
| Conector para audifonos | incluido en raspberry | incluido en raspberry |
| Rejillas para invidentes | S/E | S/E |
| Contenedor de votos | S/E | S/E |
| Conectores ethernet | incluidos en raspberry | incluidos en raspberry |
| Conectores USB | incluidos en raspberry | incluidos en raspberry |
| UPS (regulador) | 0.56kg | 159mm x 98mm x 38mm |
| Acilico cubierta de pantalla | S/E | 254.6mm x 177.3mm x 29mm |
| Ventana frontal | S/E | 150mm x 200mm |
| Bateria | 4.06 Kg | 151mm x 98mm x 100mm |
| Cerraduras | 100g c/u | 102mm x 67mm x 25mm |

Con relación a la tabla anterior, se puede observar que existen ciertos componentes los cuales poseen especificaciones más explícitas, que incurren en el uso y manejo de los mismos; tal es el caso del monitor *Elo Touch*, la tarjeta *Raspberry Pi*, el microcontrolador *Arduino UNO*, la impresora térmica *Zebra KR403*, el regulador *UPS* y la batería externa; las cuales se detallan a continuación.

La pantalla principal está conformada por un monitor *Elo Touch* de 10", que se muestra en la figura 4.8 (Elo Touch Solutions, Inc., 2019), el cual se ubica de forma vertical en la parte más accesible para el usuario; tiene un peso aproximado de 0.79 kg, el volumen total que posee es de 254.6mm x 177.3mm x 29mm, el voltaje de entrada que maneja es de 12VDC +/- 5%; 100-240VAC, 50/60Hz, la temperatura cuando se está utilizando el monitor oscila entre 0°C a 40°C, y por su parte, la temperatura cuando la urna no se encuentre en uso debe ser dentro del rango de -20°C hasta un máximo de 60°C. Estas y otras especificaciones aparecen en la tabla de especificaciones, la cual se encuentra en el anexo 1, al final de este documento.

La urna electrónica cuenta además, con una pantalla en la parte posterior, misma que se muestra en la figura 4.9, con la finalidad de que el encargado pueda observar

el estado actual de la misma, de tal manera que si el usuario llegará a salirse del modo que se le asignó, la persona encargada de vigilar la urna pueda darse cuenta fácilmente. Las dimensiones aproximadas con las que cuenta son de 110mm x 23mm, con espacio para dos renglones.



Figura 4.8 Monitor Elo Touch 10"

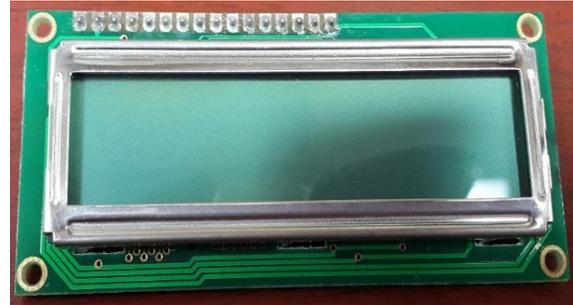


Figura 4.9 Pantalla posterior de la urna electrónica

La tarjeta *Raspberry Pi*, que se muestra en la figura 4.10; es utilizada para conectar la mayoría de los componentes internos, a modo de procesar la información que cada uno envíe. Está colocada detrás de la pantalla principal; cuenta con una memoria RAM de 512MB, 4 puertos USB, conectividad de red Ethernet RJ-45 vía hub USB, para las salidas de audio utiliza un conector de 3.5mm y un puerto HDMI, su tamaño aproximado es de 85.60mm x 56.5mm y tiene un peso de 45 gramos. En el anexo 2 se encuentra la tabla de especificaciones técnicas (Raspberry Shop, 2018). La urna electrónica posee además, un microcontrolador Arduino UNO, que se observa en la figura 4.11; el cual es el encargado, como su nombre lo indica, de administrar y controlar la pantalla posterior de la urna, así como el módulo de fuente de energía. El microcontrolador que maneja es el ATmega328P, cuenta con un voltaje de operación de 5V, memoria flash de 32KB, y su consumo de energía es de 19mA. Estas y otras especificaciones se muestran a detalle en el anexo 3 (Arduino, 2018).



Figura 4.10 Raspberry Pi 3 Modelo B



Figura 4.11 Microcontrolador Arduino UNO

El módulo de impresión de la urna electrónica está conformado por una impresora Zebra KR403, la cual se muestra en la figura 4.12; se encuentra a un lado de la pantalla principal, detrás de una ventana que da visibilidad a la impresión del testigo del voto, o en su caso, de las preguntas y respuestas en una encuesta de participación ciudadana. Entre las características principales que posee el dispositivo de impresión están: carga automática de material; guillotina para anchura completa o parcial; dispensador en bucle con detección de toma; montaje horizontal o vertical; conectividad USB; entre otras.



Figura 4.12 Impresora Zebra KR-403

La urna electrónica activa su mecanismo a través de un transmisor por radiofrecuencia, el cual se encuentra en la parte interna de la misma y funciona por medio de una tarjeta que es la llave para que la urna comience a trabajar. Al momento de pasar la tarjeta por un lado del transmisor, este hace que se desbloquee la urna electrónica; por lo cual se debe tener cuidado con el manejo de dicha llave y entregarla solo a la persona responsable del funcionamiento de la urna.

En la figura 4.13 se observa el transmisor por radiofrecuencia que está siendo utilizado.



Figura 4.13 Transmisor por radiofrecuencia

4.5.2 Diseño de las partes de la carcasa

La carcasa de la urna electrónica fue fabricada en lámina de metal a modo de prototipo inicial, debido a que un material plástico que sería el ideal resulta ser bastante costoso para utilizarlo sólo en el prototipo. Las partes que componen la carcasa de la urna son: una tapa frontal, una tapa posterior y dos tapas laterales. La tapa frontal tiene dos aberturas, las cuales permiten colocar en una, la pantalla principal, y en la otra, una ventana por donde el votante observa y verifica como se imprimen sus elecciones; así mismo, cuenta con dos orificios en la parte superior en donde se atornilla una manija que facilita el traslado de la urna. Las dimensiones de la tapa frontal y sus distintas vistas del modelado 3D se observan en la figura 4.14. El plano completo se encuentra en el anexo 4, al final del documento.

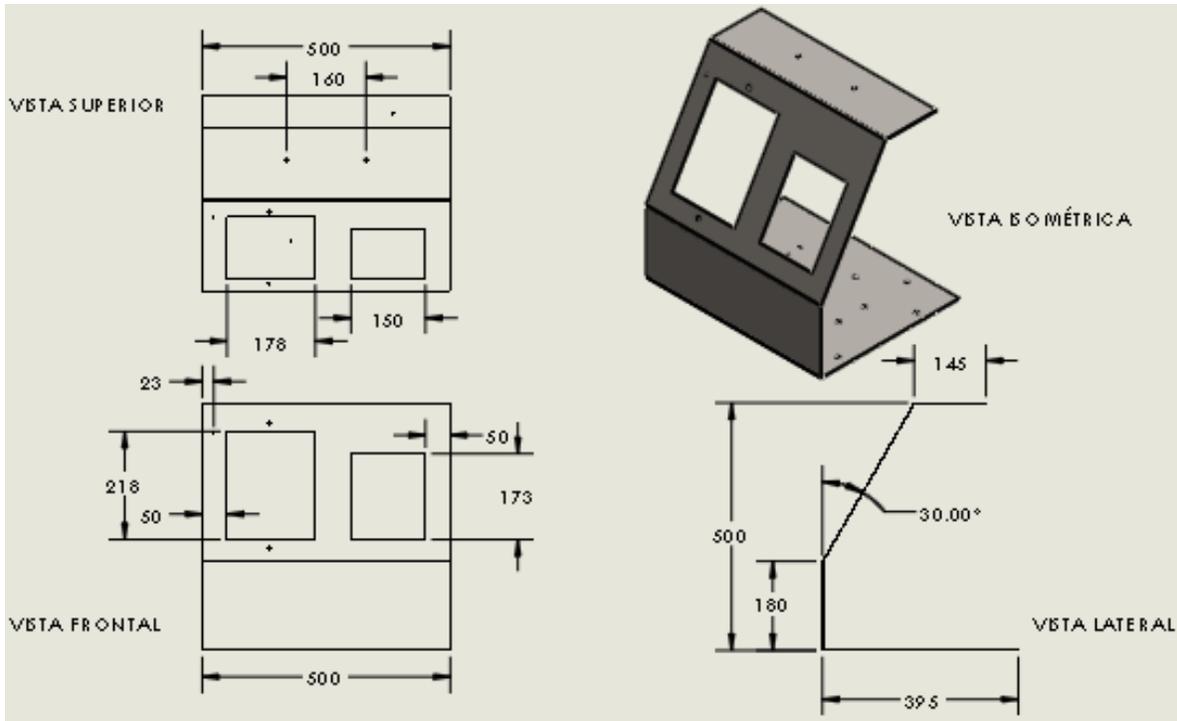


Figura 4.14 Modelado 3D de tapa frontal

La tapa posterior de la urna electrónica cuenta con una pequeña abertura, en la cual se ensambla la pantalla posterior. Simulando una escuadra, da paso a que se forme la base, y a su vez, permite el ahorro de espacio en la parte interna de la urna. Las dimensiones reales de la tapa posterior y sus distintas vistas se observan en la figura 4.15, el plano completo se encuentra en el anexo 5.

