

03-041

IMPROVED DRY COMPOSITING TOILET WITH PIVOTING PROPELLER SYSTEM TO REMOVE HUMAN EXCRETS.

Vera Barrios, Bertha Silvana ⁽¹⁾; Aguilar Martínez, Josue Amilcar ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Nacional de Moquegua, ⁽²⁾ Universidad Autónoma de Nuevo León

The design of this dry compositing toilet prototype is a user-centered sanitary furniture proposal that lacks an adequate supply of water and drainage services within their home. The innovative principle consists in generating the dragging of human excreta, through a system of 03 pivoting propellers, which rotate around an axis of rotation. The weight of the feces allows a leverage effect, since these residues, when falling by gravity on the ends of each of the propellers, immediately cause the system to rotate and simultaneously open some receiving bags of polymeric material that trap the fecal residue, which close automatically when the evacuation action ends. Urine is collected in another subsystem complementary to the system described. Only water is required for the removal and replacement of bags, which saves use and is an environmentally friendly feature. The formal design of this prototype allows the user a better movement within the space in which it is installed, since it occupies less area due to its compactness, efficiently complying with the rules of dynamic anthropometry.

Keywords: Toilet; propellers; excreta; bags; rotation.

INODORO SECO MEJORADO CON SISTEMA DE HÉLICES PIVOTANTES PARA REMOVER EXCRETAS HUMANAS.

El diseño de este prototipo de inodoro seco, es una propuesta de mobiliario sanitario centrado en usuarios que carecen de un adecuado suministro de servicios de agua y de drenaje dentro de su vivienda. El principio innovador consiste en generar el arrastre de las excretas fecales, a través de un sistema de 03 hélices pivotantes, las cuales giran en torno a un eje de rotación. El peso de las heces permite hacer un efecto palanca, ya que estos residuos al caer por gravedad sobre los extremos de cada una de las hélices, inmediatamente ocasionan el giro del sistema y se abren simultáneamente unas bolsas receptoras de material polimérico que atrapan el residuo fecal, las cuales se cierran automáticamente cuando termina la acción de evacuación. La orina se recoge en otro subsistema complementario al del sistema descrito. Se requiere únicamente agua para el retiro y reposición de bolsas, lo cual permite ahorrar su uso y es una característica amigable con el medio ambiente. El diseño formal de este prototipo, permite al usuario un mejor desplazamiento dentro del espacio en el que se instale, pues ocupa menos área por ser compacto, cumpliendo en forma eficiente con las normas de la antropometría dinámica.

Palabras claves: Inodoro; hélices; excretas; bolsas; rotación.

Correspondencia: Bertha Silvana Vera Barrios Correo: silvanavera196812@gmail.com



1. Introducción

La escasez del recurso agua para uso doméstico, genera un compromiso responsable de los gobiernos para buscar y aplicar tecnologías limpias sustentables que sustituyan o reciclen las aguas servidas o cloacales, para nuevamente ser utilizadas en la higiene de los aparatos sanitarios. Desde que apareció el inodoro seco (Moule, 1860) se han ido mejorando a través del tiempo tanto su diseño formal como su funcionamiento y también la percepción que los usuarios tienen de su eficiencia ha ido cambiando en el tiempo. Hoy en día existen prototipos de inodoro seco con mayores ventajas técnicas, que lo hacen más efectivo, que van desde el diseño formal hasta metodologías para mejorar su función como la deshidratación por calentamiento e inmovilización química de los lodos fecales Khyun (2019), Saxena et al. (2019) y **Oluwasola et al.** (2017) respectivamente. Un aspecto fundamental que influye en la percepción de la población con respecto a una mejora en la función de un prototipo de inodoro, es el costo, Moya-Fernández **et al.** (2021), y la percepción de existencia de riesgos para la salud, al no ver discurrir agua para el arrastre de residuos. Lo recomendable es que el usuario debe apropiarse de las tecnologías entregadas por el estado, de modo tal que ellos también puedan asumir la responsabilidad de su mantenimiento y así estar predispuestos a aceptar los prototipos de inodoro seco mejorados Sutherland **et al.** (2020). El aspecto cultural y las costumbres también tienen influencia en la aceptación o no de los prototipos.

