



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de diseño de un
sistema de higienización
para un sanitario público**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera Mecánica

P R E S E N T A

Airi Abigail Velásquez Mendoza

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Vicente Borja Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, la máxima casa de estudios.

A mis queridos padres y hermana, por su apoyo, amor y comprensión.

A mi director de tesis Dr. Vicente Borja Ramírez, por la paciencia, todo el apoyo y conocimiento que me brindó.

A los profesores Arturo Treviño Arizmendi, Alejandro C. Ramírez Reivich, Yesica Escalera Matamoros por su asesoría e interés en el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos Gaby, Héctor, Alex y Eriván, por su dedicación y apoyo en el proyecto.

Investigación realizada gracias al apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de sus Programas UNAM-PAPIIT IT101718 y 103320.

Resumen

Hoy en día, proponer y desarrollar cualquier tipo de proyecto relacionado con el agua potable, es hablar de un tema delicado debido a la existente crisis mundial de agua. Desde hace ya varios años se manifiesta una preocupación a nivel mundial por los serios problemas de escasez de este valioso líquido, sin embargo, los esfuerzos por conservar y aprovechar de manera correcta este recurso no parecen ser suficientes de acuerdo al estilo de vida que llevamos.

Analizar las diferentes actividades de uso que le damos al agua potable y encontrar una oportunidad de mejora en alguna de ellas es un reto que diversas ramas del conocimiento han adoptado para la investigación y desarrollo de nuevos proyectos y métodos que logren disminuir el consumo y desperdicio del agua.

En el campo de la ingeniería y el diseño se han ido mejorando algunos procesos tales como la extracción, acumulación, distribución, tratamiento de agua residual, sistemas de riego, desalinización de agua marina o la obtención de energía eléctrica mediante medios hidráulicos. Así como, se ha ido rediseñando e innovando en artefactos que reemplacen aquellos objetos que solucionan actualmente nuestros problemas cotidianos con tecnologías vinculadas al agua, de tal forma, que podamos seguir cubriendo las necesidades de la población con nueva tecnología que prescindan del agua como su principal fuente de funcionamiento.

El inodoro, por su definición, es un aparato sanitario que sirve para evacuar los excrementos y la orina, provisto de un sifón que evita los malos olores. Los inodoros son utilizados en todo el mundo puesto que satisfacen una necesidad indispensable para el ser humano. Su diseño no ha tenido grandes cambios desde su invención, por lo que ha venido a representar un área de oportunidad para el ahorro de agua potable, ya que su principio de funcionamiento es un sistema de cierre hidráulico, el cual, podría ser mejorado o sustituido para evitar contaminar el agua en cada uso.

En el desarrollo de esta tesis, se pretende analizar el sistema de higienización de los baños públicos, específicamente en el sistema del inodoro, de tal forma que se logren identificar los elementos e interacciones más importantes causantes de la mala experiencia que reportan los usuarios en estos baños, al término del escrito, se presenta una propuesta de diseño de un inodoro seco con separación de orina y un sistema de higienización en un escenario de baño público que permita al usuario sentirse cómodo al hacer uso de este tipo de escusados, con ello, esperamos dar a conocer al usuario las ventajas ecológicas de hacer uso de un baño seco y se permitan adoptarlo en su cotidianidad.

Se reconoce el trabajo realizado por los diversos equipos interdisciplinarios que contribuyeron en la investigación y realización de pruebas y prototipos que constituyen parte importante de esta tesis, así como a los profesores que le han dado continuidad a este proyecto.

Contenido

Agradecimientos	4
Resumen	6
Capítulo I. Introducción.....	10
Capítulo II. Antecedentes	12
Capítulo III. Definición del problema	22
Objetivo.....	23
Alcances	23
Justificación	24
Metodología	24
Equipo de trabajo	26
Capítulo IV. Usuario	31
Identificar las necesidades del cliente	31
Escenario.....	31
Contexto: Volumen de desechos	35
Usuarios	36
Observación a usuarios.....	37
Necesidades	40
Estudio comparativo y diagramas de polaridad.....	41
Establecer especificaciones objetivo.....	49

Capítulo V. Producto	53
Generación de conceptos	53
Análisis funcional del sistema existente.....	53
Recursos.....	57
Información acerca de la situación del problema	58
Idealidad	58
Selección de conceptos	62
Contradicciones presentes en el sistema	62
Asiento giratorio con accionamiento por pedal	67
Asiento abatible con accionamiento manual	68
Asiento deslizable accionamiento por botón	69
Prueba de conceptos	70
Pruebas de función crítica	70
Capítulo VI. Prototipo	80
Especificaciones finales	80
Especificaciones	80
Funciones del producto.....	82
Diseño de prototipo Cekó	83
Prototipo y protocolo de pruebas.....	86
Manufactura	86
Protocolo de pruebas.....	88
Pruebas con usuarios	91
Resultados	92
Requerimientos redefinidos.....	95
Métricas redefinidas	96
Capítulo VII. Conclusiones y trabajo a futuro	98
Capítulo VIII. Referencias.....	100

Capítulo I.

Introducción

El presente proyecto muestra el desarrollo de investigación y determinación de las necesidades de los usuarios al hacer uso de un baño público. Como resultado, se muestra el diseño de detalle y prototipo al que se llegó a partir de la implementación de la metodología de diseño centrado en el usuario, en el que, a partir de la definición del problema, se identifican las necesidades de los involucrados con el sistema, se establecen las especificaciones, se generan, evalúan y seleccionan los conceptos de producto y se desarrolla un prototipo final, el cual, deberá satisfacer las necesidades del usuario, puesto que el desarrollo y diseño parten de la comprensión de éste.

El sistema "sanitario público" es analizado con TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Inventiva). El análisis de cientos de miles de documentos de patentes que dio lugar a TRIZ, identificó una serie de pautas que nos ayudan a predecir cómo puede evolucionar un sistema, así como determinadas configuraciones tecnológicas, lo cual nos permite dar solución a problemas semejantes y encontrar nuevas áreas de oportunidad de innovación.

Como toda técnica de creatividad, el resultado de aplicar TRIZ para resolver problemas y generar soluciones ingeniosas, requiere cierta evaluación. Así pues, es posible que no todas las ideas generadas con TRIZ puedan ser desarrolladas, sin embargo, aquellas que lleguen a su implementación seguro son de gran calidad.

El concepto de baño público surge a partir de una necesidad colectiva de contar con recintos apropiados para defecar, sin embargo, a medida que avanza la sociedad, los baños públicos fueron desapareciendo conforme fue posible disponer de sanitarios privados, no obstante, los aseos públicos no desaparecieron por completo, pues aún existe la necesidad de contar con baños en lugares concurridos de diversos tipos como escuelas, hospitales, hoteles, restaurantes, plazas, entre otros.

Cuando alguien hace uso del inodoro, está inevitablemente contaminando el agua y aunque existen algunas alternativas en baños ecológicos que promueven el ahorro de agua y ofrecen una manera de tratar las excretas para aprovecharlas como materia orgánica, aún no son competencia para el WC convencional. Esto deja una amplia gama de posibilidades de incursionar en el desarrollo de una propuesta que incremente su comercialización y su oportunidad en la estructura de la sociedad.

El resultado de este proyecto pretende ser una propuesta factible para lograr incorporar los sanitarios secos en el contexto urbano, comenzando por su implementación en baños públicos. Sabemos que los escusados secos, debido a la ausencia de agua, son relacionados directamente con poca higiene y malos olores, sin embargo, esta percepción de la sociedad podría llegarse a cambiar si logramos brindar una mejor experiencia en su uso y damos a conocer su ventaja ecológica a través de un sanitario no solo seco, si no, también higiénico y tecnológico.

Sintetizar la estructura de la tesis.

Capítulo II.

Antecedentes

Salud

Con base en información del año 2013, la Organización de Naciones Unidas, reconoció que 2.400 millones de personas en el mundo no tiene acceso a un sistema sanitario básico. Esta cifra representa el 40% de la población del planeta. Para el año 2015, la ONU incluiría entre sus objetivos de desarrollo sostenible para 2030 el acceso global a un aseo digno. (National Geographic, 2020)

Según la Organización Mundial de la Salud y UNICEF, en 2016, el 21% de las instalaciones médicas en todo el mundo no tenían servicio de saneamiento, lo que afecta a más de 1500 millones de personas. Más de 620 millones de niños en todo el mundo carecían de servicios básicos de saneamiento en sus escuelas.

La OMS estima que por cada dólar invertido en agua e inodoros se ahorra un promedio de cuatro dólares gracias a la disminución de los costos médicos, las muertes y la mayor productividad. La promoción de la higiene es una de las intervenciones de salud pública más rentables. Por el contrario, la falta de saneamiento frena el crecimiento económico.

La falta de un sistema adecuado para lidiar con las necesidades fisiológicas de la población (una persona excreta al año entre 60 y 145 kilos de materia fecal y produce cerca de 500 litros de orina) provoca la contaminación de las aguas dulces y las aguas contenidas en los suelos y numerosas enfermedades. (BBC News, 2010)

Cada año, 297.000 niños menores de 5 años mueren debido a la diarrea relacionada con la falta de agua, saneamiento e higiene. El saneamiento deficiente y el agua contaminada también están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea. (UNISEF, 2019)

Según datos de la Organización Panamericana de la Salud, en 2017, el 74,3% y el 31,3% de la población respectivamente tenían acceso a servicios de agua y saneamiento gestionados de forma segura, es decir, que aún 82,7 millones de personas carecían de saneamiento básico en la región, y, de estos, el 18,8%, o 15,5 millones, continuaban practicando la defecación al aire libre.

“Mejorar el acceso al agua y al saneamiento con políticas y acciones multisectoriales sigue siendo crítico para prevenir enfermedades y salvar vidas”, asegura Marcos Espinal, director del Departamento de Enfermedades Transmisibles y Determinantes Ambientales de la Salud de esta Organización. (Naciones Unidas, 2019)

En la India, donde unos 665 millones de personas no tiene aún acceso a unas instalaciones adecuadas, la defecación al aire libre es muy común; algo que actúa propagando enfermedades y que encarna en la actualidad un grave problema sanitario.

El gobierno de la India se ha comprometido a construir cien millones de baños en aras de cumplir con los objetivos para el 2019, sin embargo, aunque más de nueve millones de inodoros ya han sido instalados desde 2014 en la India, proporcionar retretes no es suficiente. Los informes muestran que sin educación la gente no entiende por qué deben cambiar sus hábitos, y no es raro que los baños donados por organizaciones benéficas queden olvidados en algún lugar sin instalarse, así como tampoco es extraño que los baños financiados por el gobierno funcionen mal o caigan en el desuso. (National Geographic, 2020)

Ergonomía

Dentro de la cultura del W.C. convencional de occidente, las personas requieren en promedio permanecer sentados en la taza de baño alrededor de 2 minutos para poder realizar sus necesidades. En países en desarrollo e incluso en algunas zonas de México donde aún no existe infraestructura urbana hidráulica suficiente, las personas hacen sus necesidades en baños rudimentarios donde se acondiciona un cuarto con un hueco en el suelo y no hay tazas de baño con asiento, esta condición obliga al usuario a ponerse en cuclillas sobre el hoyo para hacer del baño. El promedio de tiempo que la persona requiere para evacuar en estas condiciones es de 59 segundos, lo cual resulta más saludable.

Los expertos recomiendan adoptar una posición de cuclillas, anatómicamente, ésta posición es la mejor postura, ya que el ángulo permite un tránsito más suave. Los movimientos intestinales son más rápidos y se hace menos esfuerzo, mientras que, la posición sentada sobre el asiento de baño en un ángulo de 90° provoca que se constriña el colon, haciendo más difícil la tarea de evacuar. Lo anterior, aunado a los problemas de estreñimiento, mala digestión y demás problemas intestinales que sufre hoy en día la sociedad, aumentan los tiempos promedios que permanecemos sentados en la taza de un escusado, incrementando la posibilidad de padecer problemas de hemorroides, desmayos e inclusive, derrames cerebrales.



Figura 1. Elevar las rodillas al ir al baño para cambiar el ángulo pélvico de 90 a 35 grados podría ayudar a relajar tus intestinos.

A mediados de los 1960, el profesor Alexander Kira, de la Universidad de Cornell, describió el retrete de asiento como "el más inadecuado elemento jamás diseñado".

El médico personal de Elvis Presley especuló que el ataque cardíaco que mató al rey del Rock fue causado por el esfuerzo que hizo yendo al baño (BBC News, 2019)

Entonces, ¿Deberíamos olvidarnos de nuestras tazas de baño convencionales y volver a hacer hoyos en la tierra para mejorar nuestra postura al evacuar?, ¿Que hay sobre la percepción de limpieza y los riesgos sanitarios reales en este tipo de baños?

Quizás debamos empezar a proponer nuevos diseños de escusado que den solución a los problemas que se han ido encontrando durante la historia de los escusados, o ¿Es que ya existe el baño perfecto?, ¿Cómo ha sido su transformación?, ¿Qué tantos modelos existen actualmente en el mercado?, ¿Están al alcance de toda la población?

Historia de los baños

¿Por qué seguimos usando inodoros de asiento en muchas partes del mundo?

Se estima que los primeros retretes básicos se remontan a unos 6.000 años, en la antigua Mesopotamia. (BBC News, 2019)



Figura 2. Para el año 315 d. C., en Roma había 144 escusados públicos e ir al baño se había convertido en un evento social.

Un baño público de 2.000 años de antigüedad, excavado en el monte Palatino en Roma, estaba compuesto de más 50 huecos, uno al lado del otro.

El primer retrete con descarga fue inventado durante la época del renacimiento (1592) por John Harrington, un poeta y cortesano isabelino, que llamó a su creación el Ajax, el cuál no fue patentado ni muy reconocido en su época.

Más adelante en 1775, Alexander Cummings patentó el sistema del Water Closet y en 1884 el hojalatero inglés Thomas Crapper desarrolló la tubería en U o sifón, que creaba un tapón de agua para evitar el regreso de gases y olores producidos por el desperdicio. Su diseño fue patentado hasta 1861.

68

THOMAS CRAPPER & COMPANY,

Pedestal Wash-down Closets. "The Cedric."

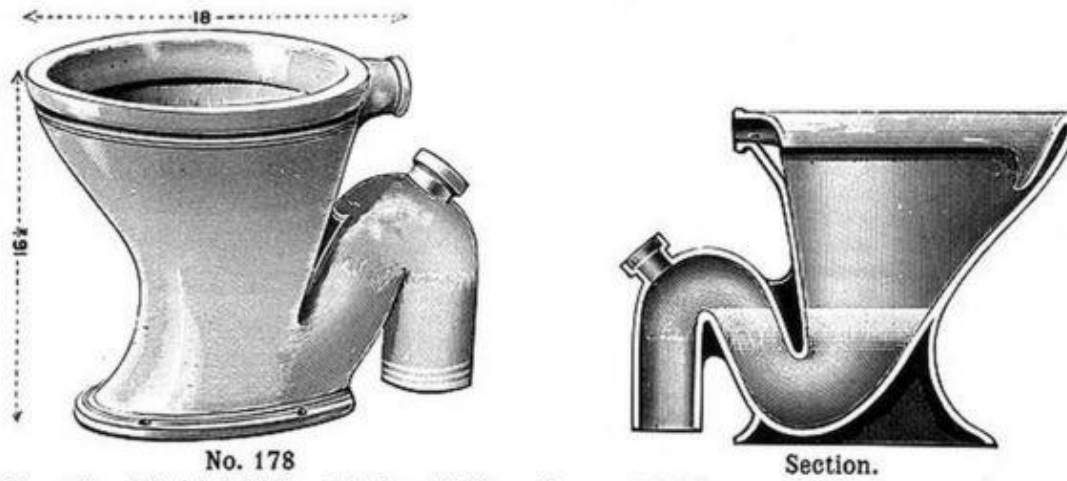


Figura 3. El diseño de Crapper, con la tubería en U, obligó a que los retretes fueran elevados en forma de silla.

Ese modelo taza de baño ha llegado a ser considerado como un gran logro y señal de la "civilización" en Occidente.

Diseño

A partir de los años 80's, los baños comienzan a ser creados no solo con la finalidad que les da su uso, si no, que comienzan a experimentar en sus diseños con distintas gamas de colores en las tazas y cuartos de baño, buscando conectar el gusto de los usuarios con las nuevas propuestas.

En el siglo XX la gama de diseños en cuartos de baño es increíblemente amplia, lo que permite que cada usuario posea un cuarto de baño único a su gusto y con su propio estilo. Lo mismo ocurre con los espacios de baños públicos, los cuales ya no siguen una tendencia marcada en cuanto a estética, sin embargo, los diseñadores de estos espacios saben que proyectar un baño limpio y confortable pasa a ser importante para la comodidad y bienestar de los usuarios.

Unos de los aspectos más importantes de este final de siglo es la búsqueda de la convivencia de los conceptos de placer y disponibilidad, junto a los de ahorro y responsabilidad medioambiental. Por ello, se desarrollan y consolidan múltiples avances tecnológicos en el equipamiento de los espacios de baño, tales como: cartuchos cerámicos con limitador de temperatura en las griferías, nuevas griferías termostáticas, reducción del volumen en las cisternas de los inodoros, descargas de inodoro con dispositivos de interrupción y también doble pulsación, así como otros dispositivos que permiten una mejora en el consumo de agua, como el uso de las griferías electrónicas, principalmente en los espacios de higiene y aseo públicos. (Rull, 2018).

A partir del siglo XXI, los aparatos sanitarios se diseñan en líneas suaves, la luz natural, artificial se cuida en las estancias de baño, se convierte en un valor añadido, se busca la idoneidad y consonancia de los complementos del baño y se acentúa el concepto de espacio de placer e higiene personal, aunado a la implementación de inodoros hidroeficientes (reducción del caudal de agua), con una relación cada vez más equilibrada entre confort y sostenibilidad energética.

Como ejemplo a lo comentado, se señala la reducción del volumen de descarga en inodoros de los 6 litros-3litros, en descarga completa y media descarga respectivamente, a las cisternas de inodoro con descarga de 4 litros-2,5 litros, iluminación por leds integrada en espejos, o la aparición de aparatos de una sola pieza

con aprovechamiento de aguas grises en la cisterna de los inodoros, procedentes a su vez, del lavabo o lavamanos, así como de otros sistemas con aprovechamiento de aguas grises (lavabos, duchas y bañeras) para su instalación empotrada u oculta en paredes prefabricadas o falsos techos (Rull, 2018).



Figura 4. Modelo de lavabo e inodoro W+W de Roca / Inodoro multifunción "In Wash" de Roca

La evolución en los cuartos de baños, tiende a la integración de sistemas de electrónica y control digital, pues cada vez los vemos integrándose más en aparatos sanitarios y griferías.