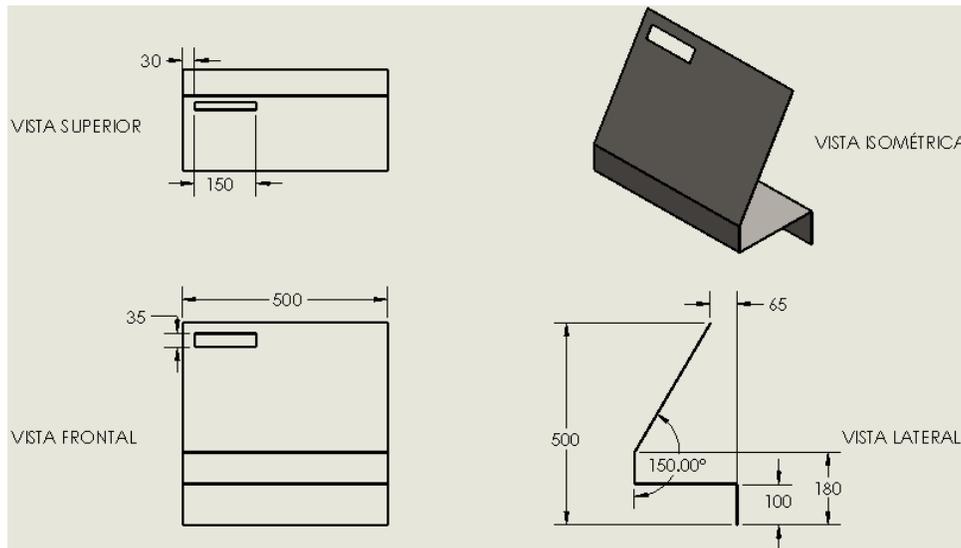


Figura 4.15 Modelado 3D de tapa posterior

Los laterales de la urna electrónica están compuestos por unas tapas tipo “L”, las cuales se encargan de cubrir la totalidad de los espacios que quedan entre la tapa frontal y la tapa posterior. Al igual que las tapas antes mencionadas, están elaboradas de acero ASTM A36 de 2 mm de espesor, lo que garantiza una durabilidad bastante amplia ya que es un material estructural. En la figura 4.16 se puede observar el modelado 3D de la tapa lateral con sus dimensiones. En el anexo 6, se encuentra el plano completo de esta pieza.

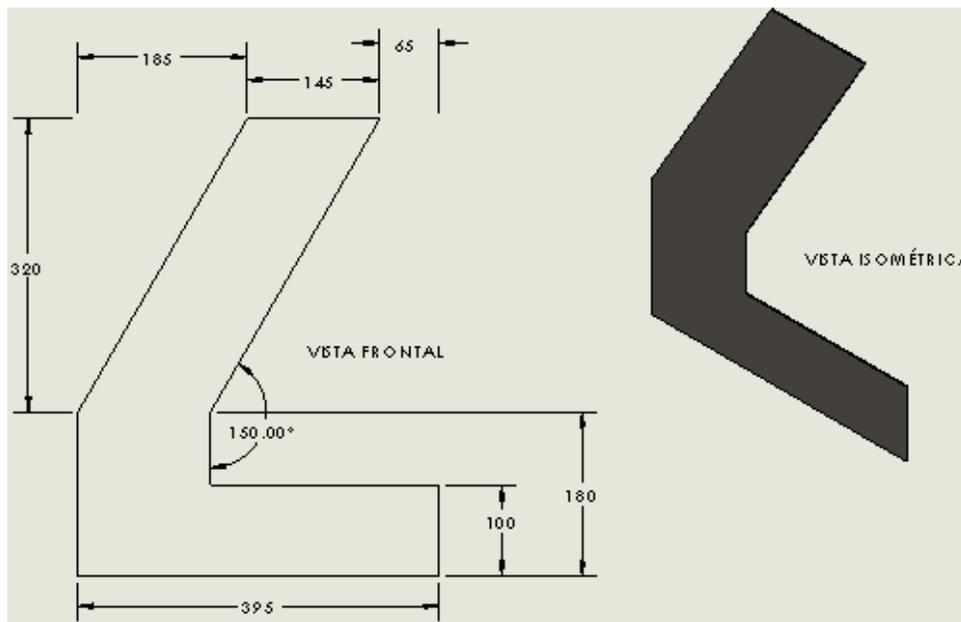
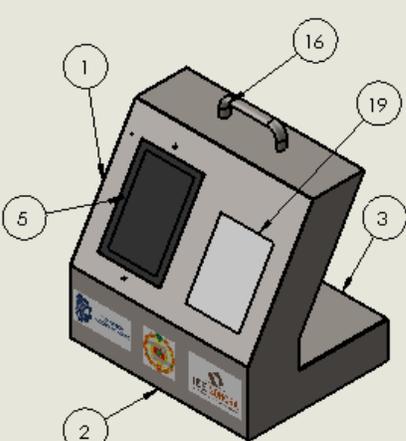


Figura 4.16 Modelado 3D de tapa lateral

A partir del ensamble total del prototipo se generó la lista de materiales también conocida como *BOM* (*Bill of materials*, por sus siglas en inglés), la cual representa un inventario completo de la materia prima, piezas, componentes, tornillería y sujetadores, así como las cantidades de cada uno de ellos que se necesitan para fabricar la urna electrónica. En la figura 4.17, se observa el BOM del proyecto junto con el detallado de las partes externas de la urna, que aparece en la parte izquierda de la figura. El definir la lista de materiales ayuda a obtener la estimación del costo total de la urna electrónica, identificando en ella las piezas a fabricar y los componentes ensamblados que se adquieren directamente de fabricante, así mismo la tornillería necesaria.



| No. | Descripción | Material | CANT. |
|-----|---|----------------|-------|
| 1 | Lateral | ASTM A36 Acero | 2 |
| 2 | Tapa Frontal | ASTM A36 Acero | 1 |
| 3 | Tapa Posterior | ASTM A36 Acero | 1 |
| 4 | Impresora KR403 con papel | | 1 |
| 5 | EloTouch10 | | 1 |
| 6 | U sujetador | | 1 |
| 7 | B18.6.7M - M4 x 0.7 x 10 Type I Cross Recessed FHMS -10N | | 9 |
| 8 | B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M4 x 0.7 -D-N | | 9 |
| 9 | B18.6.7M - M2.5 x 0.45 x 10 Type I Cross Recessed FHMS -10N | | 3 |
| 10 | B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M2.5 x 0.45 -D-N | | 11 |
| 11 | contenedor | | 1 |
| 12 | L sujetador | | 7 |
| 13 | espaciador raspberry | | 8 |
| 14 | Raspberry | | 1 |
| 15 | B18.6.7M - M3 x 0.5 x 5 Type I Cross Recessed FHMS -5N | | 10 |
| 16 | CLM-160-PHR-8 | ASTM A36 Acero | 1 |
| 17 | Fuente (UPS) | | 1 |
| 18 | Bateria | | 1 |
| 19 | ventana | | 1 |
| 20 | B18.6.7M - M6 x 1.0 x 8 Type I Cross Recessed PHMS -8N | | 2 |
| 21 | Arduino UNO | | 1 |
| 22 | Pantalla posterior | | 1 |

Figura 4.17 Lista de materiales de la urna electrónica

La arquitectura de la urna electrónica contemplo básicamente el acomodo de todos los componentes internos y externos, los cuales interactúan entre sí para realizar las funciones correspondientes. En la figura 4.18 se observan las vistas frontal, lateral, superior y posterior del prototipo en modelado 3D, así mismo, la ubicación de los logotipos que corresponden a los participantes de este proyecto.

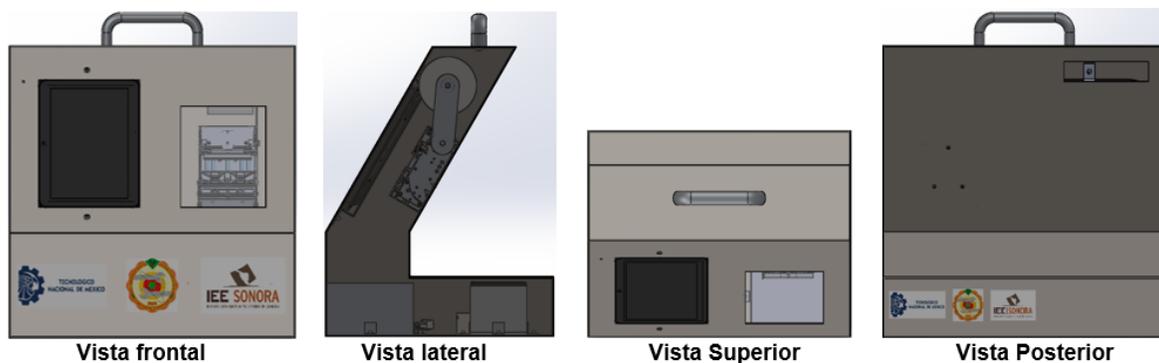


Figura 4.18 Modelado 3D de la urna electrónica

La fijación de los componentes, es otro aspecto muy importante que se tomó en cuenta, el cual garantiza la durabilidad y el correcto funcionamiento de los componentes internos y externos mediante el uso de sujetadores y tornillería diversa como se muestra en la figura 4.19. La pantalla *Elo Touch* se encuentra fijada a la tapa frontal de la carcasa mediante un sujetador tipo “U”, el cual lleva un tornillo en cada extremo con su respectiva tuerca; el contenedor de votos y la batería esta fijados a la base de la urna mediante sujetadores tipo “L”, los cuales impiden el movimiento de estas piezas dentro de la urna; la tarjeta *Raspberry* y el *Arduino UNO* se fijaron a la base de la urna utilizando separadores para dar espacio a la parte inferior de dichas piezas, y evitar con ello el daño de las mismas; la fuente de poder está sujeta a la base de la urna mediante dos tornillos, y la impresora se encuentra fijada a la tapa posterior de la urna mediante 3 tornillos, quien es la que le da el ángulo de inclinación que se observa en la vista lateral. En la sección de anexos (15 al 20) se encuentran los modelados 3D de cada componente de la urna electrónica.

