



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**SANITARIO MECATRÓNICO
PARA UN
SISTEMA ECOLÓGICO**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTA:
ANDRÉS DEL OLMO GIL**

DIRECTOR DE TESIS: DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ



MÉXICO D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PENSAMIENTOS

Camina plácido entre el ruido y la prisa y recuerda la paz que se puede encontrar en el silencio. En cuanto sea posible y sin rendirte, mantén buenas relaciones con todas las personas. Enuncia tu verdad de una manera serena y clara y escucha a los demás, incluso al torpe e ignorante, también ellos tienen su propia historia. Esquiva a las personas ruidosas y agresivas, ya que son un fastidio para el espíritu. Si te comparas con los demás, te volverás vano y amargado, pues siempre habrá personas más grandes y más pequeñas que tú. Disfruta de tus éxitos lo mismo que de tus planes. Mantén el interés en tu propia carrera por humilde que sea, ella es un verdadero tesoro en el fortuito cambiar de los tiempos. Sé cauto en tus negocios pues el mundo está lleno de engaños, mas no dejes que esto te vuelva ciego para la virtud que existe. Hay muchas personas que se esfuerzan por alcanzar nobles ideales. La vida está llena de heroísmo. Sé sincero contigo mismo, en especial no finjas el afecto. Y no seas cínico en el amor, pues en medio de todas las arideces y desengaños, es perenne como la hierba. Acata dócilmente el consejo de los años, abandonando con donaire las cosas de la juventud. Cultiva la firmeza del espíritu, para que te proteja en las adversidades repentinas. Muchos temores nacen de la fatiga y la soledad. Sobre una sana disciplina, sé benigno contigo mismo. Tú eres una criatura del universo. No menos que las plantas y las estrellas, tienes derecho a existir. Y sea que te resulte claro o no, indudablemente el universo marcha como debiera. Por eso debes estar en paz con Dios, cualquiera que sea tu idea de El. Y sean cualesquiera tus trabajos y aspiraciones, conserva la paz con tu alma en la bulliciosa confusión de la vida. Aún con toda su farsa, penalidades y sueños fallidos, el mundo es todavía hermoso. Sé cauto, y esfuérate por ser feliz!Ehrmann

DESIDERATA – Max Ehrmann

RESUMEN

El agua es un recurso no-renovable y su precio no reside en un valor monetario, sino en un aspecto básico para la supervivencia humana. La generación de aguas negras no sólo afecta al medio ambiente, sino también a todos los elementos que se relacionan en él, directa o indirectamente. En la actualidad existen muy pocas soluciones para satisfacer nuestras necesidades.

En la Ciudad de México es alarmante la cantidad de agua que se consume para deshacerse de los desechos orgánicos humanos diariamente. El valor estimado es más de 1 billon de litros por día.

En este trabajo de tesis se presenta una solución alternativa para la situación mencionada. Esta solución está orientada fundamentalmente a la eliminación del desperdicio de agua potable en la gestión de los desechos orgánicos humanos. Logrando esto con el diseño de un sistema ecológico que incluye un dispositivo que acelera la degradación y la deshidratación de dichos desechos de forma automática. Los desechos orgánicos humanos se transforman para obtener un producto libre de patógenos e integrarlo a un ciclo productivo. Para el éxito del sistema se requiere cambiar la percepción, que las personas en zonas urbanas, tienen acerca de este tema. Por esto, es pertinente utilizar las metodologías y técnicas que estén orientados a satisfacer las necesidades de los usuarios en el contexto de la ingeniería concurrente y de diseño sustentable. Para identificar el tipo de metodología más adecuado a seguir para el proceso de este diseño primero se tuvo que identificar los principales problemas y comprender todos los aspectos involucrados con el tema a tratar. Llegando a este punto se definió el sistema ecológico, el cual empieza por la captación de los desechos. El siguiente paso es su previa transformación a composta mediante un dispositivo, le sigue la recolección de esta composta para su tratamiento y así, conseguir un producto final benéfico para fertilizar los campos de cultivo, finalmente el ciclo se cierra cuando el usuario elimina los alimentos digeridos.

Siguiendo el proceso de diseño se estableció una misión para darle dirección al proyecto. Con la declaración de la misión se identificó el mercado y los usuarios potenciales. La siguiente etapa del proceso fue recaudar las necesidades de los usuarios. Estas necesidades se interpretaron y tradujeron en requerimientos y estas a su vez en especificaciones. Las especificaciones marcaron límites de ciertas características del diseño que se tomaron en cuenta para la definición del concepto final. Por medio de lluvias de ideas se logró llegar a diferentes conceptos. Estos conceptos se clasificaron y evaluaron para converger a un concepto final.

Una vez conceptualizado el diseño final se tuvieron retroalimentaciones, esto llevo a que el diseño entrara a una segunda iteración. La segunda iteración mostró que era necesario automatizar el dispositivo para asegurar el buen funcionamiento del mismo e incrementar la posibilidad de aceptación por parte de los usuarios, la cual es un punto fundamental para el sistema. Para esta iteración también se plantearon necesidades y se conceptualizaron para llegar a un diseño final. También se diseñó la automatización por medio de una lógica ejecutada por el procesamiento de dispositivos electrónicos y de actuadores.

Índice general

I	INTRODUCCIÓN	9
II	OBJETIVOS Y ALCANCES	13
1.	ANTECEDENTES	17
1.1.	¿QUÉ ES UN SANITARIO SECO COMPOSTERO?	17
1.1.1.	¿QUÉ ES LA COMPOSTA?	17
1.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	19
1.3.	INICIOS DEL PROYECTO	26
1.3.1.	ESPACIOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, S.C.	26
1.3.2.	EL PROYECTO EN OAXACA	27
2.	PROCESO DE DISEÑO	29
3.	SISTEMA ECOLÓGICO	31
4.	PRIMERA ITERACIÓN DEL DISEÑO	35
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BAÑOS SECOS	35
4.2.	ESTUDIO DE TECNOLOGÍA EXISTENTE	37
4.3.	DECLARACIÓN DE LA MISIÓN	43
4.4.	NECESIDADES	44
4.5.	REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES	48
4.6.	CONCEPTOS	48
4.6.1.	LLUVIA DE IDEAS	49
4.6.2.	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	49
4.6.2.1.	<i>Pee lid</i> (mediante tapas)	50
4.6.2.2.	<i>Air Blade</i>	50
4.6.2.3.	<i>Poop in a bag</i>	51
4.6.2.4.	Depósito deslizante	51
4.6.3.	SELECCIÓN DE CONCEPTOS	52
4.7.	DISEÑO FINAL	54
5.	SEGUNDA ITERACIÓN DEL DISEÑO	57
5.1.	NECESIDADES	57
5.2.	CONCEPTO FINAL	58
5.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO	59
5.3.	DISEÑO A DETALLE	62
5.3.1.	NOTAS DE DISEÑO ELECTRÓNICO	62
5.3.2.	TABLAS DE ENTRADA Y SALIDA DE LOS DISPOSITIVOS	62
5.3.3.	REGLAS DE COMPORTAMIENTO	64
5.3.4.	DIAGRAMA DE FLUJO	65
5.3.5.	SIMULACIÓN	70
5.3.6.	DISPOSITIVO FINAL	75

6. CONCLUSIONES	77
6.1. TRABAJO FUTURO	78
III REFERENCIAS	79
IV APÉNDICES	83

Parte I

INTRODUCCIÓN

¿Beberla o tirarla? El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. Como resultado del crecimiento de la población urbana y al mal uso del agua, muchas de las grandes ciudades se han visto obligadas a importar agua de cuencas cada vez más lejanas, debido a que las fuentes locales de aguas superficiales y subterráneas han dejado de satisfacer la demanda, por agotamiento o contaminación.

Actualmente en la Ciudad de México comienza a escasear el abastecimiento de agua potable y se registra que se utilizan diariamente casi 3.000.000 m³, de los cuales el 34% es exclusivo para el uso del WC, produciendo una cantidad estimada de 1.020.000 m³ (más de 1 billon de litros) de aguas negras diariamente. Es fundamental aclarar que hoy en día no sólo es un problema de escasez, sino que además es un problema de cultura social. La idea de utilizar agua para la gestión de los desechos orgánicos está arraigada en la mente y cotidianidad de una gran mayoría de personas. La gente se ha adaptado tanto a este tipo de sistema que se ha creado un paradigma alrededor de él. ¿Por qué ensuciar agua bebible al jalarle al WC?

Con estos datos se hace evidente la necesidad de una solución al problema del agua y así no llegar a un punto donde no haya agua potable. Un proceso natural que existe para la descomposición de los desechos y la integración de estos de nuevo a la naturaleza es la composta. Por medio de esta, los nutrientes de los desechos son depositados y mezclados con el resto del suelo para el mejoramiento de los campos de cultivo.

En este documento se pretende mostrar una solución a la generación de aguas negras y con esto promover el ahorro de agua. Dicha solución se puede definir como un dispositivo que acelera el proceso de transformación de los desechos orgánicos sólidos en composta dentro de una zona urbana y así crear un sistema ecológico.

La solución que se propone, utiliza la mecatrónica para garantizar el buen uso y precisión del dispositivo, así como la optimización de la cantidad de mezcla secante al utilizarlo. Cuando el usuario debe de hacer muchas acciones en cada uso para asegurar el buen funcionamiento del dispositivo, se dejan muchas variables libres al error humano. Mientras menos interacción exista entre estos dos, usuario-dispositivo, el error dependerá de la confiabilidad de los mecanismos y de los elementos electrónicos que integran al dispositivo.

Un dispositivo como este es de suma relevancia para el mejoramiento de la vida cotidiana. Ayuda a no desperdiciar una gran cantidad de agua, a no producir aguas negras, a aprovechar otras fuentes de energía, etc. Al no contar con aguas negras evita la necesidad de hacer el proceso de tratamiento de estas, que es muy complicado y con un costo muy elevado. La mayoría de la energía consumida, si no es que toda, proviene de paneles solares. Todas estas cualidades del dispositivo promueven el cuidar el medio ambiente para que todos podamos prolongar el presente que conocemos sin llegar a un futuro áspero e inhóspito.

En los capítulos de este trabajo de tesis se presenta el proceso seguido para llegar a la conceptualización de un nuevo producto que cumpla con las necesidades planteadas por el equipo de diseño, los usuarios, las normas de calidad y estándares de saneamiento. Parte del proceso fue la división de etapas del diseño. Debido a la retroalimentación del primer diseño final fue necesario realizar una segunda iteración del diseño.

El diseño de la primera etapa, que llamaremos 1a ITERACIÓN DEL DISEÑO se desarrolló por un equipo de diseño integrado por ocho alumnos de diferentes disciplinas, grados y universidades. Para esta etapa se trabajó con dos universidades diferentes, de la Universidad de California Berkeley (UCB) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Por parte de la Universidad de California se contó con la colaboración de los estudiantes de maestría en administración y negocios Mansi Thakkar, Rohan Thompson y Alec Schweikert. Por parte de la UNAM se contó con la colaboración de los Diseñadores Industriales Cristián Corcuera Coutiño y Oscar González Muñoz, y de los estudiantes de maestría de diseño mecánico los Ingenieros Mecánicos Ramón Flores Gómez y Erik Peña Medina. Esta primera iteración tuvo apoyo por parte de Enrique Vignau Esteva por medio del proyecto “Estrategia social y tecnológica para el ahorro de agua en el servicio sanitario en viviendas suburbanas” financiado por el Instituto Nacional de Desarrollo Social (Indesol) con el folio CS-09-I-VI-026-09. Para la segunda etapa, referida como 2a ITERACIÓN DEL DISEÑO, sólo se contó con la colaboración del Ingeniero Eléctrico Gersaín Barrón Velázquez para la automatización del dispositivo. La realización de la segunda etapa de este trabajo es parte del proyecto “Sanitario autosustentable para la Ciudad de México”, a cargo de Espacios de Innovación Tecnológica, S. C. y financiado por el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal mediante el proyecto con número de convenio ICYTDF 49/2010.

A continuación se menciona una breve información de los capítulos de este trabajo de tesis.

En el Capítulo 1. ANTECEDENTES, se muestra información básica para comprender mejor el tema de los sanitarios secos, de la composta y la identificación del problema con mayor detalle. También se presentan los proyectos previos a los enunciados en esta introducción.

En el Capítulo 2. PROCESO DE DISEÑO, se muestra en forma secuencial los pasos seguidos para llegar a la conceptualización del dispositivo y el por qué se definieron dos iteraciones para el diseño del dispositivo.

En el Capítulo 3. SISTEMA ECOLÓGICO, se define el sistema ecológico necesario para eliminar el consumo de agua para la gestión de los desechos orgánicos humanos. El sistema muestra la forma general del ciclo productivo generado con la producción de composta y alternativas para su consolidación real.

En el Capítulo 4. PRIMERA ITERACIÓN DEL DISEÑO, se describen los trabajos realizados con el equipo de diseño conformado por dos universidades. Los trabajos realizados se dividen en secciones de este capítulo que son: descripción de los diferentes tipos de baños secos, estudio de tecnología existente, declaración de la misión, necesidades, requerimientos y especificaciones, conceptos y diseño final.

En el Capítulo 5. SEGUNDA ITERACIÓN DEL DISEÑO, se describen los trabajos realizados para la automatización del dispositivo. Así como la explicación de dicha automatización.

En el Capítulo 6. CONCLUSIONES, se presentan las conclusiones a las que se llegaron una vez completados las fases de diseño y los trabajos futuros previstos para este proyecto.

Parte II

OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo principal de este trabajo de tesis es proponer un dispositivo automático que evite la utilización del agua para la gestión de los desechos orgánicos humanos generados en las ciudades, para un sistema ecológico. Se pretende que, de forma automática, dicho dispositivo, contenga y manipule los desechos para incorporarlos en un ciclo productivo. De igual forma se pretende que el dispositivo evite la generación de aguas negras, la necesidad de fuentes de energía no renovables y elimine lo más posible las fallas causadas por el error humano al darle uso. Otro objetivo es hacer eficiente el dispositivo, optimizando sus sistemas, facilitando su uso, al igual que sea versátil y dirigirlo completamente a los usuarios y sus circunstancias.

Para lograr estos objetivos, será necesario seguir un proceso de diseño dirigido a los usuarios, el cual requerirá obtener información de los mismos e interpretarla para conseguir que el diseño final se aproxime lo más posible a sus necesidades. Otro punto importante es contar con información de las tecnologías existente y de los procesos utilizados en éstas. En un entorno más técnico se utilizarán los conocimientos adquiridos en diseño, mecánica, electrónica, manufactura, tecnología solar y administración de proyectos obtenidos durante la carrera.

Como alcance se establece el diseño del sistema y la conceptualización del dispositivo automático con un diseño a detalle de los subsistemas que lo integran, que demuestre el buen funcionamiento del mismo. Específicamente se trata de explicar la automatización del dispositivo. Esta automatización se logra con el diagrama de flujo de la lógica con la cual trabaja el dispositivo, la descripción de los diversos dispositivos para que funcione la programación de dicha lógica, y una representación en CAD (Computer-Assisted Design) del dispositivo.

Capítulo 1

ANTECEDENTES

1.1. ¿QUÉ ES UN SANITARIO SECO COMPOSTERO?

Un sanitario seco es un nombre genérico utilizado para describir sanitarios con características tales como, no desperdiciar agua para la eliminación de la orina y excrementos, y en ocasiones no tiene conexión al drenaje público. Los términos más conocidos para referirse a este tipo de sanitarios son “baño seco”, “baños composteros”, “sanitario ecológico” y “dry toilet”.

Este tipo de dispositivos están dotados de muchas ventajas, lo cual se podrían tomar como argumentos para la instalación de este sistema, así como, beneficio para la sociedad y el medio ambiente.

Dichas ventajas se presentan a continuación:

- Genera un ahorro real del agua.
- No genera aguas negras, lo que hace más sencillo y barato el tratamiento de las aguas residuales.
- Genera composta.
- Favorecen la economía doméstica, pues genera ahorros a mediano plazo por la disminución del consumo de agua y energía.
- Brinda la oportunidad de dejar de contaminar y de poder enriquecer al suelo, la composta se aprovecha, ya sea en casa o en algún jardín externo.
- Se puede instalar en lugares donde no se cuenten con las condiciones de instalación de drenaje como en zonas rocosas.

Hoy en día hay una gran cantidad de modelos de baños secos, con diferentes formas y diseños. Ejemplos de estos se pueden mencionar, baños secos composteros, eléctricos o con separador de orina.

Los sanitarios secos composteros son sistemas que disponen del detritus humano cuando favorecen su degradación controlada y lo deshidratan, para producir un producto libre de patógenos que se puede utilizar para enriquecer el suelo. Dependiendo del modelo, se agrega una sustancia que acelere la deshidratación como: cal, tierra, aserrín, cenizas, incluso pétalos de flores con el fin de eliminar olores y alcalinizar los desechos sólidos y obtener la composta, matando las bacterias y patógenos presentes. Razón por la cual no generan malos olores.

1.1.1. ¿QUÉ ES LA COMPOSTA?

De acuerdo con M. Mustin (1987), el compostaje es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas. Para favorecer un buen proceso de compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y una alimentación balanceada. (Soto, G. y Muños, C. 2002.)

El proceso de compostaje es un proceso realizado por microorganismos que consumen oxígeno (O₂) y agua al tiempo que se alimentan de los materiales orgánicos crudos, es predominantemente aeróbico. Los sustratos más lábiles (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos en menor tiempo por bacterias, hongos y actinomicetes mesófilos (crecen a temperaturas medias). Posteriormente, se da la descomposición de los materiales más recalcitrantes (hemicelulosa y lignina) por organismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) como las levaduras y algunos actinomicetes. Como resultado de la actividad de los microorganismos se libera una gran cantidad de calor, vapor de agua y carbono en forma de bióxido de carbono (CO₂). Las pérdidas de agua y bióxido de carbono (CO₂), pueden representar la mitad del peso inicial de los materiales. El composteo reduce por lo tanto el volumen y el peso de los materiales crudos. El resultado del proceso es un producto que contiene una gran cantidad de humus, nutrientes, agua y microorganismos. (Cuadro 1.1)



Cuadro 1.1: Composta.

VENTAJAS DE LA COMPOSTA Algunas de las ventajas que se pueden identificar de la composta (hablando de la generada por restos de cocina y jardín) son:

1. Se eliminan semillas de malezas y microbios que afectan a las plantas y al hombre.
2. Disminuye el volumen de los materiales orgánicos crudos entre el 50 y 75 %.
3. Un material adecuadamente composteado está libre de olores desagradables y es potencialmente vendible.
4. La composta terminada tiene una consistencia parecida a la del suelo, lo que facilita su manejo.
5. Los nutrientes en la composta se encuentran principalmente en formas orgánicas lo que los hace más estables y difíciles de perder.
6. Al estar en forma orgánica los nutrientes son liberados más lentamente lo que permite mantener un suministro sostenido de nutrientes para el crecimiento de las plantas. (Valenzuela, C. n.d.¹)

Específicamente la composta hecha con excretas humanas, permite que se cierre el ciclo de los nutrientes orgánicos. Al devolverlos al suelo en lugar de enviarlos al agua se evita que se conviertan en un vehículo

¹ no date, sin fecha.

de contaminación y muerte de las especies acuáticas (en el Golfo de México hay una gran destrucción de vida marina, en donde desembocan las aguas negras de la Ciudad de México).

BENEFICIOS DEL USO DE LAS COMPOSTAS SOBRE EL SUELO La aplicación de compostas trae como resultado importantes beneficios en los suelos. Algunos de los cuales se enlistan a continuación:

1. Aumento en los contenidos de materia orgánica y nutrientes.
2. Mejoramiento de la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes
3. Se facilitan el desarrollo de las raíces de las plantas y el laboreo del suelo.
4. Las compostas pueden ayudar a controlar algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de las raíces de las plantas.
5. Aumento de la actividad microbiana.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua ha sido vital para el desarrollo de la civilización. Algunos de los centros urbanos más importantes surgieron y se desarrollaron en zonas cercanas a ríos, lagos o costas, pero la magnitud del crecimiento socioeconómico y demográfico de muchos de ellos y la escasa previsión en el manejo racional del agua han hecho crisis y puesto en peligro su futuro. El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. En las últimas décadas y con el objetivo de producir más alimentos, energía y proporcionar servicios a una población cada vez más numerosa, la demanda por el líquido ha crecido significativamente y no ha podido ser cubierta. Ejemplo de ello es que en el año 2007 alrededor de 2 mil 600 millones de personas en el mundo no tuvieron acceso a servicios relacionados con el agua, entre ellos el aprovisionamiento de agua potable (UNEP, 2007). La situación podría ser más grave en el futuro ya que, según pronósticos, alrededor del año 2025 cerca de mil 800 millones de personas vivirán en países o regiones con completa escasez de agua, y dos terceras partes de la población mundial podrían estar sujetas a condiciones de estrés hídrico (UNEP, 2007).

La disponibilidad no es el único problema relacionado con el agua. Su contaminación es el otro aspecto importante, ya que agrava el problema de la escasez. La escasez y el uso excesivo del agua dulce plantean una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. Como resultado del crecimiento de la población urbana, muchas de las grandes ciudades se han visto obligadas a importar agua de cuencas cada vez más lejanas, debido a que las fuentes locales de aguas superficiales y subterráneas han dejado de satisfacer la demanda, por agotamiento o contaminación. Ante esta problemática, la administración del agua se torna un tema de capital importancia. Para satisfacer las necesidades de agua se requieren costosas inversiones y una sofisticada infraestructura hidrológica para traer el líquido desde zonas lejanas, como sucede en el caso de la ciudad de México.

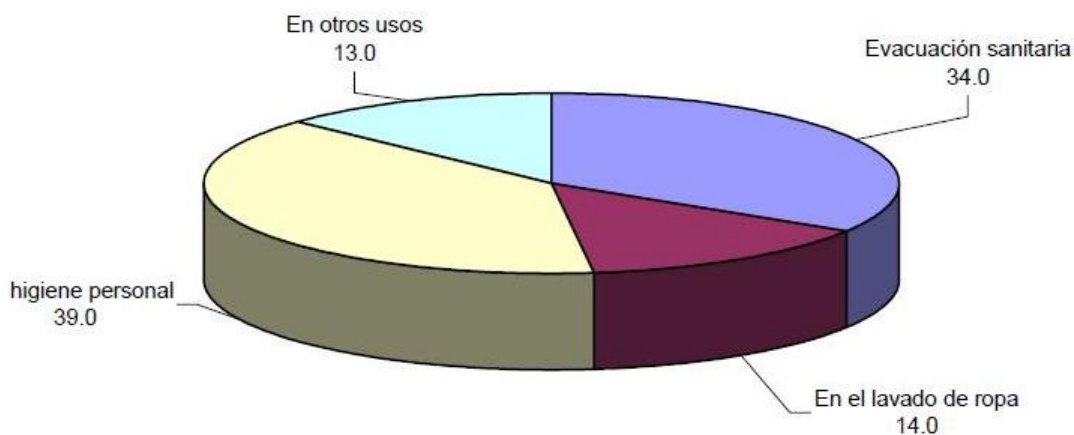
Uno de los grandes retos para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ha sido y será proveer a sus habitantes de agua de buena calidad y en cantidad suficiente, así como desalojar de la cuenca de México las aguas negras o residuales generadas por la población y las diversas actividades económicas.

Actualmente en la Ciudad de México comienza a escasear el abastecimiento de agua potable y se registra que se utilizan diariamente casi 3.000.000 m³ (Cuadro 1.2), de los cuales el 34 % (Cuadro 1.3) es exclusivo para el uso del WC, produciendo una cantidad estimada de 1.020.000 m³ (más de 1 billón de litros) de aguas negras diariamente (Cuadro 1.4). Por esta razón, es preocupante la situación y urge plantear soluciones con el propósito de fomentar el ahorro de agua.

No	Estado	Volumen concesionado	Agrícola ^a	Abastecimiento público ^b	Industria autoabastecida sin termoeléctricas ^c	Termoeléctricas ^d
1	Aguascalientes	619.5	488.7	119.1	11.7	0.0
2	Baja California	3 109.1	2 566.3	266.0	81.6	195.2
3	Baja California Sur	401.2	326.3	61.5	9.5	3.9
4	Campeche	657.4	512.0	127.8	17.6	0.0
5	Coahuila de Zaragoza	1 959.2	1 624.6	186.5	73.2	74.9
6	Colima	1 656.2	1 565.8	62.2	24.4	3.8
7	Chiapas	1 708.6	1 402.2	271.8	34.6	0.0
8	Chihuahua	5 142.7	4 587.6	476.4	51.1	27.6
9	Distrito Federal	1 122.4	1.3	1 089.8	31.4	0.0
10	Durango	1 559.8	1 376.5	152.7	19.1	11.5
11	Guanajuato	4 133.5	3 433.0	619.7	60.3	20.5
12	Guerrero	4 272.3	847.1	288.5	14.6	3 122.1
13	Hidalgo	2 347.7	2 028.6	169.6	67.0	82.6
14	Jalisco	3 843.5	2 983.8	719.5	140.1	0.1
15	México	2 702.2	1 257.5	1 275.7	169.0	0.0
16	Michoacán de Ocampo	5 120.8	4 618.3	310.7	143.7	48.2
17	Morelos	1 239.2	921.5	260.6	57.1	0.0
18	Nayarit	1 201.8	1 048.0	105.8	48.0	0.0
19	Nuevo León	2 047.1	1 452.6	511.8	81.9	0.8
20	Oaxaca	1 103.1	866.6	201.8	34.8	0.0
21	Puebla	2 469.4	2 008.7	381.7	72.5	6.5
22	Querétaro	1 017.9	657.3	292.4	62.5	5.7
23	Quintana Roo	611.7	114.6	98.3	398.9	0.0
24	San Luis Potosí	1 337.2	1 105.4	171.2	29.6	31.0
25	Sinaloa	9 206.9	8 656.0	508.3	42.6	0.0
26	Sonora	7 430.2	6 371.2	961.5	90.5	7.0
27	Tabasco	414.0	169.0	183.3	61.8	0.0
28	Tamaulipas	3 800.3	3 319.0	318.2	109.1	54.0
29	Tlaxcala	235.7	137.4	78.7	19.6	0.0
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	4 684.4	2 595.3	568.6	1 149.9	370.5
31	Yucatán	1 156.1	866.9	245.4	34.3	9.4
32	Zacatecas	1 441.2	1 306.0	112.5	22.7	0.0
TOTAL		79 752.3	61 214.9	11 197.5	3 264.6	4 075.2

Cuadro 1.2: Distribución anual de agua potable por tipo de uso en la Ciudad de México.
Millones de metros cúbicos

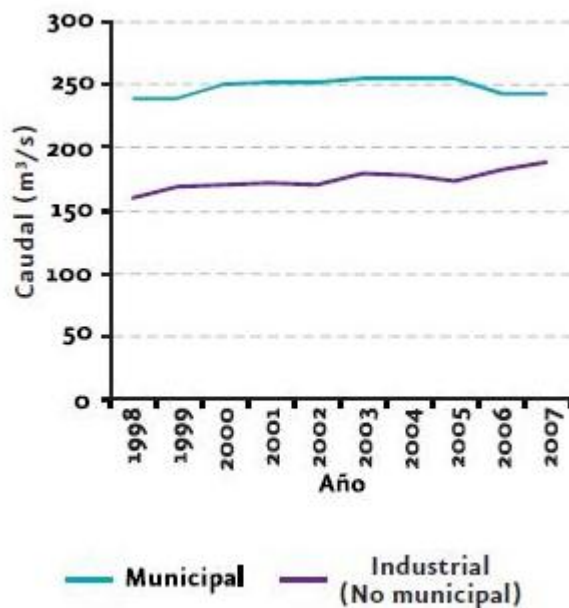
FUENTES: Gobierno del Distrito Federal, Comisión de Aguas del Distrito Federal, 2010



Cuadro 1.3: Uso doméstico del agua en el Distrito Federal 2002

FUENTES: Gobierno del Distrito Federal, Comisión de Aguas del Distrito Federal, 2002.

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/medioambdf/2002/archivo4.pdf



Cuadro 1.4: Agua residual generada, 1998 - 2007

FUENTES: Semarnap - INEGI. Estadísticas del Medio Ambiente 1997 y 1999.

Conagua. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México.

Conagua. Estadísticas del Agua en México. México.

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM_2008.pdf

Una de las formas de justificar el proyecto en términos monetarios, son los altos costos que se pagan por extraer agua, llevarla a la ciudad, desecharla por medio del drenaje y tratarla en plantas sumamente costosas, tanto en su construcción como en su funcionamiento.

En los siguientes gráficos (Cuadro 1.5, 1.6) se presentan las inversiones ejercidas en el subsector durante el periodo 2002-2009, se registran las inversiones del Gobierno Federal ejecutadas a través de la CONAGUA, más las inversiones realizadas por otras dependencias e instituciones que administran programas de apoyo al subsector hidráulico, como la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI). También se incluyen las inversiones de los desarrolladores de vivienda, reportadas por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) entidad que promueve la construcción de nuevas casas dotadas de los servicios de agua potable y alcantarillado, que impactan de manera directa en la ampliación de las coberturas de los servicios. En relación con las inversiones realizadas por el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), se incluyó la información relativa a lo ejercido por dicho fideicomiso así como su correspondiente contraparte, constituida por créditos y aportaciones de la iniciativa privada, entre otros. Cabe hacer notar que las inversiones correspondientes a 2008, que se reportan en la presente edición, difieren de las publicadas en la edición anterior. Esta diferencia se debe a que se actualizaron las inversiones realizadas a través del programa APAZU.

Año	Federal	Estatal	Municipal	Otros ^{b/}	Totales
1991	998.0	729.0	NA	836.0	2 563.0
1992	1 271.0	626.0	NA	563.0	2 460.0
1993	1 569.0	906.0	102.0	578.0	3 155.0
1994	1 424.0	427.0	127.0	352.0	2 330.0
1995	545.0	672.0	432.0	595.0	2 244.0
1996	1 178.0	346.0	171.0	50.0	1 745.0
1997	1 284.0	512.0	505.0	109.0	2 410.0
1998	1 708.0	453.0	243.0	206.0	2 610.0
1999	1 621.0	752.0	205.0	163.0	2 741.0
2000	2 133.0	1 327.0	106.8	344.3	3 911.1
2001	1 055.7	744.2	313.7	611.9	2 725.5
2002	1 685.4	1 005.8	695.1	192.4	3 578.7
2003	3 302.1	2 075.6	1 828.9	152.1	7 358.8
2004	3 086.1	2 572.0	1 103.9	438.6	7 200.6
2005	6 175.3	4 790.7	2 610.0	907.1	14 483.0
2006	5 152.8	2 513.9	2 542.7	916.3	11 125.8
2007	8 275.6	3 799.1	2 381.3	1 193.4	15 649.4
2008	10 718.6	5 879.3	2 899.4	794.9	20 292.2
2009	12 763.7	5 055.0	2 948.0	1 806.0	22 572.7

Cuadro 1.5: Inversiones CONAGUA por sector de origen del recurso, 1991-2009a/ .