No obstante, más allá de un sinfín de posibilidades tecnológicamente imaginativas, los espacios dedicados al baño e higiene personal deben responder al objetivo para el que han sido concebidos, sin perder la perspectiva de qué es lo que realmente se espera de estas estancias y sus elementos protagonistas. Sin duda, uno de estos objetivos debe ser la mejora funcional de las operaciones y servicios de aseo íntimo y personal, optimizando al máximo el consumo de agua y energía en el uso de los elementos de los que se dispone.

Precepción de los sanitarios públicos.

Los consumidores, según Colunga (1995) al tomar la decisión de ingresar a un establecimiento, se enfocan en aspectos de diseño, en los hechos y detalles que impresionan su elección.

Los diseñadores adecuan el producto a las necesidades del dueño del espacio, pero nunca al usuario, por lo que en muchas ocasiones los sanitarios ocupan el último lugar en ser realizados y éstos los efectúan con los recursos mínimos que deben cumplir.

El diseño de un baño refleja los objetivos del consumidor como del proveedor de servicios, y aunque la mayoría de los sanitarios se realizan con base en un diseño universal, se puede hacer uso de gran variedad de servicios complementarios, de modo que el espacio sea más cómodo y funcional para sus usuarios. En el caso de los baños públicos el diseño debe estar enfocado a la afluencia continua de personas que transitan por ese espacio, deberá contar con buena iluminación y estar bien equipado.

Un sanitario limpio es muestra de un sanitario sano, es decir sin gérmenes. La limpieza es lo primero que los usuarios esperan percibir al hacer uso de un baño. La responsabilidad de mantener los baños públicos lustrosos y del agrado de los usuarios es más grande de lo que parece, pues éstos influyen mucho en la percepción del usuario en cuanto al lugar en general. Ya sea un museo, un restaurante, una escuela o cualquier lugar de servicio público, si el usuario tuvo una mala experiencia en el uso de los sanitarios, es posible que evite ir de nuevo a ese lugar.

Debido a que, en los servicios sanitarios públicos, diversos tipos de personas con percepciones diferentes de limpieza e higiene hacen uso del servicio, se debe procurar mantener los cuartos de baño sin olores desagradables, llevando una inspección periódica del lugar, que incluya la limpieza de los inodoros, el retiro de basura, limpieza de contenedores y lavamanos, relleno de dispositivos complementarios de aseo, limpieza de pisos y comprobación del buen funcionamiento de todos los componentes del sanitario.

El agua

La extracción ineficiente del agua subterránea, el crecimiento sin planeación de las ciudades y el aumento en el número de sus habitantes, el alto requerimiento del sector agrícola e industrial, falta de infraestructura para tratar las aguas residuales, aunado a las sequías cada vez más severas, repercuten en la disponibilidad y calidad del agua.

La Organización de las Naciones Unidas reconoce que estas condiciones tienden a empeorar por los cambios en las condiciones climáticas. Esta situación incluso tiene

repercusiones en materia de salud, y seguridad del ambiente, del ser humano y del agua misma (EcoPUMA, 2020)

La escasez de agua es un problema grave. Es lo que se conoce como estrés hídrico: se produce cuando la demanda de agua potable es más alta que la cantidad disponible. Puede darse porque la calidad es tan baja que su uso no es apto para el consumo humano. En la Ciudad de México se extrae el doble de agua de la que se tiene dispuesta.

Las redes de agua potable en la Ciudad de México y en la zona metropolitana tienen pérdidas cercanas a 40 por ciento. Es urgente disminuirlas, recargar y utilizar mejor los acuíferos, y pensar en una fuente externa de abastecimiento para evitar la escasez.

Los lugares en que hay menos de 2 500 metros cúbicos de agua por habitante en un año, son sitios con estrés hídrico; alrededor de una tercera parte del mundo se encuentra en esta situación.

En México se tienen alrededor de 4 000 metros cúbicos de agua por persona, lo que supondría que las condiciones son buenas; sin embargo, más de la mitad del país posee niveles muy bajos del recurso y en otros estados hay más agua de la que se necesita, lo cual provoca inundaciones.

Una de las principales razones por las que el agua se está terminando es la demanda excesiva; durante el siglo pasado aumentó más de siete veces; se presentan mayores requerimientos del vital líquido, señaló el ~~investigador del~~ Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional (EcoPUMA, 2017)

El consumo personal de agua para beber, lavarse los dientes, bañarse y utilizar el inodoro, sólo representa 8% del uso anual. Sin embargo, también existe desperdicio que se puede evitar al cambiar de hábitos.

Consumo diario de agua de una persona en la CDMX ronda los 150L por persona y se eleva a 320L por tinacos y cisternas. El 80% se desperdicia y va directamente al drenaje en actividades diarias y 20% se usa para beber, lavado y cocción de alimentos, y regar plantas (Gaceta UNAM, 2018)

Aunque el uso personal de agua representa un porcentaje bajo del que se utiliza en el ámbito mundial, el reusar diariamente puede ser de gran impacto para reducir el agua residual.

Con base en el segundo informe de actividades de 2020 de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se ha venido trabajando en proyectos de ahorros presupuestales relativos al uso eficiente del agua en la UNAM. Se destacó la visita de estudiantes del programa de Especialidad en Ingeniería Sanitaria al sistema de ozonización¹ para la desinfección del agua destinada al uso y consumo humano en el Instituto de Ingeniería. Por otro lado, entre las obras de reacondicionamiento y preservación que se efectuaron en el campus central, se menciona la atención de tres fugas de agua y sustitución de tuberías en el edificio P.

Dentro de las acciones realizadas para fortalecer la infraestructura y lograr una entidad sustentable, se destacan, la adquisición de medidores nuevos y la localización de fugas en el conjunto sur.

La Facultad de Ingeniería obtuvo el primer lugar en el Concurso interfacultades por el uso eficiente de agua en la UNAM, *en el año* haciendo notar las diferentes medidas que ha ido adoptando para promover el aprovechamiento racional del agua y disminuir el consumo de ésta dentro de sus instalaciones.

Durante largo tiempo, equipos multidisciplinarios han trabajado en ideas, conceptos y desarrollo de prototipos de baños secos o sistemas generados entorno a la implementación de estos inodoros.

¹ Ozonización de agua: El agua ozonizada es un método de potabilización de agua que consiste en diluir el ozono en agua. El ozono es un desinfectante de bacterias, virus, parásitos y como una ayuda en la micro-floculación y reducción de sólidos suspendidos.

Capítulo III.

Definición del problema

La percepción que tiene la sociedad de los baños secos es muy parecida a la que se tiene de los baños públicos. La experiencia de los usuarios describe que éstos no cuentan con una limpieza frecuente, por lo tanto, suelen estar sucios y despiden olores desagradables. Los usuarios suelen usar un baño público más por necesidad que por elección o deseo, a pesar de que el problema no solo radica en la limpieza insuficiente y la falta de mantenimiento, sino que también los usuarios contribuyen en la mala higiene de éstos baños, haciendo mal uso de los escusados y demás mobiliario dentro del baño.

Los baños sucios, no solo son un problema de percepción para los usuarios, también, permiten la proliferación de bacterias, microbios, gérmenes y virus con lo que promueven enfermedades infecciosas.

Los inodoros tradicionales se limpian mediante la evacuación de volúmenes de agua ubicados en un rango que va desde los 13 hasta los 23 litros. Los inodoros de bajo consumo de agua son los que tecnológicamente se han desarrollado para trabajar con

volúmenes de 6 litros o menos de agua, sin embargo, la gran mayoría de los baños públicos no cuentan con dicha tecnología. por otro lado, el uso de baños secos aumenta la desconfianza de su limpieza, pues el control de malos olores que se producen en el tanque de fermentación es difícil de conseguir. La consideración del problema de ahorro y aprovechamiento del agua es indispensable para resolver un problema de limpieza en los inodoros.

Objetivo

El objetivo del presente proyecto es diseñar un sistema de higienización para los baños del edificio I de la Facultad de Ingeniería en Ciudad Universitaria, que logre dejar el asiento del baño limpio en cada uso, obteniendo así, la confianza del usuario de poder usar el baño sin escepticismo alguno en torno a su estado de limpieza. Incluir un sistema de limpieza para mayor higiene y confort, implica el uso de recursos hídricos, sin embargo, el diseño pretende cambiar y reducir el uso del agua en el sistema de baño, haciendo uso de ésta únicamente para la limpieza de superficies que entren en contacto con el usuario. Se pretende que este trabajo deje constancia del estudio para la implementación de este sistema de limpieza en baños públicos con la visión de poder facilitar la introducción de baños secos de uso común en un futuro.

Alcances

Al final de esta tesis se pretende mostrar el diseño de detalle de una propuesta de solución a la higienización y desinfección del asiento de un sanitario que promueve la separación de desechos líquidos y sólidos en un escenario de baño público, así como los resultados de la experiencia del usuario con un prototipo funcional del sistema desarrollado. Por otro lado, se redefinirán las especificaciones con base en el resultado de los comentarios obtenidos.

Justificación

Las diversas investigaciones que dieron pie a este proyecto, nos permiten enfocarnos en proponer una nueva y mejor experiencia del usuario en el uso de un baño colectivo a partir del desarrollo de un producto definido como un sistema de saneamiento de un baño seco implementado en las instalaciones de los baños públicos pertenecientes la Facultad de Ingeniería, edificio I. De tal forma que se logre contribuir con una solución al problema de perspectiva social que se tiene respecto a la higiene de estos sanitarios. Si la solución resulta factible y es aceptada por el grupo de usuarios del escenario planteado, podríamos extrapolar el diseño para la implementación de baños secos en diversos escenarios y con ello, construir una propuesta de solución compuesta que permita erradicar los problemas ambientales consecuentes del uso de los sanitarios actuales y facilite el aprovechamiento de los desechos humanos para composta sin poner en riesgo la confianza que el baño seco pueda generar en los usuarios.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se hizo uso de la metodología de diseño centrado en el usuario, en la cual, se tiene como objetivo llegar a desarrollo de una experiencia y no a la obtención de un producto. Esta variante del diseño tiene su inicio en la década de los 50's en donde los diseñadores tomaban como base la antropometría, ergonomía, arquitectura y biomecánica, con el objetivo de crear nuevas soluciones que pudieran adaptarse a las diversas características de las personas.

El proceso de diseño consiste en entender las necesidades de los involucrados y especificar el escenario de uso, crear los requerimientos que adoptará el producto o servicio para satisfacer las necesidades encontradas. A partir de lo anterior se crean soluciones de diseño para posteriormente evaluarlas y validar si éstas efectivamente logran complacer las necesidades de los usuarios.

La estructura del presente trabajo sigue el proceso de desarrollo de concepto propuesto en el libro *"Diseño y desarrollo de productos"* de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, que se muestra a continuación en la figura 5.

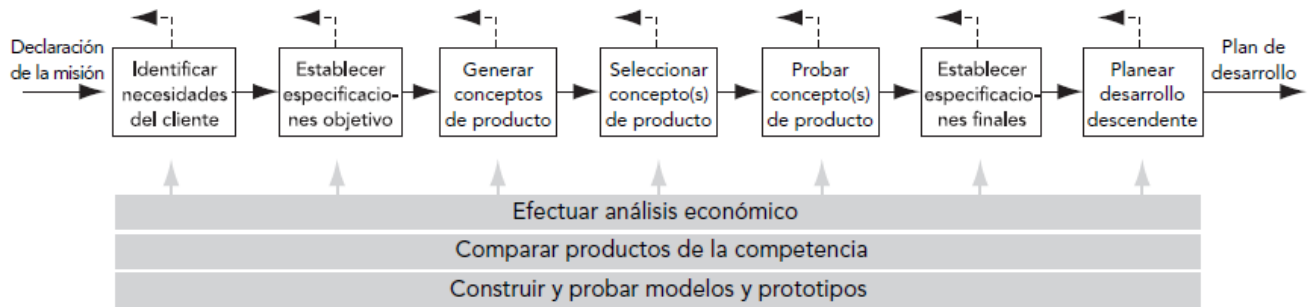


Figura 5. Esquema de actividades que comprenden la fase de desarrollo del concepto.

Se ahondará en el objetivo de cada una de las etapas conforme se presentan a lo largo del escrito.

En adición, el sistema es analizado con TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Inventiva). La serie de herramientas y principios de TRIZ permiten analizar y modelar un problema, aplicar soluciones estándar e identificar ideas inventivas para la generación de conceptos de solución.

El análisis descrito en este documento tiene como base los cuatro pilares fundamentales de TRIZ. (Mann)

- **Funcionalidad y sistémica:** nuestro entorno está lleno de sistemas con elementos o subsistemas interrelacionados entre sí, que aportan una función a algún otro sistema.
- **Idealidad:** lo importante de un sistema (en especial los artificiales o máquinas y aparatos) no son sus partes sino la función que aporta. Es una pauta del progreso que los sistemas tiendan a reducir sus partes e incluso a desaparecer, permaneciendo la función.
- **Uso de recursos:** En la búsqueda de la idealidad, las invenciones y avances más ingeniosos son aquellos que en lugar de añadir, sustraen elementos; y aprovechan, para resolver el problema, los recursos disponibles dentro del propio sistema o en un entorno inmediato.
- **Contradicciones:** Algunos problemas difíciles resueltos, tenían en común la resolución de contradicciones. En ocasiones, mejorar un aspecto o problema supone agravar otro, tenemos entonces un conflicto o contradicción. La solución

habitual es la de compromiso. TRIZ aporta una serie de sugerencias para tratar de 'salvar' la contradicción.

Equipo de trabajo

El trabajo descrito fue desarrollado por tres principales equipos multidisciplinarios que contribuyeron en distintas etapas del proyecto.

Durante el verano de 2019, un grupo de jóvenes del programa de verano de investigación "Delfín" provenientes de distintas universidades del interior de la República Mexicana, trabajaron en el proyecto de "Implementación de baños secos en la facultad de Ingeniería".



Diana Tinajero



Miguel Concha



Paola Picazo



Nelson Quintero



Martín Sánchez

y la autora de esta tesis

~ Incluye tu foto

El objetivo en esta etapa del proyecto fue diseñar un nuevo concepto de baño seco para las instalaciones de los baños del edificio I de la Facultad de Ingeniería con el propósito de lograr cambiar la perspectiva que tienen los usuarios y adaptar este concepto a un baño público, así como generar un sentimiento de higiene y confort en su uso.

Se propuso un concepto general de baño, una nueva distribución, colores, texturas y mobiliario para crear una mejor experiencia para el usuario al realizar esta actividad.

El reto fue intentar darle a conocer al usuario su contribución en la generación de un impacto favorable al ahorro de agua potable, causándole satisfacción y promoviendo el uso de este tipo de baños a partir del concepto de diseño.

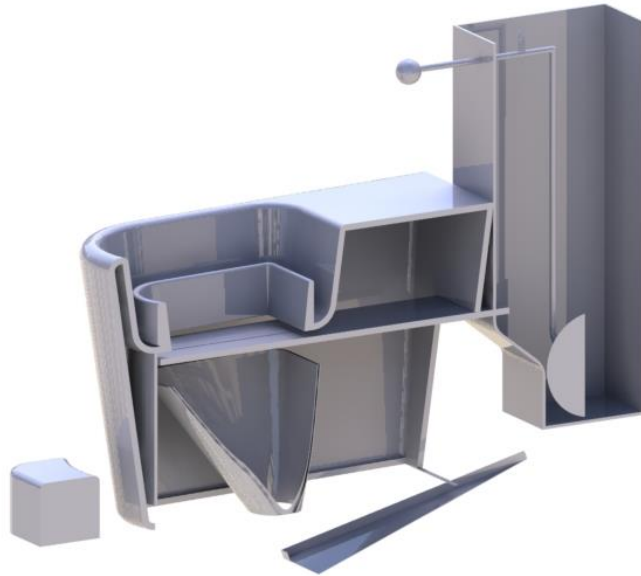


Figura 6. Vista isométrica y seccionada del diseño de mueble de baño al que se llegó durante el programa de investigación "Delfín"

El proyecto de la *"Implementación de baños secos en la Facultad de Ingeniería"* propone un diseño para separar los desechos sólidos y líquidos para posteriormente hacer uso del material sólido en compostaje. Se desarrolló un nuevo escusado con un mecanismo que evita el estancamiento de desechos, por lo que no es necesaria una descarga de agua para su limpieza contribuyendo al ahorro de este recurso. En la pared del escusado la persona puede ver una pila de tierra la cual se estaría mezclando con los desechos sólidos en cada uso, para así aprovechar los beneficios de éstos en la tierra realizando compostaje a la vez que se ahorra agua en cada descarga del excusado.



Figura 7. Render demostrativo de una caseta de baño.

Por otro lado, el concepto del baño busca concientizar a la comunidad UNAM del uso desmedido del agua en los baños, por lo que el concepto incorpora elementos verdes y sistemas de captación de agua en los lavabos, de tal forma que la persona que haga uso de estos baños, sienta una nueva y más agradable experiencia.



Figura 8. Render demostrativo del concepto de baño sustentable.

nos dimos

Gran parte de la etapa de investigación fue desarrollada con el grupo conformado por dos diseñadoras industriales y dos ingenieros mecánicos ~~quienes se dieron~~ a la tarea de estudiar a los usuarios, recopilar toda la información de contexto y definir con ello, los primeros requerimientos del producto.

Incluye foto



Susana García



Leobardo Estrada



Fernanda Pastor

El equipo trabajó con diversas entrevistas y pruebas de función crítica para la generación de conceptos de solución que fueron probados por diversos grupos de usuarios potenciales.

El diseño conceptual de un inodoro y un sistema de limpieza y desinfección del asiento al que se llegó finalmente, fue manufacturado para conseguir un prototipo que posteriormente sería probado con un grupo de voluntarios con el fin de recabar información del resultado de la experiencia con el usuario.

El producto obtenido gracias al trabajo de este equipo se presenta a detalle en esta tesis y en la desarrollada por María Pastor y Susana García; *CEKÓ, una propuesta sustentable de inodoro para un baño público.*

entre ellos la autora de esta tesis

El grupo conformado por cinco ingenieros mecánicos redefinió los requerimientos con base en el estudio realizado anteriormente a los usuarios y analizó los resultados obtenidos del prototipo del primer diseño conceptual, detectando las áreas de oportunidad de mejora y los éxitos logrados.



Gabriela Cárdenas



Alexander Bustamante



Héctor Alvarado



Daniel Urióstegui



Airi Velásquez

El equipo trabajó con diversas pruebas de función crítica y redefinió los criterios de selección para la evaluación de un concepto de solución, el cual se definió y llevó a un diseño de detalle junto con la generación de un protocolo de pruebas para su futuro desarrollo.

Capítulo IV.

Usuario

Identificar las necesidades del cliente

El objetivo de esta etapa es identificar a los usuarios, entender sus necesidades y el entorno en el que se plantea la solución del problema.

Escenario

Se plantea un escenario de 1 a 5 años en la Facultad de Ingeniería, dentro de Ciudad Universitaria, CDMX. La implementación de los baños será en el edificio I de la División de Ciencias Básicas en el Anexo de Ingeniería.