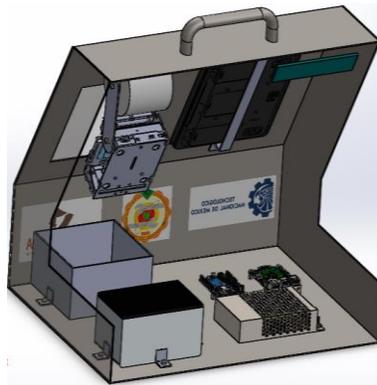


Figura 4.19 Sujeción de los componentes internos de la urna electrónica

4.6 Análisis económico de la urna electrónica

Hoy en día el contar con técnicas de análisis económico en la industria manufacturera ha sido de gran importancia en la toma de decisiones, debido a que, basado en dicho análisis se crea un ambiente particularmente dirigido a seleccionar la mejor de las alternativas; al conjunto de técnicas de análisis para la toma de decisiones monetarias se le conoce como ingeniería económica (Baca Urbina, 2007). En el caso específico de la urna electrónica se consideran primeramente los costos de las piezas que necesitan ser manufacturadas, tomando en cuenta para

ello los costos de materia prima (MP), mano de obra (MO), costo unitario y costo total, que aparecen en la figura 4.20.

| Descripción: | Cant. | MP | MO | C. Unitario | C. Total |
|----------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lateral | 2 | \$ 1,500.00 | \$ 500.00 | \$ 2,000.00 | \$ 4,000.00 |
| Tapa frontal | 1 | \$ 3,000.00 | \$ 1,500.00 | \$ 4,500.00 | \$ 4,500.00 |
| tapa posterior | 1 | \$ 2,000.00 | \$ 1,000.00 | \$ 3,000.00 | \$ 3,000.00 |
| Manija | 1 | \$ 500.00 | \$ 200.00 | \$ 700.00 | \$ 700.00 |
| Sujetador U | 1 | \$ 133.00 | \$ 100.00 | \$ 233.00 | \$ 233.00 |
| Sujetador L | 7 | \$ 40.00 | \$ 30.00 | \$ 70.00 | \$ 490.00 |
| Ventana | 1 | \$ 70.00 | \$ 30.00 | \$ 100.00 | \$ 100.00 |
| Contenedor | 1 | \$ 500.00 | \$ 200.00 | \$ 700.00 | \$ 700.00 |

Figura 4.20 Costos de las piezas a fabricar

A partir de los costos de las piezas manufacturadas, y obteniendo cotizaciones de los componentes que se adquieren directamente con fabricante y/o proveedor, se realizó una tabla de los costos totales de todos los componentes de la urna electrónica, la cual se observa en la figura 4.21. En la columna de material solo se considera la materia prima (ASTM A36) para las piezas a fabricar; en la columna de cantidad se especifica cuantos componentes de una misma descripción necesitará la urna; se especifica el precio por cada unidad y el importe total de cada número de parte. Finalmente, dicha tabla arroja un gran total de \$44,069.55, lo que se considera una suma de dinero bastante razonable, comparado con los múltiples beneficios que traerá el uso de la urna electrónica. Al final del documento en el anexo 11 y 12 se encuentran las cotizaciones de algunos componentes.

| No | Descripción | Material | Cant. | P. Unitario | Importe |
|-------|---|----------|-------|--------------|--------------|
| 1 | Lateral | ASTM A36 | 2 | \$ 2,000.00 | \$ 4,000.00 |
| 2 | Tapa frontal | ASTM A36 | 1 | \$ 4,500.00 | \$ 4,500.00 |
| 3 | Tapa posterior | ASTM A36 | 1 | \$ 3,000.00 | \$ 3,000.00 |
| 4 | Impresora Zebra KR403 | | 1 | \$ 11,250.00 | \$ 11,250.00 |
| 5 | Monitor Elo Touch 10" | | 1 | \$ 7,946.00 | \$ 7,946.00 |
| 6 | Sujetador en "U" | | 1 | \$ 233.00 | \$ 233.00 |
| 7 | Tornillo avellanado cabeza plana M4 x 0.7 x 10 | | 9 | \$ 15.45 | \$ 139.05 |
| 8 | Tuerca M4 x 0.7 | | 9 | \$ 3.00 | \$ 27.00 |
| 9 | Tornillo avellanado cabeza plana M2.5 x 0.45 x 10 | | 3 | \$ 8.00 | \$ 24.00 |
| 10 | Tuerca M2.5 x 0.45 | | 11 | \$ 2.00 | \$ 22.00 |
| 11 | Contenedor de impresiones | | 1 | \$ 700.00 | \$ 700.00 |
| 12 | Sujetador en "L" | | 7 | \$ 70.00 | \$ 490.00 |
| 13 | Espaciador | | 8 | \$ 23.00 | \$ 184.00 |
| 14 | Raspberry Pi 3 Modelo B | | 1 | \$ 2,250.00 | \$ 2,250.00 |
| 15 | Tornillo avellanado cabeza plana M3 x 0.5 x 5 | | 10 | \$ 12.00 | \$ 120.00 |
| 16 | Manija | ASTM A36 | 1 | \$ 700.00 | \$ 700.00 |
| 17 | Fuente de poder (UPS) | | 1 | \$ 1,000.00 | \$ 1,000.00 |
| 18 | Bateria de 12,000mAh | | 1 | \$ 562.50 | \$ 562.50 |
| 19 | Ventana | | 1 | \$ 100.00 | \$ 100.00 |
| 20 | Tornillo cabeza cilindrica M6 x 1.0 x 8 | | 2 | \$ 11.00 | \$ 22.00 |
| 21 | Arduino UNO | | 1 | \$ 1,500.00 | \$ 1,500.00 |
| 22 | Pantalla posterior | | 1 | \$ 300.00 | \$ 300.00 |
| 23 | Cableado diverso | | 10 | \$ 100.00 | \$ 1,000.00 |
| 24 | Ensamblaje de la urna | | 1 | \$ 4,000.00 | \$ 4,000.00 |
| Total | | | | | \$44,069.55 |

Figura 4.21 Costos totales de la urna electrónica

4.7 Conclusiones del capítulo

Los resultados obtenidos en cada una de las fases del proceso genérico de desarrollo de productos, impactan directamente en el diseño detallado del producto final. Los módulos con los que cuenta la urna son indispensables para el correcto funcionamiento del producto en general; se detallan así mismo, los componentes más importantes de la urna como lo son: impresora, Arduino, *Raspberry*, transmisor por radiofrecuencia, pantalla principal y pantalla secundaria. Los planos que aparecen en la sección 4.5.2 están diseñados con las medidas reales que debe tener la urna, ya que se considera el espacio necesario para todos y cada uno de

los componentes internos. Se elaboró así mismo, los planos para los sujetadores U y L los cuales se encuentran en los anexos 7 y 8 al final del documento. La parte económica también es importante que sea considerada, ya que a partir del presupuesto general que se creó en este capítulo se tiene una visión más clara del costo total de la urna electrónica, y se definen cuales piezas necesitan manufacturarse y cuáles pueden ser adquiridas directamente del fabricante, así como la tornillería necesaria para el ensamblaje de los componentes.

Capítulo 5. Conclusiones

5.1 Introducción

El desarrollo del trabajo de investigación, al que hace referencia esta tesis profesional, concluye con el análisis económico de la urna, a partir del diseño tridimensional óptimo de la misma. En este capítulo se mostrarán las conclusiones obtenidas en conjunto a lo largo de todas las fases del proyecto, y se hará mención a los resultados generados en cada una de ellas, así como el logro de objetivos en cada fase del proyecto.

5.2 Conclusiones

El contexto en el cual tuvo lugar el trabajo de investigación es el Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora, así como también el Instituto Tecnológico de Hermosillo; para el diseño del *software*, se trabajó en conjunto, a modo de proyecto colaborativo, con otros tesisistas de maestría del ámbito informático. El Instituto Electoral está satisfecho con los resultados de este primer trabajo de investigación en el campo de diseño de una urna electrónica y/o kiosco informativo. La problemática principal era que no se contaba con ningún diseño o prototipo de urna electrónica en el Estado de Sonora, por lo cual, este proyecto es el primer paso para la innovación tecnológica de las votaciones electorales en Sonora. Así mismo, al ser un kiosco informativo en tiempo extra electoral, abre las puertas a toda la población que tenga dudas o desee alguna información acerca de los procesos electorales, en donde se podrán realizar encuestas de participación ciudadana.

Las respuestas obtenidas referentes a las preguntas de investigación que se definieron en el primer capítulo de esta tesis son las siguientes: la creación de la urna electrónica era una necesidad primordial debido a la inminente necesidad de innovar el proceso electoral; el organismo encargado de las elecciones en el Estado de Sonora hizo llegar un listado de requerimientos mínimos con los que debía

cumplir la urna, y en base a esta lista se determinó la arquitectura física de las partes y componentes internos y externos de la urna; el *software* que se seleccionó para crear el modelado 3D de la carcasa fue SolidWorks versión 2016, ya que es un *software* de diseño que cumple con las características necesarias para el desarrollo del producto final del proyecto de investigación.

Debido a los resultados obtenidos en el presente proyecto, se concluye que la hipótesis fue probada, al diseñar una urna electrónica para ser utilizada en votaciones electorales y encuestas de participación ciudadana en el Estado de Sonora. A su vez, se cumplió también con el objetivo general y objetivos específicos del proyecto, quedo definida la arquitectura de la urna, mediante un programa de diseño, se cumplió con la mayoría de los requerimientos del cliente, se definieron los componentes de la urna y se programaron los tiempos necesarios para cada fase de desarrollo del proyecto.