(millones de pesos)

a/ Inversiones del Gobierno Federal y sus contrapartes ejecutadas a través de los programas a cargo de la CONAGUA.

b/ Inversiones de las comisiones estatales, créditos, aportaciones de la EPA e iniciativa privada.

NA No Aplicable (los montos están integrados en el rubro de otros).

FUENTES: CONAGUA/SGAPDS/Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado.

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Situación%20del%20Subsector%20Agua%20Potable%202010.pdf>

Se puede apreciar que el monto de inversiones en 2009 registraron un incremento del 14.8% con respecto al año anterior. Con respecto al año 2006 las inversiones fueron superiores en 92.3%.

Año	Agua potable	Alcantarillado	Saneamiento	Mejoramiento de eficiencia	Otros ^{b/}	Totales
2002	3 567.5	4 041.6	1 531.6	1 196.7	81.8	10 419.2
2003	5 180.6	4 932.5	1 209.3	935.2	175.8	12 433.5
2004	5 352.8	5 442.5	1 539.0	1 084.4	70.7	13 489.4
2005	8 392.2	8 237.8	3 266.8	1 592.9	117.7	21 607.3
2006	5 445.0	5 823.2	1 821.3	2 392.7	246.4	15 728.5
2007	9 345.3	7 420.7	1 735.2	2 449.5	566.6	21 517.4
2008	10 497.0	9 356.9	2 312.2	3 050.1	1 103.6	26 319.8
2009	9 960.9	10 847.9	2 277.6	5 427.7	1 732.8	30 247.0

Cuadro 1.6: Inversiones totales por rubro de aplicación^{a/}, 2002-2009 .

(millones de pesos)

a/ Inversiones totales en el subsector, que incluyen los programas a cargo de la CONAGUA más las realizadas por SEDESOL, CDI, BANOBRAS, organismos estatales, iniciativa privada, aportaciones de la EPA y créditos.


b/ Considera estudios y proyectos y supervisión.

FUENTES: CONAGUA/SGAPDS/Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado.

[http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Situación %20del %20Subsector %20Agua %20Potable %202010.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Situación%20del%20Subsector%20Agua%20Potable%202010.pdf)

De los 30,247 millones de pesos, 24,586.9 millones se invirtieron en zonas urbanas, monto equivalente al 81.3 % y 5,660 millones (18.7%) se destinaron a las zonas rurales.

En las siguientes tablas (Cuadro 1.7, 1.8) se identifican los montos de inversión para el 15 de septiembre de 2009 para proyectos de abastecimiento y rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas negras.



Proyectos Emblemáticos

contenido
salir

Líder del proyecto: Conagua (www.conagua.gob.mx)


1

Nuevas fuentes de abastecimiento

Valle de México

Se han estudiado diferentes fuentes adicionales de abastecimiento, entre ellas:

Proyecto		Capacidad (m³/s)	Inversión (mill. \$)	
No se ha determinado fuente de recursos.	Nuevas fuentes de agua potable que sustituyen pozos.	Potabilizadora Presa Guadalupe	2,0	527
	Potabilizadora Vaso Zumpango	2,5	595	
	Ampliación Potabilizadora Madín	0,5	110	
	Potabilizadora Fuentes Alternas (1)	5,0	3 311	
Total		10,0	4 543	



(1) Incluye inversiones en sistemas de conducción.

Contacto: miguelj.guevara@conagua.gob.mx

Cuadro 1.7: Nuevas fuentes de abastecimiento.

FUENTES: Conagua. *Proyectos emblemáticos. Valle de México.*

[http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?id=452ac234-caea-40f7-8de8-c0f29150f945/Proyectos emblemáticos/0/46/0/0/0](http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?id=452ac234-caea-40f7-8de8-c0f29150f945/Proyectos%20emblematicos/0/46/0/0/0)



Proyectos Emblemáticos

contenido
salir

1 Valle de Méx.

2
presas

3
acueductos

4
Saneamiento

5
otros

proyecto	Inversión (millones de pesos)	situación
1 Nuevas fuentes	4 543	En estudio
2 Sistema Cutzamala	4 912	En licitación
3 Plantas de tratamiento	18 167	En licitación Atotonilco <small>12 - mayo - 2009</small>
4 Túnel Emisor Oriente	14 538	En construcción
5 Obras de drenaje	2 833	Licitación próxima
6 Túnel Río de la Compañía	2 230	En construcción
7 Túnel Río de los Remedios	800	Concluido
8 Entubamiento Gran Canal	500	Concluido

15 septiembre 2009

Cuadro 1.8: Proyectos Emblemáticos en el Valle de México.

FUENTES: Conagua. *Proyectos emblemáticos. Valle de México.*

[http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?id=452ac234-caea-40f7-8de8-c0f29150f945/Proyectos emblemáticos/0/46/0/0/0](http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?id=452ac234-caea-40f7-8de8-c0f29150f945/Proyectos%20emblematicos/0/46/0/0/0)

El total es de 48,523 millones de pesos en obras nuevas en desarrollo para el manejo del agua, sumando el costo de 90 mil millones de pesos que cuesta la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas negras del Distrito Federal anualmente. Como podemos ver la cantidad de recursos usados para el desarrollo y limpieza del agua son muy elevadas, un sistema diferente para la gestión de las aguas negras puede ser más factible económicamente que el sistema actual.

Eliminando la generación de aguas negras, haría innecesarias las plantas de tratamiento de dichas aguas, al igual que la infraestructura para bombear y acarrear dichas aguas, evitaría la contaminación de ríos, entre otras muchas ventajas; El ahorro de gasto de agua sería inmenso, el cual tendría un impacto económico intrafamiliar, como nacional. La cantidad de agua disponible por ciudadano sería mucho mayor. Como referencia a lo antes estipulado a continuación se muestra una tabla (Cuadro 1.9), en la cual se presenta una proyección de la disponibilidad de agua per-cápita nacional al año 2030. Es posible apreciar la falta de agua por zonas en la república Mexicana, siendo el Valle de México la más afectada.

Región Hidrológico-Administrativa	Disponibilidad natural media (millones de m ³ /año)	Disponibilidad natural media per cápita al 2007 (m ³ /hab/año)	Disponibilidad natural media per cápita al 2030 (m ³ /hab/año)
I Península de Baja California	4 616	1 289	780
II Noroeste	8 204	3 192	2 819
III Pacífico Norte	25 627	6 471	6 753
IV Balsas	21 658	2 055	1 946
V Pacífico Sur	32 794	7 960	8 154
VI Río Bravo	12 024	1 124	907
VII Cuencas Centrales del Norte	7 780	1 888	1 703
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	34 037	1 650	1 448
IX Golfo Norte	25 500	5 162	5 001
X Golfo Centro	95 455	9 964	9 618
XI Frontera Sur	157 754	24 270	21 039
XII Península de Yucatán	29 645	7 603	5 105
XIII Aguas del Valle de México	3 008	143	127
Total	458 100	4 312	3 783

Cuadro 1.9: Proyección de la disponibilidad de agua per-cápita nacional al año 2030.

Los datos considerados fueron los siguientes:

Para disponibilidad natural media total, 458 100 millones de metros cúbicos por año (dato del año 2007).

Para la población, los datos son estimados a diciembre, con base en las proyecciones de población de CONAPO 2005-2050.

FUENTES: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de:

CONAPO. Proyecciones de la Población de México 2005-2050. México, 2007.

CONAGUA. Subdirección General Técnica. Conagua.

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/futuros1.pdf>

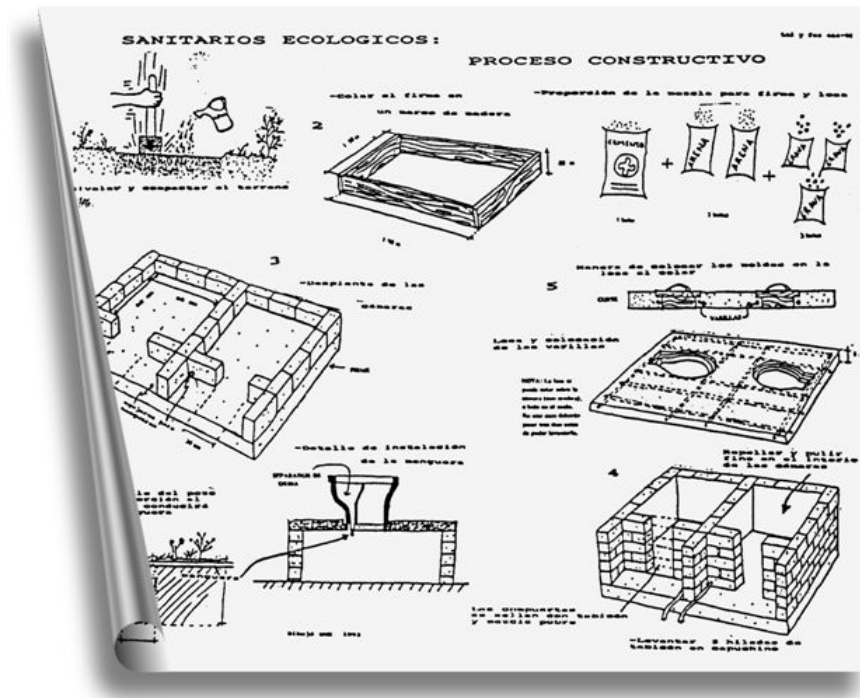
Uno de los principales conflictos que se añan a la problemática del agua es la cultura existente en las áreas urbanas. El no conocer otros sistemas distintos al actual para la gestión de residuos orgánicos humanos provoca el rechazo completamente de cualquier propuesta relacionada con este tema. Un tema complicado, ya que la gente no está acostumbrada a pensarlo, ni a discutirlo, y es precisamente la misma gente con la cual se debe de trabajar para obtener una aceptación. Esto lo hace no sólo un problema de escases, si no de cambio de paradigma.

1.3. INICIOS DEL PROYECTO

1.3.1. ESPACIOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, S.C.

El sanitario ecológico seco promovido por Espacios es una adaptación diseñada en México a la letrina vietnamita, diseñada por el Dr. Nguyen Dang Doc, que entró en operación en ese país en la década de 1950. Las principales características de este sanitario son las siguientes:

- Separa la orina del excremento, lo cual facilita el manejo de ambos.
- Cada vez que se usa, las excretas recién depositadas se cubren con una mezcla secante de tierra con cal o ceniza, para evitar los malos olores y las moscas.
- Consta de dos cámaras de almacenaje de excretas que se usan alternadamente: mientras una se usa, en la otra, que permanece cerrada y sellada, la alcalinidad de la cal/ceniza mata a los patógenos presentes en los excrementos. Cuando la cámara en uso se llena, se cosecha el abono orgánico maduro de la primera, que ya vacía está lista para usarse nuevamente. (Cuadro 1.10)



Cuadro 1.10: Ejemplo de las cámaras de almacenaje.

El abono que se extrae de la cámara compostera tiene la apariencia de un polvo granuloso, y es perfectamente inodoro. El orín puede recuperarse y utilizarse como fertilizante. El ciclo que se acaba de esbozar toma entre un año y medio y dos años.

Para la promoción de estos sanitarios, Espacios diseñó una serie de materiales de apoyo entre los que se encuentra un manual de uso con muchas imágenes y pocos textos, dirigido a las comunidades indígenas de Oaxaca, en donde una gran parte de la población no sabe leer, y por lo tanto se apoya más en imágenes para el intercambio no verbal de ideas y conocimientos. Este manual fue producido en láminas de PVC que se adhieren al interior del sanitario, con lo cual se prolonga su vida útil y se facilita el uso del sanitario. Otro material fue la ficha de construcción, también basada en imágenes comprensibles para los usuarios, quienes fueron responsables de la construcción de su propio sanitario.

Este material ayudó a que los sanitarios cumplieran con las especificaciones que se requerían para el correcto funcionamiento del baño.

1.3.2. EL PROYECTO EN OAXACA

Bajo la coordinación del Sistema DIF–Oaxaca, el programa realizado entre 1993 y 1998 contó con la participación decidida de instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, agencias internacionales y diversas fuentes de financiamiento, en un esfuerzo compartido dentro del Programa estatal a favor de la infancia “Para que se logren. . .”, mediante el cual se buscaba alcanzar las condiciones necesarias para el bienestar de todos los oaxaqueños, especialmente las niñas y los niños. En esos años se construyeron más de 75 mil sanitarios en más de mil comunidades de Oaxaca, con los que se benefició a un número igual de familias que antes de ese programa no contaban con algún sistema apropiado para el manejo de excretas. (Cuadro 1.11)



Cuadro 1.11: Proyectos de Espacios de Innovación Tecnológica, S.C.

Capítulo 2

PROCESO DE DISEÑO

Al identificar y definir con claridad el problema planteado se empieza el desarrollo de diseño.

Lo primero que es necesario para este diseño fue idear el sistema ecológico general. Para esto, se requiere obtener información referente a la idea principal y central del diseño. Esta idea es la gestión de los desechos orgánicos humanos sin la necesidad del uso de agua, y así no generar aguas negras.

Obtenido el sistema general se pudo identificar la parte central y fundamental del sistema. Se dirigió la atención y el trabajo posterior de desarrollo a esta parte en específico. Dicha parte se denominó dispositivo.

Una vez identificado la parte a desarrollar, el dispositivo, el proceso de diseño que se siguió para la elaboración del tema al que se refiere este documento se asemeja al propuesto por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger (2009). Este proceso de diseño es dirigido a los usuarios, tomando en cuenta sus opiniones, inconformidades o detalles para mejoras de los productos o generación de nuevos productos. En el Apéndice I se presenta un resumen general de lo que es el proceso descrito en el libro mencionado.

Para este caso en particular se requirió un proceso dirigido a los usuarios. Al haber hecho esto, se pudo satisfacer la mayoría de las necesidades de los usuarios lo mejor posible. La aceptación del producto depende mucho de la idea que se le genere al usuario al tener el primer contacto con el dispositivo, al cumplir con las necesidades generadas por los propios usuarios es más fácil dicha aceptación.

En este punto del diseño se necesitó conocer más a fondo conceptos básicos que conciernen al tema en cuestión, así como la tecnología existente hasta el momento. Para este paso se entró en una etapa de investigación donde se recaudó toda la información posible. Los conceptos básicos son referentes a la composta, sus características, sus propiedades, los baños secos y que se entiende de estos, la situación actual del agua, así como los trabajos previos al diseño de este proyecto. También se hizo un estudio de tecnología existente. Para esto se recaudó información de dispositivos similares y principios para la gestión de desechos sin la necesidad de agua. Al analizar toda la información se pudo entrar al inicio del diseño del dispositivo. En los siguientes capítulos se explican los métodos empleados para el diseño al que hace referencia este trabajo de tesis. Estos métodos son pasos a seguir para diseñar un nuevo producto, donde el entendimiento claro y el seguimiento ordenado son factores fundamentales.

Para la primera iteración del diseño se creó una misión donde se explica una pequeña descripción del dispositivo a diseñar, los beneficios de este, los objetivos de negocio, los mercados potenciales (clasificándolos en primario y secundario), las restricciones y los involucrados que podía tener el desarrollo del dispositivo. Esta declaración de la misión es indiferente a la iteración del diseño pero se presenta en la primera simplemente por ordenamiento de los pasos. La declaración de la misión muestra una dirección a la cual se encaminó el diseño del dispositivo.

Establecida la misión se obtuvieron las necesidades de los usuarios. Se hicieron entrevistas a usuarios potenciales, los cuales se definieron en la misión. Fue muy importante la documentación elaborada de estas entrevistas, ya que se realizó un cuestionario, que se fue mejorando con el tiempo, para no perder de vista ningún detalle. Parte de esta documentación fue el grabar y filmar las entrevistas para obtener información no verbal de los usuarios y tener necesidades más completas.

Las necesidades se tradujeron en requerimiento y estos a su vez en especificaciones. Las especificaciones son las métricas en las que el diseño queda restringido. Con las especificaciones se crearon varias

alternativas de solución las cuales denominaremos conceptos. Para los conceptos se estudiaron varios principios básicos para conseguir lo que se necesitaba, y al mismo tiempo se combinaron algunos para lograrlo mejor.

El siguiente paso fue la clasificación, evaluación y selección del concepto final. Para este punto se utilizaron características de las necesidades y en relación a estas se les asignó un valor a cada concepto. Para la evaluación de los conceptos se les comparó los valores asignados con los valores de un ideal arbitrario. La selección del concepto tuvo relación con los puntajes obtenidos de las comparaciones mencionadas anteriormente.

Se podría pensar que para la segunda iteración del diseño del dispositivo que se presenta en este trabajo de tesis se utilizó un método o proceso de diseño diferente, pero en realidad es el mismo pero con retroalimentación de la primera iteración.

Al igual que para la primera iteración se obtuvieron necesidades de los usuarios, para la segunda se contemplaron las mismas necesidades y lo que se trató de hacer fue completarlas con nuevas que se identificaron mediante las opiniones y comentarios que se obtuvieron de la presentación de la primera iteración. Así, con estas nuevas necesidades poder continuar el proceso de diseño de la segunda iteración del dispositivo.

La mayoría de las especificaciones de la primera iteración se retomaron para la segunda iteración y así se prosiguió directamente a la definición de conceptos para dicha iteración. Al obtener la definición de los conceptos se hicieron pruebas para llegar a la selección del concepto final y así trabajar en su desarrollo para fases posteriores como el diseño a detalle de dicho concepto.

Una vez que se selecciona un concepto, después de calificarlo y evaluarlo, pudiendo ser la combinación de previos conceptos, se trabaja de una forma más específica. Es decir se desarrolla una ingeniería más especializada para lograr el funcionamiento esperado. Como diseño a detalle del dispositivo se puede mencionar la elaboración de la lógica para el completo funcionamiento del dispositivo, la traducción en lenguaje de programación de la lógica deseada, la comprobación de dicha lógica de forma simulada, y su dimensionamiento de la geometría de los sistemas y mecanismos empleados. Estas actividades son previas a la construcción y evaluación de versiones múltiples de pre-producción del producto, pero muestran un producto en vías de producción, con las circunstancias convenientes.

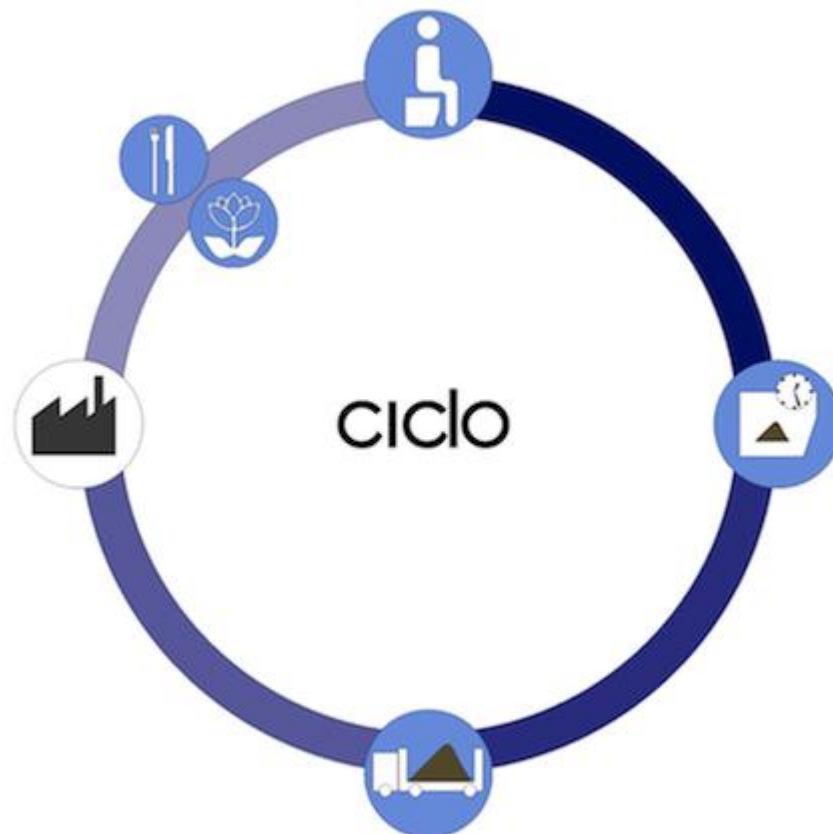
Con este diseño a detalle se logró llegar al objetivo de la conceptualización del dispositivo al mostrar la lógica programada en los elementos electrónicos y la descripción de sus sistemas.

Para el diseño del dispositivo en la primera iteración del diseño se hizo un Análisis Económico, el cual se incluye como Apéndice II por su poca relevancia en el objetivo final de este trabajo de tesis.

Capítulo 3

SISTEMA ECOLÓGICO

Parte del objetivo de esta tesis es proponer un sistema que integre los desechos orgánicos humanos a un ciclo, en el cual se puede aprovechar de una forma productiva el resultado de este, la composta. El ciclo (Cuadro 3.1) que se propone es darle una mejor gestión a los desecho orgánicos sólidos humanos producidos en las ciudades.



Cuadro 3.1: Representación gráfica del ciclo productivo.

El ciclo empieza por la obtención de los desechos orgánicos sólidos humanos por medio del dispositivo¹. Ahí se almacena y se acelera el proceso de descomposición natural de los desechos. Del dispositivo¹ se obtienen, dependiendo del tiempo, desechos orgánicos semi-procesados o totalmente procesados, es decir materiales con cierto porcentaje compostado o composta en su totalidad respectivamente.

Una de las propuestas es crear una red, ya sea por parte de una organización del gobierno o privada, de recolección de desechos orgánicos sólidos semi-procesados o totalmente procesados por el dispositivo¹.

En este trabajo se propone un sistema de recolección de la composta (Cuadro 3.2), parecido al sistema actual de distribución de gas o similar al sistema de recolección de basura. Del dispositivo¹ se obtiene un depósito lleno, el cual es recibido por un camión recolector y entrega uno vacío. Este depósito vacío se reincorpora al dispositivo¹ para poder seguir utilizándolo debidamente.



Cuadro 3.2: Muestra de un sistema similar para la recolección de los desechos orgánicos sólidos.

Al ser recolectados los desechos orgánicos se transportan a una planta de tratamiento (Cuadro 3.3) y así se completa su transformación en composta con ciertos estándares comerciales. En dicha planta de tratamiento se encargan de modificar las propiedades físicas y químicas de la composta para convertirla en un producto aprovechable. La razón para el tratamiento de la composta es que no siempre se obtiene una composta rica en nutrientes, o se obtiene una composta muy alcalina, lo cual no es bueno para los cultivos.



Cuadro 3.3: Planta de tratamiento de la composta.

¹Definido y descrito más adelante en los capítulos 4 y 5

El producto que se genera de la planta de tratamiento es una composta que hace los cultivos fértiles la cual puede ser utilizada como abono orgánico, o como sustrato para el crecimiento vegetal para cualquier cultivo que tenga contacto con las personas de manera directa o indirecta, o simplemente como mejorador de suelos (Cuadro 3.4). Por esta razón se necesitan ciertos estándares en la planta de tratamiento ya que el producto generado debe estar libre de patógenos de cualquier tipo.

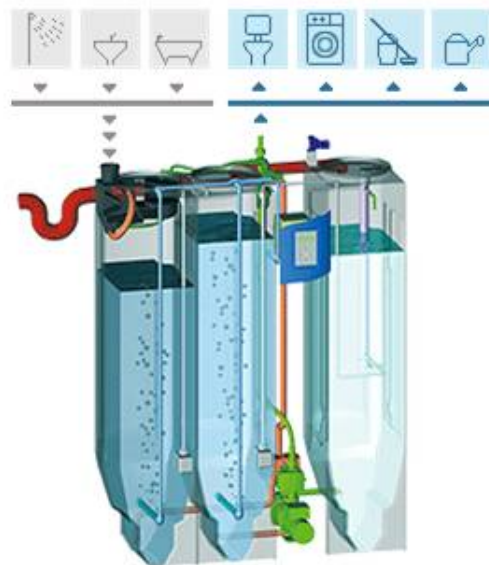


Cuadro 3.4: Utilización de la composta una vez terminado su tratamiento.

El ciclo continua al obtener los alimentos del suelo que serán consumidos por las personas. El ciclo se cierra cuando las personas utilizan el dispositivo para la evacuación de sus desechos orgánicos sólidos.

De igual forma tenemos que hablar de los desechos líquidos, los cuales son evacuados por medio del drenaje actual de la ciudad.

Al eliminar los desechos orgánicos sólidos del drenaje se eliminan las aguas negras producidas por la ciudad. Lo único que se obtiene es aguas grises, que son mezcla de orina, agua jabonosa y productos líquidos desechados. Esto genera una gran ventaja para la ciudad en el ahorro de agua y de dinero, ya que el tratamiento de las aguas grises (Cuadro 3.5) es más simple, mucho más barato y seguro en comparación al proceso utilizado para el tratamiento de aguas negras y es beneficioso para el medio ambiente.



Cuadro 3.5: Representación del proceso de tratamiento de las aguas grises.

Capítulo 4

PRIMERA ITERACIÓN DEL DISEÑO

Como se explicó en el Capítulo (2) los pasos que se siguieron para empezar con el diseño del dispositivo fueron: recaudar información referente al tema en cuestión; elaborar un estudio de tecnología existente; establecer la declaración de la misión; identificar la necesidades de los usuarios potenciales; traducir estas necesidades en requerimientos y especificaciones; definir, clasificar y realizar la selección de los conceptos; y por último el diseño a detalle del concepto final.

En las siguientes secciones se proporciona información más detallada de estos pasos.

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BAÑOS SECOS

Baños composteros con separador de orina La característica principal de este tipo de baño seco es que mediante un inodoro diseñado especialmente, la orina y el excremento se separan para depositarse, desde un principio, en distintos contenedores y son manejados de manera independiente (Cuadro 4.1). El excremento se degrada en un contenedor mediante procesos aeróbicos y químicos y la composta resultante se puede utilizar, por ejemplo, para abono de plantas y jardines. Mientras tanto, la orina se recoge para usarla como fertilizante, o se dirige a un pozo de absorción en el suelo, al que enriquece por su alto contenido de urea, que es uno de los compuestos orgánicos indispensables para cualquier cultivo.



Cuadro 4.1: Ejemplos de separadores de orina.

Para lograr la degradación de los sólidos, al finalizar el uso del baño (cuando una persona termina de defecar), se agrega una pequeña cantidad de mezcla secante (usualmente cal o ceniza con tierra

seca), para evitar los malos olores y la fauna nociva (moscas, cucarachas, etc.) que se puedan generar. Esta mezcla secante también mata a los organismos patógenos que pudieran estar presentes en las excretas. Los contenedores son relativamente grandes y los hay, de diferentes medidas. Si se usan dos contenedores, después de que el primero se llena, se empieza a usar el segundo, cuando éste se llena se vacía el primero (en donde la composta ya está libre de patógenos, lista para usarse) y se vuelve a utilizar. Este ciclo se repite indefinidamente, por lo que este sistema dura para toda la vida. Es importante que los contenedores no sean demasiado pequeños, pues no se daría el tiempo suficiente para que el material secante actúe y elimine a los patógenos de la composta madura. A diferencia de los biodigestores, que utilizan bacterias metanogénicas, aquí la descomposición es aeróbica, y por lo tanto no produce malos olores.

Baños eléctricos Este tipo de baños necesita electricidad para su funcionamiento y disposición de excremento. Los baños eléctricos se instalan en lugares donde se cuente con una temperatura de al menos 18°C, para realizar el correcto proceso de degradación, empaquetar e incluso congelar los residuos, pero tienen la desventaja de que requieren de más mantenimiento en comparación con el baño seco compostero. También se puede utilizar agua y su instalación es directamente sobre el suelo. Los baños que realizan la degradación se componen de un inodoro, como el tradicional, con conexión a un depósito con gas inflamable o a un sistema de calefacción eléctrico para degradar los residuos y lo que se obtendrá es agua y cenizas. Los baños que congelan los residuos consumen mucha energía eléctrica y se coloca el residuo en una bolsa de plástico desde -10 a -15°C, y cuando el contenedor se llena, se vacía el excremento en un compostero. Una de las ventajas es que no requieren de ventilación y su instalación es fácil.

Baños químicos Su funcionamiento se basa en el uso de un líquido químico sanitario, se utilizan provisionalmente y son pequeños en cuanto a dimensiones. Se añade un producto químico para deshacer los desechos (sólidos y líquidos) y eliminar las bacterias que contengan. No se debe fermentar el material por la acción de los productos químicos, ya que esto puede provocar daño al medio ambiente.

Baño seco casero (letrinas) Este sistema consiste en cavar un agujero lo suficientemente profundo en el suelo, donde el excremento se deposita directamente. Este tipo de baño tiene las desventajas de que produce malos olores y contamina las aguas que corren por el subsuelo, ya que existen filtraciones a estos conductos y al no darles un tratamiento (cal, temperatura, químicos, etc) para matar los patógenos se contaminan. Son muy pocos los modelos que separan la orina, en el caso de las letrinas. Para evitar problemas de humedad y olores pocos modelos de este tipo separan los desechos líquidos de los sólidos e implementan sistemas de ventilación.

Se mencionan a continuación algunos factores que pueden ayudar o mejorar la eficacia de funcionamiento de un baño seco.

Higiene. En cuestión de salud, la higiene es el punto de mayor importancia en cuanto a cualquier inodoro. Debe ser sometido regularmente a un mantenimiento. Debe ser aseado con regularidad, esto con el fin de evitar posibles enfermedades causadas por la falta de higiene.

Olor. Las principales causas de mal olor en un baño seco es debido a la orina y a las excretas húmedas. El baño debe estar ventilado y seguro de que no haya posibilidad de que se mezclen los desechos sólidos con algún líquido, es decir, al evitar la humedad en desechos sólidos previene problemas de olor. Si los desechos sólidos o composta están húmedos, se debe usar mayor mezcla de cal y tierra para acelerar el proceso de secado de la composta.