Sabemos que en 2020 la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería se conformó de 14,824 estudiantes, 13,349 de licenciatura y 1,475 de posgrado.

La clasificación de la población estudiantil de licenciatura por sexo indica que en un 26% está compuesta por mujeres, mientras que el restante 74% corresponde a hombres.

Matrícula

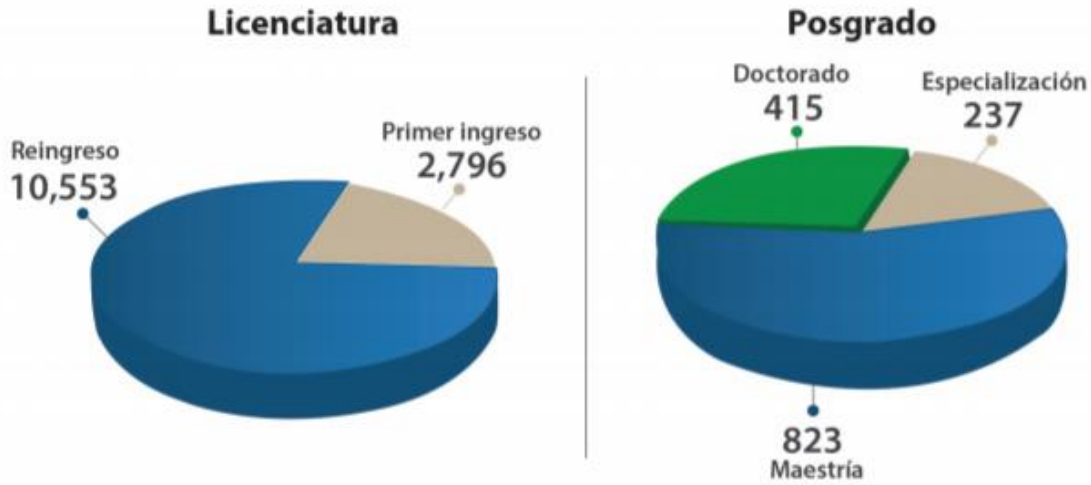


Figura 9. Composición de matrícula 2020. (Facultad de Ingeniería, UNAM, 2020).

El escenario a cinco años que se plantea para la implementación del proyecto, deberá satisfacer las necesidades de la población para el año 2025 con base en la tendencia que sugiere la información oficial con la que contamos en estos momentos.

En el escenario actual, el mantenimiento de las instalaciones se realiza en dos niveles: el mantenimiento menor, a cargo de personal de la entidad, y el de alta especialización que se realiza a través de contratistas.

En el Plan de desarrollo de 2015-2019 de la Facultad de Ingeniería se menciona que tan solo en el rubro de limpieza, labor que desempeña el personal de intendencia, en 2014 se realizaron más de 149 mil servicios, no obstante, estudiantes y profesores consideran que es insuficiente y los horarios estipulados para su realización son inadecuados. (Facultad de Ingeniería, UNAM, 2015).

En el Plan de desarrollo de 2019-2023, el tema de servicios de limpieza en áreas comunes y núcleos sanitarios sigue presente en el área de debilidades en el FODA desarrollado por la gestión y administración de la Facultad. (Facultad de Ingeniería, UNAM, 2019).



Figura 10. Personal de Intendencia

Consumo de Agua

El consumo de agua en CU alcanza 7 mil metros cúbicos al día (7 millones de litros).

Durante el año 2008, el líquido que se extraía de los tres pozos que abastecen CU suministraban 100 litros por segundo y se perdía la mitad. Para el año 2017, la extracción se redujo a 80 litros por segundo y se registró una pérdida del 25%.

Actualmente se trabaja en estrategias para reducir un 35% su consumo.

Sistema de Drenaje

40 Km de red de drenaje
400 Pozos de visita
18 Fosas de descarga a grietas.

Dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:

PTAR. Cerro del Agua.

Se estiman que llegan **80 l/s**
Capacidad de Diseño: **40 l/s**
Capacidad actual: **18 l/s**

PTAR. Ciencias Políticas.

Capacidad de Diseño: **7 l/s**
Capacidad actual: hasta **0.8 l/s**



Figura 11. Sistema de drenaje 2018

Enfoque conservador.

El escenario propuesto está guiado con un enfoque conservador, en el que ~~en el que~~ se establecen las siguientes pautas.

- El baño hace uso de tecnologías existentes.
- Se cuentan con los recursos económicos necesarios para una remodelación completa.
- El baño es atractivo a la vista.
- El usuario prefiere este baño porque es diferente a lo común.
- El baño resulta confortable.
- El baño da una mayor sensación de limpieza en comparación con los baños públicos actuales.
- El espacio y la cantidad de gabinetes permiten satisfacer las necesidades de la comunidad de la Facultad de Ingeniería.
- El baño genera una nueva experiencia de uso.
- El baño es amigable con el ambiente al ahorrar una gran cantidad de agua

Contexto: Volumen de desechos

Como parte de la investigación y teniendo en cuenta la posible separación y uso de los desechos, se realizó un conteo de personas que acuden al sanitario público para estimar el volumen de desechos generado. El día en que se realizó el conteo (mayo 2019), acudieron 700 usuarios entre hombres y mujeres en un lapso de media hora; por lo que se estima un aforo de alrededor de 8500 usuarios al día.

La recopilación de información consistió en la participación de los estudiantes y personal académico que, a través de una dinámica de etiquetas, nos dieron a conocer "lo que hicieron" durante su visita al baño. Las Figuras 12 y 13, muestran el resultado de la participación de la comunidad estudiantil.



Figura 12. Ejemplificación de dinámica dentro de las casetas en los baños de mujeres.

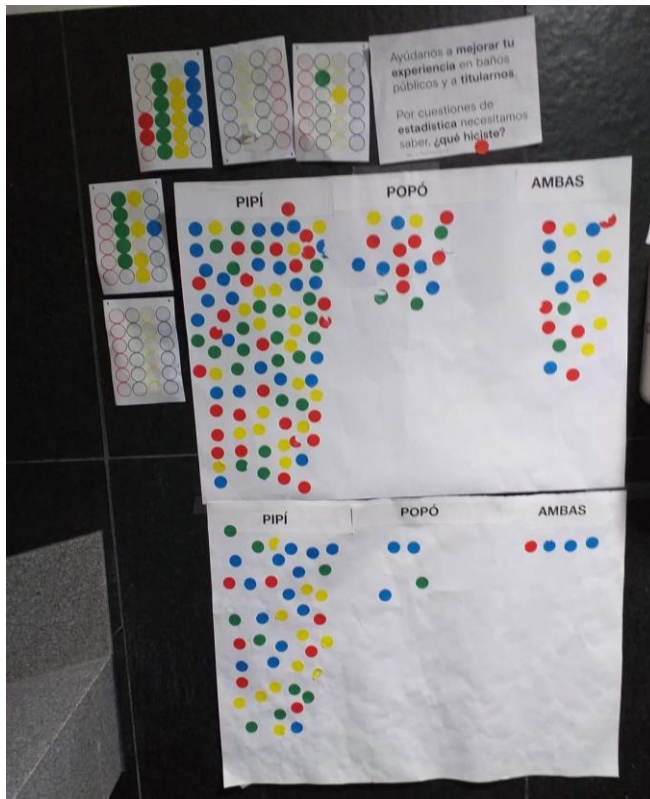


Figura 13. Resultado de la dinámica en los baños de hombres.

El 80% de los usuarios entre mujeres y hombre asistió al sanitario a orinar y el 15% a orinar y defecar. Es inusual que el usuario solo vaya a defecar. Al producirse indudablemente mayor cantidad de orina se confirma la necesidad de que el inodoro en desarrollo debe facilitar la separación de orina y heces posibilitando un proceso de recolección de desechos sólidos para su aprovechamiento.

Usuarios

A partir de la investigación realizada se identificaron dos tipos de usuarios, quienes tienen interacción directa con el escusado y su actual experiencia con la limpieza de los baños.

Consideramos entonces los siguientes usuarios:

- **Estudiantes universitarios (Sujeto A):** Hombres y mujeres, quienes acuden a los sanitarios por necesidad en cualquier momento del día. Este usuario necesita

encontrar un sanitario en buenas condiciones (limpio) y que les de la confianza suficiente para usarlo de forma correcta.

Al acudir al sanitario expresan disgusto por los olores generados, tratan de hacer sus necesidades lo más rápido que puedan y evitan el contacto con las superficies del excusado.

- **Personal de limpieza (Sujeto B):** Hombres y mujeres, adultos de entre 25-50 años, uniformados con pantalón y casaca, quienes trabajan en el mantenimiento del sanitario por una recompensa económica. Acuden individualmente o en parejas al sanitario para limpiarlo según sus alcances. Al acudir a hacer limpieza, sienten frustración ya que los usuarios directos no tienen una buena conducta al usar los sanitarios.

Observación a usuarios.

Se encuestaron a 274 estudiantes universitarios al azar con el objetivo de conocer si el usuario está dispuesto a cambiar la manera de usar un baño público y de qué depende que el usuario se sienta seguro y cómodo al usar estos baños de uso común.

Del total de entrevistados, 75.5% fueron mujeres y el 24.5% fueron hombres.

- 15 a 25: 25 %
- 25 a 30: 16%
- 30 a 40: 35%
- 40 a 50: 17%
- 60 en adelante: 7%

A los sujetos se les preguntó: **¿De qué depende para ti, tocar el asiento?**

De las mujeres encuestadas, sólo el 20% de mujeres afirma tocar el asiento de un excusado público, mientras que el 80% asegura que no lo toca en su mayoría de las veces. Las usuarias expresan sentir desagrado por el aspecto y olor general de los baños.

Del total de los hombres encuestados, el 70% afirma tocar el asiento del excusado público, mientras que el 30% respondió que evita tener contacto con las superficies del baño.

También se entrevistó al personal de limpieza para la recopilación de datos, que nos permitió analizar el proceso de mantenimiento que se lleva a cabo actualmente en las instalaciones de los baños del edificio I de la facultad de ingeniería. Las personas encargadas de la limpieza de los sanitarios, realizan esta labor un total de cuatro veces por día, dos en los cambios de clase en el turno matutino y dos veces en el turno vespertino. El procedimiento que llevan a cabo comienza con la restricción de entrada de estudiantes a los sanitarios, los encargados se ponen guantes, retiran la basura de los contenedores, lavan los muebles de baño con cloro y pino, tallan las tazas con fibra o escoba, enjuagan con abundante agua y finalmente barren y trapean los pisos.

Para ilustrar de una mejor manera la historia del desarrollo del problema se muestra en la Figura 14 un "Journey map", o mapa de ruta de viaje del usuario, en el cual se denotan las acciones e interacciones del usuario con el sistema antes, durante y después de su uso, de tal forma que se pueden ver resaltadas en verde aquellas acciones importantes que al usuario le causan mayor inseguridad o desconfianza al entrar en un baño público.

Debajo de las acciones encontramos unos puntos que reflejan la emoción del usuario al realizar la acción. Los puntos verdes reflejan conformidad, los puntos rojos inconformidad y los puntos amarillos neutralidad.

JOURNEY MAP

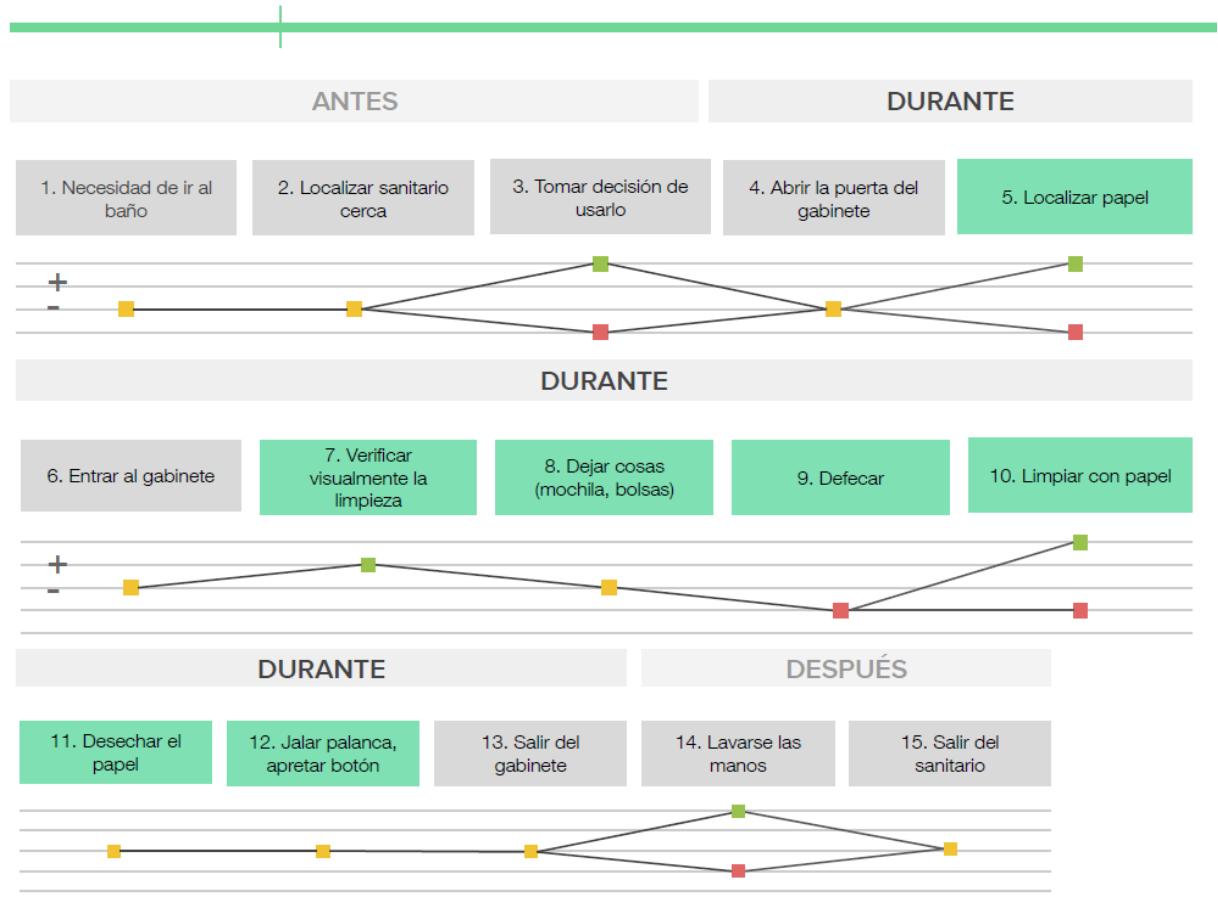


Figura 14. Journey Map o Mapa de Ruta del Usuario.

Podemos ver que algunas acciones presentan conformidad e inconformidad a la vez, esto se debe a que no siempre se tiene la misma emoción al realizar la acción. La causa de cada una de ellas se menciona a continuación.

Acción

3. Tomar decisión de usar el inodoro:

Conforme: El inodoro luce limpio y huele bien

Inconforme: El inodoro luce sucio y huele mal

Acción

5. Localizar papel.

Conforme: El papel es localizado y hay cantidad suficiente

Incluir un tabulador

Acción

Inconforme: No hay papel o su cantidad es insuficiente

10. Limpiar con el papel.

Conforme: Se cuenta con el papel suficiente

Acción

Inconforme: No existe el papel o su cantidad es insuficiente

11. Lavarse las manos.

Conforme: Los lavamanos están en buenas condiciones y funcionan correctamente

→

Inconforme: Los lavamanos están en malas condiciones y no cuentan con agua, por lo que no funcionan correctamente.

Incluir un tabulador

Necesidades

La tabla siguiente resume las necesidades interpretadas por el equipo de diseño con base en la investigación, análisis y observación de los usuarios.

Tabla 1. Necesidades

Categoría	Necesidad interpretada
Sujeto activo	El baño luce limpio.
	El asiento te permite sentarte.
	El baño está en buen estado
	El sanitario no huele mal
	Todos los desechos se van con una descarga
	No es necesario tocar con la mano el mecanismo de desagüe

	Se utiliza poca cantidad de líquidos limpiadores
	Los inodoros tienen buen drenaje
Sujeto de servicio	Se requieren pocos pasos para la limpieza de los baños
	Las superficies no requieren gran esfuerzo físico para limpiarse
	Los líquidos de limpieza son poco dañinos a la salud

Estudio comparativo y diagramas de polaridad

Es de suma importancia la comprensión de los productos de la competencia o proyectos similares al producto objetivo para lograr el posicionamiento exitoso de una nueva propuesta; además, este conocimiento puede ser una rica fuente de ideas para el diseño del producto y el proceso de producción.

En la tabla 2 se presenta la comparación de los productos actuales clasificados como baños secos que se encuentran a la venta actualmente. Para cada uno de los sistemas encontrados se describe su función y las características más importantes del mismo, así como su precio e imágenes representativas de los productos.

Tabla 2. Estudio comparativo baños de composta.

Nombre del producto	Imagen	Características
<p>Naturum de Biolan (\$49,763.72)</p>		<p>Funciona sin agua, electricidad ni productos químicos. Naturum separa los residuos sólidos y los líquidos, mandando éstos últimos al drenaje y los sólidos se quedan en el contenedor con capacidad de hasta 30L. El tambor de composta posee un sistema con aislamiento térmico giratorio que garantiza un proceso de compostaje rápido e inodoro y reúne el producto final en un recipiente que es fácil de vaciar.</p>

Nombre del producto

Imagen

Características

**Ekolet
Bag Loo**
(\$14,290.39)



El sistema de Ekolet tiene un funcionamiento muy simple. La descripción del producto indica que separa el líquido de los residuos sólidos a través de una bolsa de tela filtrante dentro del recipiente. La unidad tiene una capacidad de 350L para los desechos líquidos y sólidos que permiten mantener la materia alrededor de 10 días para poder usarla como fertilizante posteriormente. Las bolsas pueden comprarse por separado y no requiere llenarse previamente con mezcla secante.

Nombre del producto

Imagen

Características

Nature's Head

(\$18,685.28)



Este baño separa sólidos y líquidos. Cuenta con una capacidad de 28.12L. Se requiere materia secante en su contenedor previamente para su uso. El usuario tiene que evitar mezclar sus residuos ya que la materia sólida no se descompondrá correctamente si se mezcla con la orina. Para el mantenimiento se retira la parte del asiento y se vacía el contenedor de composta que usualmente tiene una bolsa para evitar el contacto directo. El bidón de orina se vacía de 2 a tres días dependiendo del uso.

En el diagrama de polaridad, se busca comparar de manera gráfica los productos descritos anteriormente. Analizar el precio contra la capacidad en litros que permite el contenedor de cada sistema de baño, nos ayuda a concluir que no necesariamente el volumen de almacenamiento influye en el precio del inodoro, sin embargo, para el objetivo que persigue el presente proyecto es importante considerar esta característica. Podemos destacar que aquél que posee más capacidad de almacenar los desechos, requiere menos mantenimiento por parte del usuario y también es el más económico.