Los dispositivos antecesores de la urna electrónica muestran una amplia perspectiva de los intentos por evolucionar las votaciones electorales en el mundo; y México no es la excepción, puesto que varios Estados han trabajado en el diseño y elaboración de prototipos de urnas electrónicas, y algunos de ellos ya han sido utilizados a modo de prueba en las votaciones electorales correspondientes.

La realización del proyecto estuvo 100% apegada a las fases del proceso genérico del desarrollo de productos, misma que se muestra en la metodología de la investigación; en la fase cero, la cual fue planeación, se definieron objetivos, tiempos y recursos con los que se trabajaría a lo largo del desarrollo de las demás fases. En el desarrollo del concepto, fase uno, primeramente se enlistaron los requerimientos del cliente, para después, elaborar las alternativas de solución, las cuales fueron tres, y estaban basadas en dichos requerimientos; al final de esta fase, se empleó la técnica de la matriz de Pugh para seleccionar la mejor de las alternativas mostradas.

En la siguiente fase, diseño en el nivel sistema, se elaboró la matriz de necesidades-métricas, en la cual se especificaban a detalle los requerimientos del cliente y que

métricos de ingeniería los satisficían, asignando un nivel de importancia a cada uno y delimitando los métricos mediante objetivos técnicos. En la fase de diseño de detalle, se elaboró un listado de los componentes de la urna y sus características, tanto de peso como de volumen y se describieron cada uno de ellos por separado, los componentes de mayor relevancia incluyendo un listado de especificaciones técnicas principales; en esta misma fase se incluyeron los planos de fabricación de las partes de la carcasa, los cuales incluyen las medidas reales de cada pieza que conforma la carcasa de la urna electrónica.

El análisis económico que se realizó de la urna electrónica considera primeramente a las piezas que necesitan ser manufacturadas, tales como son, las partes de la carcasa, los sujetadores, el contenedor de votos, la manija y la ventana de impresión, para calcular dichos costos se tomó en cuenta el costo de la materia prima y el costo de mano de obra; una vez que se tuvieron los datos anteriores, se procedió a armar una cotización del total de los componentes de la urna electrónica, considerando así mismo, el costo por concepto de ensamblaje total de la urna. El costo de la urna según el análisis, arroja un total de \$44,069.55, valor que será recuperado en un lapso corto de tiempo; considerando que se tendrá un ahorro inmediato tanto de papel, debido a que las boletas no serán impresas, como de personal, puesto que una sola persona se podrá hacer cargo de la vigilancia y dirección de la urna. Cabe destacar, que el *software* de diseño que se utilizó tiene un costo de \$459.95 Dlls en el mercado, en su versión Premium (ProCADeng, 2018), el cual también es importante considerar dentro del presupuesto.

5.3 Trabajos futuros

Cabe señalar, que el prototipo físico aún no se tiene por falta de recursos económicos, se muestra en esta investigación el diseño final en formato 3D de la urna; de este modo, el diseño detallado fue la parte final de este trabajo de tesis, en una próxima investigación se armará el prototipo de la urna electrónica y se definirán a ciencia cierta las distintas pruebas que se le harán al prototipo para sacar los datos de durabilidad, y resistencia de la urna.

Por una parte, en un trabajo de investigación posterior, se recomienda retomar el estudio a distintos tipos de materiales para conocer sus características mecánicas, con la finalidad de elegir el material óptimo para la fabricación de la carcasa de la urna, considerando las temperaturas extremas y los cambios drásticos de las mismas en el Estado de Sonora. Por otra parte, el costo total de la urna electrónica no está definido del todo, ya que no se han comprado la totalidad de los componentes de la urna ni el material de fabricación de la carcasa. Las pruebas de resistencia, durabilidad y funcionalidad también quedan a recomendación de un siguiente trabajo de tesis profesional, una vez que se tenga el prototipo físico.

Capítulo 6. Referencias bibliográficas

- Alcaide Marzal, J., Diego Más, J. A., & Artacho Ramírez, M. Á. (2005). *Diseño de Producto (métodos y técnicas)* (Vol. I). Valencia, España: Alfaomega. Recuperado el 20 de Diciembre de 2018
- Arduino. (04 de Diciembre de 2018). *Arduino*. Recuperado el 06 de Enero de 2019, de Store Arduino: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Arredondo Sibaja, C. A. (2012). Voto Electrónico: La experiencia coahuilense. *Biblioteca Jurídica Virtual*, 241–248. Retrieved from www.juridicas.unam.mx
- Baca Urbina, G. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica* (Vol. IV). (P. E. Vázquez, Ed.) Distrito Federal, México: McGraw-Hill . Recuperado el 29 de Diciembre de 2018
- Barrientos del Monte, F. (2003). El voto electrónico . Nuevas tendencias y experiencias de la democracia tecnológica. *Revista Mexicana de Estudios Electorales*, 1, 161–186.
- Barrientos del Monte, F. (2007). Límites y potencialidades del Voto Electrónico, 10–55.
- Caceres Rincon, D. Y. (2011). *Modelo de arquitectura de sistema para la implementación del voto electrónico en el municipio de Choachi*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Dassault Systemes. (4 de Enero de 2019). *3D CONTENT CENTRAL*. Recuperado el 18 de Mayo de 2017, de <https://www.3dcontentcentral.es/>
- Elo Touch Solutions, Inc. (06 de Enero de 2019). *EloTouch*. Recuperado el 06 de Enero de 2019, de EloTouch: <https://www.elotouch.com/1002I.html>
- Jacob, A., Windhuber, K., Ranke, D., & Lanza, G. (2018). Planning , Evaluation and Optimization of Product Design and Manufacturing Technology Chains for New Product and Production A new methodology to on analyze the functional and physical architecture of Technologies the Example of Additive Manufacturing. *Procedia CIRP*, 70, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.02.049>
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Noh, S. Do. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 3(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
- Kim, K., & Lee, K. (2016). Collaborative product design processes of industrial design and engineering design in consumer product companies. *Design*

Studies, 46, 226–260. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.06.003>

Kinel, M. M. (2014). Voto electrónico : viabilidad y repercusiones socioeconómicas. Grado en Economía. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Valladolid

Instituto Electoral de Distrito Federal. (2005). *Catálogo 2005 Urna Electrónica*. México, D.F.: Instituto Electoral de Distrito Federal.

Instituto Estatal Electoral y de Participación Ciudadana del Estado de Sonora. (08 de Marzo de 2018). *IEESONORA*. Obtenido de IEESONORA: <http://www.ieesonora.org.mx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *cuentame.inegi.org.mx*. Obtenido de http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/son/territorio/div_municipal.aspx

Islas Gerardo, J. A. (22 de Agosto de 2018). Sistema de soporte a procesos de votación mediante urnas electrónicas. Hermosillo, Sonora, México

Moubachir, Y., & Bouami, D. (2015). A new approach for the transition between QFD phases. *Procedia CIRP*, 26, 82–86. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.172>

Otto, K. N., & Wood, K. L. (2001). *Product Design*. (L. Curless, Ed.) Upper Saddle River, New Jersey, United States of America: Prentice-Hall.

Pounce Consulting (28 de Agosto de 2018). *PounceCorp*. Obtenido de PounceCorp: <http://pouncecorp.com/Pounce.pdf>

proCADeng. (19 de Febrero de 2018). *procadeng.com*. Obtenido de [procadeng.com](https://procadeng.com/soft/solidworks-2016-premium/): <https://procadeng.com/soft/solidworks-2016-premium/>

Raspberry Shop. (07 de Diciembre de 2018). *Raspberry Shop*. Recuperado el 06 de Enero de 2019, de Raspberry Shop Web Site: <https://www.raspberrystore.com/hardware-raspberry-pi.php>

Real Academia Española. (28 de Noviembre de 2017). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=ETNnC6h>

Tuesta Soldevilla, F. (2004). *Elecciones*. Oficina Nacional de Procesos Electorales. Lima, Perú.

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (5ta ed.). Mc Graw Hill.

Universidad Autónoma Metropolitana. (20 de Agosto de 2018). <http://www.comunicacionuniversitaria.uam.mx>. Obtenido de <http://www.comunicacionuniversitaria.uam.mx/boletines/anteriores04/dic9-04-2.html>

Zhang, Z., Peng, Q., & Gu, P. (2015). Improvement of User Involvement in Product Design. *Procedia CIRP*, 36, 267–272.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.01.019>

Anexos

Anexo 1. Especificaciones técnicas de monitor Elo Touch 10''