Percepción. Por otro lado es muy importante que el baño sea percibido como limpio, ya que generalmente se asocia con la imagen de un lugar con poca higiene, al tener un mal olor el usuario inmediatamente lo asocia como desagradable.

Ventilación. Es necesario ventilar el contenedor de desechos sólidos. Es recomendado que el canal de ventilación sea vertical y que abandone la habitación donde se encuentra el baño seco. En algunos casos es necesario agregar un ventilador para eficientar la tarea.

4.2. ESTUDIO DE TECNOLOGÍA EXISTENTE

La gestión de los desechos orgánicos humanos de una forma seca no es algo que nuevo en el mundo, por el contrario, alrededor del mundo se cuenta con una gran experiencia sobre el tema, a todas las escalas y para todos los niveles socioeconómicos. Esto no excluye a México, en donde se ha dado el que probablemente es el programa más grande de Latinoamérica, cuando entre los años de 1993 y 1998 se promovieron y construyeron en Oaxaca más de 75 mil sanitarios ecológicos secos, en más de mil comunidades de la entidad. Dicho programa contó con una gran labor de seguimiento, que consistió en la visita a más de 500 viviendas con sanitario dos veces cada año, en cada una de las cuales se realizó una entrevista en cada visita, con el propósito de conocer los factores que incidían en que el sanitario fuera utilizado de manera adecuada por sus usuarios, o que fuera rechazado o usado incorrectamente. Este programa, parte del *Programa estatal a favor de la infancia*, bajo la coordinación del DIF estatal y como un esfuerzo local enmarcado por la *Cumbre mundial a favor de la infancia*, promovida por la UNICEF, estuvo enfocado en comunidades del medio rural, por lo que es posible caracterizar a sus beneficiarios dentro de un tipo socioeconómico relativamente definido. Pero las experiencias previas incluyen también muchos modelos comerciales diseñados para viviendas de campo de usuarios con nivel socioeconómico alto, que ya se producen industrialmente y que están disponibles en muchos países. La desventaja de estos es que no están dirigidos a ciudades como la Ciudad de México. Sus diseños son sumamente variados, así como los materiales con los que están contruidos, sus requerimientos de energía, espacio, etc., y están disponibles en muchos países del mundo, principalmente de Europa y Norteamérica, así como Japón, China y Australia, es decir, los de mayor poder adquisitivo. Los modelos que a continuación se muestran no incluyen, por otra parte, a los sanitarios con bajo consumo de agua, de los cuales también hay muchos modelos disponibles, pero que no se adaptan por completo al objetivo del proyecto actual.

A continuación se incluye un muestrario de algunos de los sistemas secos disponibles en distintas partes del mundo, incluyendo México:

BIOLOO Empresa neo zelandesa productora de baños composteros y sistemas de aguas grises. El sistema de trata de desechos humanos por composteo sirve para crear suelo libre de patógenos, siendo económico y amigable con el ambiente, este está siendo aceptado cada vez más por la población y el gobierno en Nueva Zelanda. El sistema de baño por composta trabaja en sitios limitados (donde no hay otra alternativa) por leyes, costos y conciencia. Diseñan los sistemas de baños secos y aguas grises para ser lo más flexible posibles y ofrecer distintas alternativas de instalación. El sistema se creó para satisfacer y exceder las expectativas de los estándares de Nueva Zelanda. Todos los baños de composta cumplen con las estándares de Nueva Zelanda AS/NZS 1546.2.2001 y están hechos en conjunto con las normas AS/NZS1547. Esto quiere decir que cumplen las cláusulas B1 (estructura), B2 (durabilidad), G1 (higiene personal), G14 (desechos industriales líquidos) de las leyes de construcción neo zelandesas. Beneficios clave: capacidad para una familia de 5 personas con uso diario. El uso puede ser prolongado en temporada de verano. Puede ser usado sin necesidad de energía y se puede aprovechar el uso de la lluvia. (Cuadro 4.2) (Bio Systems, 2009.)



Cuadro 4.2: BIOLOO.

BIOLET El biolet 10 estándar es el origen de los WC composteros de la actualidad. Simple y con un diseño que se adapta a cualquier decoración interior, incorpora avanzada tecnología de descomposición propia de la misma naturaleza provee una solución ambientalmente amigable para las necesidades del usuario. Equipado con ventilador silencioso, un calentador controlado con termostato, un control manual de mezclado, el biolet 10 estándar garantiza un entorno óptimo para un funcionamiento sin atención. Diseñado para pequeñas familias, es la opción perfecta para quienes no necesitan extra capacidad. El 10 estándar es igual al modelo deluxe, con la diferencia del control manual en lugar de automático. (Cuadro 4.3) (BioLet Toilet Systems, Inc, 2009.)



Cuadro 4.3: BIOLET.

Clivus Multrum Ofrece un amplio rango de baños composteros y sistemas de irrigación de aguas grises para casi cualquier necesidad. Están construidas por rotomoldeo usando poliestireno como material. La serie de baños clivus va integrada con la totalidad de la estructura del cuarto de baño, provee alternativas para baños en áreas como parques, campos de golf, áreas remotas, etc. también ofrece modelos en alta producción para edificios académicos y baños domésticos. Los sistemas de aguas grises viene de las aguas que se producen de la bañera, lavadoras, etc. y se usa para el riego de plantas en interiores y exteriores, además de que el sistema de flush ofrece la misma sensación del baño regular. (Cuadro 4.4) (Clivus Multrum, Inc, 2010.)



Cuadro 4.4: CLIVUS MULTRUM.

Cotuit Las unidades son herméticas, y tienen un sistema integrado para separar la orina de la materia fecal, dejándola libre de patógenos haciendo que el agua tratada pueda ser útil para riego. La separación de la orina es clave para mantener la composta seca y mejorar el proceso de composteo. Este dispositivo carece de mecanismos y el único contacto es el que tiene el mueble y los desechos, además de ser completamente removible para su mantenimiento. Después de cada uso, una trampilla cerrada con pestillo interior corta el suministro de aire para la composta. Esto resulta en la inhibición de la conversión de nitrógeno a amoníaco, ya que la acumulación de humedad produce las condiciones para la propagación de insectos y patógenos lo que sucede frecuentemente en baños regulares. (Cuadro 4.5) (Cotuit Dry Toilets, n.d.)



Cuadro 4.5: COTUIT.

Ekolet Este escusado tiene la capacidad de ser utilizado por un año de manera continua, produce composta del escusado como también de residuos de comida. Tiene suficiente espacio para ser utilizado de manera continua por 1-7 personas. Este modelo cuenta con un depósito rotatorio de cuatro compartimientos localizado debajo del escusado (requiere un sótano). Cuando un compartimiento se llena, por el peso este gira poniendo en su lugar un compartimiento vacío, así hasta ser llenados los cuatro. El depósito requiere electricidad para funcionar debidamente ya que cuenta con un sistema de circulación de aire. (Figura 4.6) (Ekolet, n.d.)



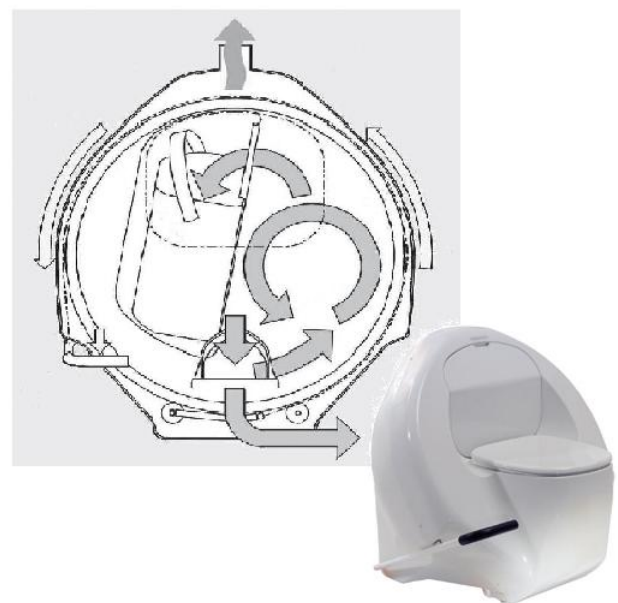
Cuadro 4.6: EKOLET.

Enviolet Este escusado cuenta con un depósito en forma de cajón, también cuenta con una trampa de líquidos la cual se puede activar de manera manual con una palanca o en el modelo eléctrico con un botón, esta trampa hace que tenga la capacidad de ser utilizado para orinar estando de pie. Este modelo produce la composta con bacterias las cuales degradan los residuos y con ventilación para la evaporación de los líquidos. (Cuadro 4.7) (Sancor Industries Ltd., 2011)



Cuadro 4.7: ENVIROLET.

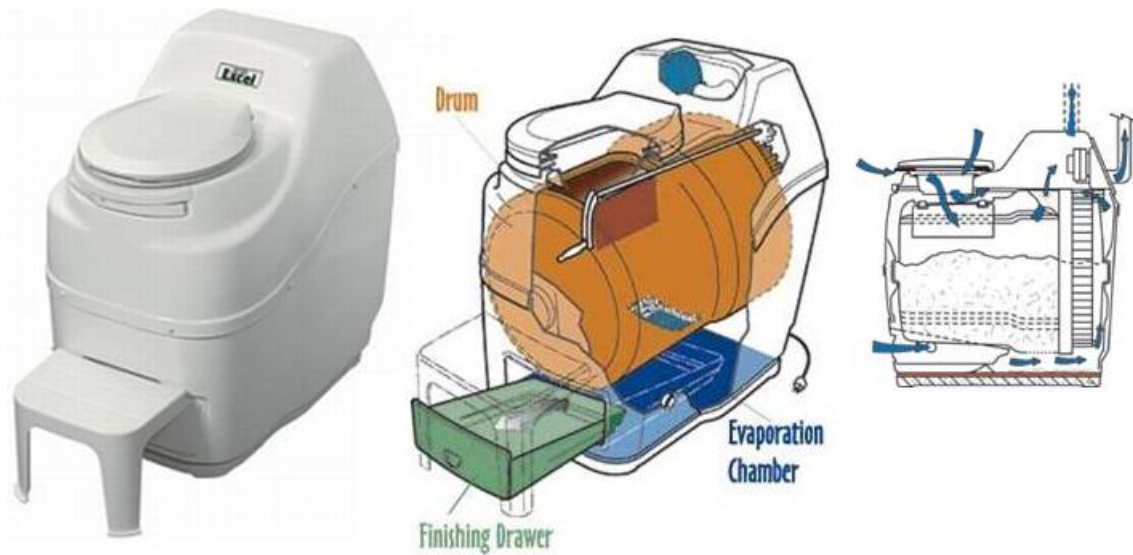
Naturum Es un escusado compostero para ser instalado en interiores y con un ciclo de uso de un año continuo. No requiere electricidad o entrada de agua o conexión al drenaje. Ni espacio para un depósito en el sótano o debajo de la unidad. Este modelo cuenta con un tambor el cual cuenta con una capacidad de 30 litros de desechos. En este tambor mediante un proceso aerobio la temperatura de la mezcla es incrementada evaporando los líquidos y procesando la composta. No utiliza ningún químico. El Naturum permite al usuario orinar estando de pie. Al ser utilizado en una posición sentada, el sello en la base del escusado se abre, la forma del escusado separa los líquidos de los sólidos. El papel puede ser arrojado junto con los sólidos. Al terminar se presiona el pedal. El tambor gira y los desechos son cubiertos con la composta. Así el baño está listo para ser utilizado de nuevo. (Cuadro 4.8) (Biolan, 2011)



Cuadro 4.8: NATURUM.

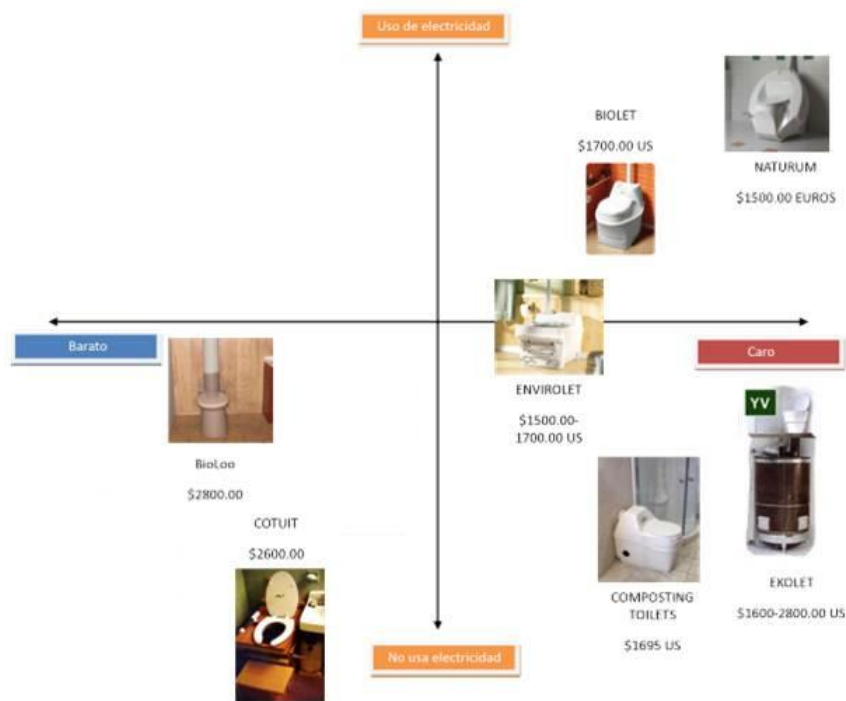
SIRDO (Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos) Este escusado cuenta con una cámara de procesamiento inclinada, con un filtro alcalino en la base, cuenta con un aditamento para permitir la circulación de aire al interior del sistema, forzando la entrada de aire caliente, extrayendo mediante ventilas.

Sun-Mar Los baños Sun-mar, reciclan los residuos sólidos evaporando los líquidos de estos y convirtiéndolos en fertilizantes, los cuales son perfectos para las plantas. Estos baños utilizan un proceso aerobio mediante bacterias para convertir las partículas de carbono en dióxido de carbono y las partículas de hidrógeno en agua; de esta manera los residuos son degradados hasta sus minerales esenciales. Tomando en cuenta que los residuos son 95 % humedad, una vez que los líquidos han sido evaporados y los sólidos restantes convertidos en composta, el resultado es aproximadamente el 3 % del volumen inicial. Este proceso de reciclaje evita la necesidad de uso de drenaje y plantas de tratamiento de aguas negras. También evita el uso de sistemas de tratamiento en-sitio, como las fosas sépticas. Sun-mar cuenta con varios modelos para cada necesidad, eléctricos, no-eléctricos, completamente secos o que utilizan cantidades mínimas de agua y con unidades de diferentes capacidades. (Cuadro 4.9) (Sun-mar, 2007)

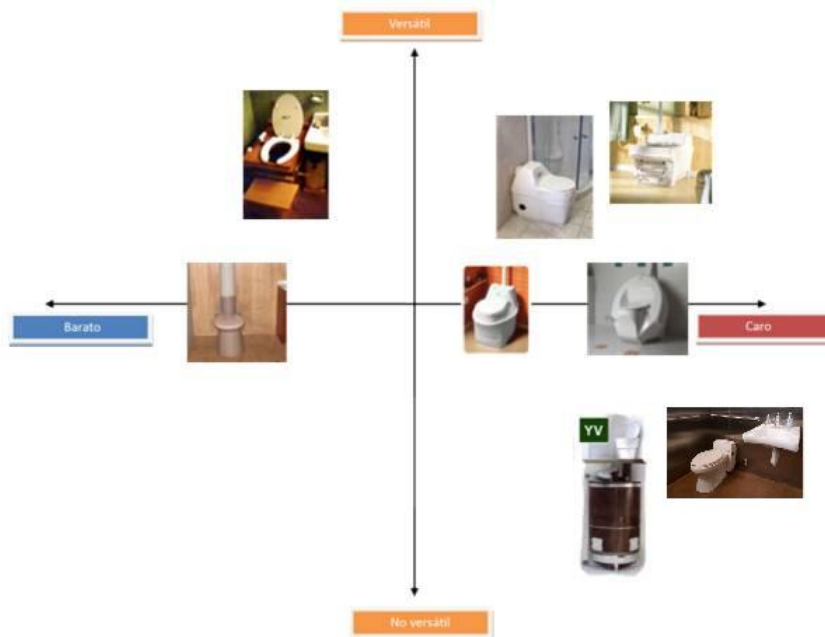


Cuadro 4.9: SUN-MAR.

A continuación, se muestran dos gráficas (Cuadros 4.10, 4.11) comparativas de los dispositivos de saneamiento actuales más comerciales. En estos cuadros comparativos se estudia la versatilidad de dichos dispositivos, así como su costo y consumo energético. (Corcuera, C. y González, O. 2010.)



Cuadro 4.10: Cuadro comparativo de dispositivos de saneamiento con referencia de costos y consumo de electricidad.



Cuadro 4.11: Cuadro comparativo de dispositivos de saneamiento con referencia de costos y versatili-
dad.

4.3. DECLARACIÓN DE LA MISIÓN

Para empezar el diseño se necesitó tener claro cuál era el objetivo, una meta que alcanzar. Para lograr esto se hizo necesario el contar con la elaboración de la declaración de una misión.

La misión es una herramienta que sirve para especificar el mercado objetivo del producto, metas del negocio, suposiciones clave y restricciones que se tendrán durante el diseño. No se trata de decir cuales tecnologías nuevas específicas deben de usarse ni especifica de las funciones de operaciones ya sea en producción o servicios. Simplemente es una guía clara para la organización del diseño de un producto.

Así mismo, al identificar a los mercados y personas involucradas se puede asegurar que muchos de los sutiles problemas de diseño se aborden. De esta forma, sirve como recordatorio para considerar las necesidades de todos aquellos que estarán influenciados por el producto.

Utilizando la información que incluye la declaración de la misión previamente descrita en el capítulo 2 podemos definir como la descripción del producto el desarrollar un sistema sin agua, práctico y costeable, que integre los residuos sanitarios humanos a un ciclo de vida productivo, para su uso por personas de clase media dentro de entornos urbanos en México, y que sea extensible a otros países.

Los beneficios que se pueden mencionar de la propuesta del diseño son que promueve la conservación de un recurso escaso en este caso el agua. Al promover esa conservación ayuda a preservar el medio ambiente. El producto producido por el sistema es de utilidad inmediata y con oportunidades económicas. A comparación de la tecnología existente muestra un mantenimiento fácil y poco frecuente. Y por último tan bueno como, o mejor que las soluciones existentes para la clase media.

Los principales objetivos de negocio que se pueden identificar son el elaborar un plan de producción viable, eliminar el uso de agua en los sanitarios de los entornos urbanos, trabajar de manera eficaz a través de los equipos de desarrollo (UC Berkeley y la UNAM, primera iteración del diseño), promover el uso de materiales reciclados o reciclables siempre que sea posible y principalmente que tenga un bajo costo para su fabricación.

Mercado

A continuación (Cuadro 4.12) se clasifican los mercados posibles en primario y secundario, los cuales muestran y son un recordatorio de una jerarquización del mercado para identificar de una manera más fácil y directa hacia quien dirigir el diseño en fases posteriores del proceso.

Primario

Los residentes de clase media de los entornos urbanos en México que actualmente utilizan baños de agua.

Las empresas mexicanas de construcción a cargo de desarrollar e instalar sistemas de aseo del hogar.

Secundario

Los residentes de zonas remotas o zonas que tienen restringido el acceso al agua (zonas de guerra, campamentos, etc).

Consumidores preocupados por el medio ambiente en cualquier parte del mundo que quieren reducir su consumo de agua considerablemente.

Cuadro 4.12: Clasificación de los mercados posibles.

Como en todo proceso de diseño en este punto no se conoce nada acerca del producto, ni cómo va a ser, ni cómo se va a ver, ni cómo va a funcionar, etc. Por esta razón se hacen algunos supuestos y se piensa en las restricciones que el diseño puede llegar a tener.

Algunos de estos supuestos y restricciones son:

- Se utiliza en entornos urbanos de México.

- Convierte los desechos humanos en composta (estipulado por el patrocinador del proyecto).
- No utiliza agua.
- Cumple con las leyes de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF, National Sanitation Foundation) relativas a la eliminación sanitaria de desechos humanos.

Por último se necesita saber todos los grupos de personas que son afectados por el éxito o fracaso del producto. La lista de involucrados se inicia con el usuario final (el cliente externo final) y el cliente externo que toma la decisión de comprar el producto y llega hasta los que hacen posible la generación del producto. Para este caso son los usuarios, los clientes, los proveedores, los patrocinadores, la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de California Berkeley, así como los consejos que tengan interés en temas acerca de los recursos del agua y los gobiernos locales.

4.4. NECESIDADES

Identificar las necesidades de clientes es parte integral del diseño del producto. Las necesidades del cliente que resulten se usan como guía para establecer especificaciones del producto, generar conceptos del producto y seleccionar un concepto de producto para su posterior desarrollo.

Crear un canal de información de alta calidad con los usuarios o clientes es algo muy importante, para asegurar que quienes de manera directa controlan los detalles del producto, incluyendo los diseñadores del producto, entiendan a fondo las necesidades del cliente.

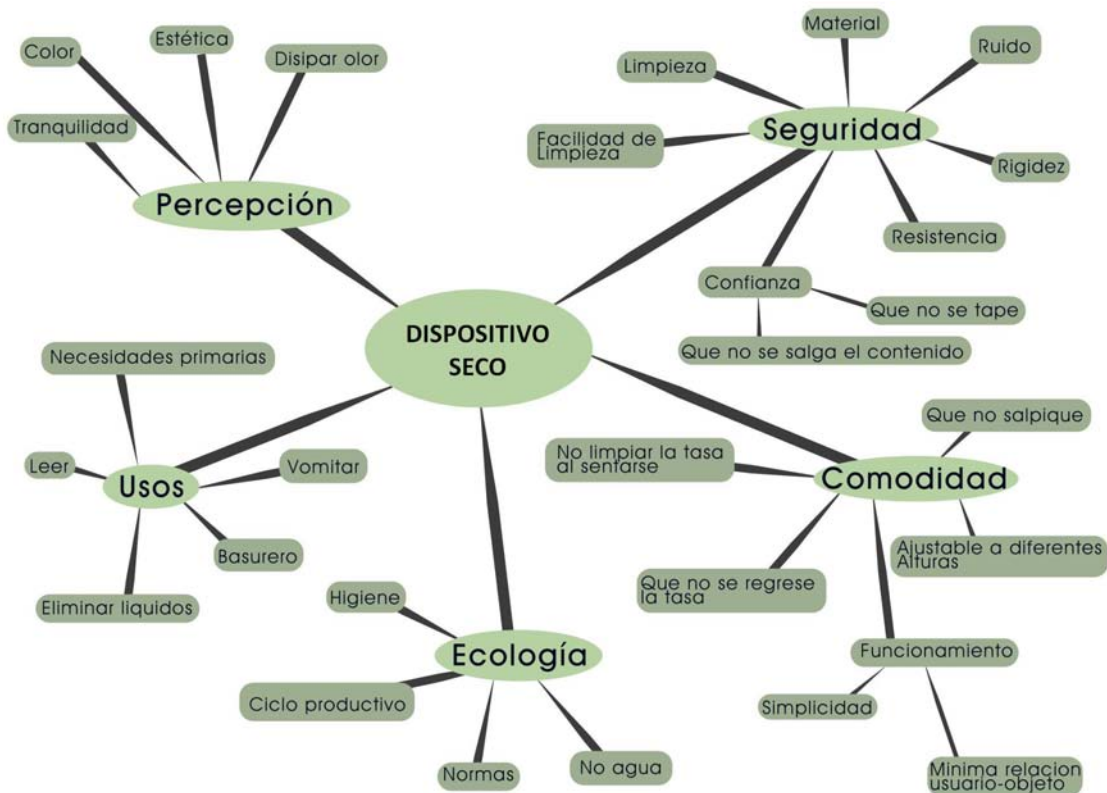
Los usuarios líderes son una buena fuente de necesidades porque experimentan nuevas necesidades, con meses o años de anticipación a casi todos los clientes, y porque están alerta para beneficiarse de manera sustancial de las innovaciones del nuevo producto. Los usuarios extremos tienen necesidades especiales que pueden reflejar necesidades latentes entre usuarios generales. Por estos motivos se escogieron usuarios de ambos tipos para cubrir las necesidades de la mejor forma posible.

Las necesidades latentes pueden ser incluso más importantes que las explícitas al determinar la satisfacción del cliente. Las necesidades latentes son aquellas que muchos clientes reconocen como importantes en un producto final pero que no pueden articular por anticipado.

Para obtener la información necesaria se investigaron los posibles problemas (lluvia de ideas de los temas pertinentes a investigar con relación al uso y aceptación del WC). Esto con el fin de desarrollar un cuestionario piloto para una primera aplicación de entrevistas¹ con diversos usuarios. Conforme a los resultados de la aplicación de las primeras entrevistas se modificó el cuestionario, esto fue dejando las preguntas más relevantes y redactando las preguntas que no se comprendieron fácilmente.

El cuestionario consiste en preguntas acerca de temas previamente establecidos. Estos temas se identificaron y definieron con ayuda del esquema mostrado en el Cuadro 4.13. Las entrevistas se realizan con ayuda de medios digitales, esto es grabando audio y video de las reacciones de los entrevistados. Haciendo esto se puede obtener mayor información no sólo hablada sino también gesticulada.

¹Un ejemplo de entrevistas se muestran en el Apéndice III.



Cuadro 4.13: Esquema de los campos relacionados con las necesidades para la elaboración del cuestionario.

A continuación se muestra el modelo del cuestionario final utilizado para la obtención de las necesidades de los usuarios:

Seguridad (Confianza)

- ¿Qué aspectos te dan confianza para sentarte en un baño?
- ¿Qué te hace sentir seguro en un baño (tu casa/publico)?

Mantenimiento y Limpieza

- ¿Qué tan importante es la facilidad de limpieza de un baño?
- Describe como debe de ser el mantenimiento de un WC. (particular/público).
- ¿En qué te fijas para decidir si un baño está limpio o no? Selección de material.
- ¿Influye de alguna forma para ti los materiales de los WC? Y ¿En qué aspecto?

Resistencia y rigidez

- ¿Qué factores piensas que hagan a un WC resistente? (particular/público/material).

Ergonomía

- ¿Cuáles son las dimensiones idóneas que debería tener un WC?
- ¿Qué partes del WC no son tanto de tu agrado?
- ¿Cómo funcionaría tu baño ideal?
- ¿Qué zona de tu cuerpo se fatiga más al usar un WC?
- ¿Qué posición adoptas al utilizar el WC?
- ¿Te agradaría sostenerte de algún otro lugar o por medio de algo más?

Percepción

- ¿Qué color usarías para un WC?
- ¿Qué factores externos te molestan al usar el WC? (privacidad, sentidos)
- ¿Cuál es el olor idóneo que te gustaría en un WC?
- ¿Qué olores en general te desagradan en un WC?
- ¿Qué elementos te llaman la atención?
- ¿Qué características haz observado en un WC que lo hagan atractivo?
- ¿Qué sensaciones te desagradan?
- ¿Qué te hace sentir el escuchar que se jale?
- ¿Cómo consideras que afecta la luz al utilizar el WC?

Funcionamiento

- ¿Cómo consideras que funciona un WC?
- ¿Para qué más utilizas un WC?
- ¿Qué más te gustaría que tuviera el WC?
- ¿Qué otros elementos utilizas cuando vas a ir al baño y cuales crees que faltan?, ¿Te agradan?
- ¿Qué pensarías de un WC que no use agua?
- ¿Qué le mejorarías al actual WC?

Otras

- ¿Qué piensas de ir al baño al aire libre?
- ¿Cómo lo comparas el ir al baño al aire libre con un WC?
- ¿Vale la pena pagar más por un escusado ahorrador? Considerando un estándar de \$1500.

Después de reunir los datos sin procesar, interpretarlos en términos de las necesidades de clientes y organizar las necesidades en una jerarquía se obtuvieron las necesidades que se muestran en forma de lista:

1. Sensación de seguridad

- El dispositivo sea limpio.
- El color del dispositivo refleje limpieza.
- El dispositivo permanezca quieto cuando se siente la persona.
- El material sea resistente.

2. Ergonomía y percepción

- Evitar que se fatiguen las piernas, los glúteos y que sea confortable para sentarse.
- El color del dispositivo sea claro.
- El olor del dispositivo crea una sensación agradable evitando olores penetrantes o que molesten al usuario.
- La forma y el material muestren comodidad.
- Implementar un sonido equivalente al del agua correr, para algunas personas eso les da la seguridad de que el baño queda limpio.
- Conservar la idea de un lugar de relajamiento privado, donde no pueden ser molestados por nadie.
- El ambiente donde se encuentra la taza sea amplio y bien iluminado, asociado con la comodidad durante su uso.
- El dispositivo proporcione la sensación de incremento en la escala de su entorno social.

3. Funcionamiento

- El dispositivo opera sin fallas.
- El mantenimiento del dispositivo se poco frecuente.
- La interacción con el dispositivo sea mínima en la mayoría de los casos.
- El dispositivo puede servir para deshacerse de otros desechos como:
 - Para vomitar cuando se sienten mal.
 - Desechar el excremento de sus mascotas y sólidos pequeños (colillas de cigarros, papeles, comida, etc.).
 - Desechar líquidos como el agua del trapeador y otras sustancias.
- El dispositivo en su funcionamiento es lo más automático posible.
- El dispositivo puede tener elementos de esparcimiento (revisteros, juguetes, entradas para dispositivos multimedia, etc.).
- El dispositivo ahorre lo más posible en todos los sentidos agua, energía y dinero.

4. Otros

- El precio del dispositivo es competitivo en el mercado.

4.5. REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

Las necesidades de los clientes están expresadas en el "lenguaje del cliente". Por este motivo para obtener una guía específica acerca de cómo diseñar y construir un producto, se estableció un conjunto de especificaciones que explican, en detalle preciso y medible, lo que el dispositivo tiene que hacer para ser exitoso desde el punto de vista comercial.

Se puede decir que las especificaciones son la traducción de las necesidades del cliente en términos técnicos. Los objetivos estas se establecen claramente en el proceso y representan las expectativas del diseño.