La tabla 3 hace una comparación entre conceptos de limpieza de baños, los últimos dos aún no se han desarrollado y es difícil medir la eficacia que puedan tener, sin embargo, en el siguiente diagrama de polaridad, se intenta hacer una comparativa de la limpieza que promete y el consumo de recursos que enuncian las marcas desarrolladoras de estos conceptos.

Tabla 3. Estudio comparativo baños de auto limpieza.

Nombre del producto	Imagen	Características
Ohilam		<p>Ohilam es un sistema higiénico sanitario que garantiza un asiento nuevo para el usuario, por lo que éstos siempre tienen acceso a superficies limpias y nunca tienen que tocar un inodoro sucio o cubierta con sus manos disminuyendo la propagación de gérmenes entre los visitantes del baño.</p> <p>El sistema funciona electrónicamente, sin embargo, se reducen los gastos de mantenimiento, pues hay menos necesidad de atención constante con respecto a la limpieza de los sanitarios.</p>

Nombre del producto

Imagen

Características

KIREI



Kirei limpia su propia superficie, esto mantiene el ambiente de baño saludable. La estructura comprende un sistema de tapa, esterilizador, asiento, tanque y autolimpieza. El sistema de autolimpieza es por medio de control remoto. Asegura un lavado silencioso, un enjuague completo y un uso eficiente de la energía. El asiento es desmontable y tiene un indicador de tiempo. El objetivo principal del "sterilamp" es mantener el asiento debajo de la lámpara esterilizante. La tapa tiene un mecanismo automático de apertura y cierre y tiene un difusor reflectante de 180 grados.

Nombre del producto

Imagen

Características

**Niu 3D Clean
Niu Smart
Toilet)**



Sistema de baños que se limpian solos, asegurando una higiene completa del inodoro y un espacio libre de gérmenes. En cuestión de segundos, el sistema de autolimpieza de Niu 3D Clean limpia, seca y desinfecta el inodoro y su alrededor, garantizando una solución totalmente aséptica antes y después de cada uso. Este sistema utiliza los últimos avances tecnológicos para proporcionar una higiene adecuada a la vez que protege el medioambiente ya que reduce el consumo de agua en cada descarga a la vez que disminuye el tiempo de limpieza del inodoro.



~~Establecer especificaciones objetivo~~

requerimientos

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. En esta etapa, los objetivos de las especificaciones se establecen claramente en el proceso y representan las expectativas del equipo de desarrollo. Posteriormente, estas especificaciones se refinan para que sean consistentes con las restricciones impuestas por la selección de un concepto de producto.

Características tecnológicas deseadas

- El sistema requiere estar libre de agentes patógenos, residuos fecales o urinarios a la taza del baño.
- Se debe lograr la confianza del usuario mediante la estimulación sensorial (visual, olfativa, etc.)

- El sistema debe ser hermético
- Se debe utilizar la menor energía posible
- El sistema debe aislar malos olores
- El sistema requiere de un fácil arreglo ante un mal funcionamiento (diseño modular)
- La vida del sistema necesita ser de larga duración
- El uso del sistema debe ser altamente intuitivo
- El tiempo de higienización requiere ser el menor posible
- Utilizar los menos recursos de limpieza posibles
- La taza de baño debe ser cómoda para el usuario
- Indicar al usuario cuando la taza está higienizada y lista para un nuevo uso.
- El sistema debe ser elegantemente simple.
- Indicar al usuario cuando se está llevando a cabo el proceso.

¿Qué cambios deben hacerse para lograr las características deseadas?

- Se requiere un cambio en los componentes del sistema de limpieza y saneamiento
- Cambiar la cantidad y el tipo de recursos necesarios para el saneamiento del inodoro
- Cambios de geometría y cantidad de componentes del sistema
- Reestructuración del proceso de uso del sistema
- Renovación de la estética del sanitario

Partes del sistema que deben cambiarse para lograr las características deseadas.

- Taza de baño
- Asiento y tapa plástica del baño
- Tanque o cisterna de agua
- Mecanismo de cadena para desagüe
- Conexión del suministro de agua

¿Cómo y por qué estos cambios afectarán el problema?

- Al modificar la geometría de la taza y del asiento del inodoro se puede mejorar la ergonomía y modularidad del sistema.
- Modificar la tapa del asiento, permite mejorar la hermeticidad y aislamiento de olores, con lo que aumenta la confianza de uso del usuario.
- Quitar el tanque de agua y proponer un recurso diferente para el saneamiento del inodoro, permite el ahorro de agua y una mejor desinfección de las superficies.
- Cambiar el mecanismo de cadena para desagüe y los componentes del sistema de limpieza general, nos permiten mejorar el sistema de saneamiento, evitando un contacto directo del usuario con el baño en el proceso de limpieza y aumentando la parte intuitiva en su uso.

Características económicas deseadas

A pesar de que el dispositivo implique un costo igual o mayor que el de un sanitario convencional, se busca dotarlo de un valor agregado al requerir menos agua para limpiar la taza del baño.

Criterios básicos para evaluar las posibles soluciones

- Confianza del usuario.
- Sencillez del sistema (modularidad y vida del sistema).
- Limpieza total y completa del asiento.
- Intuitivo.
- Aislamiento de olores.
- Bajo consumo de energía.
- Alertas sensoriales durante y al fin del proceso.
- Bajo consumo de recursos de limpieza.
- Hermeticidad del sistema.
- Tiempo corto de higienización.

A partir de las declaraciones y la observación del comportamiento de los usuarios, se enlistaron los siguientes requerimientos para el baño.

Tabla 4. Requerimientos.

Importancia (de mayor a menor)	Requerimientos
1	Nivel de confianza del usuario al ver el baño
2	Comodidad del asiento
3	Atractivo del diseño
4	Eliminación de los malos olores
5	Nivel alto de intuición en el uso del sistema
6	Tiempo corto de higienización
7	Recursos de limpieza limitados
8	Mejora en la postura al hacer uso del baño
9	Indicación del ciclo del proceso de limpieza
10	Facilidad en limpieza general del dispositivo de baño

Capítulo V.

Producto

Generación de conceptos

El objetivo 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 dentro del equipo y exploración sistemática de los diversos fragmentos de solución que genera el equipo. Para ello, se presenta un análisis del sanitario público, haciendo uso de algunas herramientas de la teoría de TRIZ para encontrar la interacción entre los elementos causantes de los problemas detectados.

Análisis funcional del sistema existente

Para proponer nuevas soluciones o mejorar las existentes en sistemas de saneamiento, se analizó el sistema tomando en cuenta su funcionalidad, sus partes, sus usuarios y su entorno en general; prestando especial atención a las interacciones entre todos estos elementos que pueden resultar de interés para el diseñador.

Dicho análisis se presenta a continuación.

Descripción de la función primaria del sistema

La función de un sanitario público es recoger los excrementos líquidos y sólidos de los humanos para conducirlos hacia la instalación de saneamiento y que (mediante un cierre de sifón de agua limpia) impide la salida de los olores hacia los espacios habitados donde se encuentran, los cuales suelen ser lugares públicos con alta recurrencia de personas, o bien, donde éstas deben pasar largos periodos de tiempo.

Descripción del sistema actual

La estructura de un sanitario, como se observa en la Figura 15, incluye un tanque o cisterna de agua, un mecanismo de cadena, un asiento y tapa de plástico, una taza de porcelana vitrificada y un sifón con guarda de agua la cual se conecta al piso con una tubería de desagüe.

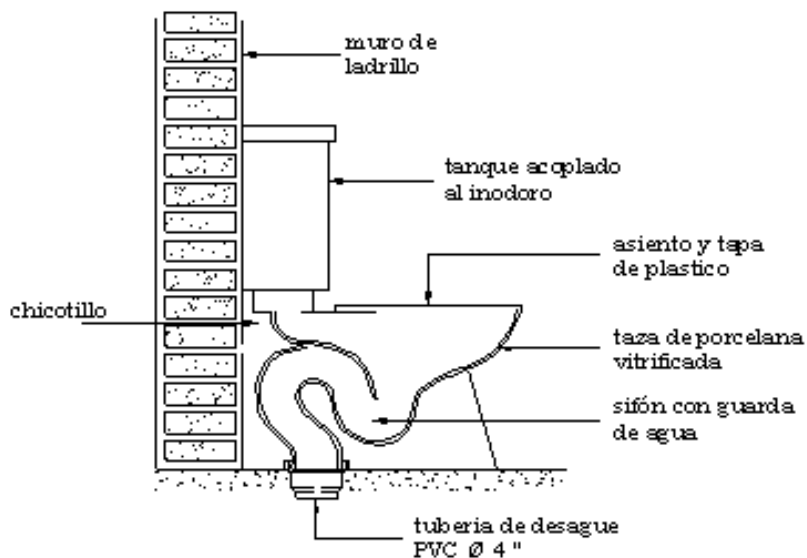


Figura 15. Estructura de un sanitario convencional.

Operación del sistema

Una persona entra a un baño público y busca un inodoro libre y limpio para sentarse a hacer sus necesidades, al levantarse, limpia sus partes íntimas y baja la tapa para realizar la acción de descarga del tanque, el agua empuja y conduce los desechos cañería abajo, el sifón se encarga de mantener el nivel de agua de la taza constante y

actúa a modo de cierre hidráulico, evitando así, que los gases y los olores desagradables suban por las cañerías.

En la Figura 16 se muestra un diagrama funcional. Muestra la interacción entre los elementos que conforman el sistema de un inodoro público.

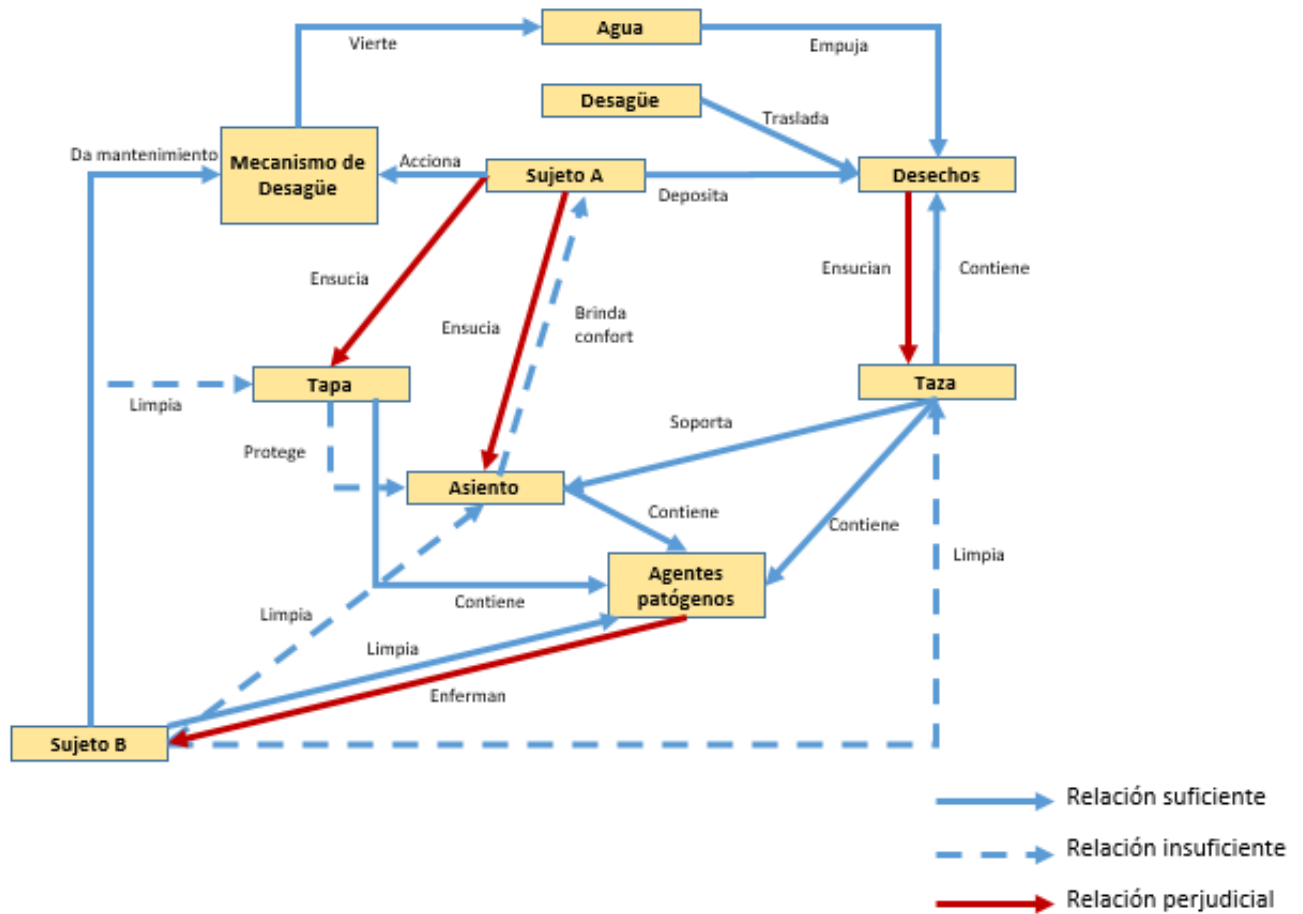


Figura 16. Diagrama funcional de un sanitario.

El diagrama funcional proporciona información importante acerca de las contradicciones que podemos encontrar entre las interacciones de los elementos. En la Figura 17 se destacan estas contradicciones en óvalos verdes.

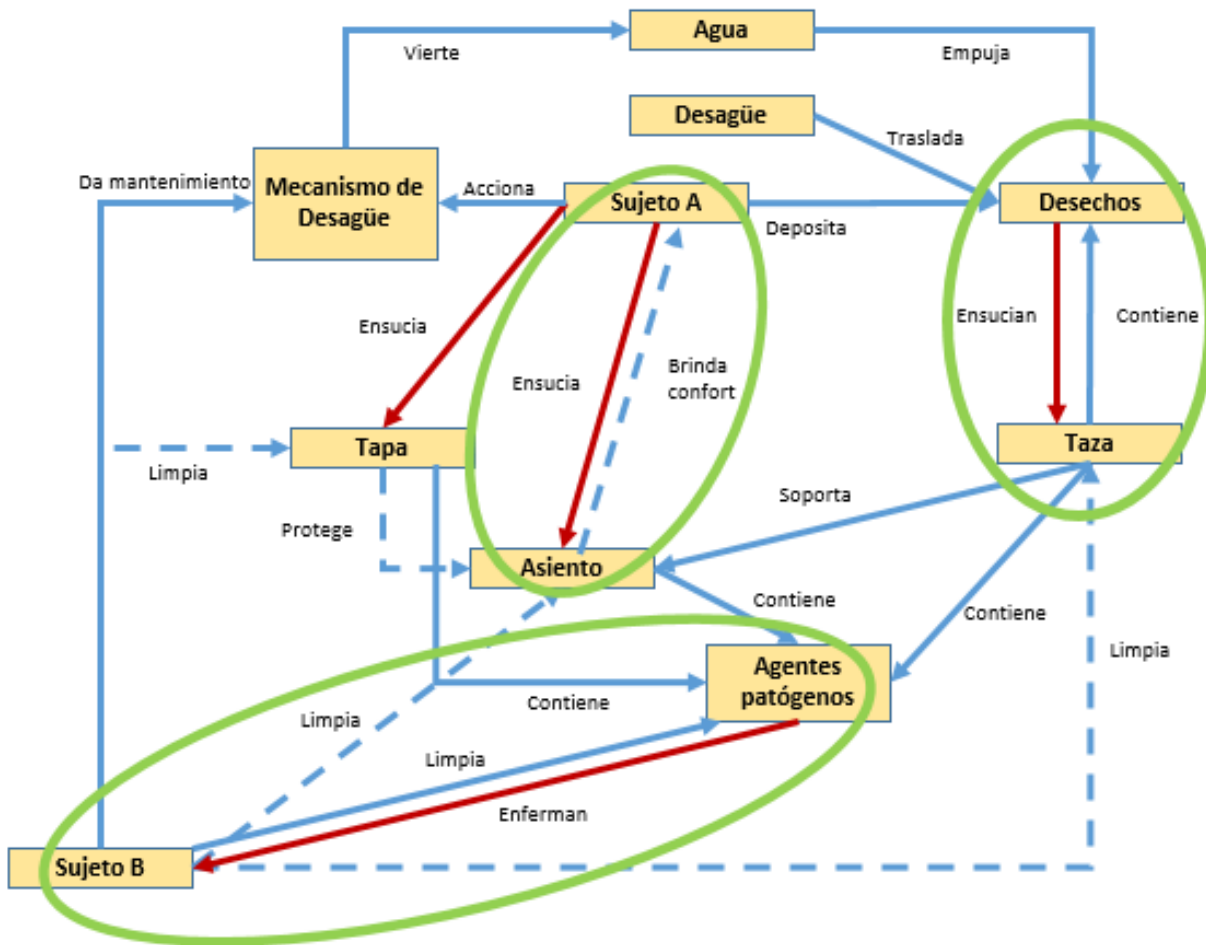


Figura 17. Interacciones contradictorias entre los elementos del sistema.

Las contradicciones encontradas se analizan a continuación:

- Desechos – Taza

Además de soportar el asiento, la función de la taza del baño es contener temporalmente los desechos, sin embargo, los desechos pueden adherirse a la taza.

- Agentes patógenos - Sujeto B

El sujeto B es el encargado de limpiar el asiento, la tapa y la taza del inodoro, pero a su vez éstos contienen agentes patógenos debido a su constante interacción con residuos fecales. Esto provoca que el sujeto de mantenimiento se sienta incómodo al realizar la limpieza y mantenimiento de los inodoros. En un escenario extremo, incluso

puede provocar que el personal de mantenimiento se sienta expuesto a enfermedades infecciosas.

- **Asiento - Sujeto A**

El sujeto A es cualquier persona que utilice el baño para realizar sus necesidades fisiológicas. Si bien hay baños en los que el sujeto A debe sentarse directamente sobre la taza, la incorporación del asiento hace que el inodoro sea mucho más cómodo para el sujeto A; sin embargo, comúnmente el sujeto A ensucia el asiento al salpicarlo mientras utiliza el baño, esto disminuye dramáticamente la comodidad generada por todo el sistema a un nuevo sujeto A.

Ambiente del sistema

El inodoro interactúa directamente con las casetas de los baños públicos y el ambiente donde éstas se encuentran. Los muros divisorios, las puertas, los seguros, los pisos, el bote de basura, el dispensador de papel, los lavabos y diversos muebles de baño que podrían encontrarse en los sanitarios públicos.

Los inodoros interactúan con diversas personas que hacen uso de ellos, así como de usuarios de servicio de saneamiento y sus instrumentos (esponjas, cepillos, líquidos desinfectantes, entre otros).

Recursos

Existen algunos recursos gratuitos dentro del ambiente de aplicación de los baños públicos. Para generar soluciones innovadoras, podemos tomar ventaja de los siguientes recursos disponibles.