| ESPECIFICACIONES ELO TOUCH 10'' | |
|---------------------------------------|--|
| Part Number(s) | PCAP (Worldwide) - E045337 Non-Touch (Worldwide) - E138394 |
| Enclosure Color | Black |
| Touch Technology & Capacity | Non-Touch PCAP (Projected Capacitive) - 10 Touch |
| Diagonal Size | 10.1" diagonal, Active matrix TFT LCD (LED) |
| Monitor Thickness | 1.14" / 29mm panel depth |
| Aspect Ratio | 16:10 |
| Active Area (mm) | 8.57" x 5.37" / 218mm x 136.6mm |
| Resolution | 1280 x 800 |
| Other Supported Resolutions | 640 x 480 @ 60Hz 800 x 600 @ 60Hz 1024 x 768 @ 60Hz 1280 x 800 @ 60Hz |
| Viewing Angle | Horizontal: ±85° or 170° total / Vertical: ±85° or 170° total |
| Number of Colors | 262,000 |
| Brightness (typical) | LCD panel: 350 nits PCAP (DC Power): 315 nits PCAP (USB Power): 176 nits |
| Response Time-total (typical) | 25 msec |
| Contrast Ratio | 700:01:00 |
| Input Video Format | Mini-VGA (Mini-VGA to VGA DE-15 Male connector cable included) HDMI (HDMI cable included), HDCP supported |
| Input Video Frequency | Horizontal: 31.5 - 60 KHz Vertical: 60 Hz |
| Touch Interface | USB |
| Power Supply | External DC (Power Brick) |
| Input Voltage | 12VDC +/- 5%; 100-240VAC, 50/60Hz |
| Input Connector | Coaxial power jack (2.5 mm pin outer diameter, 6.4mm barrel inner diameter) |
| Power Consumption (Typical) | Monitor + AC/DC adapter ON: 5.6W SLEEP: 0.4W OFF: 0.2W Max Power Consumption with USB Power: 7W |
| Speakers | 2 x 2W internal speakers |
| On Screen Display | Accessible through switches along the bottom: Controls: Menu, Up, Down, Select Settings: Brightness, Contrast, Clock, Phase, H-position, V-position, Auto-Adjust, Aspect Ratio, Sharpness, color Temperature, OSD Timeout, OSD Language, Volume, Mute, Recall Defaults, Audio Select Languages: English, French, Italian, German, Spanish, Japanese, Traditional Chinese, Simplified Chinese Lockouts: OSD, Power |
| Monitor Dimensions (without Stand) | 10.02" x 6.98" x 1.14" / 254.6mm x 177.3mm x 29mm |
| Shipping Box Dimensions | 12.2" x 5.47" x 9.37" / 310mm x 139mm x 238mm |
| Weight (Unpackaged) | 1.75 lbs / 0.79 kg |
| Weight (Packaged) | 4.5 lbs / 2 kg |
| Operating Temperature | 0°C to 40°C / 32°F to 104°F |
| Storage Temperature | -20°C to 60°C / -4°F to 140°F |
| Humidity | Operating: 20% to 80%; Storage: 10% to 95% |
| Sealability | Touchscreen sealed to bezel; Touchscreen sealed to LCD |
| MTBF | 50,000 hours demonstrated |
| Mounting Options | VESA 4-hole 75mm mounting interface on rear of unit |
| Other Features | Optional wall mount kit available tabletop, shelf- and pole mounts available, see Accessories tab 2 x 2W internal speakers Kensington lock slot |
| Warranty | 3-year |
| Extended Warranty Options | 1 Year Extended Warranty - Elo P/N: 758588-000 2 Year Extended Warranty - Elo P/N: 930057-000 Elo Advance Unit Replacement (AUR) - Elo P/N: E67295-000 |
| Regulatory approvals and declarations | UL, cUL, FCC, IC, CE, VCCI, CCC, BSMI |
| What's in the Box | QIG, Japan Class-B TM info, User Manual CD, 40W Power Brick with Clipped-in plugs, Mini-VGA to VGA cable (mini-VGA to DE-15 male), USB cable (USB Type A plug to USB Type B plug), HDMI cable, Audio cable, 2 cable clamps, 2 tie wraps |
| Optional PCAP Stylus Pen | E066148 |
| Optional Peripherals | Magnetic Stripe Reader (MSR) - Elo P/N: E001002 NFC/RFID Reader - Elo P/N: E001004 Barcode Reader (BCR) - Elo P/N: E093433 Customer Display (2x20 VFD) - Elo P/N: E001003 2D Barcode Scanner - Elo P/N: E926356 EMV Cradle for Ingenico ICMP (I-Series & M-Series) - Elo P/N: E200465 EMV Cradle for Verifone E355 (I-Series & M-Series) - Elo P/N: E201088 |
| Stands, Mounts & Kits | Short Tabletop Stand for 10" I-Series - Elo P/N: E160104 Shelf Mount Bracket - Elo P/N: E043382 Floor Stand for 10/15/22" I-Series - Elo P/N: E048069 Mounting Bracket for 0700L as Rear-Facing Display - Elo p/n: E332358 Pole Mount - 6 inch - Elo p/n: E047458 Pole Mount - 12 inch - Elo p/n: E047663 Pole Mount - 18 inch - Elo p/n: E047864 Pole Mount Bracket - Elo p/n: E045151 1.8m Cable Kit - Elo p/n: E210789 3m Cable Kit - Elo p/n: E210606 Power Brick Kit - 1.8m Power Cable - Elo p/n: E211174 Power Brick Kit - 3m Power Cable - Elo p/n: E210973 1.8m Power USB Cable - Elo p/n: E457742 3m Power USB Cable - Elo p/n: E209775 mPOS Printer Stand (Black) - Elo P/N: E353950 mPOS Printer Stand (White) - Elo P/N: E353758 |

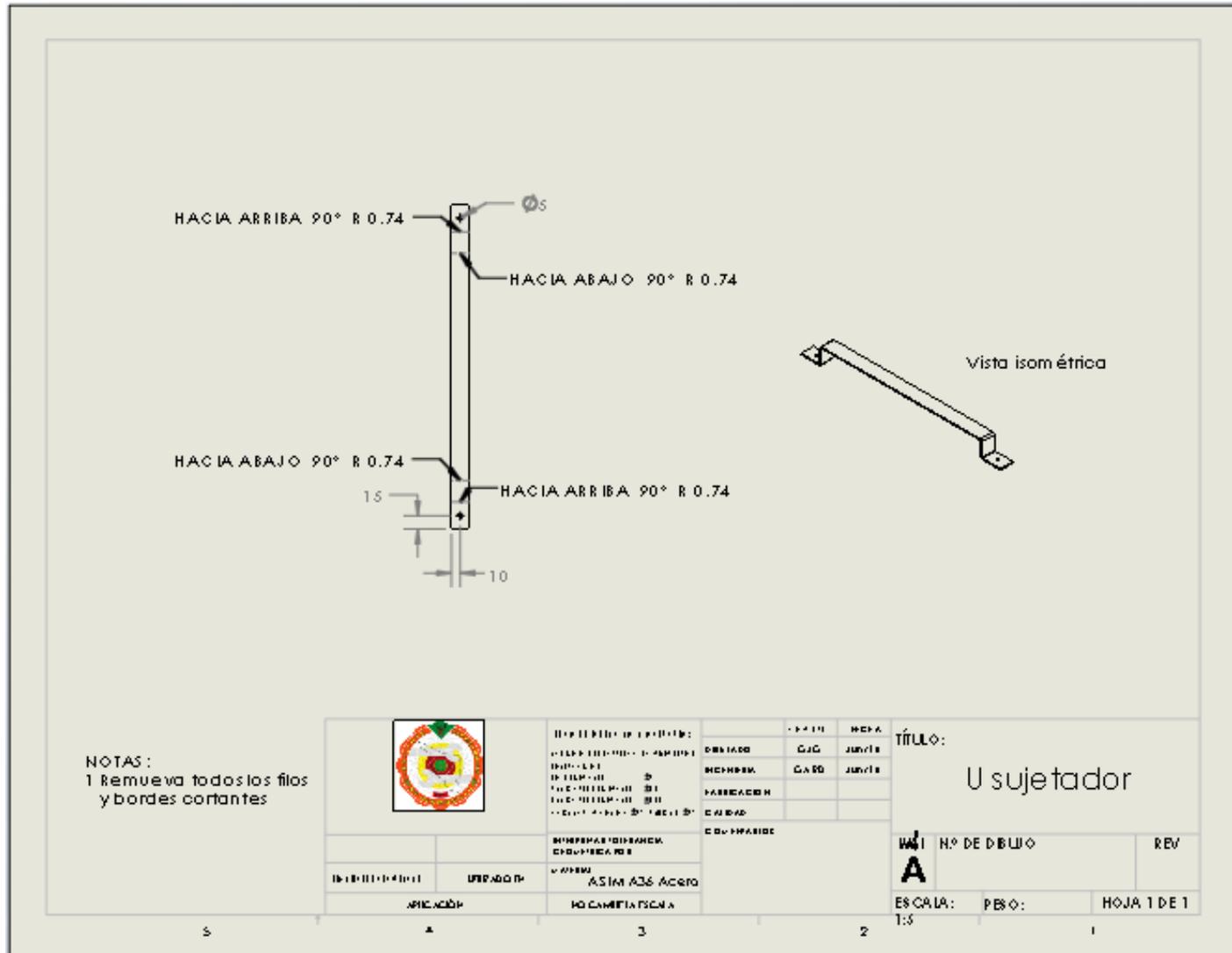
Anexo 2. Especificaciones técnicas de tarjeta Raspberry Pi

| ESPECIFICACIONES RASPBERRY PI | |
|-------------------------------|---|
| SoC | BROADCOM BCM2835 |
| CPU | ARM11 ARMV6 700 MHZ. |
| GPU | BROADCOM VIDEOCORE IV 250 MHZ. OPENGL ES 2.0 |
| Memoria RAM | 512 MB LPDDR SDRAM 400 MHZ. |
| Puertos USB | 4 |
| GPIO | 40 PINES |
| Vídeo | HDMI 1.4 1920X1200 |
| Almacenamiento | Micro SD |
| Conectividad de red | 10/100 Ethernet (RJ-45) via hub USB |
| Salidas de audio | Conector de 3.5 mm, HDMI |
| Consumo energético | 600 mA, (3.0 W) |
| Fuente de alimentación | 5 V vía Micro USB o GPIO header |
| Tamaño | 85.60mm x 56.5mm |
| Peso en g. | 45 |