A partir de las necesidades, se interpretaron los requerimientos y la forma de medir estos, que se traduce en la definición de las especificaciones, como se muestra a continuación:

- La limpieza del dispositivo es sencilla.
- El mantenimiento del dispositivo es poco frecuente (de una vez cada semana a menos frecuencia).
- El dispositivo es de color claro (blanco).
- El dispositivo tiene que soportar el peso de dos personas sin moverse (180 kg).
- Las dimensiones del dispositivo están en los rangos siguientes:
 - Ancho: 30 a 50 cm.
 - Altura asiento: 35 a 50 cm.
 - Largo: 67 a 84 cm.
- El material del baño tiene que tener una rugosidad mínima (un rango de 0.01 a 0.0015 mm).
- El dispositivo debe de soportar el uso de sustancias corrosivas diluidas para su limpieza (con un pH 13).
- El dispositivo tiene un mínimo de partículas de mal olor (el número de partículas por millón en el ambiente de coliformes fecales debe ser reducido a la mitad de la norma actual).
- El dispositivo debe permanecer sin fallar (cuando menos 250,000 ciclos de uso sin problemas).
- El baño servirá para deshacerse de materia orgánica compostable, excremento principalmente, y sustancias líquidas.
- El dispositivo funciona con un mínimo de acciones que el usuario debe hacer (de solo una acción para deshacerse de la materia fecal y una acción para deshacerse del material en proceso de composta).
- Se agregará 30ml como máximo de agua para eliminar la orina.
- El precio del dispositivo oscila alrededor de los precios actuales para dispositivos similares y que usan agua ($\pm 25\%$ del precio actual).

Las especificaciones recién mencionadas se muestran de una manera más detalla en el Apéndice IV donde también se muestran los requerimientos que se utilizaron para su obtención.

4.6. CONCEPTOS

El concepto de un producto es una descripción aproximada de la tecnología, principios de operación y forma del producto. El grado en que un producto satisface a clientes y puede ser comercializado con éxito, depende en gran medida de la calidad del concepto básico. Lo primero que se hizo fue aclarar el problema para entender el problema y descomponerlo en subproblemas más sencillos. Después, buscar externamente y reunir información de usuarios líderes (necesidades del cliente), expertos, patentes, literatura publicada y productos relacionados para tener una buena base de donde partir.

Con todo lo anteriormente mencionado se generaran cientos de principios e ideas gracias a una lluvia de ideas, de los cuales pocos se escogen para su evaluacion y estudio. Con esas ideas se definen conceptos que ejemplifican el funcionamiento deseado.

El siguiente paso es la selección del concepto, que es el proceso para evaluar conceptos con respecto a necesidades del cliente y otros criterios, comparando los puntos fuertes y los débiles de los conceptos, y seleccionando uno o más para su posterior investigación o desarrollo.

4.6.1. LLUVIA DE IDEAS

Para la lluvia de ideas el sistema se dividió en dos temas importantes, el mecanismo y la eliminación de residuos.

Mecanismo

- Mecánico.
 - Por un pistón.
 - Con una tapa que se abre con el peso.
 - Con un separador de líquidos y sólidos.
 - Un tornillo sin fin.
 - Por la gravedad.
- Automático.

Eliminación de residuos

- Los residuos líquidos
 - A un depósito separado.
 - Directamente al jardín.
 - Al drenaje.
- Los residuos sólidos:
 - En una bolsa de plástico.
 - Depósito móvil.
 - Depósito fijo.
- Un compactador de residuos sólidos.
- Juntos, sólidos y líquidos.

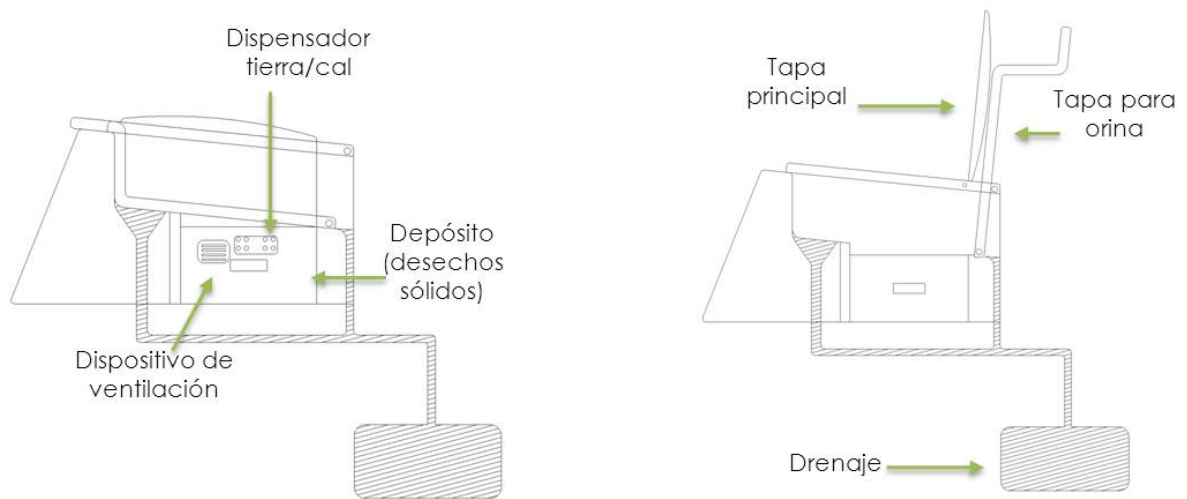
4.6.2. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

Después de la lluvia de ideas se toman decisiones para llegar a combinaciones de dichas ideas para generar conceptos, y así lograr la decisión de conceptos. La definición de conceptos sirve para tener alternativas y tener un panorama más amplio para la selección del concepto definitivo con el cual se seguirá trabajando para un desarrollarlo posterior.

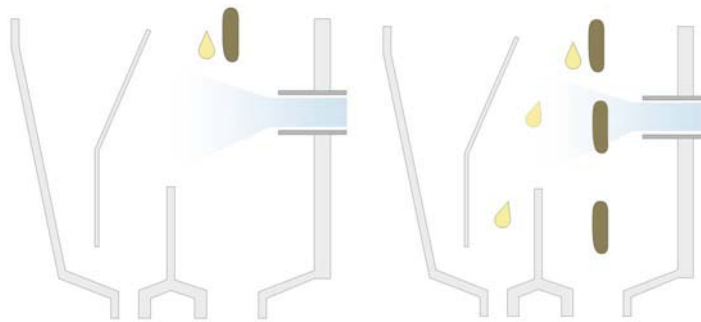
Los conceptos que se definieron son:

- *Pee lid* (mediante tapas).
- *Air Blade*.
- *Poop in a bag*.
- Depósito móvil.

A continuación se describen y muestran los conceptos definidos en esta sección.



Cuadro 4.14: Pee lid.



Cuadro 4.15: Air Blade.

4.6.2.1. *Pee lid* (mediante tapas)

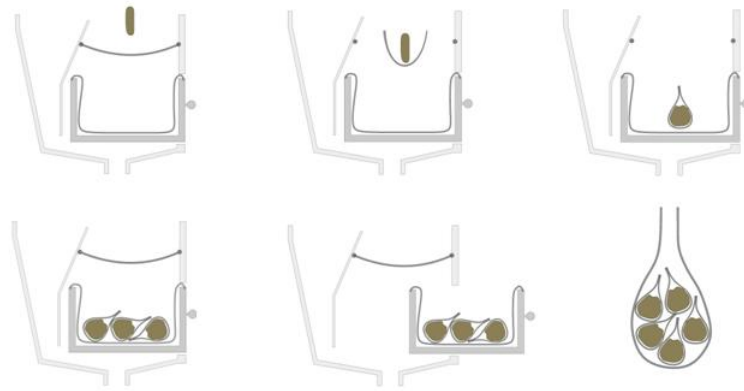
Este sistema (Cuadro 4.14), separa los desechos sólidos de los líquidos, por medio de una tapa que dirige la orina hacia un depósito de orina y el depósito de excrementos sólidos, se encuentra debajo del asiento del dispositivo.

Si de deseas orinar, únicamente levantas la tapa del W.C. y orinas sobre la tapa separadora de orines (en el caso de los hombres), o dentro del depósito de orina (en el caso de las mujeres o al momento de defecar).

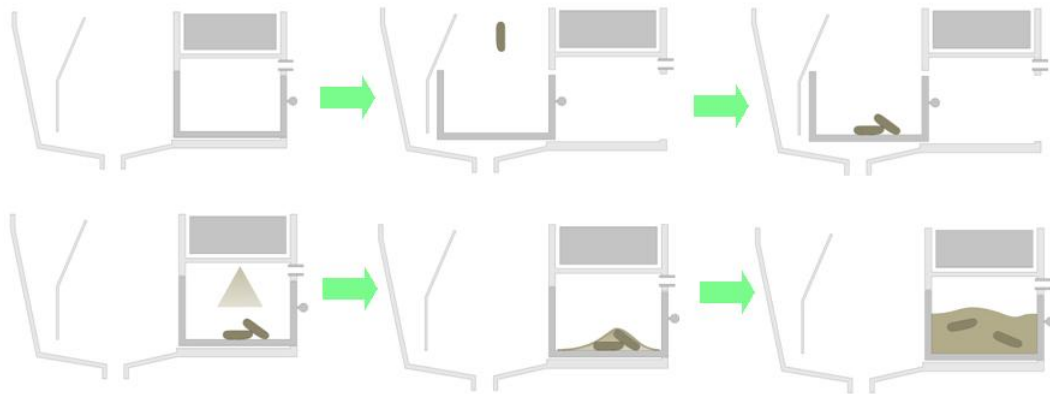
Para defecar, se alza la tapa del asiento y la tapa separadora de orines y por gravedad, caen los desechos sólidos dentro del depósito de desechos sólidos.

4.6.2.2. *Air Blade*

Los desechos sólidos y líquidos caen por gravedad y por medio de una corriente de aire, los desechos líquidos se canalizan para ser depositados en un depósito únicamente de orina (Cuadro 4.15).



Cuadro 4.16: Poop in a bag.



Cuadro 4.17: Depósito deslizable.

4.6.2.3. *Poop in a bag*

El excremento cae sobre una cubierta (tipo bolsa) que se acumulará en el depósito de sólidos. Mientras tanto el depósito a su vez, está cubierto de una bolsa, donde se contendrán los paquetes degradados de excrementos sólidos, que posteriormente se retirarán. (Cuadro 4.16)

Al estar lleno el depósito mediante un sistema de cajón se saca una bolsa que contiene todos “paquetes” degradados o en proceso de degradación. La bolsa se deposita en un sistema de recolección, para posteriormente ser procesada en una planta de composta.

4.6.2.4. Depósito deslizable

El concepto trata de un depósito de sólidos móvil (Cuadro 4.17), el cual se desliza a la parte trasera. Al tener un depósito móvil cuenta con la capacidad de que pueda ser utilizado para orinar de pie sin la necesidad de sentarse.

Al sentarse el baño cuenta con un mecanismo el cual empuja el depósito hacia adelante para ser utilizado. En la parte trasera cuenta con un depósito de cal y tierra, la cual al retraerse el depósito móvil cubre los desechos para producir composta.

Cuando se forma la composta, el movimiento de ida y regreso del depósito hace que esta se mueva constantemente, evitando que se acumule en el centro y se disminuya el volumen.

Finalmente cuando el depósito está lleno es sacado lateralmente para enviarse a ser procesada en una planta de composta.

4.6.3. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Ya teniendo las ideas de los conceptos se identifican cuales son los principios físicos básicos y como parte de la selección del concepto final se comparan y califican (Cuadro 4.18) en base a criterios de selección, previamente definidos, para lograr el funcionamiento deseado del dispositivo.

El filtrado del concepto usa un concepto de referencia para evaluar variantes del concepto contra criterios de selección. La evaluación del concepto puede usar puntos de referencia diferentes para cada criterio. También se usa un sistema aproximado de comparación para reducir el margen de conceptos bajo consideración. La evaluación del concepto utiliza criterios ponderados de selección y una escala de evaluación más fina. La evaluación del concepto puede omitirse si el filtrado del concepto produce un concepto dominante.

También se califica la posibilidad de utilizar más de una opción o combinarlas con otras para lograr una mejor, y esto se hace en base a una tabla de combinación de conceptos. (Cuadro 4.18)

Criterio de selección	El usuario no cambia sus hábitos	Limpio/higiénico	Simple	Aceptación del usuario	Facilidad para disponer de desechos	Total	Seco
Soluciones con aguas grises							
El lavabo llena el depósito						0	NO
Re-usar la orina para limpiar el escusado						0	NO
Re-usar el agua de la regadera para limpiar el baño						0	NO
Aire							
Tubos neumáticos - utilizando bolsas - aspirando agua.	4	4	1	1	2	12	SI
Ventilador	4	4	2	5	4	19	SI
Sellar sólidos							
Sólidos a una bolsa sellada	3	4	5	3	4	19	SI
Sólidos a una caja/depósito	2	3	5	2	4	16	SI
Puerta para sólidos	3	3	4	3	4	17	SI
Comprimir desechos	2	2	4	4	4	16	SI
Con vibración	2	3	2	2	3	12	SI
Depósito	1	1	5	1	1	9	SI
Espuma		4	4				NO
Descomponer sólidos							
Incinerar sólidos	3	5	1	3	5	17	SI
Nanobots descomponen sólidos	2	4	1	4	5	16	SI
Depósito externo de descomposición	3	4	4	5	4	20	SI
Letrina	1	3	5	4	4	17	SI
Uso de ácidos	3	5	2	3	2	15	NO
Gusanos	2	3	4	3	5	17	SI
Descomposición con bacterias	3	4	4	4	5	20	SI
Secar sólidos							
Deshidratar con aire	2	3	2	2	4	13	SI
Presión	1	2	3	3	4	13	SI
Deshidratar con calor	2	3	2	3		10	SI
Tornillo sin fin	2	3	2	4		11	SI
Cal	3	4	5	4	3	19	SI
Separar sólidos y líquidos							
Embudo	2	2	3	2	3	12	SI
Puerta deslizable	2	3	4	3	4	16	SI
Redes o colador	3	2	5	3	3	16	SI
Gravedad	3	3	5	4	4	19	SI
Depósitos separados	4	4	5	4	4	21	SI
Depósito deslizable	5	4	4	4	5	22	SI

Separar sólidos y líquidos	Total	Disponer de los desechos	Total	Descomponer sólidos	Total	Secado de sólidos	Total
Embudo	12	Tubos neumáticos - utilizando bolsas - aspirando agua.	10	Incinerar sólidos	17	Deshidratar con aire	13
Puerta deslizable	16	Ventilador	10	Nanobots descomponen sólidos	16	Presión	13
Redes o colador	16	Sólidos a una bolsa sellada	19	Depósito externo de descomposición	20	Deshidratar con calor	10
Gravedad	19	Sólidos a una caja/depósito	16	Letrina	17	Tornillo sin fin	11
Depósitos separados	21	Puerta para sólidos	17	Uso de ácidos	15	Cal	19
Depósito deslizable	22	Comprimir desechos	16	Gusanos	17		
		Con vibración	12	Descomposición con bacterias	20		
		Depósito	9	Incinerar sólidos	19		
				Nanobots descomponen sólidos			

Cuadro 4.18: Matriz de selección de principios y tabla de combinación de conceptos (Escala del 1 al 5, donde 5 es lo mejor).

Los resultados de estas calificaciones (Cuadro 4.19) se integran para poder llegar a la selección de un concepto final y trabajar con él, sin perder de vista, que se puede regresar a la valoración de los conceptos y retomar opciones que antes se habían descartado.

Criterio de selección	Conceptos		
	Filtro de sólidos	Deposito deslizable	Tapas
Facilidad de limpieza (evitar manchas y suciedad)	3	4	4
Mecanismo Eficiente	2	3	4
Ergonomico (Implicito en todos los conceptos)			
Ecologico (Genera la menor cantidad de residuos)	1	4	4
Color (Refleje limpieza) (Implicito en todos los conceptos)			
Seguridad de manejo de residuos (Menor interaccion usuario-objeto)	3	4	4
Evita sensación de asco)	1	4	3
Listo para ser usado	4	3	4
Ayuda a deshacerse de otros residuos	5	3	3
Su uso es simple y de una sola acción	3	4	3
Reduce el consumo de agua (implicito)			
El precio es similar o muy cercano al actual	3	2	4
Total	21	23	25

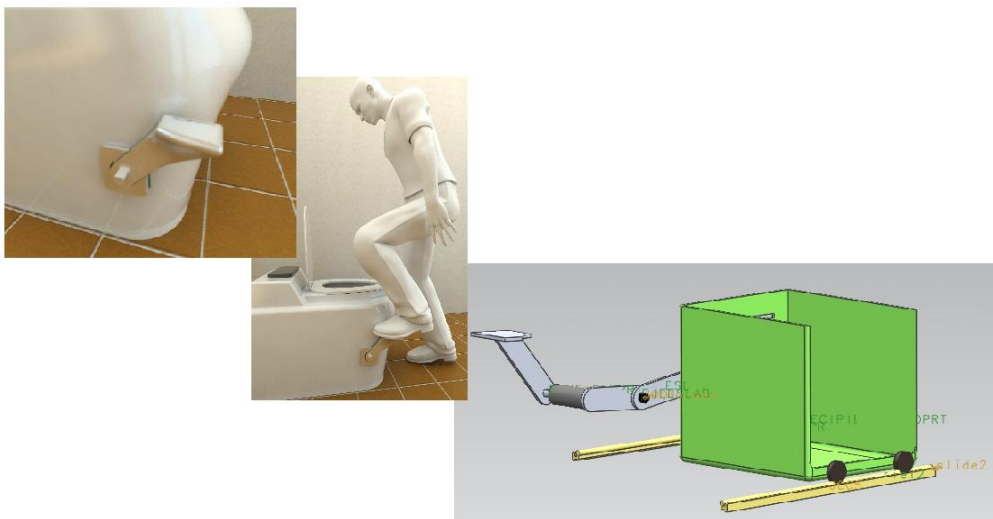
Cuadro 4.19: Matriz de selección de conceptos (Escala del 1 al 5, donde 5 es lo mejor).

El concepto seleccionado para su desarrollo posterior y estudio fue el del dispositivo con depósito deslizable.

4.7. DISEÑO FINAL

Como se mencionó en la sección pasada, el concepto seleccionado fue el del dispositivo con depósito deslizable. Este dispositivo es totalmente mecánico. La interacción con el usuario en su uso cotidiano esta dada por la tapa, un pedal (Cuadro 4.20), que desplaza hacia adelante o hacia atrás por medio de un mecanismo de barras el depósito donde se almacenan los desechos en proceso de transformación a composta, y botón para cernir la mezcla secante sobre los desechos.

El pedal tiene un mecanismo de gatillo junto con un resorte para que cuando se apriete por segunda ocasión el pedal se regrese por sí mismo a su posición inicial que es en la parte posterior del dispositivo. Contando con el pedal el usuario es capaz de decidir si orina de pie o sentado y no tiene el contacto con los desechos para esta actividad. (Flores, R. et al. 2009.)



Cuadro 4.20: Pedal y mecanismo que accionan el desplazamiento del depósito.

El cernidor cuenta con un depósito donde se encuentra la mezcla secante. Este depósito se localiza

en la parte posterior y superior del dispositivo. También tiene dos rejillas que cuando se alinean, al apretar el botón del cernidor, permiten el flujo de dicha mezcla hacia el compartimiento de abajo.

Para el mantenimiento de este dispositivo es necesario cerrar el depósito deslizante con una tapa selladora. Esta se introduce por la parte lateral del dispositivo y una vez tapado se saca el depósito para continuar con el ciclo del sistema ecológico propuesto. Esto se puede apreciar en el Cuadro 4.21.



Cuadro 4.21: Vista posterior del dispositivo.

A continuación se muestra en el Cuadro 4.22 un gráfico computarizado del diseño final para esta iteración del diseño del dispositivo.



Cuadro 4.22: Gráfico computarizado del diseño final de la primera iteración del dispositivo.

Capítulo 5

SEGUNDA ITERACIÓN DEL DISEÑO

5.1. NECESIDADES

Al igual que para la primera iteración del diseño del dispositivo se obtuvieron necesidades de los usuarios, para esta iteración se contemplaron esas mismas necesidades y lo que se trató de hacer fue completarlas con nuevas que se identificaron mediante las opiniones y comentarios que se obtuvieron de la presentación de la primera iteración. Así, con estas nuevas necesidades poder continuar el proceso de diseño de la segunda iteración del dispositivo.

Estas necesidades se muestran en forma de lista a continuación:

1. Sensación de seguridad

- El dispositivo es limpio.
- El color del dispositivo refleje limpieza.
- El dispositivo permanece quieto cuando se siente la persona.
- El material del dispositivo es resistente.
- El dispositivo asegura la salud del usuario (eliminando todo tipo de patógenos).

2. Ergonómico y percepción

- El dispositivo evita que se fatiguen las piernas, los glúteos y es confortable para sentarse.
- El color del dispositivo sea claro.
- El olor del dispositivo crea una sensación agradable evitando olores penetrantes o que molesten al usuario.
- La forma y el material muestren comodidad.
- Implementar un sonido equivalente al del agua correr, para algunas personas eso les da la seguridad de que el baño queda limpio.
- Conservar la idea de un lugar de relajamiento privado, donde no pueden ser molestados por nadie.
- El ambiente donde se encuentra la taza sea amplio y bien iluminado, asociado con la comodidad durante su uso.
- El dispositivo proporcione la sensación de incremento en la escala de su entorno social.

3. Funcionamiento

- El dispositivo opera sin fallas.

- Proporcionar un periodo de trabajo del dispositivo largo sin necesidad de reparación.
- El mantenimiento del dispositivo es poco frecuente.
- La interacción con el dispositivo es mínima en la mayoría de los casos.
- El dispositivo puede servir para deshacerse de otros desechos como:
 - Para vomitar cuando se sienten mal.
 - Desechar el excremento de sus mascotas y sólidos pequeños (colillas de cigarros, papeles, comida, etc.).
 - Desechar líquidos como el agua del trapeador y otras sustancias.
- El dispositivo en su funcionamiento es lo más automático posible que asegure su buen funcionamiento (eficiente)..
- El dispositivo puede tener elementos de esparcimiento (revisteros, juguetes, entradas para dispositivos multimedia, etc.).
- El dispositivo ahorre lo más posible en todos los sentidos agua, energía y dinero.
- El dispositivo elimine el desperdicio de agua.
- Evitar que se asocie con una letrina sucia y olorosa.
- El dispositivo brinde la opción de orinar de pie.
- El dispositivo de la oportunidad de personalizar las características del dispositivo.
- El dispositivo evita en su totalidad el percibir sensorialmente los desechos en todo momento (al usarlo, periodo de limpieza y en el manejo de los desechos semi-procesados para continuar con el ciclo).
- Que la respuesta de funcionamiento del dispositivo sea rápida.
- Asegurar un ambiente idóneo todo el tiempo.
- Obtener composta al final del proceso.
- Eliminar por completo las aguas negras.

4. Otros

- El dispositivo sea adaptable a los estándares para su instalación y reparación.
- Procurar que el costo del dispositivo sea competitivo en el mercado actual.

La mayoría de las especificaciones de la primera iteración se retomaron para esta iteración y así que se prosiguió directamente a la definición de conceptos.

5.2. CONCEPTO FINAL

La mayoría de las especificaciones de la primera iteración se retomaron para esta iteración solo agregando las faltantes como: el tiempo de respuesta para el uso del dispositivo sea menor a 1 segundo. Así que se prosiguió directamente a la definición de conceptos.

Se analizaron varias propuestas y se llegó a la conclusión de que el dispositivo para esta etapa era preferente dividirlo en sistemas para su mejor desarrollo. Estos sistemas se identifican como sistema de la bandeja, sistema de cernidor de mezcla secante, sistema de almacenamiento y sistema de cilindro de salida.

Para cada sistema se propusieron diferentes ideas de principios físicos para lograrlo, así como mecanismos, secuencias y sincronías para lograr el funcionamiento deseado del dispositivo completo.

Al obtener la definición de los conceptos resultantes de los diferentes sistemas se hicieron pruebas para llegar a la selección del concepto final. Habiendo obtenido esto es posible trabajar en el desarrollo de fases posteriores como el diseño a detalle de dicho concepto final.

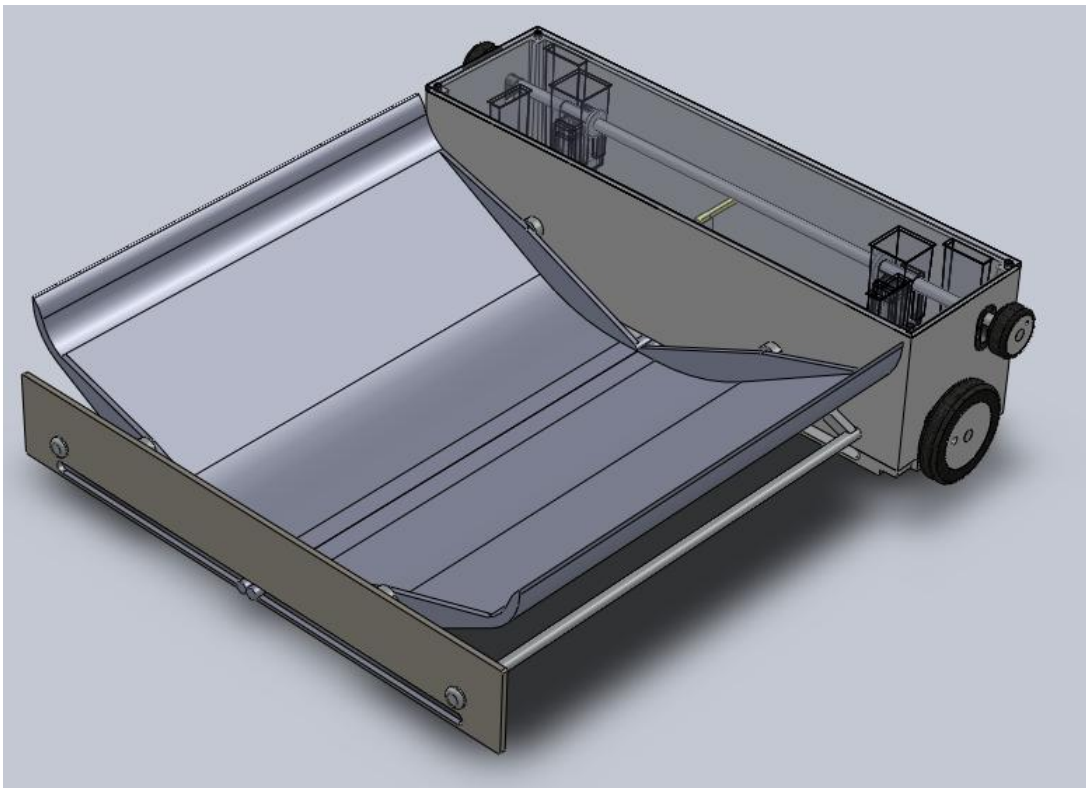
5.2.1. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

El dispositivo es un mueble para el baño, el cual es capaz de soportar el peso de una persona corpulenta al momento de hacer uso de éste. El dispositivo está hecho para recibir los desechos orgánicos humanos y manejarlos de tal forma que estos desechos se acerquen a un producto final que es la composta. Esto se logra ya que el dispositivo cuenta con diferentes sistemas automatizados para la gestión de dichos desechos. El dispositivo adquiere la energía suficiente de un panel fotovoltaico durante los periodos de luz solar y de una batería en la ausencia de dicha luz. En el caso de que no exista energía remanente en la batería y se esté en un periodo donde no se pueda obtener luz solar, el dispositivo cambia su conexión a la red de energía eléctrica convencional.

En general el dispositivo se divide en dos partes, la carcasa, el mueble cerámico que envuelve la otra parte que es el cartucho. El cartucho contiene los elementos que constituyen los mecanismos, los componentes electrónicos y almacena los desechos en proceso de transformación a composta antes de ser retirados del dispositivo.

Para recibir los desechos el dispositivo hace salir en el claro abierto de la parte frontal de la carcasa una bandeja con un separador de orina en un extremo de la misma. Es diferente para cada caso, por ejemplo, en caso de que se utilice para defecar o para orinar sentado la bandeja sale. Para los usuarios que orinan de pie existe esta posibilidad y la bandeja permanece retraída para mayor comodidad del usuario. El separador de orina es muy importante, ya que no se puede mezclar los desechos sólidos con los líquidos. Cuando se mezclan todos los desechos se retrasa el tiempo en que se procesan los desechos para transformarlos en composta y con ayuda de un separador de orina se logra disminuir esta posibilidad. Esto forma parte del sistema de la bandeja.

El sistema de la bandeja (Cuadro 5.1) cuenta con dos ejes uno de transmisión y el otro libre. Mediante estos ejes, apoyados en dos rieles integrados al cartucho, la bandeja es capaz de trasladarse desde adentro hacia afuera y viceversa. El sistema de la bandeja tiene un motor acoplado mediante engranes al eje de transmisión. En los extremos de los rieles hay sensores de presión que indican la llegada de la bandeja, ya sea que este afuera o retraída.

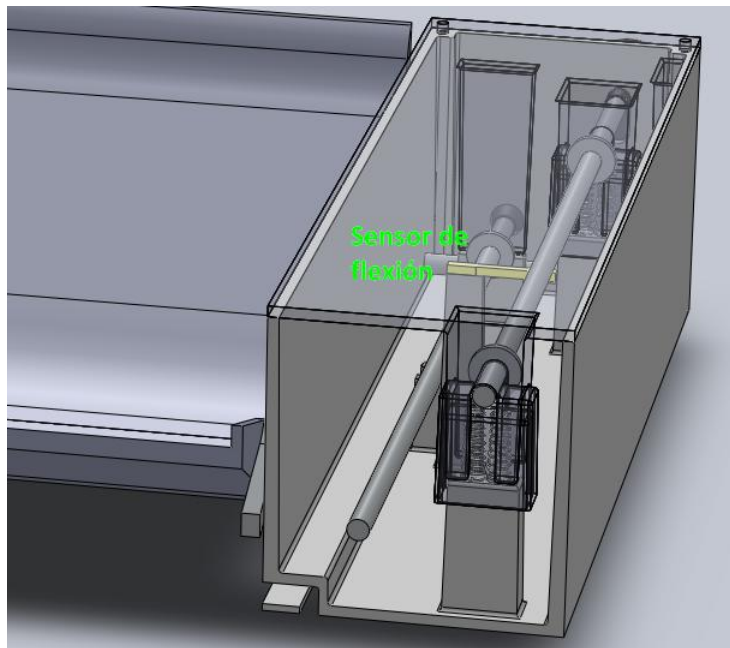


Cuadro 5.1: Sistema de la bandeja.