- **Recursos de sustancia:** Los desechos producidos por los usuarios pueden ser utilizados como materia orgánica para abonos y combustibles.
- **Recursos de campo:** Los recursos para la limpieza de un inodoro pueden ser encontrados en el ambiente, renovables y más eficientes que el agua.
- **Recurso de información:** La generación de confianza en la limpieza del asiento y taza de los baños incrementa el buen uso de los baños públicos.
- **Recurso funcional:** Esto incluye la posibilidad de cambiar el agua como recurso para la limpieza de los baños.

Información acerca de la situación del problema

Mejora deseada al sistema o problema que se quiere eliminar.

Causas que llevan al problema.

Las personas que utilizan baños públicos por lo general presentan una gran desconfianza al sentarse en la taza, pues se encuentran con superficies sucias y olores desagradables. Por otro lado, desconocen el momento en el que se le dio un mantenimiento de limpieza por última vez, así como los métodos y productos que se utilizaron para su desinfección.

Mecanismo que causa el problema.

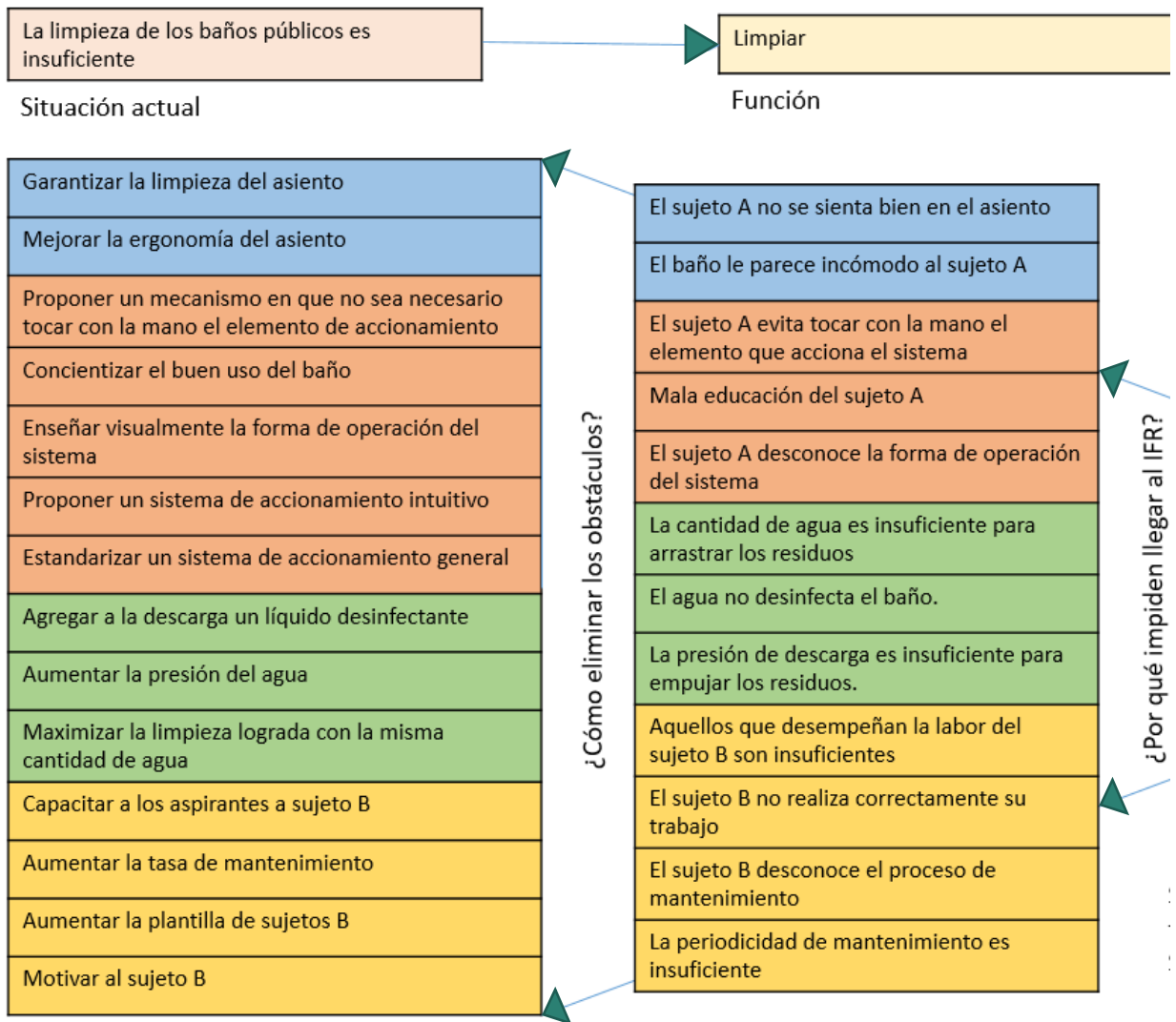
Existen dos razones por las que los usuarios encuentran sucios los baños,

- a) Las personas hacen un uso incorrecto del baño
- b) El mantenimiento y limpieza de los baños es insuficiente.

Idealidad

La idealidad se define como la suma de los beneficios que un sistema entrega a su usuario dividido por la suma del costo de entregar esos beneficios y cualquier otro efecto secundario negativo que pueda ocurrir (desperdicio, tiempo de espera, daño ambiental, etc.). Los investigadores originales de TRIZ identificaron un fenómeno muy simple común a todas las innovaciones exitosas: que todas ellas proporcionaban un nivel de idealidad superior a los productos y procesos que las precedieron.

A partir del análisis de la situación actual de los baños públicos y el problema que constituye su higienización, se planteó como resultado final ideal (IFR) que el propio baño garantice su limpieza en cada uso. La información que se desglosa en el siguiente esquema, hace un mapeo estructurado que nos permite identificar los obstáculos que impiden alcanzar el IFR y así poder proponer soluciones conceptuales para cada obstáculo.

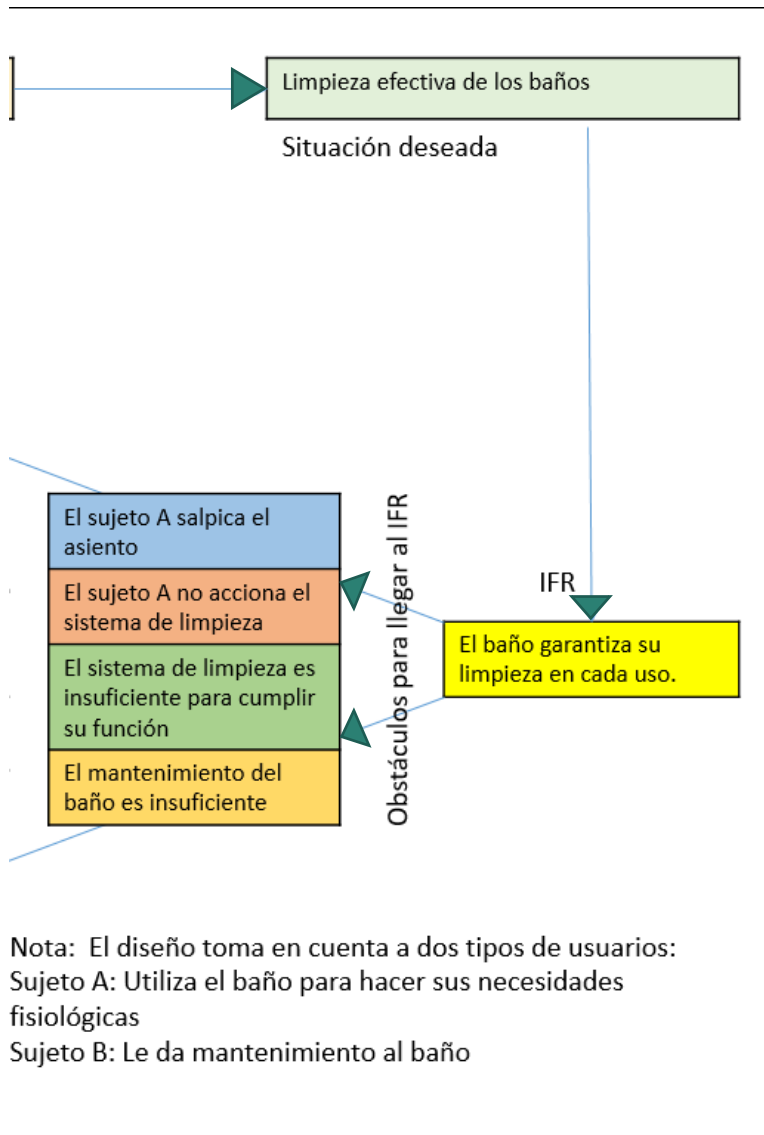


Cambios al sistema

Es importante tomar en cuenta que pueden proponerse soluciones que demeriten al sistema en ciertos aspectos a pesar de solucionar aparentemente los problemas iniciales. Por este motivo, a continuación, se analiza qué cambios están permitidos para mejorar el sistema y cuáles no.

- Cambios permitidos:

Debido a que todo ser humano se considera un potencial sujeto A, y que el uso de otro tipo de sistemas de limpieza es generalizado, los cambios en el sistema pueden ser grandes siempre y cuando el resultado final sea eficaz e intuitivo.



El diagrama de Idealidad parte de la situación actual y se lee siguiendo las flechas que pasan por el enunciado del Resultado Final Ideal y concluyen en las ideas que sugieren cómo eliminar los obstáculos

Figura 18.

- Cambios no permitidos

Los cambios al sistema deben realizarse tomando en cuenta que el consumo de agua no puede ser mayor al de un baño convencional (buscando preferentemente su disminución). Asimismo, el costo del sistema debe ser bajo, por lo que el uso de componentes de manufactura debe ser analizado cuidadosamente.

Sustancia y campo

Para generar propuestas de solución conceptuales es conveniente realizar un análisis a detalle de las interacciones entre los elementos del sistema, así como con su entorno. Para esto se utilizó el enfoque de análisis *su - field*, en el que se identifican los entes involucrados en el uso del baño (sustancias) y el campo técnico encargado del estudio de sus interacciones individuales; entre estos campos se encuentran los siguientes: mecánico, acústico, térmico, químico, eléctrico, magnético intermolecular y biológico. Las interacciones críticas para el correcto funcionamiento de un baño son las siguientes:

- Los residuos son removidos por agua, esto involucra una interacción mecánica en la que la energía cinética del agua debe ser suficientemente grande para remover por completo los residuos, por lo que está relacionado con la masa de agua y la presión con que es suministrada.
- Los residuos fecales o urinarios desprenden gases, constituyendo una interacción química con su entorno, debido a que estos gases son perjudiciales para la experiencia del usuario, el volumen de los gases que el usuario puede oler se minimiza al mover los residuos de su posición inicial a otra, en la cual su entorno no está en contacto directo con el usuario.

Selección de conceptos

Selección del concepto: En esta sección, se analizan los conceptos de producto generados de forma secuencial, con objeto de identificar el o los conceptos más prometedores. El proceso requiere por lo general de varias iteraciones y puede iniciar la generación y refinamiento de conceptos adicionales.

El sistema de excusado analizado anteriormente se llevó a una representación más simple que nos permitiera conceptualizar las partes del sistema para el desarrollo de conceptos de diseño.

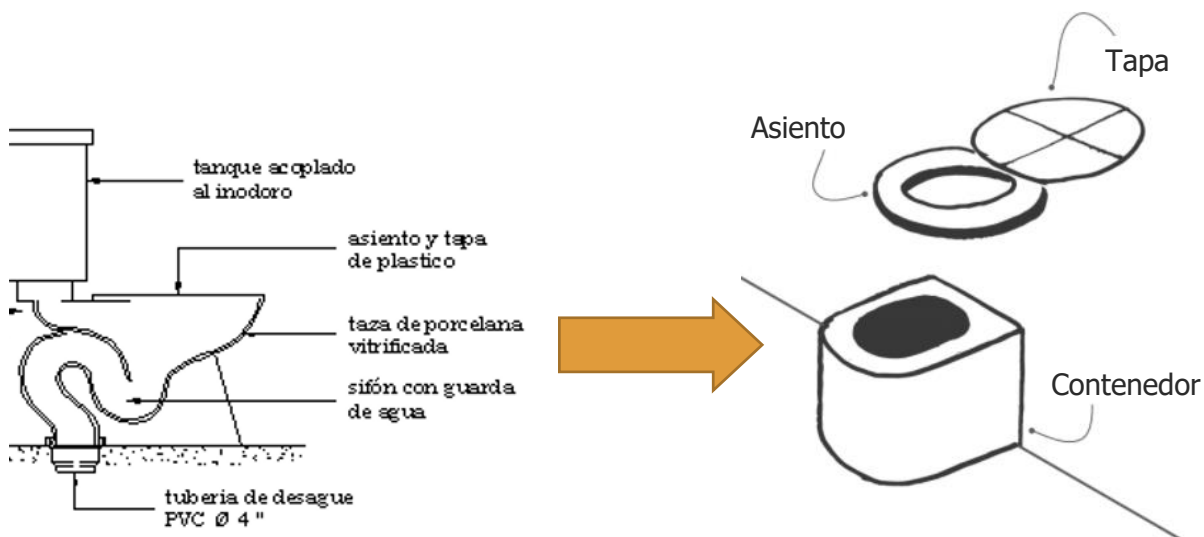


Figura 19. Simplificación del sistema.

Para hacer cambios de diseño al sistema actual, partiremos de los elementos señalados; contenedor, asiento y tapa, los cuales serán punto de partida para el desarrollo de las propuestas de concepto.

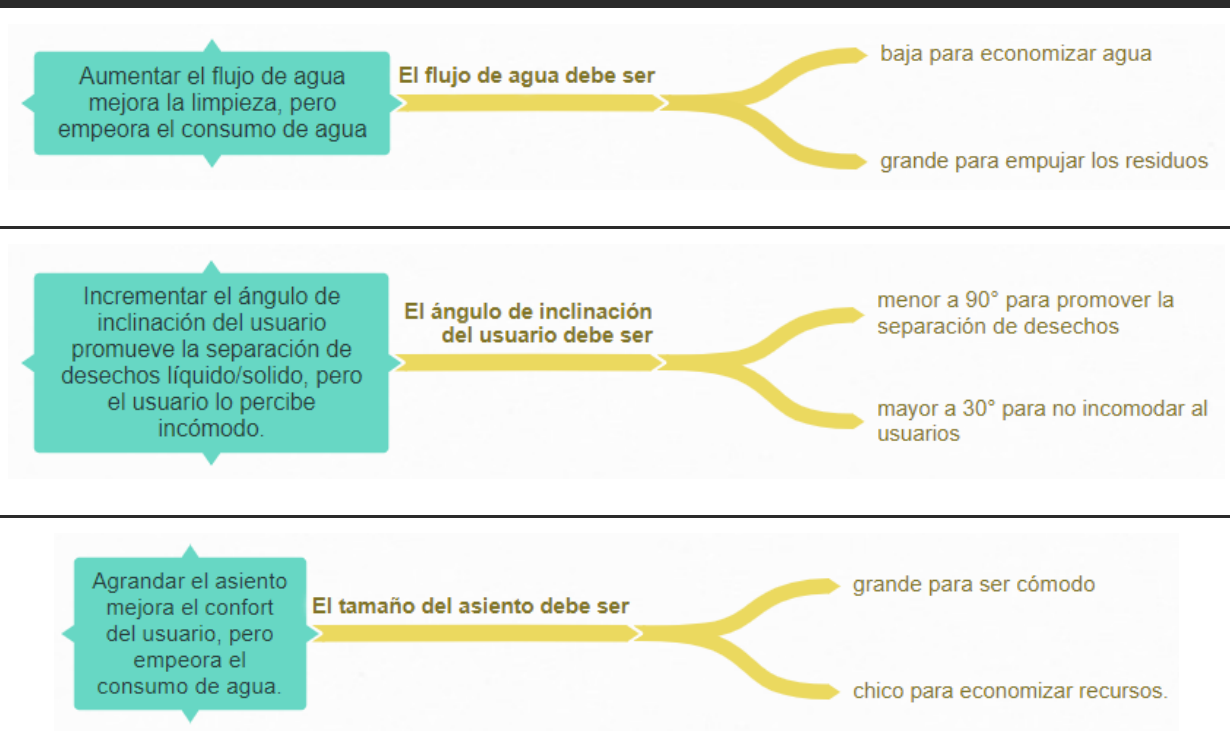
Contradicciones presentes en el sistema

Se identificaron las contradicciones técnicas y físicas del sistema para facilitar la búsqueda de soluciones. Dichas contradicciones se presentan en la Tabla 5 y son descritas a continuación.

Tabla 5. Contradicciones.

Contradicciones técnicas

Contradicciones físicas



Historia de intentos de solución al problema.

Para TRIZ, los sistemas evolucionan hacia la idealidad al superar las contradicciones. La matriz de TRIZ presenta 40 principios o soluciones capaces de superar estas contradicciones. (Solid Creativity, s.f.)

A partir de las contradicciones encontradas en el sistema de higienización de un baño público y con ayuda de la herramienta tecnológica TRIZ 40; by SolidCreativity, se enuncian los posibles principios que podrían ser utilizados en la generación de conceptos de solución y se explica de qué manera estos principios podrían superar las contradicciones técnicas del sistema.

Contradicción 1:

Aumentar el flujo de agua mejora la limpieza, pero empeora el consumo de agua; el sistema requiere mejorar el uso de energía en movimiento (flujo de agua), mientras se preserva el volumen del objeto en movimiento (cantidad de agua).

TRIZ propone los siguientes principios para solucionar la contradicción descrita.

- Cambios de parámetros.
- Al revés.
- Vibraciones mecánicas.

El flujo de agua debe ser baja para economizar agua; debe ser grande para empujar los residuos.

Soluciones:

- Cambios de parámetros: Utilizar alguna otra sustancia en lugar de agua, o bien una mezcla con menor concentración de agua ayudaría a economizar este recurso.
- Al revés: Se requiere conducir los residuos de un lugar a otro. Encontrar la manera de succionar en lugar de empujar los residuos.
- Vibraciones mecánicas: Hacer que el sistema del baño oscile o vibre, podría llegar a conducir los desechos o bien, destruir, separar o minimizar la materia, optimizando el uso de la energía empleada.

Contradicción 2:

Incrementar el ángulo de inclinación del usuario promueve la separación líquido/sólido. Pero el usuario lo percibe incómodo. El sistema requiere promover la separación de los desechos mientras se brinda comodidad al usuario.

TRIZ propone los siguientes principios para solucionar la contradicción descrita.

- Cambios de parámetros.
- Curvatura.
- Carcasas flexibles y películas delgadas.

El ángulo de inclinación del asiento debe ser menor a 90° para promover la separación de desechos; debe ser mayor a 30° para no incomodar a los usuarios.