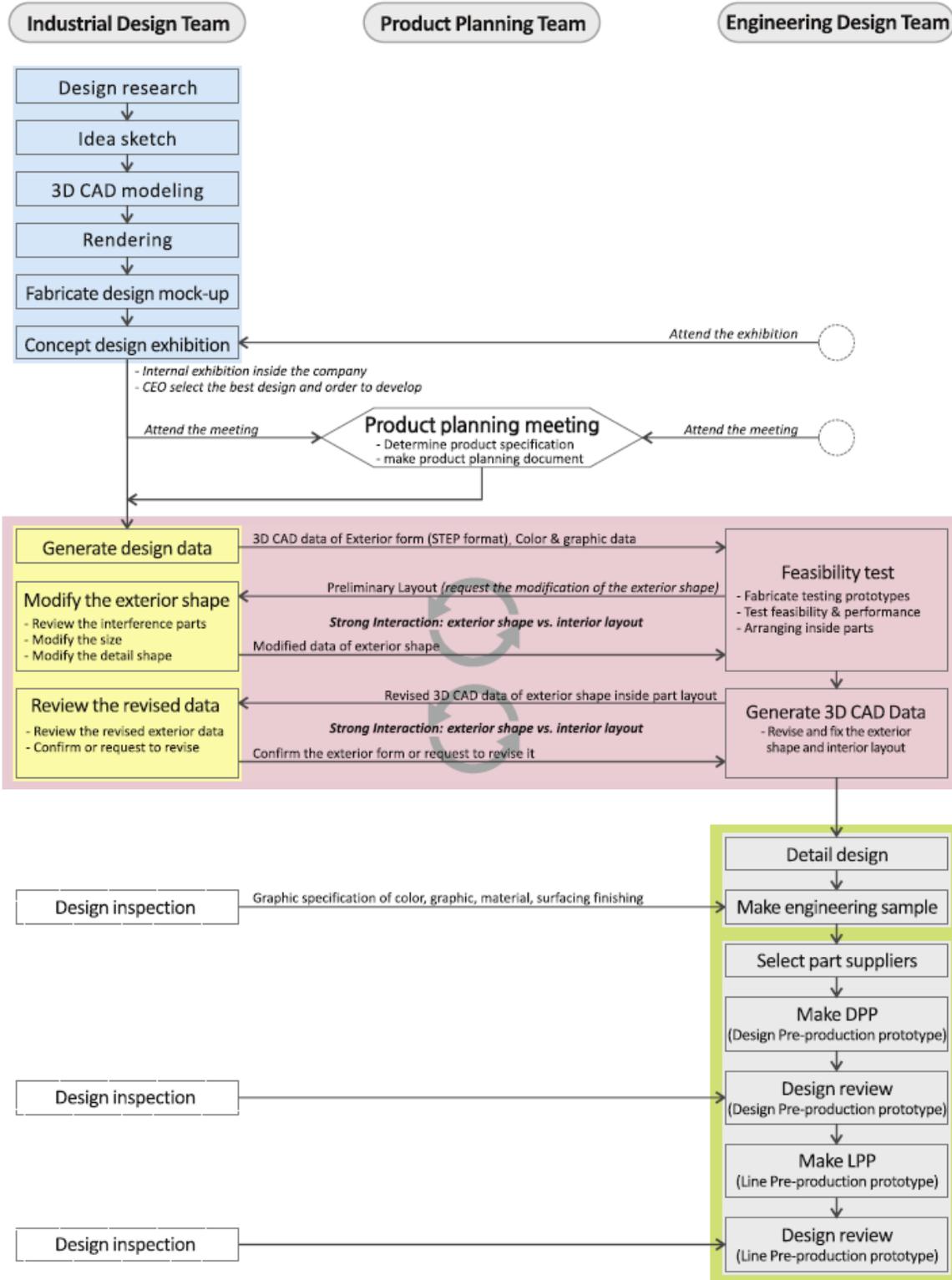
Anexo 3. Especificaciones técnicas de Arduino UNO

| ESPECIFICACIONES ARDUINO UNO | |
|------------------------------|---|
| Microcontrolador | ATmega328P |
| Voltaje de operación | 5V |
| Voltaje de entrada | 7-12V |
| Memoria Flash | 32 KB de los cuales 0.5 KB son usados por el gestor de arranque |
| SRAM | 2 KB |
| Velocidad de reloj | 16 MHz |
| Analog I/O Pins | 8 |
| EEPROM | 1 KB |
| DC Current per I/O Pins | 40 mA (I/O Pins) |
| Pines digitales I/O | 14 |
| PWM pines digitales I/O | 6 |
| Consumo de energía | 19 mA |
| Largo | 68.6mm |
| Ancho | 53.4mm |
| Peso | 25g |

Anexo 7. Plano de pieza "Sujetador U"



Anexo 9. Proceso de diseño colaborativo de un producto



Anexo 11. Cotización de componentes varios



COTIZACIÓN

Hemosillo Sonora
17 de noviembre de 2017

Instituto Tecnológico de Hemosillo
Presente:

Control: 196-3

Reciba un cordial saludo, le envío este documento con la cotización de los siguientes dispositivos electrónicos:
Propuesta económica

| Cant: | Descripción: | P. Unitario: | Importe: |
|-------|--|----------------------|-------------------|
| 3 | kit Raspberry Pi 3 Model B,Case,Disipadores y Fuente de poder | 2,250.00 | 6,750.00 |
| 2 | Arduino UNO Kit Pro Ultimate | 1,500.00 | 3,000.00 |
| 3 | Arduino UNO R3 (original) | 637.50 | 1,912.50 |
| 3 | Arduino nano (original) | 762.50 | 2,287.50 |
| 3 | ARDUINO MEGA ADK REV3 | 1,700.00 | 5,100.00 |
| 2 | Arduino Mega Proto Shield Rev3 (PCB) | 177.50 | 355.00 |
| 2 | Arduino UNO Proto Shield Rev3 (Uno Size) | 500.00 | 1,000.00 |
| 1 | Pantalla tactil LCD HDMI para Raspberry Pi 3 Model B, 7 pulgadas | 1,937.50 | 1,937.50 |
| 1 | Pantalla tactil LCD HDMI para Raspberry Pi 3 Model B, 10.1 pulgadas | 6,815.00 | 6,815.00 |
| 2 | Modulo LCD 16X2 para Arduino | 187.50 | 375.00 |
| 5 | Tarjeta de Memoria MicroSD Class 10 64GB | 687.50 | 3,437.50 |
| 5 | Tarjeta de Memoria MicroSD Class 10 128GB | 1,750.00 | 8,750.00 |
| 1 | Transmisor antena, amplificador de rango para DJI Phantom 3 Standard | 3,000.00 | 3,000.00 |
| 1 | DJI-P3-Battery Intelligent Battery for Phantom 3 | 4,375.00 | 4,375.00 |
| 1 | Filtros para DJI Phantom 3 Standard: 3 Filtros de 37MM (CPL+ND4+ND8) | 1,250.00 | 1,250.00 |
| 5 | Adaptador/Convertidor HDMI a VGA con 3,5 mm | 262.50 | 1,312.50 |
| 1 | Monitor Touch HDMI de uso rudo 10 pulgadas | 9,375.00 | 9,375.00 |
| 1 | Monitor Touch HDMI de uso rudo 15 pulgadas | 16,562.50 | 16,562.50 |
| 1 | Monitor ELO TOUCH 10" | 7,946.00 | 7,946.00 |
| 1 | Impresora Termica Ec Line C/ Cortador 80320 Usb (ec-pm-8032 | 4,450.00 | 4,450.00 |
| 1 | Impresora Térmica De Tickets Epson Tm T20 Usb Cortador | 4,750.00 | 4,750.00 |
| 1 | Impresora de recibos para Kioskos Zebra, conexión USB, 80 mm | 11,250.00 | 11,250.00 |
| 2 | Bateria de respaldo con doble conector USB de 12,000mAh | 562.50 | 1,125.00 |
| 2 | BATERIA SELLADA DE ÁCIDO-PLOMO, 12 VOC 12 AH | 975.00 | 1,950.00 |
| 2 | Fuente de poder UPS, AC Input voltage range selected by switch | 1,000.00 | 2,000.00 |
| 1 | Steren Teclado numérico USB extra plano COM-625 | 150.00 | 150.00 |
| 1 | Steren Teclado numérico matricial 4 x 4 para proyectos ARD-320 | 87.50 | 87.50 |
| 1 | Vorago Teclado Numerico Usb Portatil Ergonomico Kb105 | 293.75 | 293.75 |
| 5 | Conectores DE 3,5 MM AUDIO ESTÉREO, PARA EXTENSIÓN (Hembra) | 14.38 | 71.88 |
| 15 | Conectores hembra MicroUSB | 31.25 | 468.75 |
| 15 | Conectores hembra USB | 31.25 | 468.75 |
| 6 | Conectores hembra Ethernet | 38.75 | 232.50 |
| 15 | Conectores macho MicroUSB | 31.25 | 468.75 |
| 15 | Conectores macho USB | 31.25 | 468.75 |
| 6 | Conectores macho Ethernet | 38.75 | 232.50 |
| 6 | Conectores hembra PS2 | 51.25 | 307.50 |
| 6 | Conectores macho PS2 | 51.25 | 307.50 |
| 2 | Micrófono Inalámbrico de solapa y diadema | 575.00 | 1,150.00 |
| 1 | SISTEMA PROFESIONAL DE 2 MICRÓFONOS INALÁMBRICOS UHF | 2,875.00 | 2,875.00 |
| 1 | Mezcladora de 6 canales | 2,750.00 | 2,750.00 |
| 1 | Mezcladora USB portatil de 3 canales | 1,750.00 | 1,750.00 |
| | | Sub Total \$: | 123,149.13 |
| | | 16% IVA \$: | 19,703.86 |
| | | Total Ino \$: | 142,852.99 |

Anexo 12. Cotización de hoja de acero A36



ENDIF.