La bandeja también cuenta con dos compuertas (Cuadro 5.1) las cuales una vez que este retraída la bandeja al abrirse permiten el acceso al depósito donde se almacenan los desechos. Estas compuertas se abren gracias a un motor que hace girar los eslabones de dos mecanismos de manivela biela corredera, uno para cada compuerta. Existen dos sensores de presencia para identificar la posición final de las compuertas y así definir si están abiertas o cerradas.

El sistema del cernidor está constituido por un depósito que contiene una mezcla secante hecha de cal, tierra y cenizas. También lo constituye un mecanismo accionado por un motor que cierne dicha mezcla secante sobre los desechos que se encuentran en el depósito de almacenamiento. Este mecanismo también sirve para cernir una capa de esta mezcla secante sobre la superficie recubierta de teflón de las compuertas de la bandeja para evitar que esta se ensucie.

Para hacer más eficiente el uso de la mezcla secante, en el eje libre de la bandeja se tiene un sensor de flexión. Este sensor devuelve la variación de voltaje dependiendo de la flexión que exista en la parte longitudinal del sensor. Contando con que el centro de masa de la bandeja está en el eje de transmisión de esta al momento que no se le aplica ninguna fuerza externa, se puede asumir que al aplicar alguna fuerza sobre las compuertas la bandeja tendería a girar. Este giro ejercería una fuerza mayor sobre el eje libre de la bandeja. Al darle un pequeño rango de libertad de movimiento a este eje se tendría un desplazamiento del mismo. Colocando el sensor en la posición adecuada se puede registrar el cambio de voltaje que es proporcional a la fuerza ejercida (Cuadro 5.2). Conociendo esta fuerza se puede optimizar el uso de la mezcla secante y solo cernir la cantidad de esta que sea necesaria.

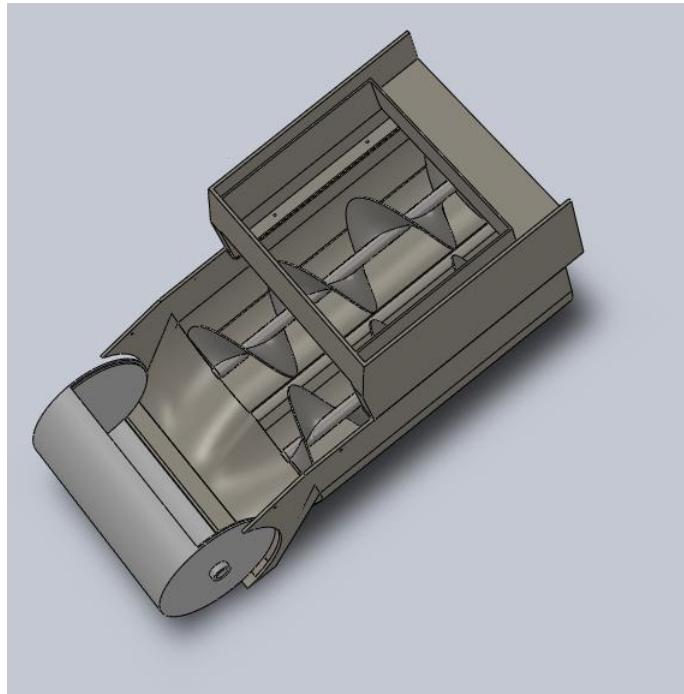


Cuadro 5.2: Sistema de sensado y amortiguamiento de la bandeja.

Referente al sistema de almacenamiento (Cuadro 5.3) se tiene un depósito en la parte inferior trasera del dispositivo. El depósito cuenta con dos tornillos helicoidales acoplados a un motor por una reducción de engranes para empujar poco a poco hacia el frente del dispositivo los desechos en proceso de transformación a composta. Para controlar la capacidad del depósito de almacenamiento se tienen sensores en la parte superior del mismo para medir si los desechos sobrepasan ciertos niveles.

El sistema de cilindro de salida (Cuadro 5.3) consiste en tres cilindros concéntricos de diferente tamaño, inscrito el más pequeño en el mediano y estos en el grande. A los dos cilindros más pequeños se les referirá como cilindro de salida. Los cilindros tienen aperturas de diferentes tamaños lo cual permite que cuando está en posición abierta el cilindro de salida puede contener parte de los desechos en proceso de transformación a composta durante el uso cotidiano del dispositivo. Estos desechos son los que tienen más tiempo almacenados, lo cual significa que tienen otra consistencia, están más secos

y se puede dar el caso de que ya estén hechos composta. La función de estos cilindros es evacuar del dispositivo parte de los desechos almacenados para que el depósito de almacenado no se desborde y se ensucie el dispositivo, y provoque un mal funcionamiento del mismo. Al salir el cilindro de salida, está completamente sellado sin dejar salir el material que contiene, ni olor alguno de este. El cilindro de salida tiene dos posiciones, abierto, que es cuando este está en posición para recibir desechos en su interior, y cerrado, que es cuando se sella y sale del dispositivo. Accionados por un motor el cilindro de salida y el cilindro más grande, cuando se va a desalojar, giran de tal forma que el más grande de los tres cilindros llegue a su posición final que es cubrir por completo la apertura que existe en el depósito de almacenamiento. Esto es para sellar por dentro el depósito y así cuando se desaloje el cilindro de salida no se salgan los desechos y se ensucie el dispositivo, causando el mal funcionamiento de este. Al momento que gira el cilindro más grande también lo hace el cilindro del medio para llegar a su posición final y así sellar el cilindro de salida. Al llegar los tres cilindros a su posición final el cilindro es liberado para su extracción. De igual forma para insertar un cilindro de salida vacío el motor hace girar este y el cilindro más grande para abrirlos y permitir el paso a los desechos hacia el interior del cilindro de salida.



Cuadro 5.3: Sistema de almacenamiento que incluye sistema de cilindro de salida.

La ventilación del depósito de almacenamiento es fundamental para acelerar el proceso de composta de los desechos sólidos. Un ambiente seco y con una circulación constante es primordial, ya que el proceso de compostaje desprende gases como CO_2 y vapor de agua, entre otros. La condensación del vapor de agua es perjudicial para el proceso si tiene contacto con la mezcla secante y con los desechos en proceso de transformación a composta. A la mezcla secante esta condensación la puede humedecer y afectar el funcionamiento del cernidor para cubrir la los desechos en cada uso. Al humedecerse los desechos es posible que estos atraigan moscas y despedir mal olor. Para asegurar el ambiente seco que se requiere dentro del dispositivo es necesaria una malla que sirva como filtro de agua en la entrada y salida de la ventilación. Aprovechando las propiedades físicas del agua, al implementar una malla hecha de un material con carga eléctrica contraria a la polaridad del agua y de un tamaño definido se consigue condensar el agua que fluye en el aire a través de la entrada y la salida de la ventilación. El agua condensada acumulada en la malla es dirigida mediante conductos hacia la salida que lleva al drenaje todos los líquidos. Para conseguir una circulación constante del aire se utiliza un ventilador accionado por motor capaz de forzar el movimiento del aire por el interior del dispositivo.

5.3. DISEÑO A DETALLE

El diseño a detalle se refiere a desarrollar una ingeniería más especializada para lograr el funcionamiento esperado del dispositivo. Es aquí donde se muestra de una forma más concreta la apariencia, y el funcionamiento que tendrá el dispositivo. Aquí se definen muchos de los elementos que lleva el dispositivo así como las especificaciones de estos.

Para mostrar lo explicado en el párrafo anterior a continuación se presentan las notas de diseño de la parte electrónica, el comportamiento esperado de los dispositivos y el diagrama de flujo de la lógica implementada a través de un código de programación en dichos dispositivos.

5.3.1. NOTAS DE DISEÑO ELECTRÓNICO

Las notas de diseño electrónico nos ayudan a comprender cuales son las configuraciones previas necesarias para poder implementar nuestra lógica en los dispositivos electrónicos y funcione como se espera.

Estas notas son:

- Hay que tomar en cuenta que el microcontrolador que se pretende utilizar, cuenta con varios los puertos que tienen la función de entradas de canales analógicos, por lo cual es necesario configurarlos, ya sea como entradas o salidas digitales o como entradas analógicas.
- En el microcontrolador se tiene que configurar la velocidad de oscilación, si esta es externa o interna, protección contra lectura y programación en voltaje bajo. Para este caso se cuenta con una oscilación externa de alta velocidad con una frecuencia de 20Mhz, sin protección contra lectura y sin programación en voltaje bajo.
- Al tener entradas analógicas, se requiere configurar el convertidor A/D (analógico-digital) con un muestreo de diez bits y su velocidad de muestreo.
- Para poder despertar el microcontrolador del modo de ahorro de energía se necesita activar el contador perro guardián (WDT, por sus siglas en inglés *Watch Dog Timer*).
- Es necesario habilitar las interrupciones globales y configurar una interrupción externa a través del bit 0 del puerto B

5.3.2. TABLAS DE ENTRADA Y SALIDA DE LOS DISPOSITIVOS

Los dispositivos electrónicos que se emplean tienen diferentes señales de entradas y salidas. Para una mejor organización y para que su funcionamiento sea el adecuadamente se les da una clasificación y alias a dichas señales, así como su ubicación física en los dispositivos. La ubicación ayuda a identificar rápidamente en que pin del dispositivo se localiza. El alias sirve para hacer referencia a las señales de forma rápida y corta en desarrollos posteriores, como en la elaboración del algoritmo o el código de programación. Para el caso del microcontrolador también es pertinente clasificar las señales de entrada como analógicas o digitales (Cuadro 5.5).

DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TIPO	ALIAS	PROPIEDAD
Interrupción	PORTB<0>	Entrada	INTERR	Digital
Inicio de carrera	PORTB<1>	Entrada	INI_CAR	Digital
Fin de carrera	PORTB<2>	Entrada	FIN_CAR	Digital
Abierto	PORTB<3>	Entrada	ABIERTO	Digital
Cerrado	PORTB<4>	Entrada	CERRADO	Digital
Cartucho	PORTB<5>	Entrada	CARTUCHO	Digital
Cartucho abierto	PORTB<6>	Entrada	CARTABIERTO	Digital
Cartucho cerrado	PORTB<7>	Entrada	CARTCERRADO	Digital
Peso bandeja	PORTA<0>	Entrada	Q	Analógica
Nivel mezcla	PORTA<1>	Entrada	R	Analógica
Nivel deposito	PORTA<2>	Entrada	T	Analógica
Húmedo	PORTA<3>	Entrada	HUMEDO	Analógica
Temperatura	PORTA<4>	Entrada	TEMP	Analógica
A	PORTC<0>	Salida	-	Digital
B	PORTC<1>	Salida	-	Digital
C	PORTC<2>	Salida	-	Digital
D	PORTC<3>	Salida	-	Digital
H	PORTC<4>	Salida	-	Digital
Ventilador	PORTC<5>	Salida	MV	Digital
LCD	PORTD	Salida	LCD	Digital

Cuadro 5.4: Clasificación entradas y salidas del microcontrolador.

Los otros dispositivos son los integrados GAL1 (Cuadro 5.5) y GAL2 (Cuadro 5.6) que son arreglos lógicos genéricos (GAL, por sus siglas en inglés *Generic Array Logic*). Para estos dispositivos sus entradas y salidas son todas digitales.

DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TIPO	ALIAS
A	1	Entrada	I0
B	2	Entrada	I1
C	3	Entrada	I2
D	4	Entrada	I3
H	13	Entrada	ENA
EN MB	23	Salida	O9
DIR+MB	22	Salida	O8
DIR-MB	21	Salida	O7
EN MCOMP	20	Salida	O6
DIR+MCOMP	19	Salida	O5
DIR-MCOMP	18	Salida	O4
EN MCER	17	Salida	O3
DIR+MCER	16	Salida	O2
DIR-MCER	15	Salida	O1
MT	14	Salida	O0

Cuadro 5.5: Clasificación entradas y salidas de la GAL1.

DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TIPO	ALIAS
A	1	Entrada	I0
B	2	Entrada	I1
C	3	Entrada	I2
D	4	Entrada	I3
H	5	Entrada	ENA
Tapa	6	Entrada	I5
Asiento D	7	Entrada	I6
Asiento I	8	Entrada	I7
INTERR	23	Salida	O9
EN MCIL	22	Salida	O8
DIR+MCIL	21	Salida	O7
DIR-MCIL	20	Salida	O6
NC NECESITA CARTUCHO	19	Salida	O5
URGE CARTUCHO	18	Salida	O4
RECARGAR MEZCLA	17	Salida	O3
URGE RECARGAR MEZCLA	16	Salida	O2
RESISTENCIAS	15	Salida	O1
EN BUZZER	14	Salida	O0

Cuadro 5.6: Clasificación entradas y salidas de la GAL2.

5.3.3. REGLAS DE COMPORTAMIENTO

En las reglas de comportamiento se pretende definir los elementos necesarios para el buen funcionamiento del dispositivo, así como el comportamiento esperado de estos durante su funcionamiento.

Se establece la utilización de los siguientes dispositivos:

1. Un microcontrolador pic16f887a con cristal de 20Mhz para el procesamiento de la información.
2. Circuitos integrados GAL22v10, para decodificar las salidas del microcontrolador hacia los actuadores.
3. Circuitos integrados l293D, para establecer el control de los motores sin tener corrientes remanentes perjudiciales.
4. Circuitos integrados LM324, para comparar voltajes entre señales y obtener una salida digital de diversos sensores.
5. Sensores infrarrojos para identificar la capacidad del depósito de almacenamiento.
6. Sensor de distancia para identificar la capacidad de la mezcla secante remanente en el depósito, así como si existe alguna presencia cercana al asiento del dispositivo.
7. Optoacopladores de barrera luminosa, para saber la posición de la tapa del dispositivo, de las compuertas.
8. Sensor de presión (interruptor), para determinar presencia en el asiento del dispositivo.
9. Sensor de flexión, para determinar el peso generado en la bandeja después de su uso.
10. Interruptor de cola, para establecer la posición final e inicial de la bandeja.
11. Sensor de temperatura, para obtener la temperatura del depósito de almacenamiento.
12. Sensor de humedad, para obtener la humedad del depósito de almacenamiento.
13. Transistores TIP 31, para activar algunos dispositivos con consumo mayor de corriente.

14. Reguladores 7805 y 7812, para establecer un límite de voltaje y que no sea perjudicial para los dispositivos electrónicos.
15. Relevador de 12 V, como interruptor.
16. Potenciómetros, para permitir la calibración de algunos sensores.
17. Resistencias varias, como controladores de voltaje y corriente.
18. Leds de colores, para visualizar mensajes.
19. Buzzer, para alertar a los usuarios en situaciones críticas del dispositivo.
20. Panel fotovoltaico, para proporcionarle la energía necesaria al dispositivo.
21. Batería, para almacenar la energía suministrada por el panel fotovoltaico.
22. Controlador de carga, para optimizar el consumo de energía y proteger la batería para que tenga un buen funcionamiento.

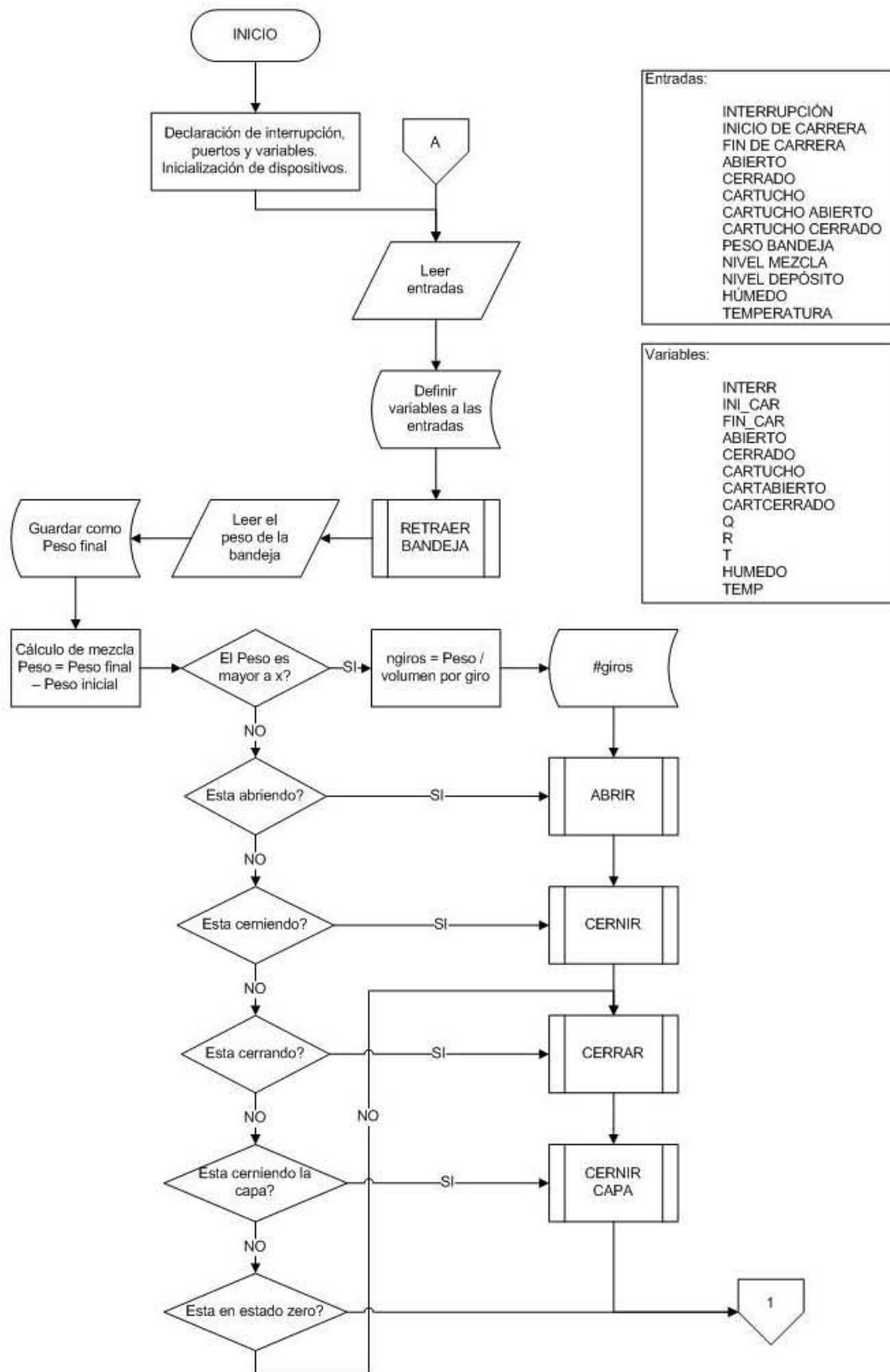
5.3.4. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo es una esquematización gráfica de un algoritmo, el cual muestra gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema. Para este caso es la secuencia lógica que siguen los componentes electrónicos para poder hacer funcionar el dispositivo de forma automática.

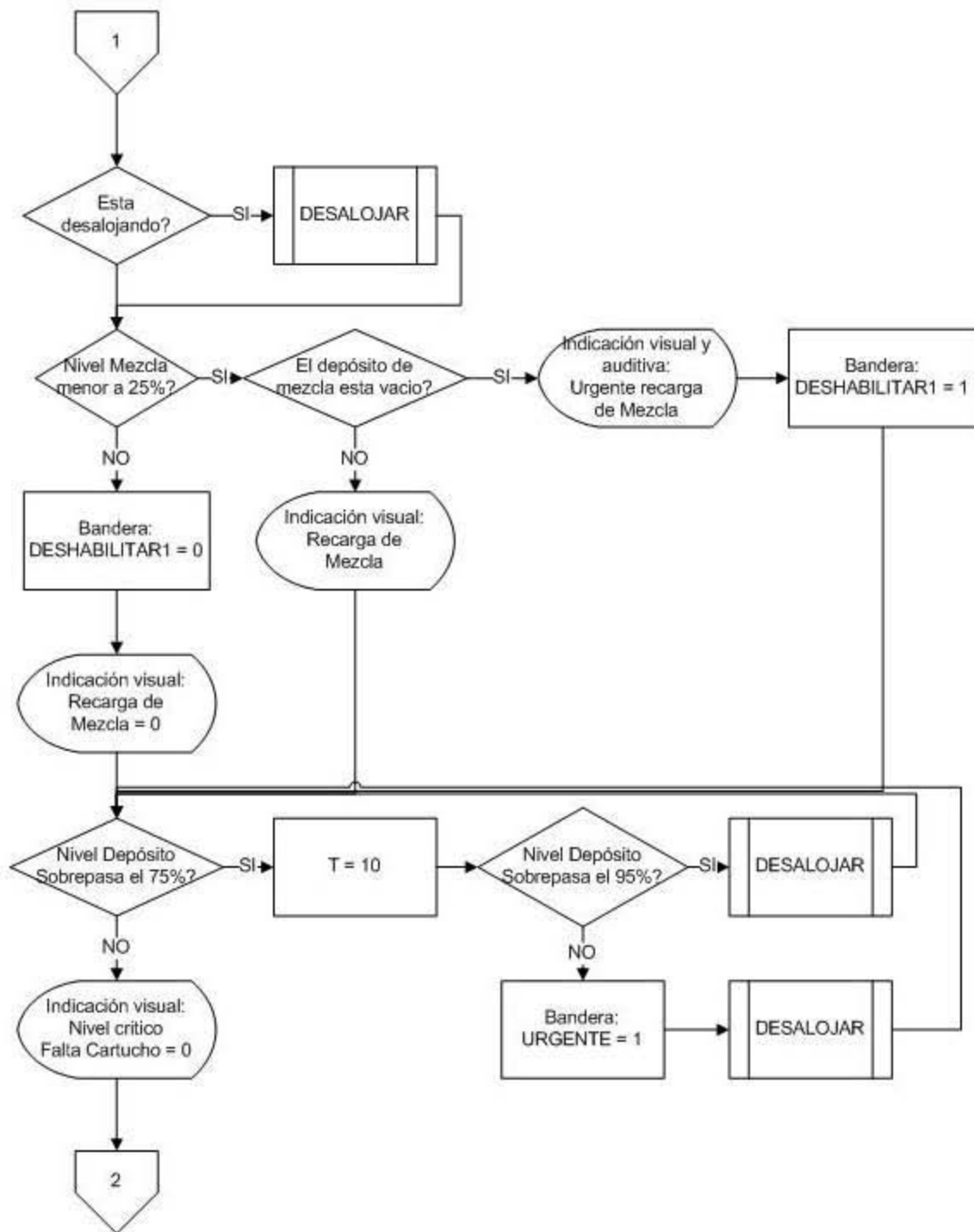
Su correcta construcción es sumamente importante porque, a partir del mismo se escribe un código de programación el cual es implementado en los dispositivos electrónicos. Si el diagrama de flujo está completo y correcto, la elaboración del código de programación es más simple y directa.

Las ventajas de los diagramas de flujo es que para las personas que no están directamente involucradas en los procesos de realización del producto es más fácil visualizar los algoritmos. En general, favorecen la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos. Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto. Los diagramas de flujo permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Es posible identificar los pasos redundantes, los flujos de los reproceso, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.

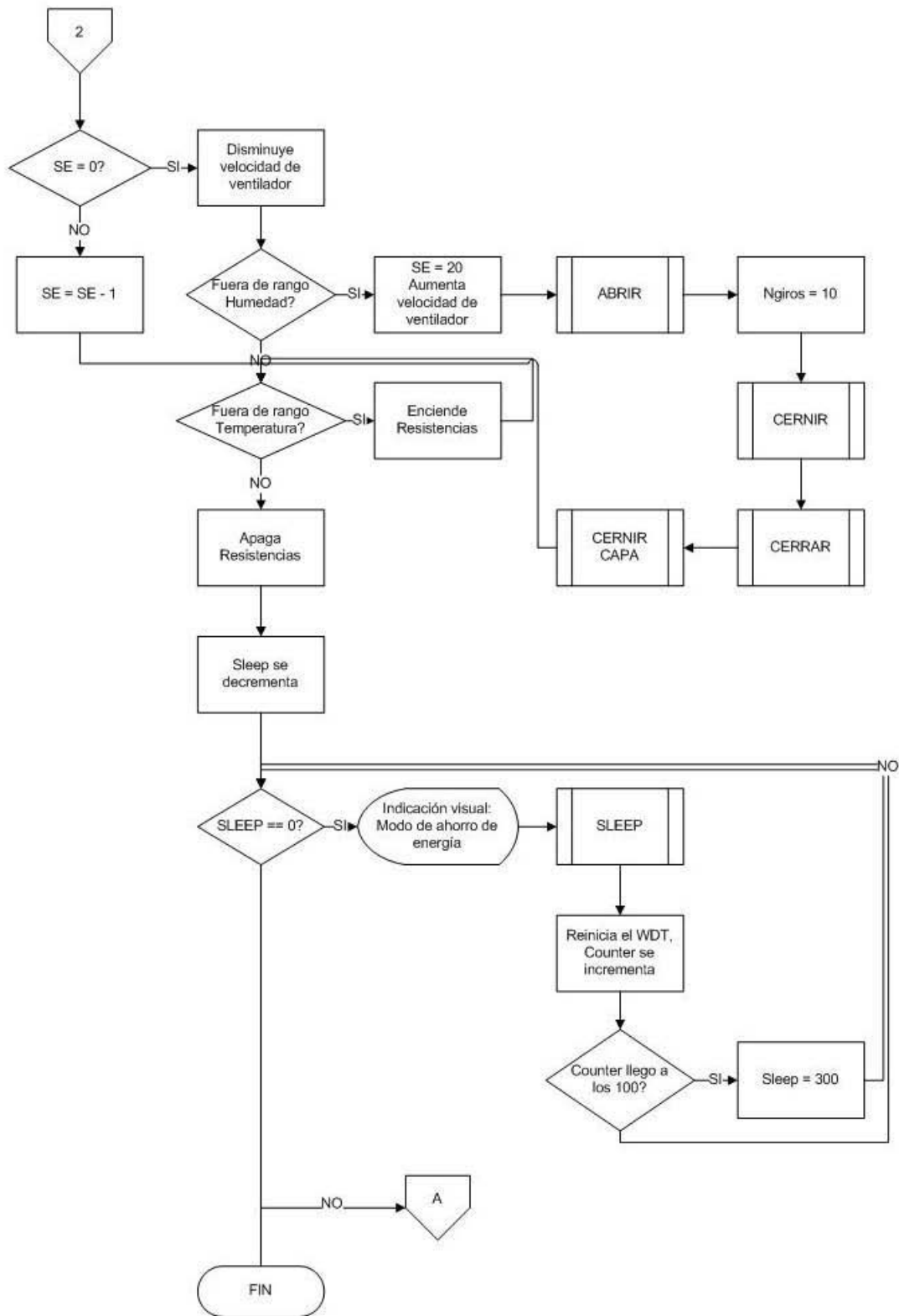
El diagrama de flujo para el dispositivo consta de un ciclo infinito principal, que se le hace referencia como Programa Principal (Cuadros 5.7, 5.8, 5.9). Este Programa Principal está dividido en 3 partes para facilitar su inspección. Parte del algoritmo general es la rutina de Interrupción (Cuadro 5.10) donde se muestra la secuencia que se sigue cada vez que se utiliza el dispositivo. Se utilizó una interrupción por varios motivos. El principal motivo es para asegurar la rápida respuesta del dispositivo. Con una interrupción el microcontrolador deja de realizar la secuencia para realiza los comandos de la interrupción, para después regresar a la secuencia detenida. Otro de los motivos por lo que es necesaria la interrupción es que al entrar en modo de ahorro de energía (*sleep*), sólo hay tres formas para regresar de ese modo y para el uso cotidiano tiene que salir de ese modo. Estas son por reseteo del Master Clear del microcontrolador o desbordamiento del WDT o interrupción.



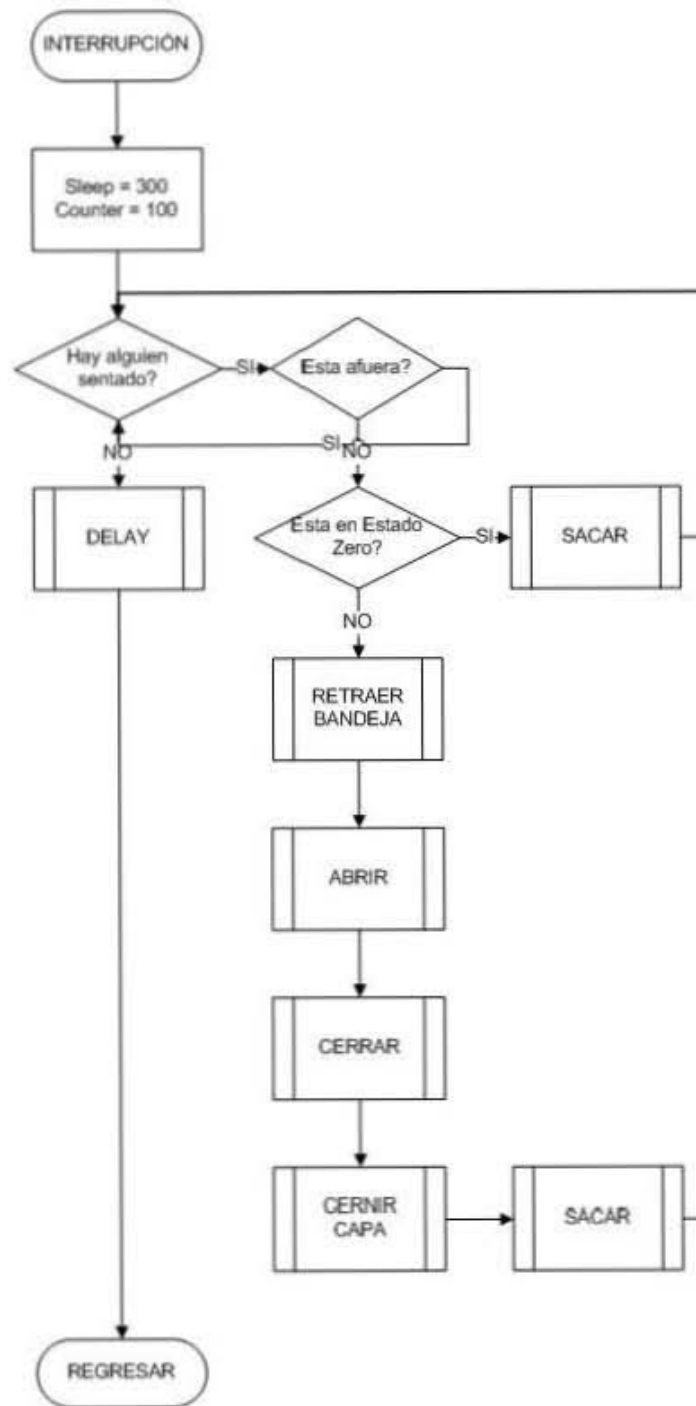
Cuadro 5.7: Diagrama de flujo del Programa Principal, primera parte.