- Cambios de parámetros: Cambiar el grado de flexibilidad del sistema, permitiendo un ajuste de parámetros en el ángulo de inclinación para cada usuario.
- Curvatura: Hacer uso de una geometría curva o esférica en las superficies que evite puntos de contacto del usuario con filos de superficies que puedan incomodar. Las curvaturas también promueven el movimiento de sustancias líquidas en sus superficies.
- Carcasas flexibles: Hacer uso de elementos flexibles en las partes del sistema que tengan contacto con el usuario, para permitir que el dispositivo se ajuste a la forma de la superficie que el usuario pone en contacto con las superficies independientemente del ángulo que adopte el cuerpo de la persona.

Contradicción 3:

Agrandar el asiento mejora confort, pero empeora el consumo de agua; el sistema requiere mejorar el área del asiento, mientras se preserva la cantidad de sustancia (consumo de agua) para su limpieza.

TRIZ propone los siguientes principios para solucionar la contradicción descrita.

- Sacar los elementos.
- Vibraciones mecánicas.
- Materiales compuestos.
- Asimetría.

El tamaño del asiento debe ser grande para ser cómodo; chico para economizar recursos.

Soluciones:

- Materiales compuestos: Cambiar el tipo de material con el que están hechos los muebles de baños actuales podría economizar la cantidad de agua requerida para su limpieza, por lo tanto, podría agrandarse el tamaño del baño sin perjudicar el uso de recursos.
- Asimetría: Cambiar la forma del objeto simétrico actual a uno asimétrico, en el cual se incrementa el área del asiento y se reduzca al mínimo las demás superficies, de tal forma que no aumenten los recursos necesarios para su limpieza.

Entendiendo que uno de los principales problemas con los baños públicos es la percepción de limpieza y teniendo como hipótesis, que impactando en este aspecto la aceptación de los baños ecológicos puede verse beneficiada, las primeras propuestas de conceptos de solución y prueba de experiencia se centran en el factor de higienización.

El equipo de diseño desarrolló tres propuestas de conceptos de solución general al sistema de higienización, los cuales se describen a continuación.

Asiento giratorio con accionamiento por pedal

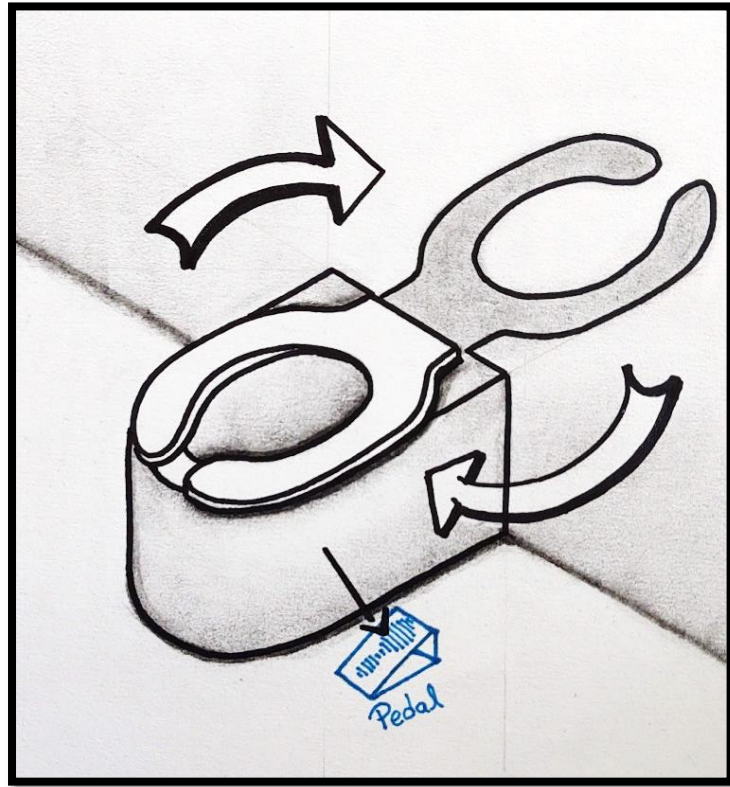


Figura 20. Concepto de solución 1.

El asiento giratorio consiste en un contenedor fijo pegado al suelo y a la pared, con un asiento doble que permite reemplazar el asiento en uso por uno listo para usarse.

El movimiento de giro es accionado por un pedal que a su vez da inicio al sistema de higienizado al otro lado de la pared donde el asiento es lavado y desinfectado fuera de la vista del usuario. Una vez terminado el proceso de lavado del asiento, éste espera a que el asiento dispuesto en uso sea girado para adoptar su lugar.

Este concepto permite que el baño sea usado de manera continua pues no requiere que el usuario espere a que el asiento sea higienizado, ya que habría siempre uno listo para usarse y es un diseño al que se le puede adaptar una tapa fácilmente. Como desventaja, encontramos que requiere de un espacio amplio horizontal y en profundidad para permitir la entrada y la salida de los asientos en el giro.

Asiento abatible con accionamiento manual

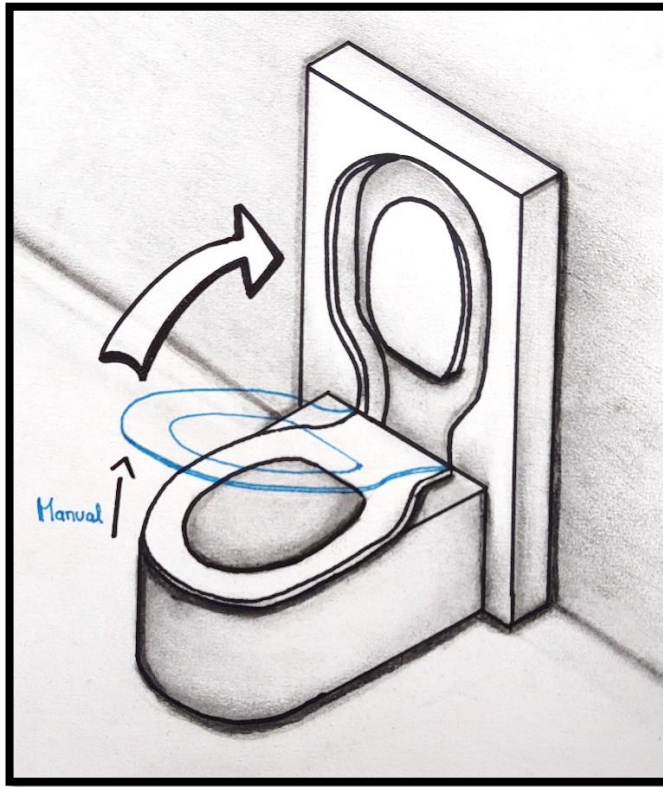


Figura 21. Concepto de solución 2.

Esta propuesta de diseño consta de un contenedor fijo en el suelo que cuenta con una cámara de limpieza que sobresale de la pared donde se acopla el asiento una vez que el usuario lo levanta con su mano y lo coloca en la posición de limpieza. Una vez que el asiento se encuentra correctamente a paño con la cámara de limpieza comienza el proceso de higienización. Al terminar el proceso, el asiento continúa en esa posición hasta que un nuevo usuario requiera bajarlo para hacer uso del mismo.

El concepto sugiere un asiento transparente que permita al usuario ver el proceso y asegurarse de que se está desinfectando el dispositivo. Una posible desventaja de este sistema es que al contar con un solo asiento forzosamente debe esperarse a que el proceso de limpieza termine para poder hacer uso nuevamente de él.

Un accionamiento manual permite que el usuario se asegure de que el asiento está bien colocado en su posición, sin embargo, se requiere saber si las personas están dispuestas a realizar esta interacción.

Asiento deslizable accionamiento por botón

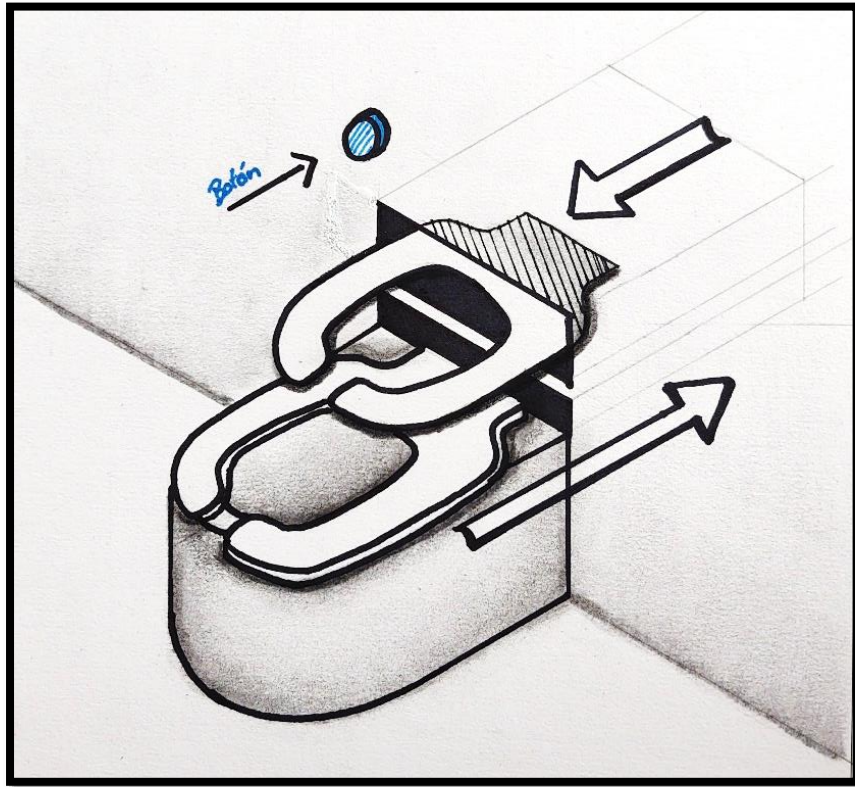


Figura 22. Concepto de solución 3.

El concepto de un asiento deslizable, pretende el intercambio de dos asientos, para proveer de uno limpio al nuevo usuario, mientras el asiento que se retira entra en proceso de higienización en la parte trasera de la pared, lo que representa contar con espacio suficiente para la instalación de una cámara de limpieza adecuada fuera de la vista del usuario.

El contenedor debería encontrarse fijo al suelo y a la pared, siempre alineado con la disposición del asiento.

Este diseño no contempla una tapa, al menos no una parecida a la convencional dado que causaría interferencia con la salida y entrada de los asientos.

El sistema de intercambio e higienizado es accionado por un botón que debe oprimir el usuario una vez que termina de hacer uso del sanitario.

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de estos conceptos, junto con algunas otras pruebas de función crítica que se desarrollaron a partir de la conclusión de las contradicciones identificadas en el sistema.

Prueba de conceptos

Prueba del concepto: Los conceptos desarrollados anteriormente se prueban con los usuarios objetivos para corroborar que éstos logran satisfacer las necesidades del cliente. Durante las pruebas se identifican los defectos y limitaciones que presentan y deben considerarse para un desarrollo de diseño final.

Pruebas de función crítica

Pruebas de conceptos para la higienización del asiento.

El objetivo de la siguiente serie de pruebas es identificar la experiencia con mayor potencial para la aplicación del sistema de higienización del asiento, así como probar distintos mecanismos para evaluar los conceptos que les resulten eficientes y confiables al usuario activo.

Para el protocolo de pruebas se le explicó a un grupo focal el objetivo del proyecto y del experimento.

Para la primera prueba de experiencia con el sistema de higienización se les pidió a los sujetos realizar las siguientes actividades:

1. Entrar
2. Observar
3. (Pretender usarlo)
4. Realizar la limpieza (accionar el proceso de higienización)
5. Salir
6. Calificar experiencia (datos cualitativos y cuantitativos)



Figura 23. Usuarios realizando las pruebas de función crítica.

Durante esta prueba se evaluaron los siguientes atributos:

- CONFIANZA- de que el asiento es higiénico
- EFICIENCIA- realizar su propósito con la menor cantidad de esfuerzo (tiempo y pasos)
- COMPLEJIDAD- la facilidad de entender su funcionamiento
- ECOLÓGICO- impacto en el medio ambiente



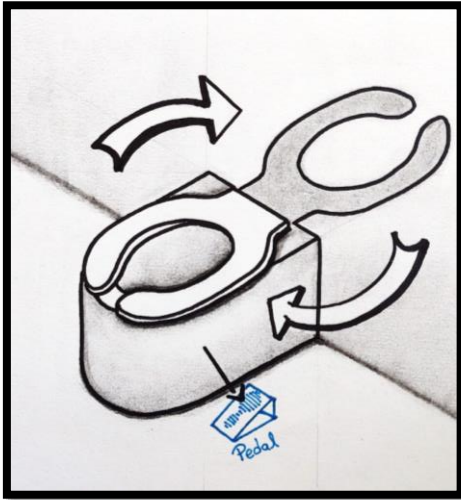
Figura 24. Sujetos evaluando la experiencia.

Los resultados de esta prueba se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 6. Conceptos de solución.

Asiento giratorio / Accionamiento por pedal

Resultado

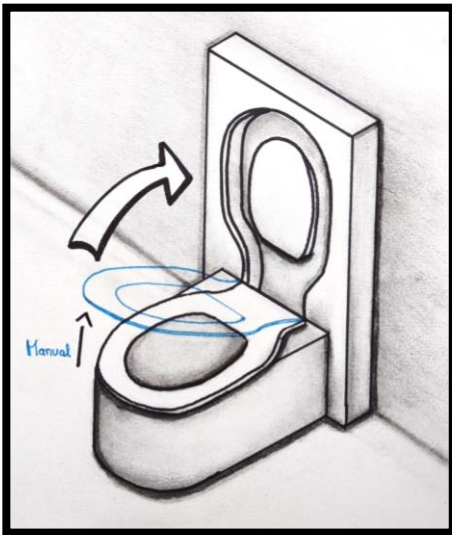


Los usuarios expresaron confianza al saber que no era el asiento utilizado por la persona anterior a ellos, sin embargo, mencionaron que no parece factible, ya que se debe considerar un espacio grande tras la pared para permitir el giro del asiento.

De esta prueba se obtuvo un éxito al saber que el pedal fue de agrado para la mayoría.

Asiento abatible / Accionamiento manual

Resultado

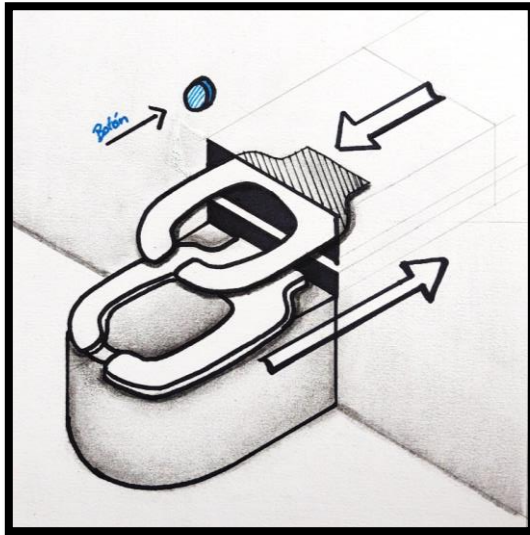


Los usuarios expresaron desconfianza al usarlo, sobre todo porque el mecanismo de acción es manual, por lo que tendrían que tocar el asiento para levantarlo.

Mencionaron que ver el proceso de limpieza les agrada, aunque no se entendía cómo se lleva a cabo el proceso de limpieza en el interior de la taza.

Asiento abatible / Accionamiento manual

Resultado



En este concepto los usuarios expresaron que el mecanismo parece ser muy complicado y no lo suficientemente higiénico.

La mayoría de los sujetos de prueba mencionó que no tocaría el botón de accionamiento, pues no confían en que esté limpio.

Pruebas de ángulo de inclinación del asiento

Siendo la ergonomía uno de los aspectos identificados como más importantes en este diseño, se realizaron una serie de pruebas para determinar la geometría y posición que debería brindar el asiento del baño.

Esta prueba tuvo como finalidad encontrar los puntos de mayor presión que se generan al tomar la posición deseada para defecar, así como conocer la respuesta y comodidad del usuario al adoptar esta postura, para poder realizar un diseño óptimo para el asiento.

Haciendo uso de un podobarómetro se realizaron pruebas con diversos usuarios que se sentaron en el tapete de podomedición, con el que pudimos medir las huellas de presión que resultan de sentarse en un ángulo de 60° y 35°.

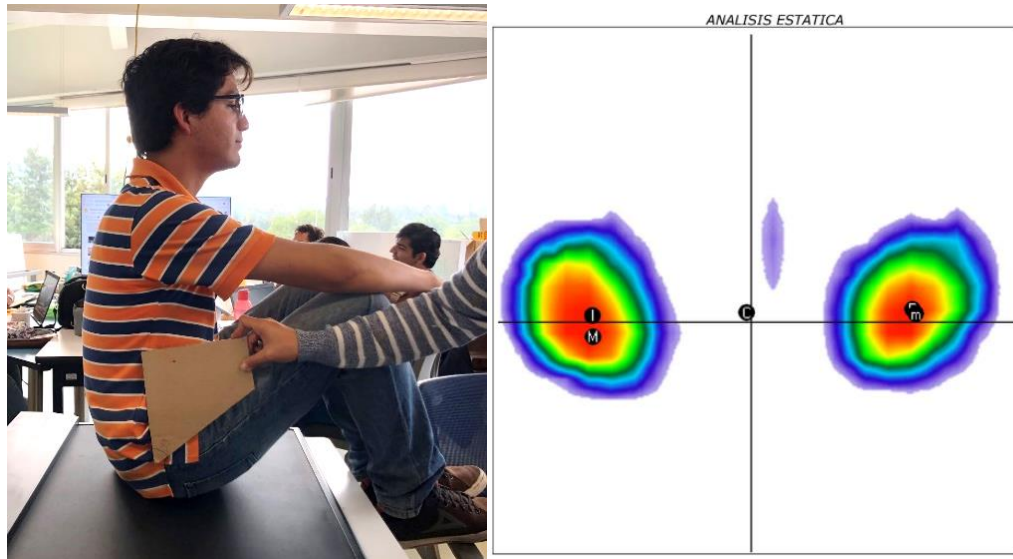


Figura 25. Prueba en el tapete de podobarometría y resultado del análisis de presión del trasero del sujeto.

Como resultado se encontró que los usuarios se sienten cómodos adoptando una posición semejante a la que se muestra en la Figura 25, en la que el ángulo formado entre la espalda y las piernas es de 60° . La propuesta de una posición con un ángulo menor entre la espalda y las piernas, causa incomodidad y no todos los usuarios pueden adoptarla.

Los resultados de esta prueba nos permitieron dar resolución a una de las contradicciones técnicas encontradas en la selección de conceptos, así como, realizar propuestas de diseño para el asiento del escudado.