Cotización

www.fortacero.com

209015512

Fecha: 12/28/2018

Hora: 18:07:35

| Datos del Cliente | | 3052 |
|--|--------------------|------------|
| VENTA AL PUBLICO EN GENERAL COMPROBANTE NO VALIDO FISCALMENTE | | |
| OFICIO SHCP 19604 DEL 22/09/92 303 | | Forma pag. |
| AGRICOLA, ZAPOPAN, SON, 45090 | | Uso CFDI |
| Tel. (999)4402517 | RFC. XAXX010101000 | |

| Información de la Cotización | | | |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------|
| Term. Entrega | LAB NUESTRA PLANTA | Moneda | MXN |
| Terminos de Pago | Contado | Agente | Cartera HMOL 481 |
| Expedición: | 01. Cliente Recoge | Entrega: | Inmediata |
| Centro Suministro | FHMO | | |
| Vigencia cotización | 12/28/2018 al 01/03/2019 | Enviar Certificados | |

| Detalle de Cotización | | | | |
|-----------------------|---|----------|-----------------|----------|
| Part. | Descripción de Material | Cantidad | Precio Unitario | Total |
| 0010 | PLACA 3/16" X 6' X 20' A-36 TEMPER | 1 PZA | 19.00 X 1KG | 7,895.45 |
| IDS: | 30102204 Placa de acero | | | |
| | | | Subtotal | 7,895.45 |
| | | | I.V.A. | 1,283.27 |
| | | | Total | 9,158.72 |
| | Se agrega 3% para cobertura en variaciones de peso de los materiales, se excluye Mat. que se factura a peso teórico | | | 274.76 |
| | | | Total | 9,433.48 |
| | Total en kg: 415.550 KG | | | |

Los pesos son teóricos, son solo de referencia y pueden variar. Existencias sujetas a inventario. Precios sujetos a cambio sin previo aviso.
Favor de verificar los datos fiscales, pues con estos se expedirá factura. En caso de solicitar reforestación aplicará un cargo administrativo del 1% sobre el valor de la factura o de 500 pesos, el que sea mayor

Anexo 14. Fase 2 del QFD



QFD Fase II Despliegue de la Función de Calidad (Quality Function Deployment)

QFD Fase II

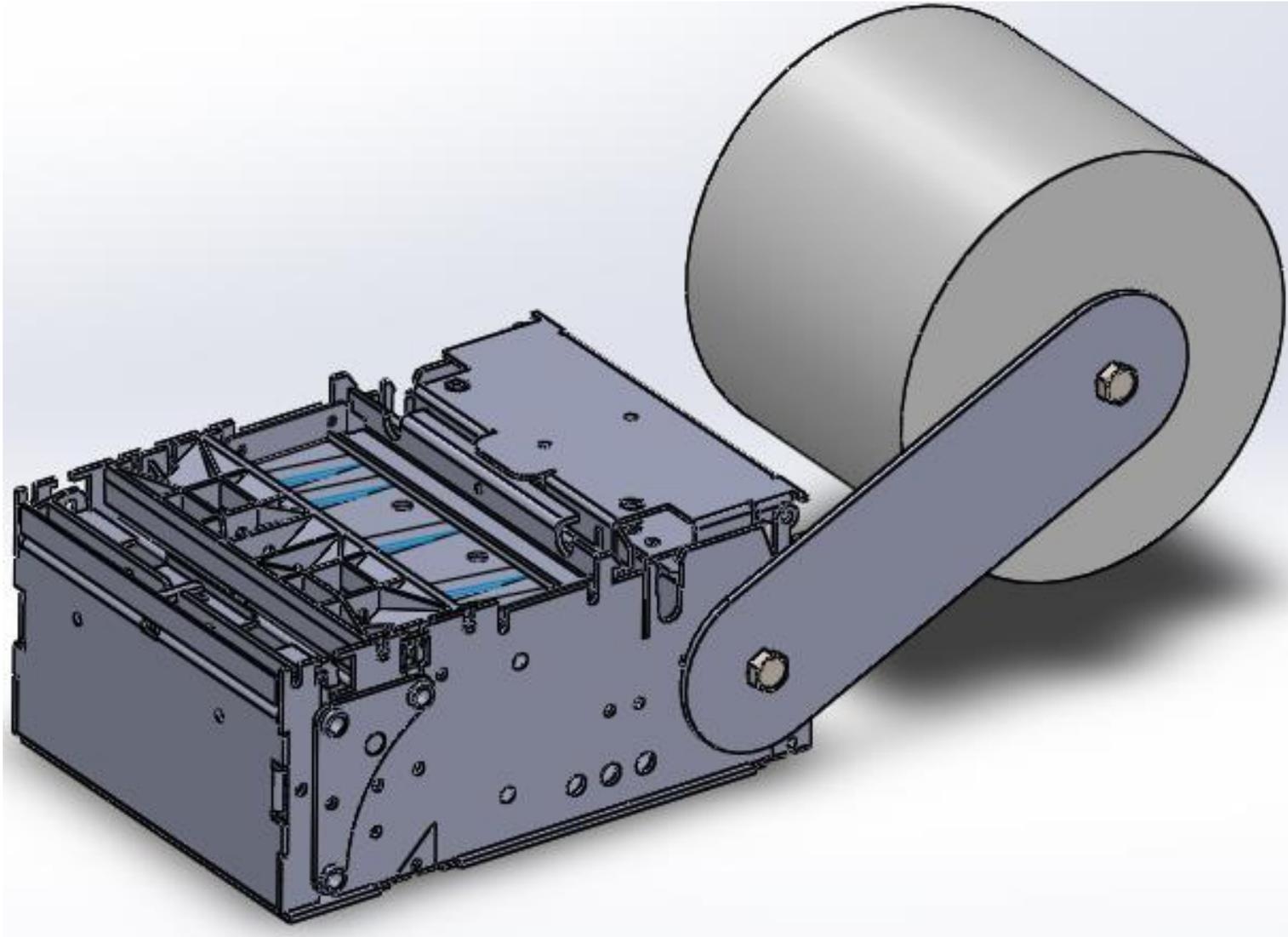
| | |
|------------------|------------------|
| Producto | Urna Electrónica |
| Desarrollado por | Gabriela Jiménez |
| Fecha | Octubre/2017 |

Códigos de Colores

| | |
|--|--|
| | Áreas a llenar |
| | Cálculos automáticos o información ligada (estas celdas no deben llenarse) |

| | | Características de Partes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-----------|-------------------|---------|-----------|---------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------|------------|
| | | Gabinete/carcasa | Display principal | Display secundario | Impresora | Deposito de votos | Batería | Raspberry | Arduino | Cables interconectores | Conector de audifonos | Plantillas de sistema Braille | Regulador de corriente UPS | Conector Ethernet | Conectores USB | Ventana frontal | Seguros / candados | Lector de tarjeta | Bisagras | Agarradera |
| Métricos de Ingeniería | Pesos Relativos Fase I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen (a ³ *b) | 0.08 | 9 | 6 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peso | 0.12 | 6 | 0 | 0 | 9 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cambio de temperatura | 0.14 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Autonomía energética | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Resistencia y durabilidad | 0.18 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forma convencional | 0.07 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Seguridad antirrobo | 0.22 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 |
| Color imparcial y logo de IEE | 0.06 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Impresión y deposito de votos | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pantalla touchscreen de 10" | 0.04 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pantalla secundaria | 0.02 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Puntuación | | 5.68 | 0.81 | 0.41 | 1.94 | 0.39 | 1.85 | 0.42 | 0.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.39 | 1.95 | 1.95 | 0.00 | 0.00 |
| Peso Relativo | | 0.34 | 0.05 | 0.02 | 0.12 | 0.02 | 0.11 | 0.03 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.12 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |

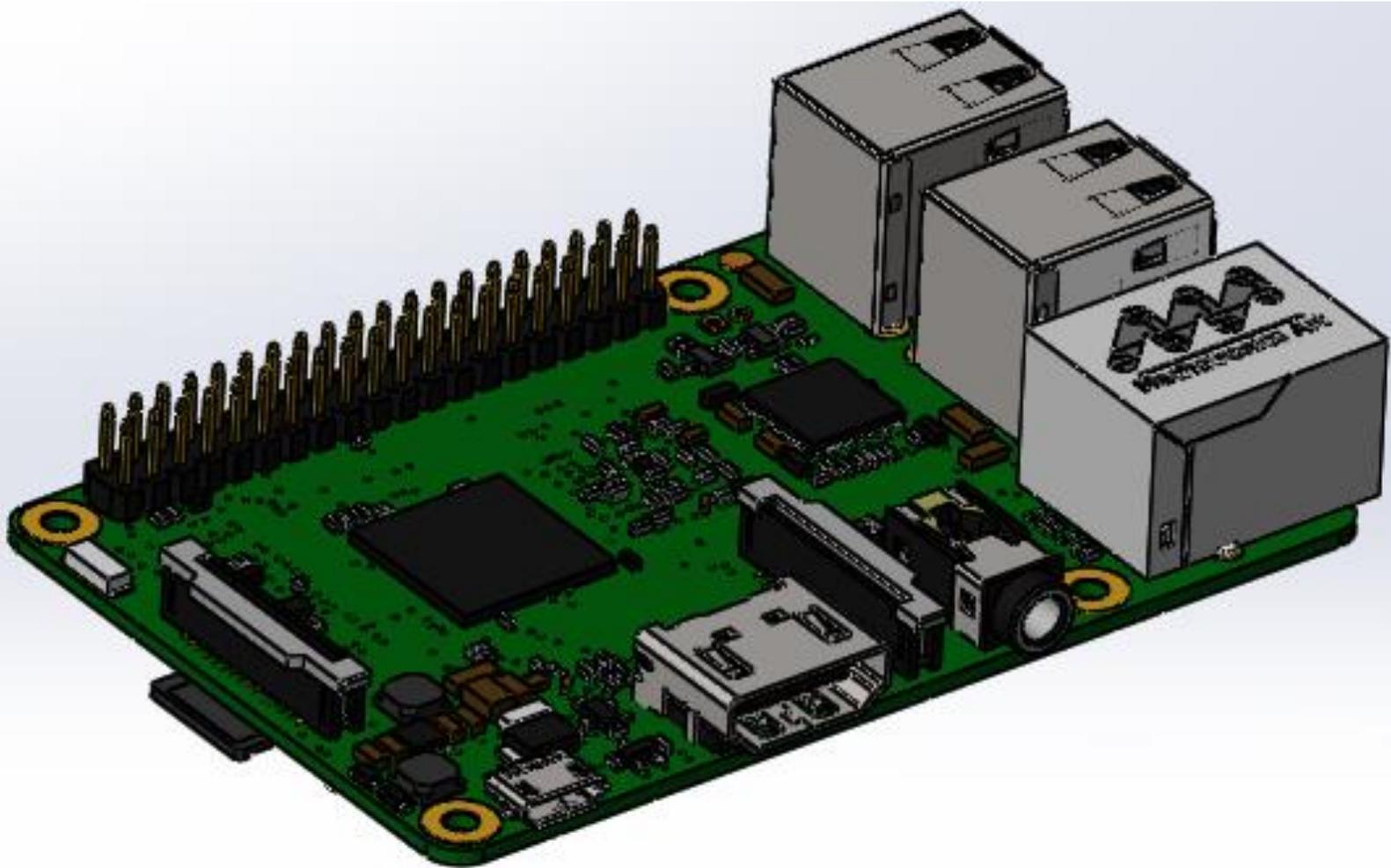
Anexo 15. Modelado 3D de impresora



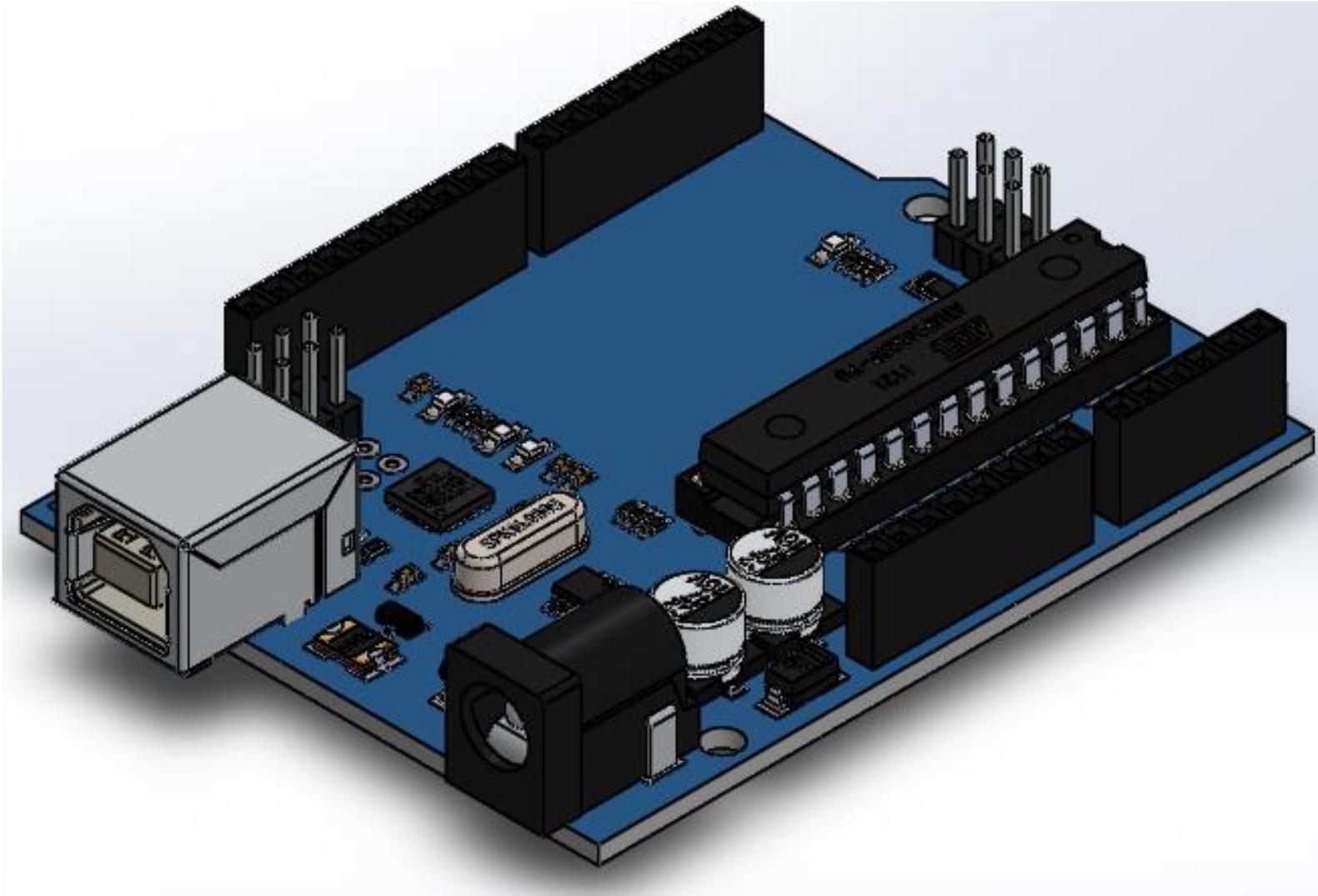
Anexo 16. Modelado 3D de monitor Elo Touch



Anexo 17. Modelado 3D de Raspberry Pi



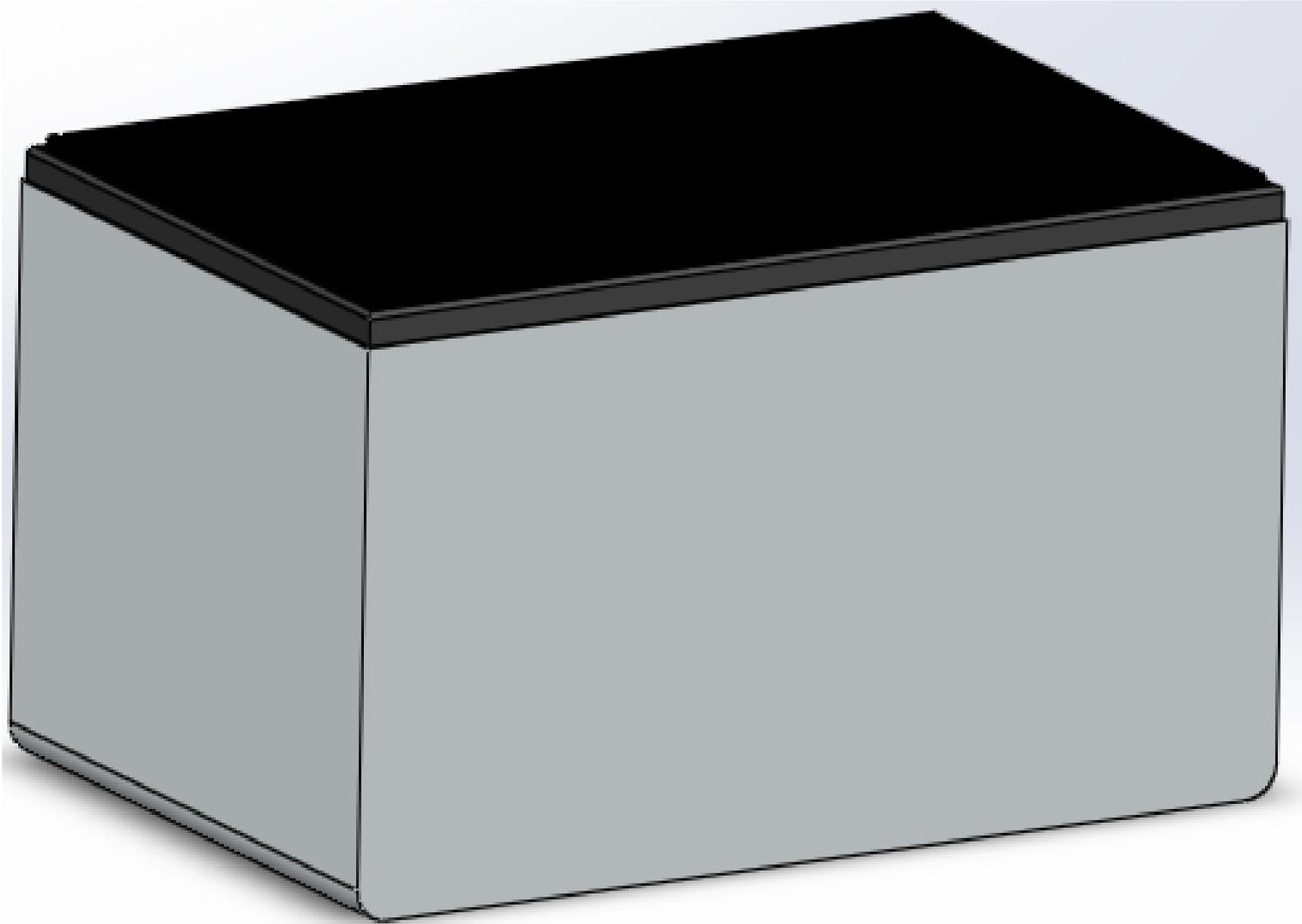
Anexo 18. Modelado 3D de Arduino UNO



Anexo 19. Modelado 3D de fuente de poder UPS



Anexo 20. Modelado 3D de batería



NOMBRE DEL TRABAJO

125_MII_Gabriela Jimenez Gutierrez.pdf

AUTOR

Gabriela Jimenez Gutierrez

RECUENTO DE PALABRAS

18548 Words

RECUENTO DE CARACTERES

103613 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

101 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 15, 2022 12:45 PM GMT-7

FECHA DEL INFORME

Nov 15, 2022 12:56 PM GMT-7

● 1% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)