Cuadro 5.8: Diagrama de flujo del Programa Principal, segunda parte.



Cuadro 5.9: Diagrama de flujo del Programa principal, tercera parte.

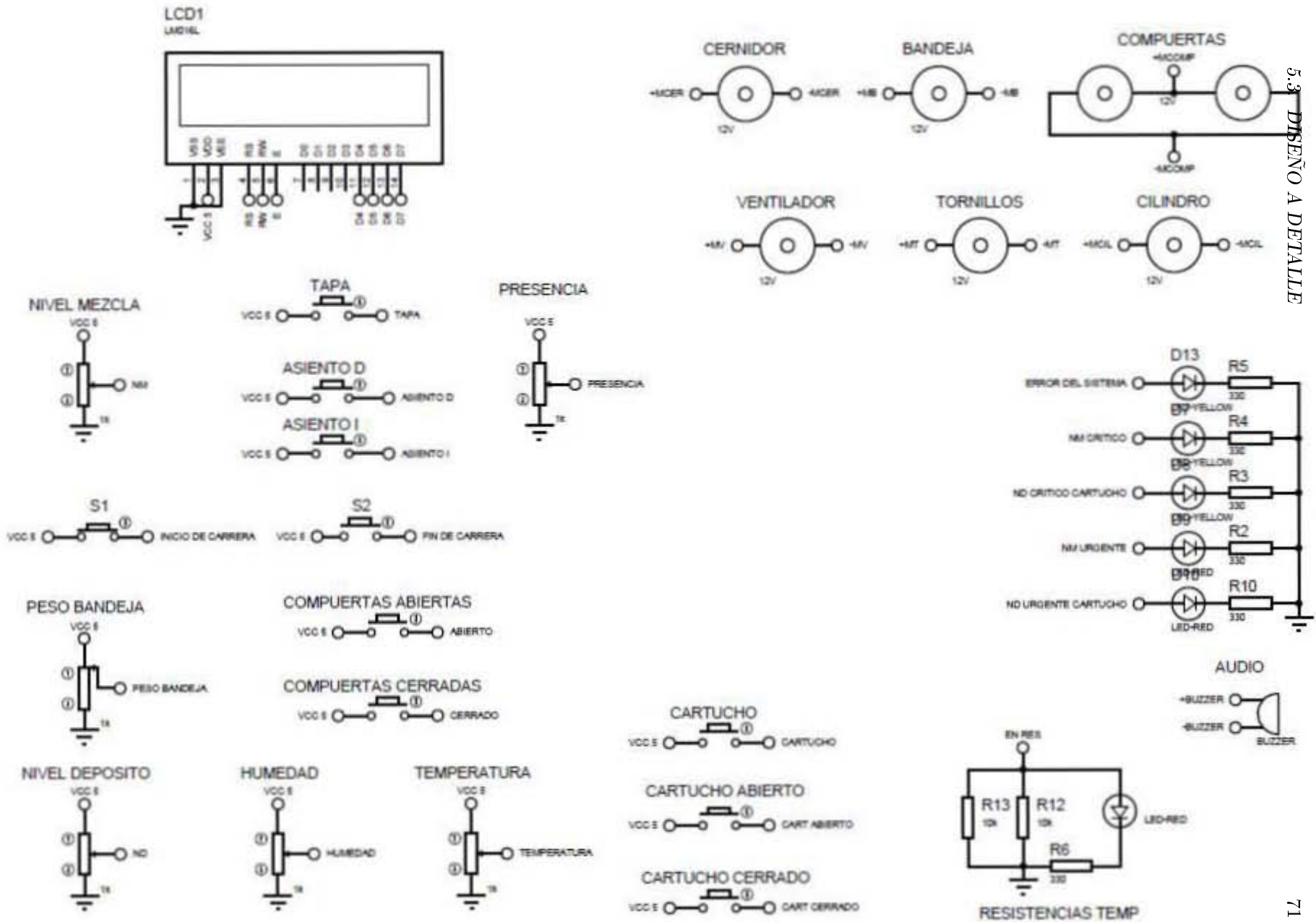


Cuadro 5.10: Diagrama de flujo de la Interrupción.

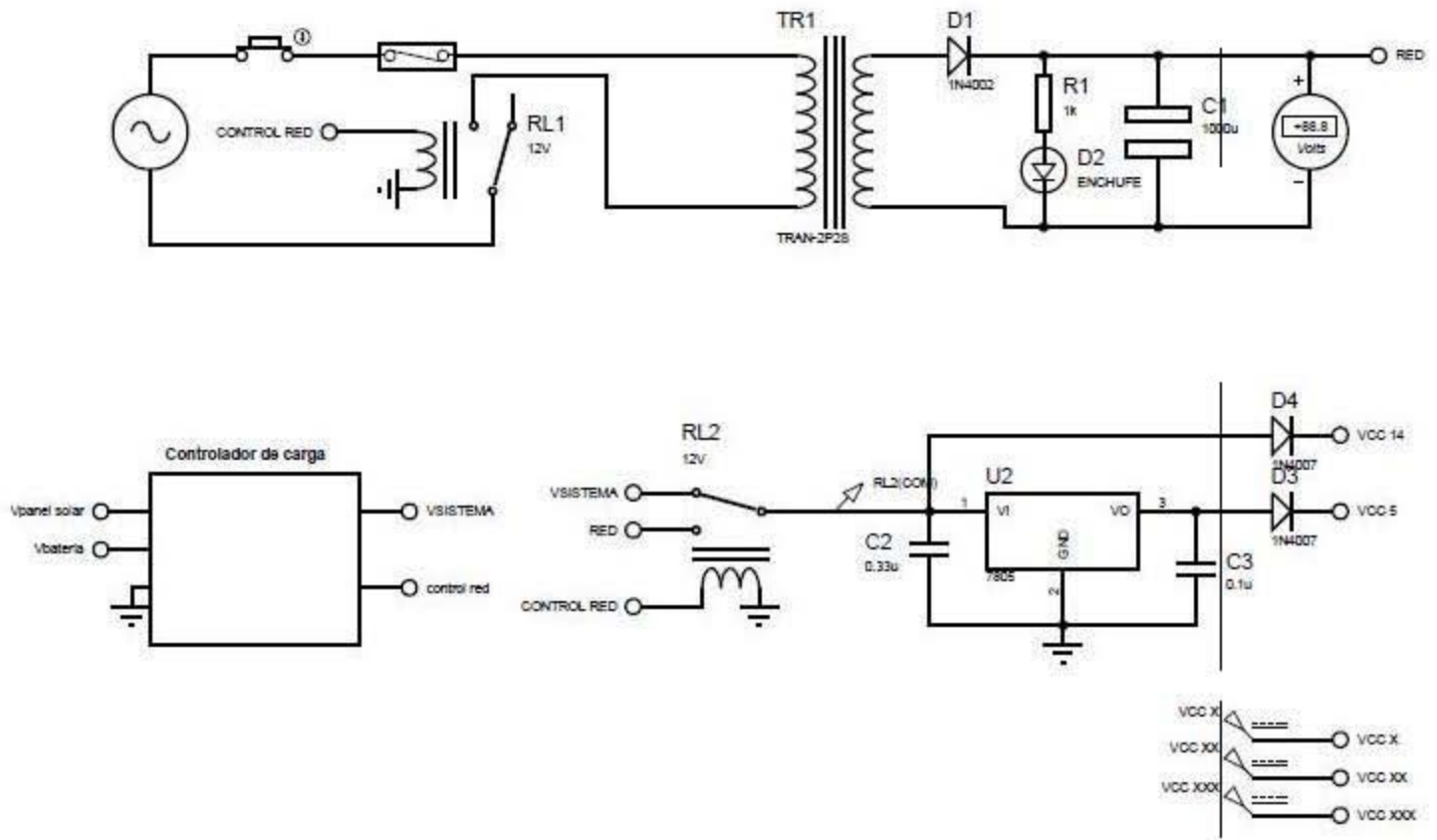
Las subrutinas mostradas en el diagrama de flujo del Programa Principal se muestran en el Apéndice V.

5.3.5. SIMULACIÓN

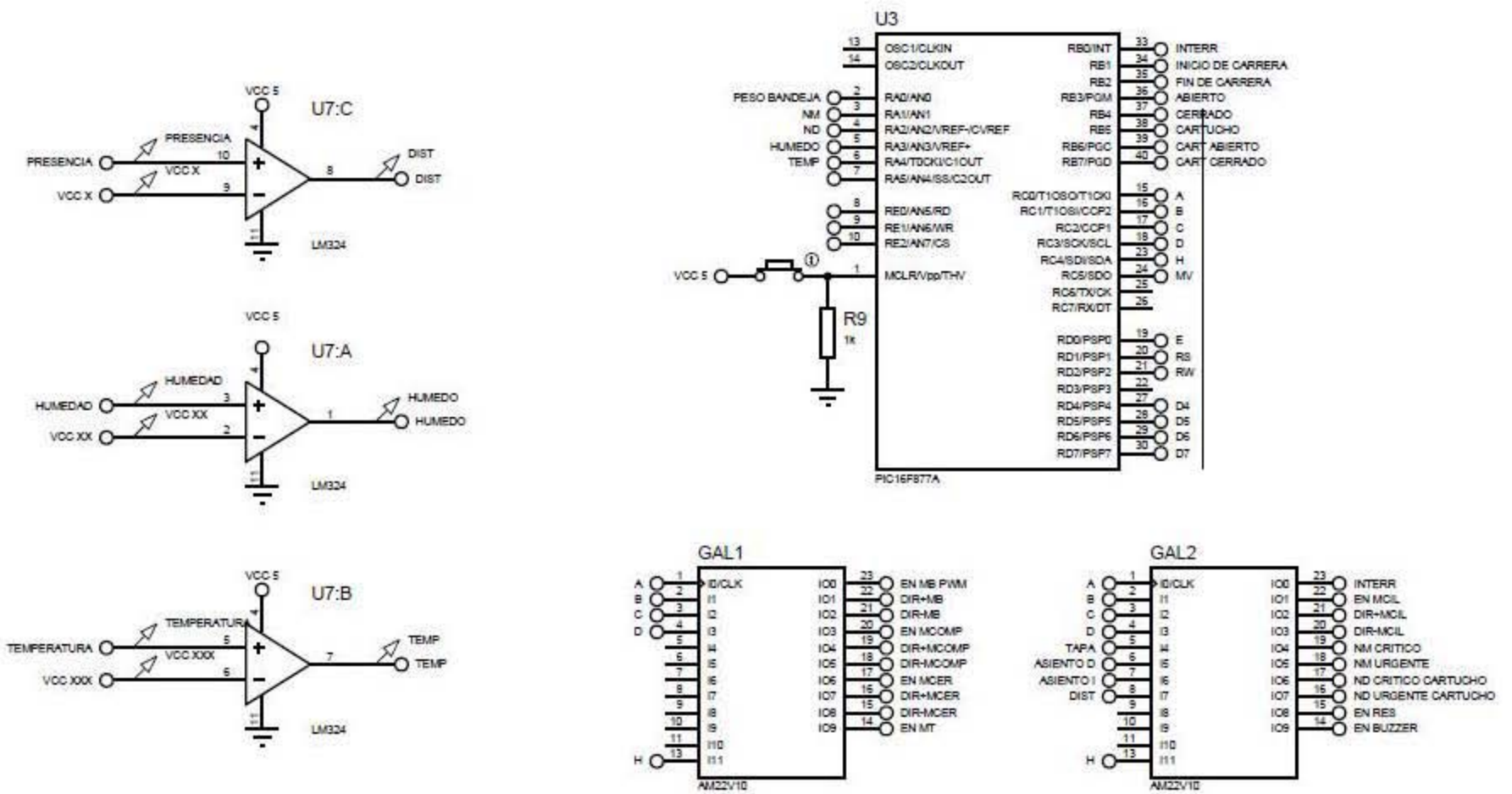
A continuación se presenta la configuración y ordenamiento de los elementos electrónicos para la simulación del funcionamiento real del dispositivo. En el Cuadro 5.11 se muestra las entradas y salidas del sistema, así como un display LCD meramente para propósitos de diseño. A esta sección del programa de simulación se le denominó Panel. La siguiente sección llamada Energía (Cuadro 5.12) muestra la configuración para la alimentación de energía del dispositivo. Esta alimentación proviene de un panel solar que recarga una batería. Cuando 5.13 no se tenga ninguna energía remanente de la batería y no se tenga luz solar se activa la alimentación proveniente de la red de energía eléctrica convencional. La electrónica del procesamiento de las entradas a las salidas pertinentes se aprecia en el Cuadro . Por último se tiene la etapa de potencia (Cuadro 5.14) del sistema que regula el funcionamiento de los actuadores.



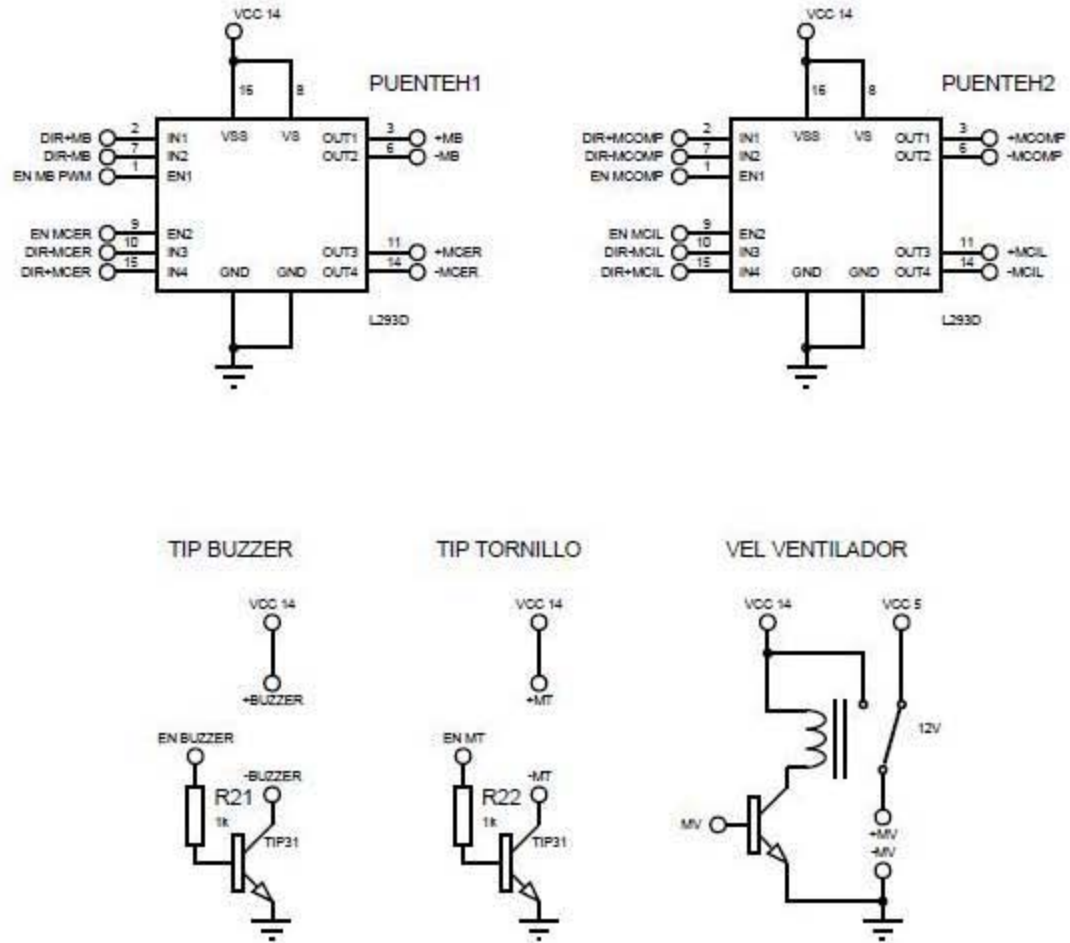
Cuadro 5.11: Panel.



Cuadro 5.12: Energía.



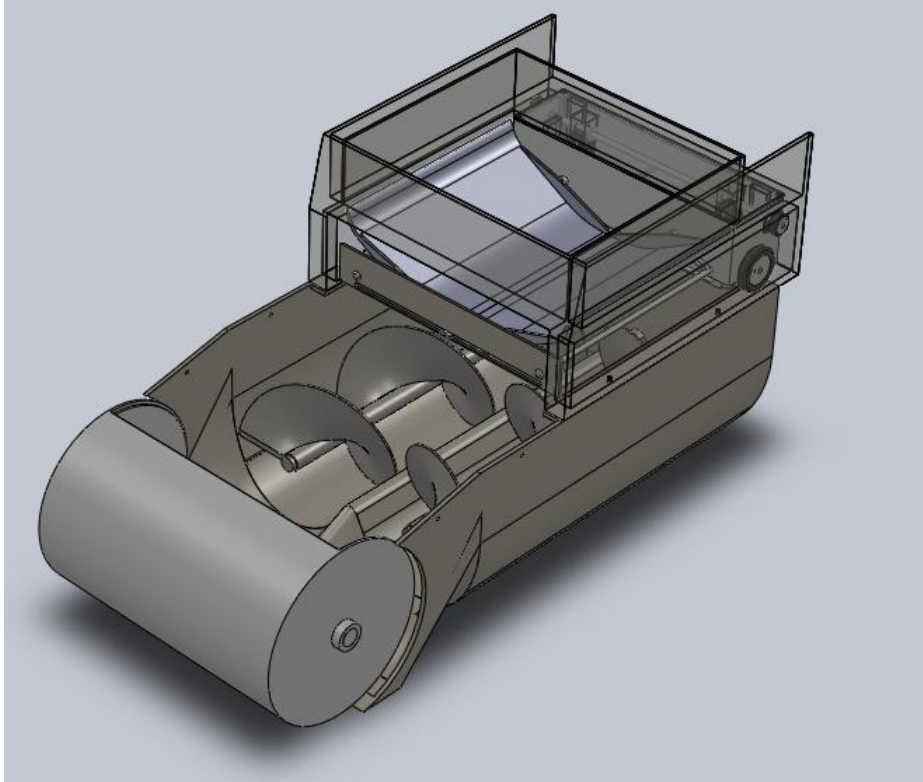
Cuadro 5.13: Electrónica.



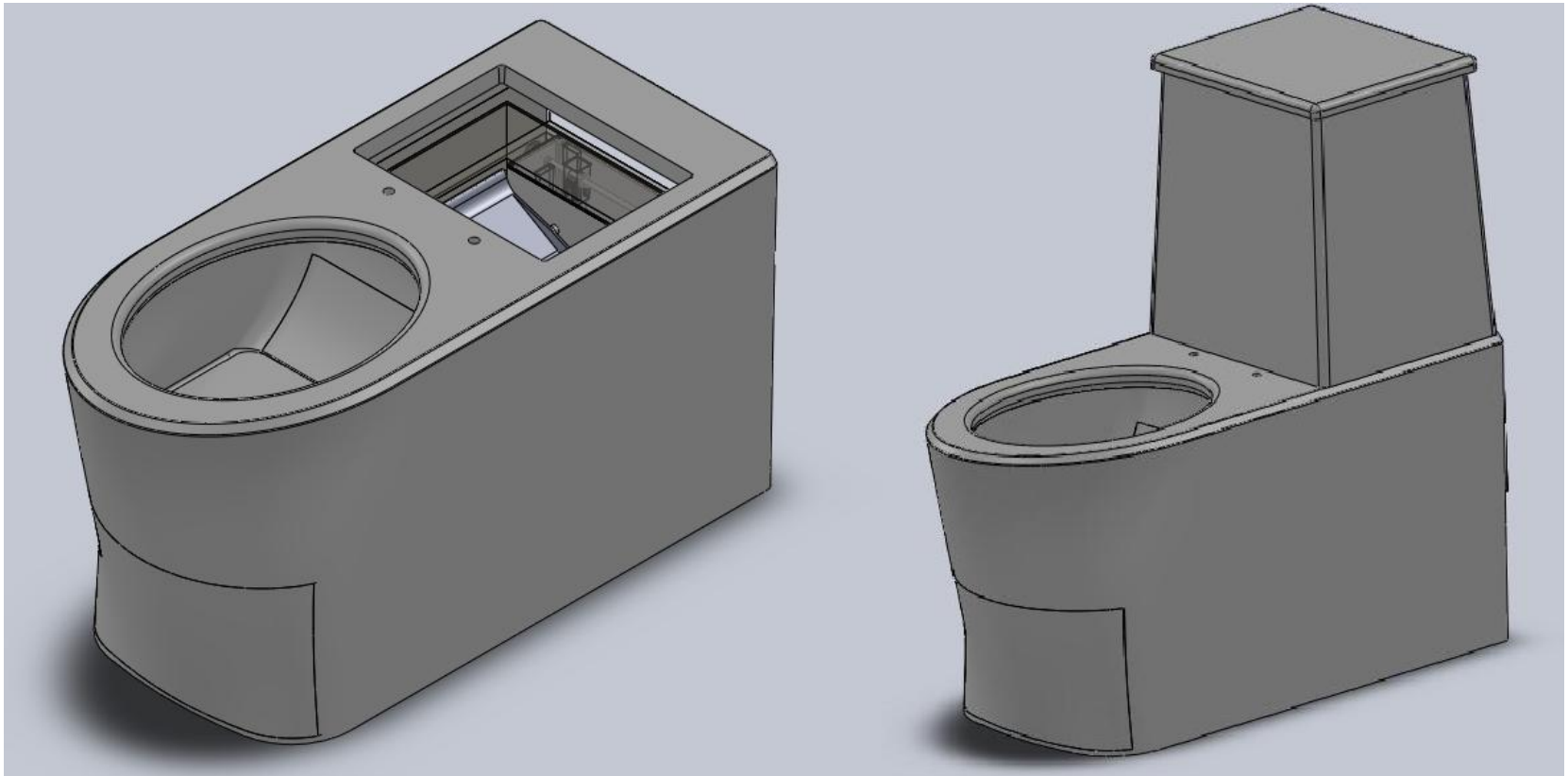
Cuadro 5.14: Etapa de potencia.

5.3.6. DISPOSITIVO FINAL

Así llegamos al diseño final del dispositivo, al cual llamaremos sanitario mecatrónico. En los siguientes cuadros se pueden observar imágenes del cartucho y sus componentes (Cuadro 5.15), así como imágenes con la carcasa que cubre este cartucho (Cuadro 5.16).



Cuadro 5.15: Cartucho y sus componentes.



Cuadro 5.16: Sanitario Mecatrónico completo.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

Al llegar al final del diseño se puede observar el cumplimiento de los objetivos principales. Mostrando la conceptualización se puede entender el funcionamiento del sanitario mecatrónico. Los diagramas de flujo de la lógica, que ejecutan los elementos electrónicos, demuestran la congruencia en la secuencia de los comandos. Las salidas del sistema, al ser activadas por la etapa de procesamiento, reflejan que las acciones del sanitario mecatrónico son las esperadas conforme a las planteadas a lo largo del proyecto. Esto asegura que la probabilidad de fallas del dispositivo en sí sea muy reducida, ya que depende únicamente de la confiabilidad de los elementos y sus materiales. Se puede percibir que al ser automático facilita el uso de éste y reduce al mínimo la interacción del usuario con el sanitario, que es fundamental para el éxito del sistema. Al observar esto, se cumple el objetivo principal de tener un sanitario automático el cual consume energía solar y elimina las aguas negras promoviendo la conservación del medio ambiente. Al comprobar el buen funcionamiento del sanitario mecatrónico se puede garantizar que el sistema ecológico es una solución alternativa para las zonas urbanas, al menos la sección acotada por el dispositivo.

Como ya se ha mencionado, el agua es un recurso no-renovable y su valor no reside en un valor monetario, sino en un aspecto básico para la supervivencia humana. La generación de aguas negras no sólo afecta al medio ambiente, sino también a todos los elementos que se relacionan a él, directa o indirectamente. El sanitario mecatrónico propuesto representa una alternativa viable para evitar la generación de aguas negras en viviendas del medio urbano.

Experiencias exitosas con el uso de sanitarios con el principio de ahorro de agua se han encontrado en México, China, Alemania, Guatemala, España, Dinamarca, Chile y Venezuela. Este tipo de tecnología se ha clasificado como *good practice* (buena práctica) en la conferencia de estatutos humanos Hábitat II de la organización de las naciones unidas (ONU).

Este tipo de solución se ha utilizado mucho en zonas rurales donde los beneficios de esta se han probado y ganado gran éxito. Hasta el momento en las zonas urbanas sólo el mingitorio seco ha prevalecido. El sanitario mecatrónico forma parte de un sistema integral de gestión de residuos orgánicos humanos. Para diversas disciplinas se abre un nuevo campo de investigación y diseño, donde se promueve la conservación y recuperación del medio ambiente.

Este sistema, incluyendo al sanitario mecatrónico, aunque está enfocado a un área muy específica, puede ser ampliado a más ciudades. Incluso, se puede extender a otros países, ya que el problema de la escasez del agua es similar en todo el mundo.

El diseño de productos es una tarea muy complicada, llena de tomas de decisión en poco tiempo. La generación y desarrollo de un producto cuenta con mucho esfuerzo y dedicación. Es muy evidente que las necesidades del cliente son un punto principal y fundamental para este diseño, donde la comprensión y la interpretación de las mismas son aún más importantes. Varias pruebas son necesarias para validar el diseño final y continuar su desarrollo hacia una producción del producto. Pero para este punto lo más importante es la percepción y la aceptación que le den los usuarios al producto.

Un detalle que surgió durante el proyecto y es importante resaltar fue lo difícil de modificar de alguna forma el comportamiento habitual de las personas. El tener una buena idea y argumentos para difundirla no significa que se aplique y se entienda al instante, Einstein dijo: “Es más fácil destruir un

átomo, que un prejuicio”. Cambiar de paradigma a un grupo de gente es un trabajo complicado y mucho más cuando se trata de un tema tan delicado como es la gestión de desechos, lo cual implica abordar en temas como la higiene, la timidez, la privacidad, la educación y el estatus social por mencionar algunos. La complicación reside en que es muy difícil convencer a alguien de algo sin mostrárselo previamente y para este caso en particular el mostrárselo necesita de que la persona esté convencido, de otra forma se desconfía y resulta más perjudicial que benéfico.

La carrera de Ingeniero Mecatrónico para este proyecto me ha ayudado, no sólo para conocer y trabajar con elementos electrónicos, mecanismos y motores, sino para poder conceptualizar de forma más sencilla y concreta los problemas que surgieron a lo largo del proyecto. Es muy importante resaltar que la carrera enseña a valerse por uno mismo, a identificar cuales son las áreas de conocimiento que se necesitan para lograr los objetivos, a buscar fuentes de dicha información y de aprenderlas de forma autónoma. Algo de mucha importancia que se manifestó durante el proyecto fue la capacidad de trabajar en equipo. Un proyecto como este, de estas magnitudes, no se puede hacer todo por una sola persona y más porque confiere temas multidisciplinarios que no son conocimientos generales. Durante la carrera se trabaja muchas veces en colaboración con otras personas, donde se aprende a lidiar y solucionar problemas que no necesariamente tienen que ver con el diseño, ni con ingeniería, sino con el trato entre miembros del equipo de diseñadores. Se observó que el interactuar con las diferentes áreas de especialización, como la ingeniería y el diseño industrial, es fundamental para lograr resultados exitosos. La visión que se provee de todas estas disciplinas e incluso de otras culturas y de otros países (UCB) enriqueció el proyecto de una forma muy especial.

6.1. TRABAJO FUTURO

En este momento se está llevando a cabo la construcción de un prototipo físico funcional. Es necesario conseguir información de los usuarios acerca del funcionamiento y de las características nuevas que el sanitario mecatrónico está introduciendo al mercado. Para lograrlo el prototipo funcional tiene que ser probado en circunstancias reales.

Una característica que fue parte de las necesidades planteadas por el equipo de diseño fue el hacer del dispositivo un producto versátil. Esto es para que dependiendo de los resultados que arrojen las pruebas reales del sanitario se pueda ya sea iniciar una nueva iteración o pasar a etapas siguientes de producción. Es necesario un estudio financiero del sanitario mecatrónico para conocer la viabilidad de una producción y su rentabilidad a largo plazo. Si se hace una analogía con la historia y evolución de los automóviles, se podría pensar que este sanitario mecatrónico es apenas el inicio de un producto con mucho futuro, un pequeño paso pero muy significativo de algo muy grande.

Parte III

REFERENCIAS

Ulrich, K.T. y Eppinger, S.D. 2009. *Diseño y Desarrollo de Productos*. 4ª edición. McGraw Hill.

Flores, R. et al. 2009. *Waterless Toilet Report*. Reporte. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Soto, G. y Muños, C. 2002. *Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica*. [online] Costa Rica: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología No. 65 p . 123 - 129. Disponible en: <http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rev65/123-129.pdf>

Mustin, M. 1987. *Le Compost, Gestion de la Matire Organique*. Paris: Editions Francois DUBUSC.954 p.