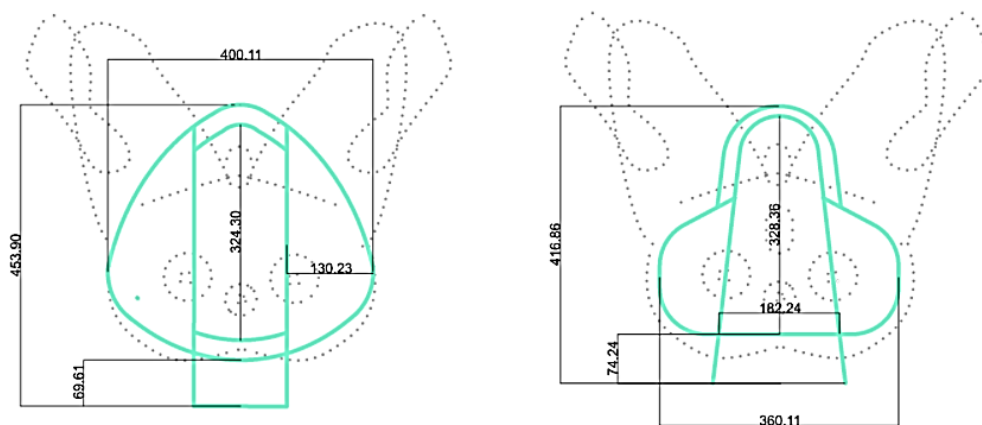


Figura 26. Esquemas de diseño del asiento con base en el promedio del análisis de presión del trasero.

Pruebas de separación sólido-líquido dada la inclinación del asiento

Uno de los objetivos del sanitario en desarrollo es promover la separación de los desechos líquidos y sólidos que se desalojan al evacuar.

Usando el ángulo de inclinación de la taza de baño obtenido, se solicitó a una serie de usuarios adoptar la posición propuesta para orinar y empleando unas tiras de cartón dentro de las tazas de baño, se hizo una prueba para determinar el rango de distancia en la que se conduce la orina al modificar el ángulo que adopta la pelvis al sentarse en el asiento de un baño convencional (Figura 27).



Figura 27. Prueba de separación de orina.

Uno de los hallazgos más importantes en esta prueba fue que efectivamente el ángulo de 60° que se propone en la inclinación de la posición de la pelvis al orinar, ayuda a conducir la orina en una dirección que promueve la separación de los líquidos y sólidos que se desechan en el sanitario.

Por otro lado, se escucharon opiniones diversas en cuanto al tener que subir los pies a otro dispositivo para cambiar de posición del cuerpo al orinar. Algunos sujetos de

prueba expresaron incomodidad y otros curiosidad. Finalmente se tomó nota de los comentarios para lograr una propuesta equilibrada.

Tabla 7. Resultados de separación de orina

	Sin inclinación	Con inclinación
Prueba con mujeres		
Prueba con Hombres		

Con base en el resultado de las pruebas de ángulo de inclinación del asiento y las pruebas de separación de los desechos, se realizó un primer diseño para el contenedor, el cual soportará al asiento y al usuario, por lo tanto la inclinación del baño se dará a partir de la estructura del contenedor.

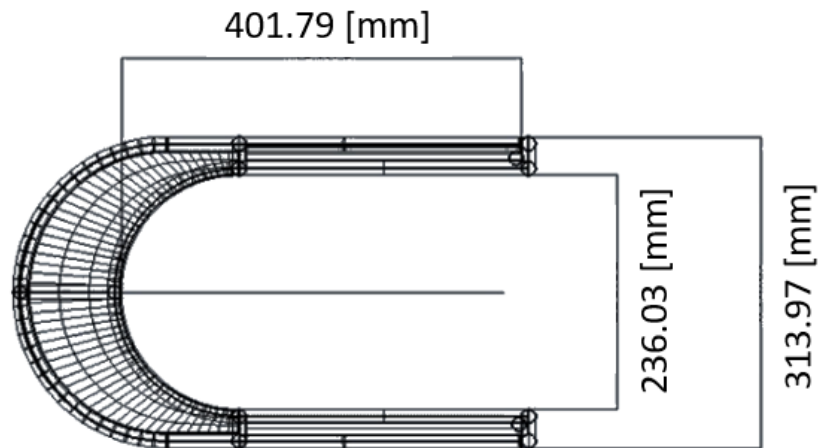


Figura 28. Vista de planta de la estructura del contenedor.

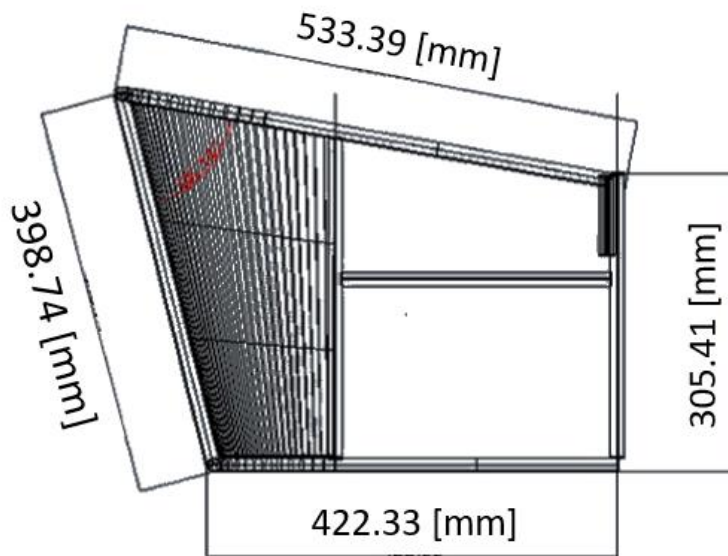


Figura 29. Vista lateral de la estructura del contenedor.

Los resultados de la experiencia con los conceptos de solución fueron analizados y evaluados por el equipo de diseño para definir el concepto final para realizar el prototipo.

Se llegó a la conclusión de prototipar un sanitario que consta de un asiento abatible soportado por un contenedor con una inclinación de 60° y posee una separación física en la parte frontal para la captación de los desechos líquidos. Cuenta con un sistema de higienización en el se llevará a cabo la limpieza y desinfección del asiento en la pared, el cual podrá ser accionado por medio de un pedal ubicado en el piso, lateral al contenedor, tal y como se muestra en el esquema de la Figura 30.

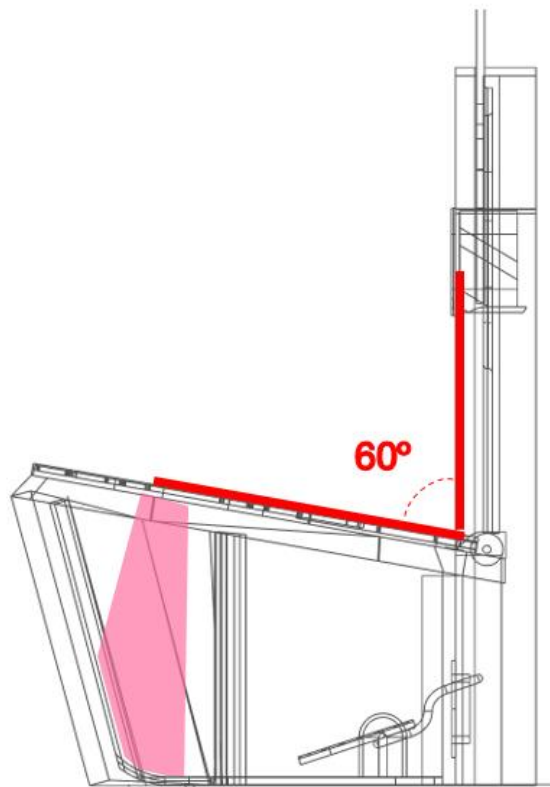


Figura 30. Diseño resultante de las pruebas de conceptos

Las pruebas de las propuestas de solución también dieron como resultado una serie de conceptos que si bien no se pusieron a prueba, debían ser definidos para completar el diseño del sanitario.

El equipo de diseño estableció con base en una evaluación y entrevistas a usuarios, algunos conceptos específicos indispensables para hacer funcionar el sistema de higienización. Estos se enlistan a continuación:

- Indicador de avance del proceso.
- Mecanismo de elevación del asiento.
- Sistema de la compuerta.
- Dispensador de solución desinfectante.
- Sistema de aspersion.
- Solución desinfectante.
- Mecanismo de accionamiento.
- Aprovechamiento de la sustancia desinfectante.



Figura 31. Entrevista a un usuario.

Capítulo VI.

Prototipo

Especificaciones finales

Establecer especificaciones finales: Las especificaciones objetivo establecidas antes en el proceso se revisan después de que un concepto se ha seleccionado y probado. En esta etapa, el equipo debe dedicarse a especificar valores de la métrica que reflejen las restricciones inherentes en el concepto del producto y limitaciones identificadas por medio del modelado técnico y análisis de viabilidad.

Especificaciones

A partir de la conceptualización, las pruebas realizadas, el análisis del equipo de diseño sobre la viabilidad del prototipo y los requerimientos definidos por el equipo y la voz del cliente, se establecieron especificaciones mostradas en la tabla 8, con las que deberá cumplir el diseño del producto.

En la tabla 9 se enuncian las métricas definidas conforme a los requerimientos.

Tabla 8. Especificaciones.

Importancia (de mayor a menor)	Especificaciones
1	Porcentaje de usuarios que intuyen fácilmente el accionamiento del sistema
2	Porcentaje de usuarios satisfechos con la ergonomía de la taza
3	Percepción de malos olores
4	Porcentaje de usuarios que perciben cuando el proceso de higienización terminó y el asiento está listo para usarse
5	Porcentaje de agente desinfectante contenido y retirado
6	Tiempo de higienizado
7	Porcentaje de usuarios que intuyen fácilmente el accionamiento del sistema
8	Porcentaje de usuarios que perciben cuando se está llevando a cabo el proceso de limpieza
9	Galones o litros de agente de desinfección
10	Tiempo requerido para su limpieza y mantenimiento general

Tabla 9. Métricas.

No	Métrica	Valor marginal	Unidades
1	El dispositivo separa líquidos y sólidos.	100-80	%
2	Energía consumida por el sistema.	$4,500 < x < 6,000$	[W/mes]
3	Litros de agente desinfectante.	$X < 3.78$ ó $x < 1$	[l]/[mes]
4	La limpieza y mantenimiento por parte del sujeto de servicio requiere poco tiempo y es sencilla.	$X < 10$	min
5	Usuarios activos que entienden que el proceso de higienización se efectuó correctamente.	$X > 90$	%
6	Tiempo de higienización.	$18 < x < 24$	[s]
7	Ángulo óptimo para orinar/defecar.	$X < 90$	[°]
8	El usuario activo y de servicio entienden el funcionamiento del sistema.	$X > 90$	[%]
9	Vida útil de los materiales y subsistemas del sistema de higienización.	$X > 7$	[años]

Funciones del producto

Para llevar a cabo el cumplimiento de los requerimientos y satisfacer de esta forma las necesidades de los usuarios involucrados, se propusieron una serie de funciones que el dispositivo debería cumplir para ser satisfactorio.

En la figura 31, podemos ver que el diseño debe cumplir con su función principal al permitir que el usuario se siente y realice sus necesidades. Se requiere un sistema de accionamiento y el inodoro debe promover la separación de los desechos líquidos y sólidos. Al finalizar su uso, el baño contará con una función de limpieza y desinfección del asiento.

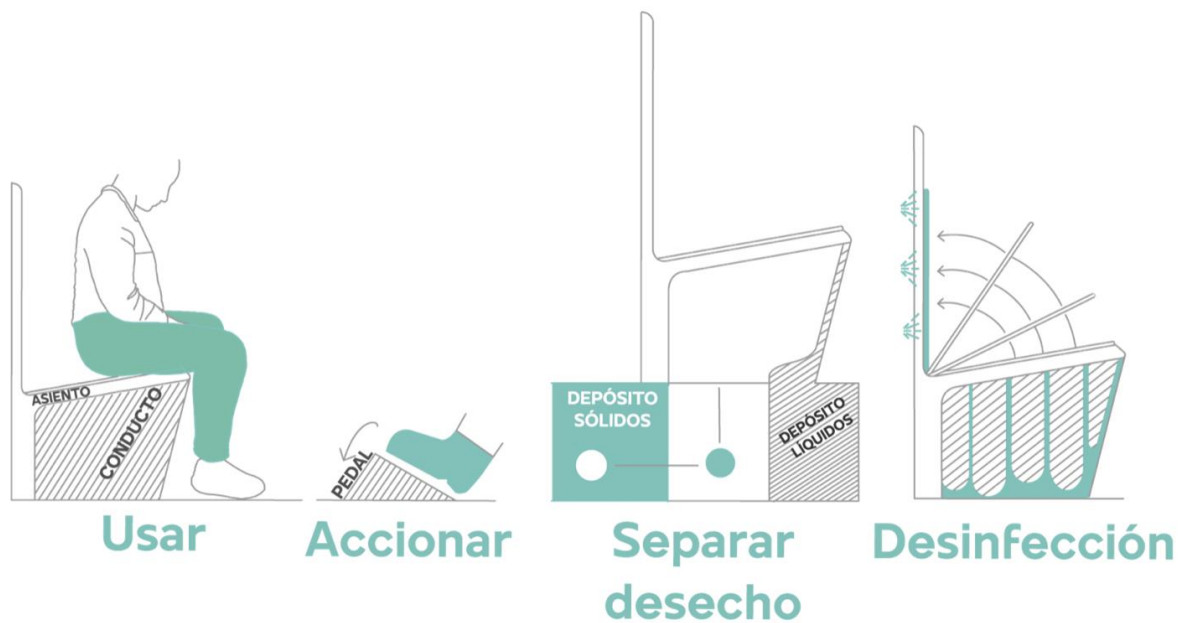


Figura 32. Diagrama de funciones.

Diseño de prototipo Cekó

A partir de la retroalimentación de los usuarios y la evaluación del equipo de diseño en las diversas pruebas de experiencia, se desarrolló una propuesta de diseño conforme al concepto de solución y diagrama de función del sistema, al cual le dimos el nombre de **Cekó**.

Debido a las restricciones de manufactura, costo y componentes requeridos, se buscó que el sistema fuera modular.

Se entiende como modular a la capacidad que tiene un sistema de ser estudiado, visto o entendido como la unión de varias partes que interactúan entre sí y que trabajan solidariamente para alcanzar un objetivo común, realizando cada una de ellas una tarea necesaria para la consecución de dicho objetivo.

Se evaluaron y seleccionaron los componentes y mecanismos requeridos para el cumplimiento de la propuesta de diseño. En la tabla 10 se muestran los componentes requeridos por el dispositivo y sus funciones.

Tabla 10. Funcionalidad del sistema

Componente	Función
Mueble de baño o contenedor seccionado en dos partes con un ángulo de inclinación de 30°	Soporta al usuario sentado y promueve la separación de líquidos y sólidos durante el uso del sujeto activo.
Pedal electrónico	Mecanismo de acción del sistema para elevar el asiento.
Asiento	Permite que el usuario se siente con comodidad y es fácil de desinfectar.
Sistema de elevación	Mecanismo de elevación del asiento.
Letrero luminoso	Código de lenguaje visual que comunica el ciclo de función del sistema.
Sistema de compuerta de desinfección	Limpia y desinfecta el asiento independiente del contenedor y evita fugas de líquido desinfectante.
Sistema de válvulas pulverizadoras	Permiten la aspersion uniforme del líquido para realizar la limpieza y desinfección del asiento de manera rápida y eficaz.
Líquido de limpieza con aroma y alto grado de evaporación	Solución de limpieza y desinfección del asiento que proporciona un aroma a limpio y un secado rápido.
Sistema de control digital	Controla el tiempo y la sucesión de pasos del proceso a partir del accionamiento del sistema.

La propuesta de diseño final consta de un contenedor o mueble de baño, sobre el que está un asiento abatible, que cumple con la función principal de permitir al usuario sentarse para realizar sus necesidades, y cuenta con un sistema de desinfección.

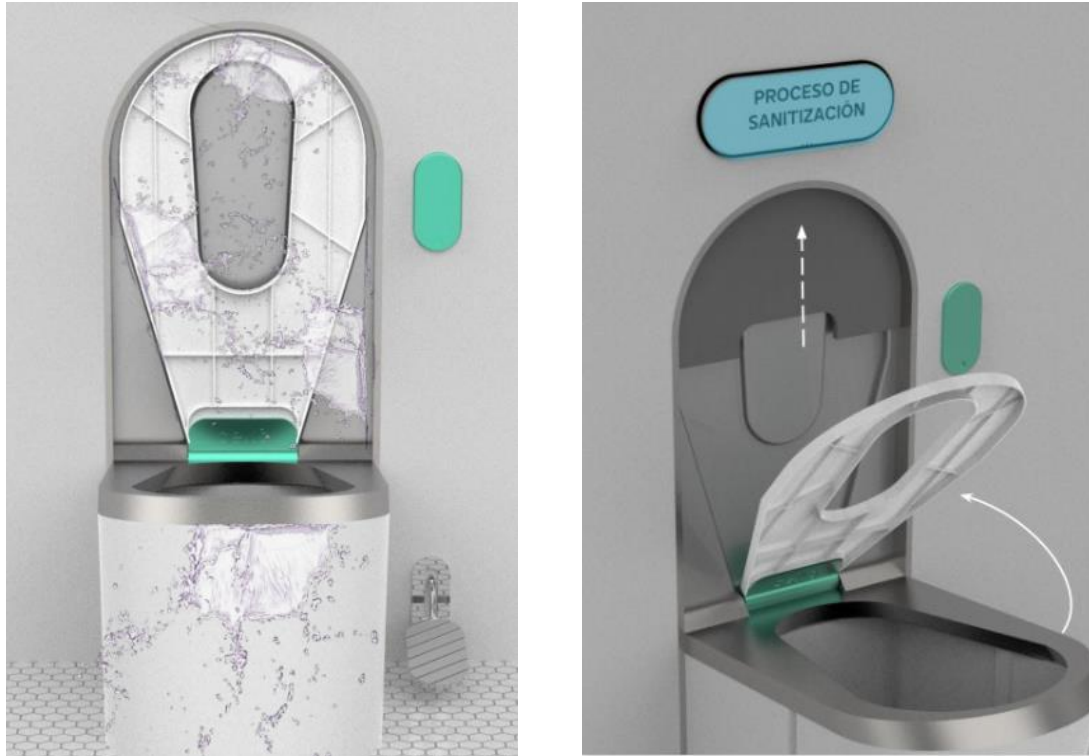


Figura 33. a) Elevación del asiento; b) Limpieza del asiento

El diseño contempla un sistema de compuerta donde se lleva a cabo la desinfección del asiento. Como se muestra en la figura 32 a), la compuerta se abre mientras el sistema de elevación mueve el asiento hacia ella. Ambas acciones son activadas por un pedal. La figura 32 b) muestra la posición del asiento mientras se desinfecta.

El sistema de compuerta tiene en su interior un sistema de válvulas para dispensar solución desinfectante aromatizada, que promueve el aprovechamiento del recurso de desinfección para la limpieza y saneamiento del asiento. Se propone la utilización de un indicador de avance del proceso visible al usuario, siendo éste testigo del proceso de limpieza del dispositivo.

Prototipo y protocolo de pruebas

Modelado y construcción de prototipos: Para esta etapa del proyecto se realiza la manufactura del prototipo con base en los modelos iniciales de la prueba de conceptos y el resultado de las funciones del producto, así como, el protocolo de pruebas del prototipo que permitirá identificar de forma ordenada las interacciones del usuario con el dispositivo, para finalmente evaluar su experiencia.

Manufactura

El desarrollo del prototipo inició con la manufactura de sus componentes, este proceso se describe a continuación.



Figura 34. Manufactura del contenedor.

El contenedor fue fabricado con lámina de acero inoxidable de 1.5mm de espesor con una estructura interna tubular soldada. El soporte del asiento y la estructura posterior que soporta al sistema de compuerta, fueron construidos con MDF, el asiento abatible y el sistema de compuerta se construyeron con láminas de acrílico de 3mm y 6mm de espesor.



Figura 35. Contenedor, soporte y asiento pintados / vista interior del contenedor.

Se utilizaron mangueras plásticas, válvulas de hidrolavadora y una bomba electrónica para el sistema de válvulas. El sistema de control para el prototipo se realizó a partir de la programación de funciones en un microcontrolador Arduino UNO, el cual, una vez recibida la señal de inicio de limpieza a través de un piezoeléctrico en el pedal, comenzaba la elevación del asiento y su ciclo de limpieza.



Figura 36. Cámara de limpieza y asiento.

La Figura 36 muestra a todos los sistemas del prototipo en posición inicial, tal y como lo vería el usuario al entrar a una caseta de baño. Podemos ver el pedal de accionamiento del sistema, el conducto y soporte del asiento, el asiento abatible y el sistema de compuerta donde se limpia el asiento.



Figura 37. Prototipo terminado.

Protocolo de pruebas

A continuación, se hace una breve descripción paso a paso y se ilustra con imágenes el protocolo a seguir en el uso de CEKÓ.



Paso 1

El usuario entra, se sienta y orina en el baño CEKÓ



Paso 2

El usuario se levanta y acciona el mecanismo de higienización



Paso 3

El asiento se comienza a abatir hasta coincidir con la cámara de limpieza



Paso 4

Se indica con luz Azul que el asiento está colocado en correcta posición y puede iniciarse el proceso de limpieza



Paso 5

Durante el proceso de higienización, la compuerta se ilumina de color cían



Paso 6

Al completarse la limpieza del asiento, éste se ilumina de color verde



Paso 7

Una vez terminada la limpieza el asiento se abate hacia su posición inicial



Paso 8

El asiento se dispone sobre el soporte del contenedor y está listo para un nuevo uso

Pruebas con usuarios

Las pruebas con usuarios se llevaron a cabo en las instalaciones del edificio del Centro de Ingeniería Avanzada (CIA) en el Anexo de la Facultad de Ingeniería.

El prototipo de CEKÓ se instaló temporalmente en el baño dispuesto para personas discapacitadas en el cuarto piso del CIA.

Los voluntarios para probar el baño CEKÓ fueron 15 alumnos entre hombres y mujeres de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial perteneciente a la Facultad de Arquitectura, a quienes les explicamos el objetivo del proyecto y el propósito de las pruebas de función para las que los solicitábamos, con gusto accedieron a usar el prototipo de CEKÓ y ser entrevistados para conocer su experiencia con esta propuesta de baño.

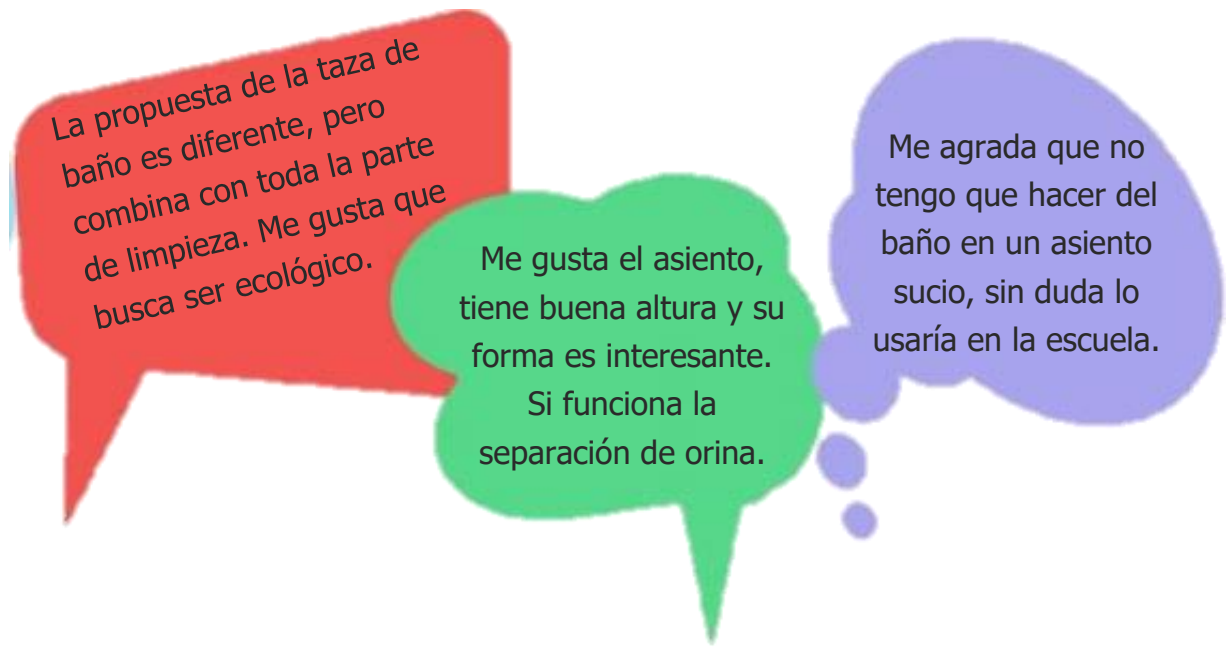


Figura 38. Voluntarias entrando al baño CEKÓ.

Resultados

Como resultado de las entrevistas finales a los voluntarios que hicieron uso del baño se obtuvieron los siguientes comentarios.





Claro, que no solo obtuvimos respuestas positivas, también recibimos algunos comentarios constructivos que posteriormente, nos ayudaron a redefinir nuestros requerimientos, éstos se enlistan a continuación:

- El diseño es elegante e innovador, sin embargo, no me pareció tan cómodo el asiento.
- El asiento es un poco incómodo por su rigidez, pero la propuesta del sistema de limpieza es interesante.
- El sistema de compuerta no funcionó correctamente y tuve que levantar el asiento con la mano, lo que me parece que no era el propósito.
- Siento que me daría más confianza usarlo si al entrar al baño lo primero que hiciera fuera limpiarlo.

A parte de los resultados obtenidos por voz del usuario, el equipo de diseño hizo anotaciones sobre el resultado del funcionamiento del prototipo.

La geometría del contenedor funcionó promoviendo la separación de orina hacia la parte delantera, lo cual pudo comprobarse con la huella de orina en los pañales que se usaron de prueba en el fondo del contenedor, sin embargo, para algunos voluntarios fue difícil hacer pipí en este baño, al saber que se revisarían los pañales. Por otro lado, al no ser un baño convencional, les costaba sentirse cómodos ya que no sentían que estaban sentados en un asiento de sanitario.

Los sujetos de prueba se mostraron curiosos y cuestionaron el sistema de limpieza propuesto, brindaron ideas de mejora y afirmaron que les entusiasma que la propuesta de este sistema de higienización se introduzca en los baños del Anexo de Ingeniería.

La vida útil del prototipo fue corta, lo cual, no permitió hacer las pruebas suficientes para la validación del diseño del sistema de limpieza. El sistema de accionamiento del asiento dejó de funcionar debido a fallas en los componentes de control que se utilizaron, por lo que para algunos usuarios no fue posible mostrar por completo el diseño de la experiencia con el prototipo final.

Haciendo un análisis de las especificaciones objetivo, las especificaciones finales y los comentarios que resultaron de la prueba de experiencia con los usuarios, nos dimos cuenta que hay necesidades que no interpretamos de la mejor manera y que hay requerimientos que podrían ser evaluados nuevamente para la obtención de una serie de especificaciones que mejoren el producto y por ende la experiencia del usuario

piloto. Por lo anterior, se redefinieron los requerimientos del sistema Cekó, los cuáles se enuncian en la siguiente Tabla 11

Requerimientos redefinidos

Tabla 11. Requerimientos.

Importancia (de mayor a menor)	Requerimientos
1	Que el sistema libre de agentes patógenos, residuos fecales o urinarios a la taza del baño por ambos lados
2	Que logre la confianza del usuario mediante la estimulación sensorial (visual, olfativa, etc.)
3	Que el sistema sea hermético
4	Que utilice la menor energía posible
5	Que el sistema aisle malos olores
6	Que el sistema presente un fácil arreglo ante un mal funcionamiento (diseño modular)
7	Que la vida del sistema sea de larga duración
8	Que el uso del sistema sea altamente intuitivo
9	Que el tiempo de higienización sea el menor posible
10	Que utilice los menos recursos de limpieza posibles
11	Que la taza de baño sea cómoda para el usuario

**Importancia
(de mayor a menor)**

Requerimientos

12	Que indique al usuario cuando está higienizado el asiento y lista la taza para un nuevo uso.
13	Que el sistema sea elegantemente simple.
14	Que indique al usuario cuando se está llevando a cabo el proceso.

A partir de los nuevos requerimientos, se definieron las métricas de las especificaciones para un rediseño futuro de Cekó. En la Tabla 12 se describen las métricas en orden de importancia, siendo la primera la más importante.

Métricas redefinidas

Tabla 12. Métricas.

**Importancia
(de mayor a menor)**

Métricas

1	Porcentaje de agentes contaminantes retirados
2	Porcentaje de usuarios que intuyen fácilmente el accionamiento del sistema
3	Mínimo de partes y sistemas de accionamiento que garanticen el perfecto funcionamiento del sistema
4	Malos olores percibidos

**Importancia
(de mayor a menor)**

Métricas

5	Porcentaje de usuarios que perciben cuando el proceso de higienización terminó y el asiento está listo para usarse
6	Porcentaje de agente desinfectante contenido y retirado
7	Energía consumida por el sistema
8	Vida útil de los materiales y subsistemas del sistema de higienización
9	Modularidad del sistema
10	Tiempo de higienización
11	Porcentaje de usuarios que intuyen fácilmente el accionamiento del sistema
12	Porcentaje de usuarios satisfechos con la ergonomía de la taza
13	Porcentaje de usuarios que perciben cuando se está llevando a cabo el proceso de higienización
14	Galones o litros de agente de desinfectante

Capítulo VII.

Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones y trabajo futuro

Los objetivos establecidos al inicio de la tesis se cumplieron satisfactoriamente: Se diseñó un sistema de higienización en un escenario de baño público dentro de la Facultad de Ingeniería y se fabricó un prototipo que nos permitió probar la propuesta de experiencia diseñada con un grupo de usuarios, a quienes les pareció un sistema innovador y de interés relevante que promueve el uso de la tecnología en objetos de cotidianidad.

Durante las diversas pruebas que se llevaron a cabo a lo largo del desarrollo de la experiencia, todos los participantes mostraron su interés en el proyecto. Dada la mala experiencia que viven las personas en el uso de la mayoría de baños públicos, los usuarios están dispuestos a probar nuevas formas y/o dispositivos que mejoren su

experiencia a la hora de acudir a estos sanitarios de uso común, sobre todo en lugares que para ellos son muy recurrentes, como lo es la universidad.

La comunidad estudiantil también está preocupada por la escasez de recursos, por lo que existe entusiasmo en adoptar sistemas poco convencionales de ahorro de agua e incluso interés en la separación de desechos sólidos para su aprovechamiento futuro.

Como resultado de esta tesis se analizaron las respuestas de los usuarios y se llegó a la conclusión de que el diseño conceptual es atractivo y los voluntarios se vieron motivados por el objetivo y la visión del proyecto. La manufactura del prototipo nos permitió experimentar la dificultad o facilidad con la que podría desarrollarse el producto y compartirlo con los usuarios, nos mostró que existen áreas de oportunidad que nos permitirían mejorar el concepto de solución desarrollado.

Encontramos que el diseño de higienización del asiento podría tener una oportunidad pronta en el mercado ya que al ser un sistema de limpieza para un asiento de baño puede adaptarse a cualquier sanitario de uso convencional, sin embargo, el propósito de este proyecto es contribuir en el diseño de experiencia para la implementación de baños secos de uso público que mantengan una buena higiene y promueva el ahorro de agua potable, por lo que se espera que nuevos elementos continúen con el desarrollo de la visión de este proyecto.

Analizar el sistema con TRIZ permitió conocer mejor el sanitario convencional de uso en occidente, entendiendo su funcionamiento y encontrando áreas de oportunidad de diseño, así como sus restricciones de cambio, lo cual sirvió como base para el inicio de la generación de conceptos de solución.

La metodología de diseño centrado en el usuario no solo nos ayudó a darle estructura al trabajo que se presenta en esta tesis, sino también a empatizar con el usuario, reconociendo sus necesidades, percepciones y deseos en un objeto que reconocemos como indispensable en nuestra cotidianidad. La participación de la comunidad estudiantil durante el proceso de diseño amplió las posibilidades de solución a las funciones del sistema y facilitó la toma de decisiones para establecer las especificaciones del producto conforme a las necesidades expresadas y con base en su evaluación, se calificó el prototipo realizado. Los resultados obtenidos con Ceko, permiten registrar un avance en el desarrollo de la experiencia de una propuesta que busca ser el desarrollo de un baño más ecológico.

Capítulo VIII.

Referencias

BBC News. (4 de Marzo de 2010). *Pipí y popó en inodoros ecológicos*. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de BBC News Mundo: https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/03/100304_defecar_bolsa_lp

BBC News. (15 de Septiembre de 2019). *Cómo debes sentarte correctamente para ir al baño y evitar complicaciones para tu salud*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de BBC News Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49663889>

Biolan Composters. (s.f.). *Inodoro de compostaje Naturum*. Obtenido de Biolan Composters: http://shop.biolan.co.uk/index.php?main_page=product_info&products_id=141

Dorra, M. (2013). *Estados Unidos Patente nº US87756278B1*.

EcoPUMA. (02 de Octubre de 2017). *Estrés hídrico: ¿nos estamos quedando sin agua?* Recuperado el 09 de Abril de 2020, de Fundación UNAM: <https://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/estres-hidrico-nos-estamos-quedando-sin-agua/>

- EcoPUMA. (22 de Marzo de 2020). *Agua: recurso que preocupa cada vez más*. Recuperado el 09 de Abril de 2021, de Fundación UNAM: <https://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/agua-recurso-que-preocupa-cada-vez-mas/>
- Ekolet. (s.f.). *Inodoro de compostaje seco económico Ekolet Bag Loo*. Obtenido de Ekolet: <https://ekolet.com/product/ekolet-bag-loo/>
- Facultad de Ingeniería, UNAM. (2015). *Plan de desarrollo 2015-2019*. Recuperado el 06 de Agosto de 2021, de http://www.fi-b.unam.mx/docs/PDD_FI.pdf
- Facultad de Ingeniería, UNAM. (2019). *Plan de Desarrollo 2019-2023*. Recuperado el 06 de Agosto de 2021, de https://www.ingenieria.unam.mx/planeacion/eg/plan19_23/pdd2019-2023.pdf
- Facultad de Ingeniería, UNAM. (2020). *Segundo Informe de Actividades*. Recuperado el 06 de Agosto de 2021, de <https://www.planeacion.unam.mx/informes/PDF/FI-2020.pdf>
- Gaceta UNAM. (29 de Octubre de 2018). *Consumo de Agua por persona*. Recuperado el 05 de Abril de 2021, de Infografía, Gaceta UNAM: <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-infografia-consumo/>
- Hassan Montero , Y., & Ortega Santamaría, S. (2009). *Diseño Centrado en el Usuario (DCU)*. Obtenido de Asociación Profesional de Especialistas en Información: <http://www.nosolousabilidad.com/manual/3.htm>
- López Castro, A. M. (01 de Diciembre de 2005). *Análisis comparativo de los servicios necesarios dentro de los sanitarios que forman parte de los lobby bar en hoteles en la ciudad de Puebla, México*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de Colección de Tesis Digitales: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/lopez_c_am/
- Mann, D. (s.f.). *Los cuatro pilares de TRIZ*. Department of Mechanical Engineering. University of Bath.

- Naciones Unidas. (18 de Noviembre de 2019). *Tener un baño es imprescindible para salir de la pobreza*. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465551>
- National Geographic. (18 de Noviembre de 2020). *La vuelta al mundo a través de sus retretes*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de National Geographic España: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/actualidad/vuelta-mundo-traves-sus-retretes_10885
- Natureshead. (s.f.). *Inodoro de compostaje Nature's Head con mango de araña*. Obtenido de Nature's Head Store: <https://store.natureshead.net/p/27-Nature-s-Head-Composting-Toilet-with-Spider-Handle.aspx>
- noticias, D. (25 de Diciembre de 2014). *Niu 3D Clean, un sistema inteligente de limpieza de inodoros*. Obtenido de Domótica usuarios: <http://domoticausuarios.es/niu-3d-clean-un-sistema-inteligente-de-limpieza-de-inodoros/>
- OHILAM. (s.f.). *Tapas desechables automáticas para asientos de inodoro, rollo de película de autolimpieza, productos higiénicos para baños públicos*. Obtenido de AliExpress: <https://es.aliexpress.com/item/33035065460.html>
- Oropeza Monterrubio, R. (2007). *TRIZ, LA METODOLOGÍA MÁS AVANZADA PARA ACELERARLA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA SISTEMÁTICA*. México.
- Rull, A. S. (09 de Abril de 2018). *Evolución histórica de los espacios de baño en la vivienda*. Recuperado el 09 de Abril de 2021, de Canales sectoriales: <https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/214047-Evolucion-historica-de-los-espacios-de-bano-en-la-vivienda.html>
- Solid Creativity. (s.f.). *TRIZ 40*. Obtenido de Solid Creativity: http://www.triz40.com/TRIZ_GB.php
- Tuvie. (s.f.). *Inodoro Kirei: diseño de inodoro futuro de Hirotaka Mac Matsui*. Obtenido de Tuvie: <https://www.tuvie.com/kirei-toilet-future-toilet-design-by-hirotaka-mac-matsui/>
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., & Yang, M. C. (2013). *Product design and development* (Quinta ed.). McGraw-Hill.

UNISEF. (18 de Junio de 2019). *1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable*. Recuperado el 2020 de Agosto de 2020, de Unisef.org: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable>

Ying Chang Cheng, S. ,.-G. (2012). *Estados Unidos Patente n° US20140115764A*.