Valenzuela, C. (n.d.) *Paquete tecnológico para la elaboración y uso de composta*. [online] Disponible en: http://www.oedrus-bc.gob.mx/oedrus_bca/PaqProductivos/Paquetes/CompostaZC.pdf

Bio Systems, 2009. *Biolo*. [online] Disponible en: <http://www.biolo.co.nz/products.html>

BioLet Toilet Systems, Inc, 2009. *Biolet*. [online] Disponible en: <http://www.biolet.com/products/>

Clivus Multrum, Inc, 2010. *Clivus Multrum*. [online] Disponible en: <http://www.clivusmultrum.com/products-services.php>

Cotuit Dry Toilets, (n.d.) *Cotuit*. [online, febrero 2011] Disponible en: <http://www.cotuitdrytoilets.com/home.htm>

Ekolet, (n.d.) *Ekolet*. [online, febrero 2011] Disponible en: <http://www.ekolet.com/?lang=esp>

Sancor Industries Ltd., 2011. *Envirolet*. [online] Disponible en: <http://www.envirolet.com>

Biolan, 2011. *Naturum*. [online] Disponible en: http://www.biolan.fi/suomi/default4.asp?active_page_id=534

Sun-mar, 2007. *Sun-mar*. [online] Disponible en: <http://www.sun-mar.com/index.html>

Corcuera, C. y González, O. 2010. *Baño seco (urbano)*. Tesis. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Parte IV

APÉNDICES

APÉNDICE I: Resumen proceso de diseño.

Una vez identificado el problema es necesario tener muy claro un proceso de diseño y las razones por las que un producto puede llegar a ser exitoso.

Cuando un proceso de diseño está bien definido es útil por las siguientes razones.

- **Aseguramiento de la calidad:** Especifica las fases por las que pasará un proyecto de desarrollo y los puntos de inspección en el proceso. Cuando estas fases y puntos de inspección se escojan con sabiduría, seguir el proceso de diseño es una forma de garantizar la calidad del producto resultante.
- **Coordinación:** Un proceso de diseño claramente articulado actúa como plan maestro que define los papeles de cada uno de los participantes en el equipo de diseño. Este plan informa cuando es necesaria la colaboración de partes externas y con quien es necesario intercambiar información y materiales.
- **Planeación:** Contiene hitos naturales que corresponden a la terminación de cada fase. La programación de los tiempos de estas etapas fija el programa del proyecto general de diseño.
- **Administración:** Un proceso de diseño es un estándar de referencia para evaluar la operación de un trabajo vigente de diseño. Al comparar los eventos reales contra el proceso establecido, es posible identificar posibles áreas problemáticas.
- **Mejoría:** La documentación cuidadosa del proceso de diseño ayuda a identificar oportunidades para mejorar.

Se pueden mencionar cinco dimensiones, las cuales se relacionan con el éxito de un producto, aun cuando éste es a veces difícil de evaluar con rapidez y en forma directa. Dichas dimensiones se usan para evaluar el rendimiento de un trabajo de desarrollo de producto (Cuadro 6.1).

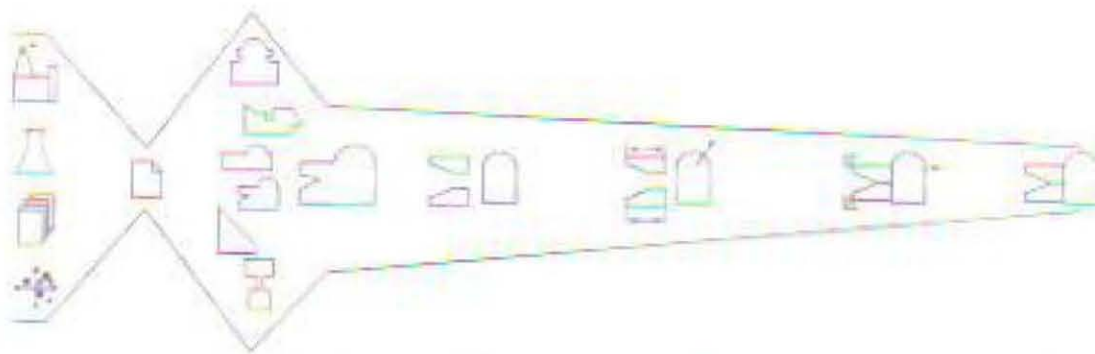
Calidad del producto:	La calidad del producto se refleja finalmente en parte del mercado y el precio que los clientes están dispuestos a pagar.
Costo del producto:	Este costo incluye gasto en bienes de capital y herramientas, así como en el costo incremental de producir cada unidad del producto. El costo del producto determina cuánta utilidad corresponde a la empresa por un volumen y un precio particulares de venta.
Tiempo de desarrollo:	El tiempo de desarrollo determina el tiempo de respuesta de la empresa a la competencia y a desarrollos tecnológicos, así como la rapidez con la que la empresa recibe los rendimientos económicos del trabajo del equipo.
Costo de desarrollo:	El costo de desarrollo suele ser una parte importante de la inversión necesaria para alcanzar utilidades.
Capacidad de desarrollo:	La capacidad de desarrollo es una ventaja competitiva que la empresa puede usar para desarrollar productos con más eficiencia y mejor economía en el futuro.

Cuadro 6.1: Dimensiones para evaluar el éxito de un producto.

Un alto rendimiento en estas cinco dimensiones debe finalmente llevar al éxito del producto, no obstante, otros criterios de rendimiento son también importantes.

Un proceso de diseño es la secuencia de pasos o actividades que se utilizan para concebir, diseñar y comercializar un producto. Existen diversos procesos o metodologías para el diseño de productos. Muchos de estos pasos y actividades son intelectuales y de organización más que físicos. Existen ocasiones en que se define y se sigue un proceso de diseño preciso y detallado, mientras que otras incluso puede no ser siquiera posible describir los procesos. Hablando de organizaciones pueden emplear un proceso al menos ligeramente diferente del que tienen otras organizaciones. De hecho, la misma empresa puede seguir diferentes procesos para cada uno de varios tipos diferentes de proyectos de diseño.

Un proceso genérico de diseño del producto explicado en el libro *Diseño y desarrollo de productos*, Ulrich y Eppinger consta de seis fases (Cuadro 6.2) y muestra una gran compatibilidad con el diseño que se desea proponer en este trabajo de tesis. El proceso se inicia con una fase de planeación, que es el vínculo con actividades en investigación y tecnología. La salida de la fase de planeación es la declaración de la misión del proyecto, que es la entrada requerida para empezar la fase de investigación del concepto y que sirve como guía para el equipo de diseño. La conclusión del proceso de diseño del producto es el lanzamiento del producto en sí, en cuyo momento el producto queda disponible para su adquisición en el mercado. También se puede identificar (Cuadro 6.2) las actividades y responsabilidades clave de las diferentes funciones de la organización durante cada una de las fases.



Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño a nivel sistema	Fase 3: Diseño de detalle	Fase 4: Pruebas y refinamiento	Fase 5: Inicio de producción
Mercadotecnia <ul style="list-style-type: none"> Articular oportunidades de mercado. Definir segmentos de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> Receber necesidades de clientes. Identificar usos más ínteros. Identificar productos competidores. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar plan para opciones de productos y niveles de producción. Establecer objetivos de precios de venta. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar plan de mercadotecnia. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar promoción y lanzamiento de materiales. Facilitar pruebas de campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Facilitar la primera producción a disposición de clientes clave.
Diseño <ul style="list-style-type: none"> Considerar plataforma y arquitectura del producto. Evaluar nuevas tecnologías. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar factibilidad de conceptos del producto. Desarrollar conceptos de diseño industrial. Construir y probar prototipos experimentales. 	<ul style="list-style-type: none"> Generar arquitecturas alternativas de producto. Definir subarquitecturas e interfaces principales. Refinar diseño industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Definir geometría de piezas. Seleccionar materiales. Adoptar tolerancias. Completar documentación de control de diseño industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Probar confiabilidad. Probar vida útil. Probar desempeño. Obtener aprobaciones internas. Implementar cambios de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar los resultados de la primera producción.
Manufactura <ul style="list-style-type: none"> Identificar retroalimentación de producción. Establecer estrategia para la cadena de suministro. 	<ul style="list-style-type: none"> Estimar costo de manufactura. Evaluar factibilidad de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar proveedores para componentes clave. Planear análisis de fabricar con los costos. Definir equipamiento final de ensamblaje. Establecer costos objetivos. 	<ul style="list-style-type: none"> Definir procesos de producción de piezas. Diseñar herramienta. Definir procesos de aseguramiento de la calidad. Finalizar adquisición de herramienta para fabricación. 	<ul style="list-style-type: none"> Facilitar el inicio de producción de los proveedores. Refinar procesos de fabricación y ensamblaje. Capacitar personal. Refinar procesos de aseguramiento de la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Inicio de operación de todo el sistema de producción.
Otras funciones <ul style="list-style-type: none"> Investigación: identificar tecnologías disponibles. Finanzas: indicar metas de planeación. Dirección general: asignar recursos al proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Finanzas: facilitar análisis económico. Legal: investigar cuestiones de patentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Finanzas: facilitar análisis de licitación contra compra. Servicio: identificar cuestiones de servicio. 		<ul style="list-style-type: none"> Ventas: desarrollar plan de ventas. 	

Cuadro 6.2: Proceso genérico de desarrollo del producto.

0. **Planeación:** La actividad de planeación se conoce a veces como "fase cero" porque precede a la aprobación del proyecto y lanzamiento del proceso real de diseño del producto. Esta fase se inicia con una estrategia corporativa e incluye la evaluación de desarrollos tecnológicos y objetivos de mercado. La salida de la fase de planeación es la declaración de misión del proyecto, la cual especifica el mercado objetivo del producto, metas del negocio, suposiciones clave y restricciones.
1. **Desarrollo del concepto:** En la fase de desarrollo del concepto, se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan conceptos alternativos del producto, y uno o más conceptos se seleccionan para desarrollo y pruebas adicionales. Un concepto es una descripción de la forma, función y características de un producto, y por lo general está acompañado por un conjunto de especificaciones, un análisis de productos de la competencia y una justificación económica del proyecto.
2. **Diseño a nivel sistema:** La fase de diseño a nivel sistema incluye la definición de la arquitectura del producto y la descomposición del producto en subsistemas y componentes. El esquema de ensamble final para el sistema de producción suele definirse también durante esta fase final. La salida de esta fase por lo general comprende un diseño geométrico del producto, una especificación funcional de cada uno de los subsistemas del producto y un diagrama de flujo preliminar del proceso para el ensamble final.
3. **Diseño a detalle:** La fase de diseño de detalle incluye la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes únicas del producto y la identificación de todas las partes estándar a ser adquiridas de proveedores. La salida de esta fase es la documentación de control del producto, es decir, los dibujos o archivos de computadora que describen la geometría de cada una de las piezas y su herramental de producción, las especificaciones de las piezas compradas, y los planes de proceso para la fabricación y ensamble del producto. Dos problemas de importancia crítica que se manejan en la fase de diseño de detalle son el costo de producción y el desempeño robusto del producto.
4. **Pruebas y refinamiento:** La fase de pruebas y refinamiento comprende la construcción y evaluación de versiones múltiples de preproducción del producto. Los primeros prototipos (alfa) por lo general se construyen con piezas destinadas a producción, es decir, piezas con la misma geometría y propiedades de material que la versión de producción del producto, pero no necesariamente fabricadas con los procesos reales a usarse en producción. Los prototipos alfa se prueban para determinar si el producto funcionará como está diseñado y si el producto satisface las necesidades de los clientes clave. Los prototipos siguientes (beta) por lo general se construyen con piezas obtenidas de los procesos destinados a producción pero no se pueden ensamblar usando el proceso de ensamble final pretendido. Los prototipos beta son evaluados exhaustivamente en forma interna y también en general son probados por clientes en su propio ambiente de uso. La meta para los prototipos beta suele ser responder preguntas acerca de la operación y confiabilidad para identificar cambios de ingeniería necesarios para el producto final.
5. **Inicio de producción:** En la fase de inicio de producción, el producto se hace usando el sistema de producción pretendido. El propósito del inicio es capacitar al personal y resolver cualquier problema en los procesos de producción. Los productos producidos durante el inicio se proporcionan a veces a clientes preferidos y son cuidadosamente evaluados para identificar cualquier falla. La transición de inicio de producción a producción en curso suele ser gradual. En algún punto en esta transición, el producto es lanzado y queda disponible para su distribución generalizada.

DECLARACIÓN DE LA MISIÓN

Para empezar el diseño se necesitó tener claro cuál era el objetivo, una meta que alcanzar. Para lograr esto se hizo necesario el contar con la declaración de una misión. La misión es una herramienta

que sirve para especificar el mercado objetivo del producto, metas del negocio, suposiciones clave y restricciones que se tendrán durante el diseño. No se trata de decir cuales tecnologías nuevas específicas deben de usarse ni especifica de las funciones de operaciones ya sea en producción o servicios. Simplemente es una guía clara para la organización del diseño de un producto.

La declaración de la misión puede incluir alguna o toda la información siguiente:

Breve descripción (una oración) del producto: Esta descripción identifica la función básica del producto pero evita implicar un concepto específico de producto. Puede, de hecho, ser la declaración de la visión del producto.

Propuesta de valor: Este elemento de la declaración de la misión articula las pocas razones críticas por las que un cliente compraría el producto. En alguna medida esto es una hipótesis que será validada durante el proceso de diseño del concepto.

Objetivos de negocio: Además de los objetivos de proyecto que apoyan la estrategia corporativa, estos objetivos por lo general incluyen metas para tiempo, costo y calidad (por ejemplo, calendario de introducción del producto, operación financiera deseada, objetivos de participación del mercado).

Mercado(s) objetivo para el producto: Puede haber varios mercados objetivo para el producto. Esta parte de la declaración de la misión identifica el mercado primario, así como mercados secundarios que deberían considerarse en el trabajo de diseño.

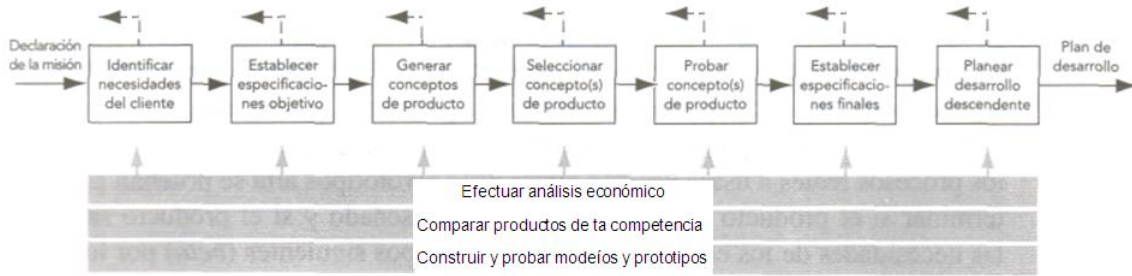
Suposición y restricciones que guían la tarea de diseño: Las suposiciones deben hacerse cuidadosamente; aun cuando restringen la variedad de conceptos posibles de producto, ayudan a mantener un campo manejable de proyecto. La información puede adjuntarse a la declaración de la misión para documentar decisiones acerca de suposiciones y restricciones.

Involucrados: Un modo de asegurar que muchos de los sutiles problemas de diseño se aborden es hacer en forma explícita una lista de todos los involucrados, es decir, todos los grupos de personas que son afectados por el éxito o fracaso del producto. La lista de involucrados se inicia con el usuario final (el cliente externo final) y el cliente externo que toma la decisión de comprar el producto. Los involucrados también incluyen a clientes del producto que residen dentro de la empresa, por ejemplo el personal de ventas, la organización de servicio y los departamentos de producción. La lista de involucrados sirve como recordatorio para considerar las necesidades de todos aquellos que estarán influenciados por el producto.

Ya contando con la misión, es fácil identificar los siguientes pasos que se deben de tomar para lograr el diseño del producto.

DESARROLLO DEL CONCEPTO

El paso siguiente es el desarrollo del concepto o conceptos, los cuales llevan a concretar las ideas para darle forma y camino al diseño. Sólo en raras ocasiones el proceso avanza en forma puramente secuencial, completando cada actividad antes de empezar la siguiente. Durante este diseño, las actividades iniciales se traslaparon en el tiempo y con frecuencia se necesitó de iteraciones. Las flechas de líneas interrumpidas del Cuadro 6.3 reflejan la naturaleza incierta del avance en el desarrollo del diseño del producto. En casi cualquier etapa, puede descubrirse nueva información u otros resultados que pueden hacer que se detenga para repetir una actividad anterior antes de continuar.



Cuadro 6.3: Diversas actividades que comprenden la fase de desarrollo del concepto.

Durante la etapa del desarrollo del concepto esta repetición de actividades nominalmente completas se conoce como iteración del diseño.

El proceso de desarrollo de concepto incluye las siguientes actividades:

- **Identificar las necesidades del cliente:** El objetivo de esta actividad es entender las necesidades del cliente. Lo cual es fundamental en este caso para conseguir la aceptación del dispositivo y así atraiga el interés de los mismos usuarios a la utilización y promoción de la solución generada para el problema propuesto. Identificar las necesidades de clientes es parte integral del diseño del producto. Las necesidades del cliente que resulten se usan como guía para establecer especificaciones del producto, generar conceptos del producto y seleccionar un concepto de producto para su posterior desarrollo. La salida de este paso es un conjunto de enunciados cuidadosamente construidos de las necesidades del cliente, organizados en una lista jerárquica con valores de importancia para muchas o todas las necesidades.

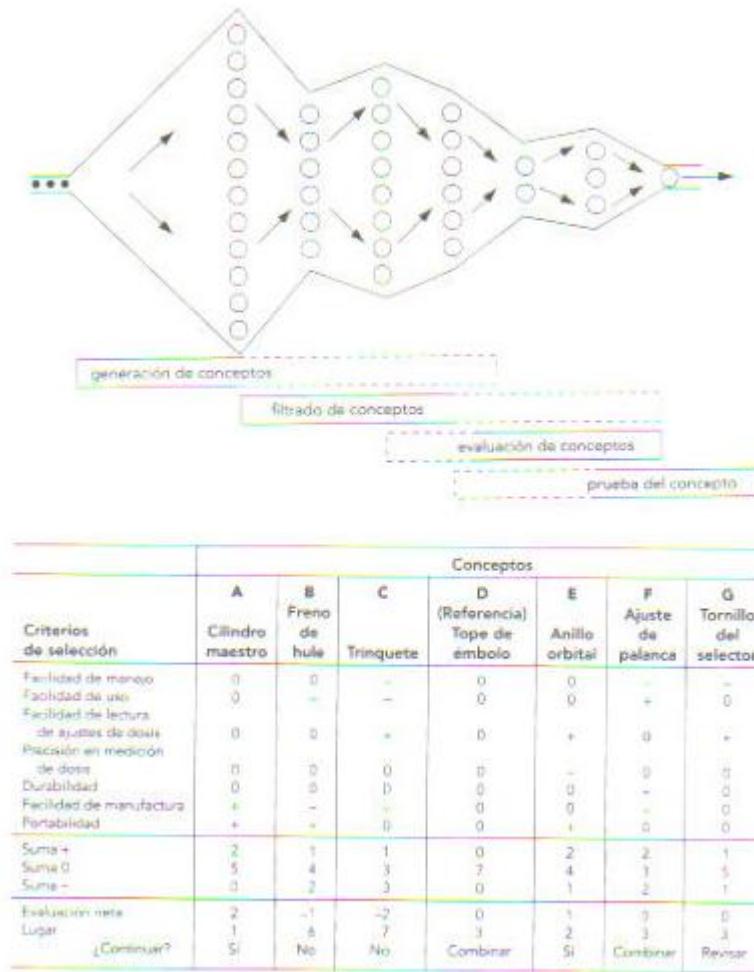
- **Establecer especificaciones objetivo:** Las especificaciones dan una descripción precisa de lo que el producto tiene que hacer. Son la traducción de las necesidades del cliente en términos técnicos. Los objetivos de las especificaciones se establecen claramente en el proceso y representan las expectativas del diseño. Posteriormente, estas especificaciones se refinan para que sean consistentes con las restricciones impuestas por la selección de un concepto de producto. El resultado de esta etapa es una lista de especificaciones objetivo. Cada una de las especificaciones consta de una métrica (Cuadro 6.4), así como de valores marginales e ideales para la misma.

Métrica n.º	Núm. de necesidad	Métrica	Imp.	Unidades
1	1, 3	Atenuación al tocar el manubrio a 10 Hz	3	dB
2	2, 6	Presión de resorte	3	N
3	1, 3	Valor máximo en el Monitor test	4	g
4	1, 3	Tiempo mínimo de decaído en pso de prueba	5	s
5	4	Rango de ajuste del coeficiente de amortiguamiento	3	%Nm
6	5	Campeo máximo (m de 25 m)	3	mm
7	5	Distancia a la línea central	3	mm
8	8	Rigidez lateral en pruebas de freno	1	kN/m
9	7	Masa total	4	kg
10	8	Rigidez axial en pruebas de freno	2	kN/m
11	9	Medidas del coxial	5	in
12	9	Longitud del tubo de dirección	5	mm
13	9	Medidas de mm	5	Liste
14	9	Ancho máximo de fente	5	in
15	10	Tiempo para ensamblar al beneficiador	1	s
16	11	Compatibilidad de guías/fanegas	1	Liste
17	12	Impres. angulo	5	Grads
18	13	Costo unitario de manufactura	5	USD
19	14	Tiempo en cámara de espesión sin entrada de agua	5	s
20	15	Ciclo en cámara de todo en continuación	5	Minutos
21	16, 17	Tiempo de desensamble/ensamble para mantenimiento	3	s
22	17, 18	Herramientas especiales necesarias para mantenimiento	3	Liste
23	19	Duración de prueba de IV para degradar piezas de fente	5	hr
24	19	Ciclos del Monitor antes de falla	5	Ciclos
25	20	Prueba de estándares industriales de japon	5	Estaria
26	20	Resistencia a la flexión (carga frontal)	5	dB

Necesidad	Métrica
1. Reducir vibración en las manos	Atenuación al tocar el manubrio a 10 Hz (valor máximo en el Monitor test)
2. Permitir al operador fácil en tener acceso y difícil para probar decaído a alta velocidad en carretera	Presión de resorte
3. Permitir ajuste de sensibilidad	Valor máximo en el Monitor test
4. Mantener las características de dirección de la bicicleta	Tiempo mínimo de decaído en pso de prueba
5. Permitir ajuste de rigidez en cuñas de freno	Rango de ajuste del coeficiente de amortiguamiento
6. Es ligero	Campeo máximo (m de 25 m)
7. Contiene partes regulas de tamaño para los técnicos	Distancia a la línea central
8. Se ajusta a una amplia variedad de bicicletas, motos y motos	Rigidez lateral en pruebas de freno
9. Es fácil de montar	Masa total
10. Trabaja con guías/fanegas	Rigidez axial en pruebas de freno
11. Impres. angulo	Medidas del coxial
12. Se ensambla para un operador en beneficio	Longitud del tubo de dirección
13. No se contamina con agua	Medidas de mm
14. No se contamina con polvo	Ancho máximo de fente
15. Es de fácil acceso para mantenimiento	Tiempo para ensamblar al beneficiador
16. Permite la fácil reparación de piezas desgastadas	Compatibilidad de guías/fanegas
17. Permite un mantenimiento con herramientas simples	Impres. angulo
18. Tiene una larga vida útil	Costo unitario de manufactura
19. Es segura en un choque	Tiempo en cámara de espesión sin entrada de agua
	Ciclo en cámara de todo en continuación
	Tiempo de desensamble/ensamble para mantenimiento
	Herramientas especiales necesarias para mantenimiento
	Duración de prueba de IV para degradar piezas de fente
	Ciclos del Monitor antes de falla
	Prueba de estándares industriales de japon
	Resistencia a la flexión (carga frontal)

Cuadro 6.4: Ejemplos de tablas de especificaciones y métricas.

- Generación de conceptos: La meta de la generación de conceptos es explorar en su totalidad el universo de conceptos de producto que puedan abordar las necesidades del cliente. La generación de conceptos incluye una mezcla de búsqueda externa, solución creativa de problemas interna, y exploración sistemática de los diversos fragmentos de solución que sean generados. El resultado de esta actividad son bosquejos con un breve texto descriptivo cada uno.
- Selección del concepto: La selección del concepto es la actividad en la que se analizan y en forma secuencial se eliminan varios conceptos de producto, con objeto de identificar el concepto(s) más prometedor. El proceso requiere por lo general de varias iteraciones y puede iniciar la generación y refinamiento de conceptos adicionales. (Cuadro 6.5)



Cuadro 6.5: Ejemplo de filtrado y evaluación de un concepto.

- Prueba del concepto: Uno o más conceptos se prueban para verificar que las necesidades del cliente se han satisfecho, se evalúa el potencial de mercado del producto y se identifica cualquier defecto que debe ser corregido durante un desarrollo posterior. Si la respuesta del cliente es mala, el proyecto del desarrollo puede terminar o se pueden repetir actividades anteriores según sea necesario.
- Establecer especificaciones finales: Las especificaciones objetivo establecidas antes en el proceso se revisan después que un concepto se ha seleccionado y probado.
- Planeación del proyecto: En esta actividad final del desarrollo del concepto, se crea un programa detallado de desarrollo, concibe una estrategia para reducir al mínimo el tiempo de desarrollo e identifica los recursos necesarios para completar el proyecto. Los resultados principales de las actividades iniciales se pueden capturar de manera útil en una bitácora que contiene la declaración de la misión, las necesidades del cliente, los detalles del concepto seleccionado, las especificaciones del producto, el análisis económico del producto, el programa de desarrollo, la asignación de personal para el proyecto y el presupuesto.
- Análisis económico: Se construye un modelo económico para el nuevo producto. Este modelo se usa para justificar la continuación del programa general de diseño y para resolver concesiones específicas, por ejemplo, entre costos de diseño y costos de manufactura. El análisis económico se

muestra como una de las actividades en curso de la fase de desarrollo del concepto. Un análisis económico previo casi siempre se efectuará incluso antes que el proyecto se inicie y este análisis se actualiza a medida que se disponga de más información.

- Comparación de productos de la competencia: Es de suma importancia la comprensión de los productos de la competencia para lograr el posicionamiento exitoso de un nuevo producto, adicionalmente este conocimiento puede ser una rica fuente de ideas para el diseño del producto y el proceso de producción.
- Modelado y construcción de prototipos: Cada una de las etapas del proceso de diseño del concepto abarca varias formas de modelos y prototipos. Éstas pueden incluir, entre otras: modelos iniciales para "pruebas de concepto", que ayudan a demostrar la factibilidad; modelos "sólo de forma", que se pueden presentar a clientes para evaluar la ergonomía y el estilo; modelos de hoja de cálculo de concesiones técnicas, y modelos experimentales de prueba, que se pueden usar para establecer parámetros de diseño para desempeño robusto.

APÉNDICE II: Análisis financiero.

Para la realización de este proyecto se hizo una proyección de costos para determinar la viabilidad del proyecto en México. Se hicieron las consideraciones pertinentes para establecer una inversión inicial.

Los términos de dicho estudio establecen una participación del gobierno de México por medio en subsidios o bonos para facilitar la adquisición de baños secos para las familias de clase baja y clase media-alta.

Del estudio el precio promedio por cada escusado para el usuario final es de 3,855 pesos con un subsidio del 15 el precio unitario por baño sería 3,276.75 pesos. El tiempo de amortización de la empresa está planteado a 6 años de operación donde en esos seis años se tiene una ganancia de 13,050,781 pesos en valor presente, lo que demuestra la viabilidad del proyecto.

Las consideraciones hechas son las siguientes:

Market Size:		# of toilets
Mexican Families	2,500,000	
Low Income	1,250,000	3,125,000
High Income	1,250,000	3,125,000
Toilets per family	2.5	

Cuadro 6.6: Consideraciones previas para el análisis financiero.

Donde el precio objetivo de fabricación por cada baño se encuentra entre 2,500 y 2,300 pesos. El subsidio en esos 6 años o las condonaciones tienen un monto de 644.507.812,50 millones de pesos a valor presente (considerando que el mercado tiene una demanda constante y tiende a la alza).

Con las cantidades estimadas se obtiene un arreglo de costos totales para el periodo de tiempo estimado. Estos se muestran de la siguiente forma:

DESCRIPCIÓN	PESOS
Diseño del producto	3,168,480
Máquinas y equipo	1,028,000
Mfg inicial	771,000
Total	238,709,631

Cuadro 6.7: Costos para el periodo de tiempo estimado.

Con los datos recabados podemos ver la que se necesita una inversión inicial de 280,000 USD para iniciar las operaciones de la planta.

La siguiente tabla muestra los costos en USD:

Calendar Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
Penetration Rate (Low Income)	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%	1.5%	3.5%	5.0%	
Expected Volumes (Low Income)	-	1,563	4,688	15,625	46,875	109,375	156,250	334,375
Subsidized Cost	\$ -	\$ 234,375	\$ 703,125	\$ 2,343,750	\$ 7,031,250	\$ 16,406,250	\$ 23,437,500	\$ 50,156,250
Government Subsidy	\$ -	\$ 234,375	\$ 703,125	\$ 2,343,750	\$ 7,031,250	\$ 16,406,250	\$ 23,437,500	\$ 50,156,250
Low Income Revenue	\$ -	\$ 468,750	\$ 1,406,250	\$ 4,687,500	\$ 14,062,500	\$ 32,812,500	\$ 46,875,000	\$ 100,312,500
Penetration Rate (High Income)	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%	1.5%	
Expected Volumes (High Income)	-	-	-	1,563	4,688	15,625	46,875	68,750
High Income Revenue	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 468,750	\$ 1,406,250	\$ 4,687,500	\$ 14,062,500	\$ 20,625,000
Total Revenue	\$ -	\$ 468,750	\$ 1,406,250	\$ 5,156,250	\$ 15,468,750	\$ 37,500,000	\$ 60,937,500	\$ 120,937,500
FIXED COSTS (describe costs on separate page)	0	1	2	3	4	5	6	TOTAL
- Product Design	\$ 120,000	\$ 25,000	\$ 15,000	\$ 80,000	\$ 3,000	\$ 3,000	\$ -	\$ 246,000
- Machines & Equipment	\$ 50,000	\$ -	\$ -	\$ 30,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 80,000
- Mfg Start-up	\$ 60,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 60,000
- SG&A	\$ 50,000	\$ 70,313	\$ 210,938	\$ 773,438	\$ 2,320,313	\$ 5,625,000	\$ 9,140,625	
PRODUCT'S FIXED COSTS	\$ 280,000	\$ 95,313	\$ 225,938	\$ 883,438	\$ 2,323,313	\$ 5,628,000	\$ 9,140,625	\$ 18,576,625
VARIABLE COSTS / unit (describe costs on separate page)	0	1	2	3	4	5	6	
- Material	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00					
- Labor	\$ 1.50	\$ 5.00	\$ 5.00					
- Overhead %								
Material OH	15%							
Labor OH	15%							
Total Overhead Cost	\$ 30.23	\$ 30.75	\$ 30.75	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
- Misc	\$ 80,300.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
- Outsourcing costs				\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 250.00	
PRODUCT'S VARIABLE COSTS / unit	\$ 80,531.73	\$ 235.75	\$ 235.75	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 250.00	
ANALYSIS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Unit Contribution Margin (Price - Variable Cost)	\$ (80,231.73)	\$ 64.25	\$ 64.25	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 50.00	
Gross Profit Margin	-100%	27%	27%	20%	20%	20%	20%	
Revenues	\$ -	\$ 468,750	\$ 1,406,250	\$ 5,156,250	\$ 15,468,750	\$ 37,500,000	\$ 60,937,500	
Total Variable Costs (Volume * Var Cost/unit)	\$ -	\$ 368,359	\$ 1,105,078	\$ 4,296,875	\$ 12,890,625	\$ 31,250,000	\$ 50,781,250	
Gross Profit (Rev - Tot Var Costs)	\$ -	\$ 100,391	\$ 301,172	\$ 859,375	\$ 2,578,125	\$ 6,250,000	\$ 10,156,250	
Fixed Costs	\$ 280,000	\$ 95,313	\$ 225,938	\$ 883,438	\$ 2,323,313	\$ 5,628,000	\$ 9,140,625	
Pretax Income (Loss)=Gross Profit-Fixed	\$ (280,000)	\$ 5,078	\$ 75,234	\$ (24,063)	\$ 254,813	\$ 622,000	\$ 1,015,625	

Se planea que para los primeros meses se tenga una producción aproximada de 1400 baños, con cuatro cuadrillas de 4 trabajadores en dos turnos. La siguiente tabla muestra los costos de fabricación por unidad en ese periodo:

Part	Amount	Time of Asemble (seconds)	Cost for Piece (in pesos)
Toilet	1	0	800
Buje	1	30	47
Link1	1	45	83
Link1	1	45	179
Guie	2	60	38
Sring for return	1	30	100
Sprin to click	1	30	40
Pedal axe	1	30	300
Dispesor	1	30	27
Mix top	1	30	60
Recipient	1	30	69
Grate	1	30	30
Top for sand	1	20	5
Recipient	1	30	59
Lateral Top	1	30	120
Toilet Grate	1	20	10
Ventilador	1	40	180
Traba	1	30	150
Total	19	560	2,297

Cuadro 6.8: Costos de fabricación por unidad.

El tiempo de ensamble por unidad es de 10 min aproximadamente, se planea conseguir proveedores para la gran mayoría de las piezas menos para el cuerpo de la taza ese se realizara dentro de la planta. Los costos directos aparecen en la siguiente tabla:

Direct Cost	Cost (in pesos)
Tools Mold	2,000
"Mold"	7,000
Insume	260
Others Tools	3,000
Template	6,000
Tools Mold	900
Matenim	250,000
Manejo de inventario	10,000
Distribución	1,277,800
Inventory of sales	15,000
Total	1,571,960

Cuadro 6.9: Costos directos.

Y los costos indirectos imprevistos son los siguientes:

Indirect cost	Cost (in pesos)
Rent of work space	800,000
consum Tools	1000
Social Security	760
Office Papers	15,000
Protección Equip	2,400
Gas, electecity	12,000
Electricity	8000
taxs	15,000
Unforeseen expenses	20,000
Horn	164,480.00
Total Indirect cost	1,038,640

Cuadro 6.10: Costos indirectos.

Cualquier otro gasto que no aparezca dentro de estas previsiones entrará dentro de los costos indirectos.

APÉNDICE III: Ejemplos de entrevistas a usuarios.

User Interview

Woman
20 years old
Student

QUESTION/PROMPT	CUSTOMER STATEMENT SPANISH	CUSTOMER STATEMENT	INTERPRETED NEED	AREA OF STUDY
Typical use	Cuando una mujer esta menstruando puede manchar el escusado.	When a girl has her period she can leave the toilet dirty with blood	It works with blood and stays clean	Hygiene
	pones papel alrededor pero el papel se cae	Sometimes when you put toilet paper it falls down	It stays clean for every use	Hygiene
Untypical use	Muchas tiran las toallas sanitarias en los baños	A lot of girls toss their pads into the toilet	It provides a container for pads and tampons	Hygiene
	El vomito en un escusado se va rápidamente. Le jalas y queda limpio	I rather vomiting on the toilet cause it can be cleaned easily	It provides other functions like vomiting and it is easy to clean	Hygiene
Likes - current tool	Papelitos para cubrir el asiento para que te sientes	I like the paper toilet covers	It is clean for its use	Hygiene
Dislikes – current tool	Por mínimo que este sucio el baño puede causar infecciones	if the toilet is dirty a girl can get an infection	It eliminates the pathogens	Hygiene
	Al soltar se puede salpicar la tapa	When you flush the toilet it can spill on it	it avoids spills	Hygiene
	Aunque casi me orinaba cuando tenia que poner el papelito	I don't like to hold it until the cover is set	It is ready for its use continuously	Hygiene
	es muy molesto cuando se jala y no se va bien tiene que quedar completamente limpio	Its very annoying to flush it and it doesn't get completely clean	It is clean always	Hygiene

	Es muy molesto tener que ir al baño de aguilita	When the toilet is dirty I don't like to sit on it so I do it like standing above(eagle pose)	It is disinfected and clean always	Hygiene
	Es muy molesto tener que ir al baño con tacones	I don't like wearing heels when I'm doing the Eagle pose	It provides different heights	Ergonomics
	Es muy molesto tener que ir al baño muy altos	I don't like tall toilets	It provides different heights	Ergonomics
	Es muy molesto tener que ir al baño muy incómodos	I don't like uncomfortable toilets	It provides comfort	Ergonomics
	No me agradan los que son tan largos	I don't like the large ones	It fits with each person	Ergonomics
	cuando están sucios da asco sostenerse de cualquier lado	I get nauseas if I need to hold myself from somewhere	It works by itself	Hygiene and Ergonomics
	haces de aguilita	I hate Eagle pose	It is clean and comfortable to sit	Ergonomics
	Si huele asqueroso se te quitan las ganas, prefiero aguantarme a entrar. Y esto puede provocar infecciones de vías urinarias.	If it stinks you don't want to go anymore, I rather to hold it than going.	It smells nice to have a better experience	Health and Hygiene
	Si entras y huele mal aunque le jales no sientes la sensación de que esta limpio	If it stinks even if you flush it the odor stays	It smells nice all the time	Hygiene
	En muchos públicos aguas tratadas sigue sintiéndose sucio	If they use colored recycled water it still feels dirty	It gives you the sensation of clean	Hygiene
	Lo mas asqueroso es que quede el derrapon(que se quede pegado en las paredes)	It is disgusting if some stays on the toilets wall	It avoid showing the content	Hygiene

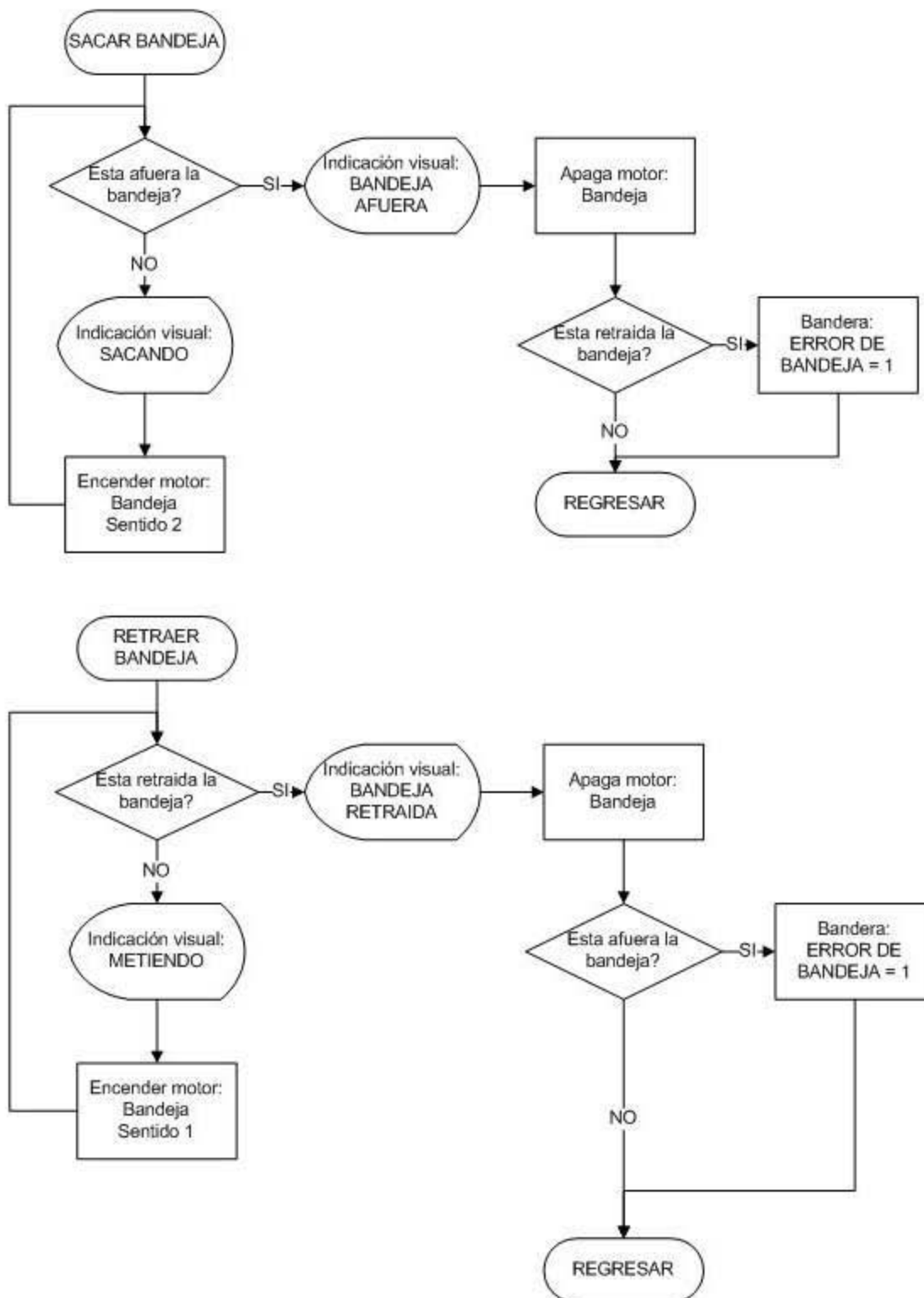
	Se vomita si le salpica	I hate if it spills on me	It keeps everything inside	Hygiene
Suggested improvements	Nunca ha tenido la experiencia de cuclillas	I have never tried another position	It has the universal position of a toilet	Ergonomics
	Acústica, muy mal diseñado	The design of the acoustic is not the best one	It quiets the sounds	Sensations
	Pero tampoco que huelo a mucho perfume por que sales y quedas oliendo a baño	I don't like when they are very aromatized	It smells in a good portion(not exaggerated)	Sensations
	Si vomitas en otro lado se queda el olor y tienes que limpiar.	If you vomit somewhere else the odor stays and its hard to clean it	It smells good after you use it	Hygiene and Sensations
	Se queda mucho el olor en un baño.	It's very hard to take off the odor	It is very easy to clean and to ventilate	Hygiene and Sensations
Sensation	Sensación de alivio	Feeling of relieve	It gives satisfaction	Sensations
	saber que estas dejando limpio	When you flush it you get the Knowledge of leave it clean	Ensure it stays clean after its use	Hygiene and Sensations
	antihigiénico sentarse,	I feel it antihygenic when I need to sit on public toilets (PT)	It provides a sensation that it is yours	Hygiene

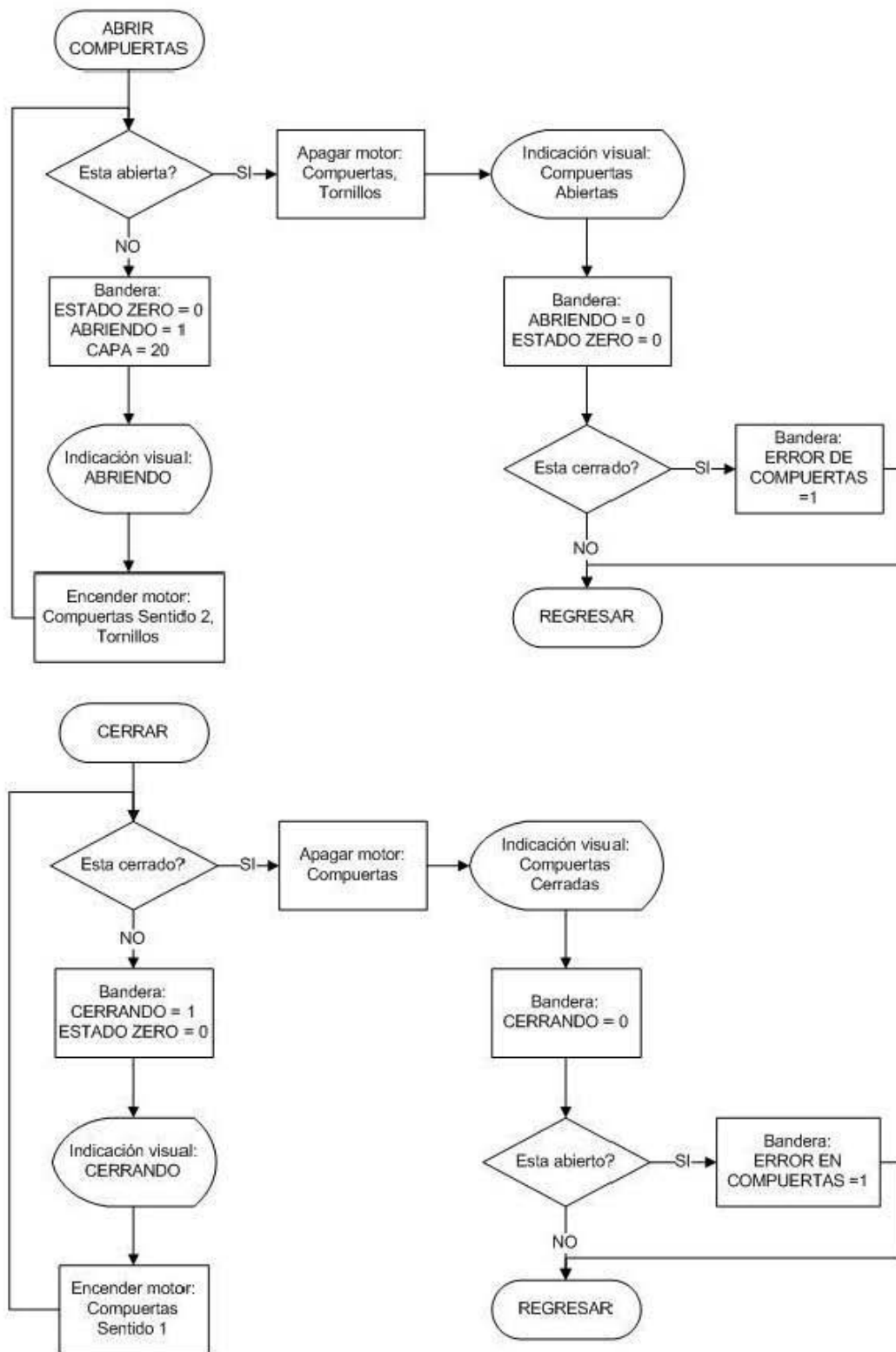
APÉNDICE IV: Requerimientos y especificaciones.

Necesidad	Requerimiento	Especificaciones
<p>Sensación de seguridad</p> <p>Que el escusado este limpio</p> <p>El color (relacionado con la necesidad anterior, refleje limpieza).</p> <p>Resistencia (que el escusado no se mueva cuando se sienta la persona, el material parezca resistente y liso).</p>	<p>Limpieza</p> <p>Seguridad estructural</p>	<p>La limpieza del baño sea sencilla (se debe limpiar de una sola vez y el color debe ser claro (blanco)).</p> <p>El escusado tiene que soportar el peso de dos personas sin moverse (180 kg).</p>
<p>Ergonomía y percepción</p> <p>Que resulte cómodo (evitar que se fatiguen las piernas, los glúteos y que sea confortable para sentarse).</p> <p>El color del escusado debe reflejar limpieza, en pocas palabras el color se asocia con la fácil identificación de la suciedad en el interior de la taza (colores claros son los preferidos por la gente).</p> <p>El olor_ del escusado debe ser agradable evitando olores penetrantes o que molesten al usuario.</p>	<p>Posición ergonómica para sentarse</p> <p>Color que ayude a su limpieza.</p> <p>Evitar olores desagradables.</p>	<p>Las dimensiones del escusado deben basarse en la comodidad de una persona de 1.5 a 1.75 [m] de altura.</p> <p>El material del baño tiene que tener una rugosidad mínima (como un rango de 0.01 a 0.0015 [mm]).</p> <p>El escusado debe de soportar el uso de sustancias corrosivas diluidas para su limpieza (con un pH 13).</p> <p>El baño no debe tener ningún olor, (el número de partículas por millón en el ambiente de coliformes fecales debe ser reducido a la mitad de la norma actual).</p>

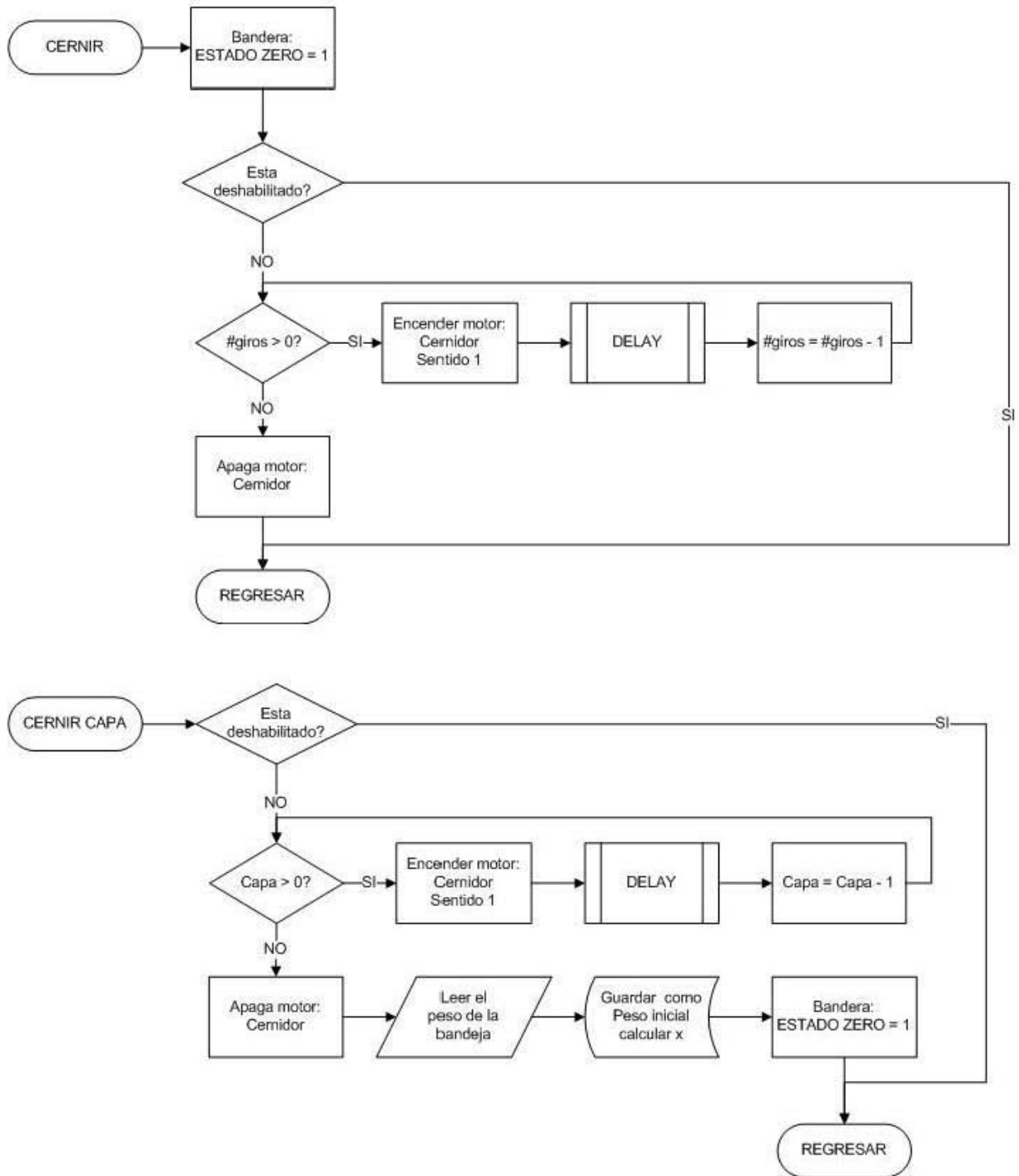
<p>Funcionamiento</p> <p>Los usuarios de un baño esperan que nunca falle y evitan repararlo menos posible (evitan tener una mínima interacción con el escusado en la mayoría de los casos)</p> <p>Las personas además de deshacerse de sus desechos por medio del escusado lo usan para:</p> <p>Para vomitar cuando se sienten mal.</p> <p>Desechar el excremento de sus mascotas y sólidos pequeños (colillas de cigarros, papeles, comida, etc.)</p> <p>Desechar líquidos o del agua del trapeador.</p> <p>Los usuarios esperan que un escusado sea casi automático (tener una mínima interacción con el dispositivo), además que debe tener elementos para el confort y de esparcimiento (revisteros, juguetes, entradas para dispositivos multimedia, etc.)</p>	<p>Que esté disponible todo el tiempo para su funcionamiento</p> <p>Ayudar a desechar otro tipo de materia.</p> <p>El funcionamiento de ser sencillo y de una sola operación para el usuario.</p>	<p>El dispositivo debe permanecer sin fallar cuando menos 250,000 ciclos de uso sin problemas</p> <p>El baño solo servirá para deshacerse de materia orgánica, excremento principalmente y de manera ocasional, otros tipos de desechos de materia orgánica.</p> <p>El dispositivo tiene que funcionar con un mínimo de acciones que el usuario debe hacer, de preferencia realizar solo una acción para deshacerse de la materia fecal y una acción para deshacerse del material en proceso de composta.</p>
<p>Otros</p> <p>La mayoría de las personas están dispuestas a tener un baño que ayude a ahorrar agua (pero no específicamente un baño seco).</p> <p>El precio de dispositivo no debe variar mucho de los actuales dispositivos que usan agua.</p>	<p>Reducir el consumo de agua (en este caso no usar agua).</p> <p>Tener un precio tope del producto similar o poco más elevado del producto.</p>	<p>Se agregara 30ml de agua para eliminar la orina.</p> <p>El precio del baño no debe exceder en un 25% el precio de un escusado convencional de agua.</p>

APÉNDICE V: Diagrama de flujo de las subrutinas del Programa Principal.

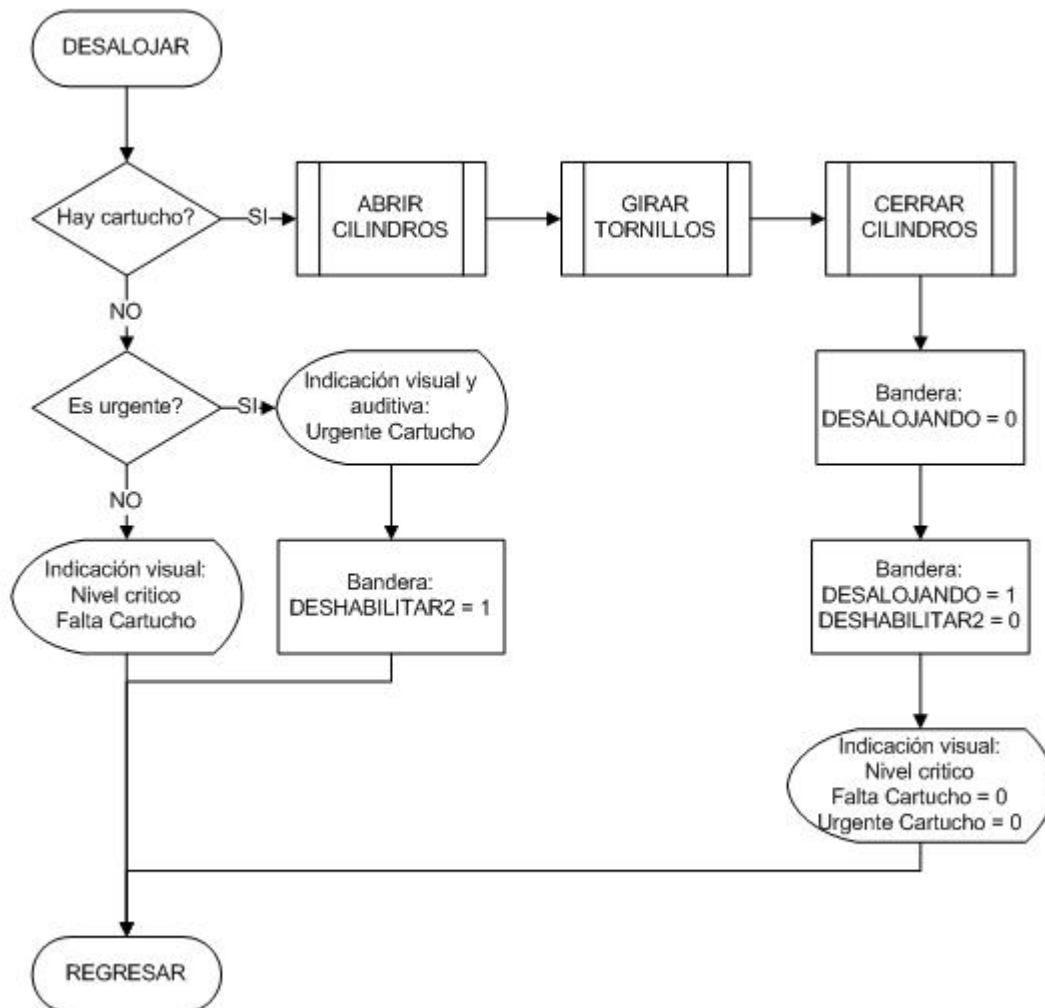




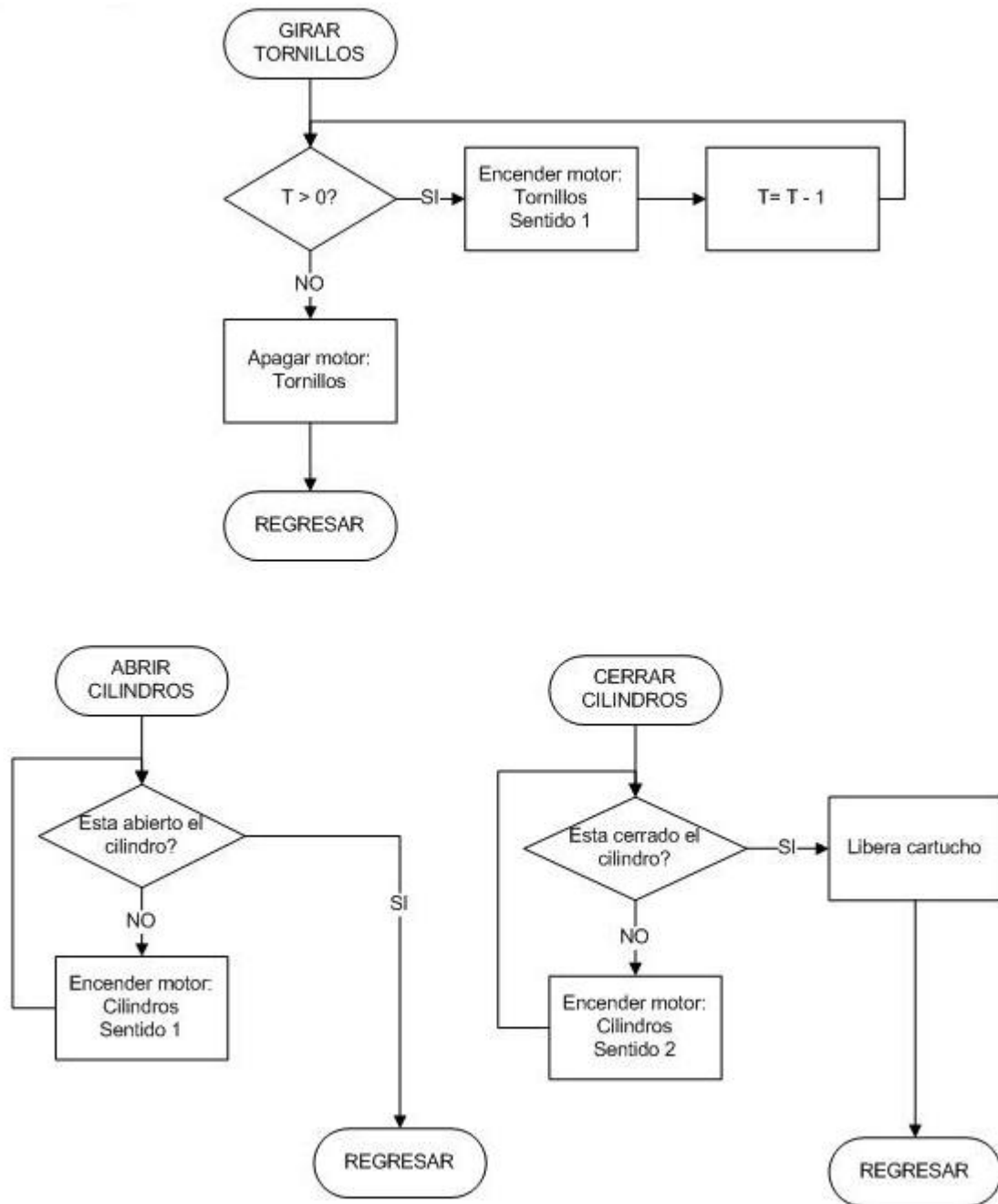
Cuadro 6.12: Diagrama de flujo de las funciones abrir y cerrar las compuertas de la bandeja.



Cuadro 6.13: Diagrama de flujo de las funciones cernir y cernir capa.



Cuadro 6.14: Diagrama de flujo de las función desalojar el cilindro de salida.



Cuadro 6.15: Diagrama de flujo de las funciones girar tornillos, abrir cilindros y cerrar cilindros.