Se reportan casos de estudio en regiones del continente asiático, China, India y Corea, así como de África y en América (Hawái), donde existe sobrepoblación y sequía Lease et al. (2014), Hou et al. (2020) y Moya-Fernández et al. (2021). Los entrevistados evidencian baja predisposición a modificar sus costumbres culturales incluso ancestrales, para adaptarse a nuevos mobiliarios sanitarios. Dentro de este aspecto, se evidencia que, en la mayor parte del análisis y discusión, que hacen los autores, en relación a las ventajas técnicas que ofrece un determinado prototipo antes de ser comprado, se prefiere aplicar los métodos estadísticos más en el estudio de la funcionalidad, que en la forma externa. En cuanto a lo funcional, abordan la temática del inodoro seco diseñado con separador de orina, eso se puede ver en los trabajos de Khyun (2019), Lamichhane et al. (2013), Prithvi et al. (2018), Ding y Liu (2021), en la mayor parte de los cuales, el modelo con DUT si es aceptado para utilizarse, independientemente de otros beneficios como es el ahorro del agua y en reutilizar la orina como abono, mientras que en cuanto a la percepción formal, en publicaciones que revelan innovación, Khyun (2019), describe como se implementa y demuestra que existe aceptación de parte de los encuestados del inodoro mejorado adaptado a la posición de cuclillas, incluyendo un aspecto cultural en la forma externa del diseño, que es la porcelana blanca imitando la vasija oriental de la Dinastía Yi, lo cual hace que tenga altos estándares de preferencia y de aceptación positiva debido a la integración de esta característica cultural ancestral en su diseño.

El prototipo de este inodoro no requiere utilizar las manos para hacer funcionar el mecanismo que permite eliminar las excretas, este se activa por el propio peso de las heces fecales. El antecedente que tuvo mejores logros en la tecnología de separación de orina en función de un biorreactor de membrana biológicamente activado fue estudiado por Sutherland et al. (2020), y el antecedente que tiene un mecanismo similar al propuesto en esta investigación corresponde a Hennigs et al. (2019). Autores como Prithvi et al. (2018) hacen una estimación de la opinión de la población sobre el impacto que tiene utilizar la orina como fertilizante, utilizando el análisis factorial dentro de un contexto de la Teoría del Comportamiento Planificado, cuantificando la actitud del consumidor hacia el reciclaje de orina a través de un enfoque numérico exploratorio e identificando los factores explicativos que dan forma a las creencias y percepciones del consumidor.

2. Objetivo

Diseñar un prototipo de inodoro que permita reducir el consumo de agua empleada en el arrastre de residuos fecales, a través de un dispositivo mecánico que remueva estos residuos mediante un sistema de hélices pivotantes, utilizando los principios de la física aplicada como las leyes de equilibrio y palancas y los principios de la cinemática.

2.1 Objetivos específicos

- 1.-Diseñar un modelo de funcionamiento desde el punto de vista de la cinemática y las leyes del equilibrio de la física aplicada.
- 2.-Estimar las magnitudes de los componentes que puedan ser incorporados al diseño del modelo tales como:
 - Peso de cada componente, es decir evaluar forma y tamaño de las hélices, el eje de las hélices, bolsas etc.
 - Dimensiones de las partes conformantes
 - Calcular el peso en caída libre de la masa fecal.
 - Estimar la frecuencia de uso del dispositivo que sostiene las 03 hélices, considerando que el tazón que acopia los residuos es un mobiliario que se utiliza al día un promedio de 6 veces por persona
 - Evaluar el peso total de todo el sistema: bolsas de polímero, eje y aspas para girar.
 - Peso de los dispositivos.
 - Aislamiento acústico de la posible emisión de ruidos o sonidos del propio funcionamiento.
 - Velocidad angular del molino vertical y sus respectivas hélices,
 - Tamaño y peso de las bolsas de polímero retractiles.

3. Metodología

3.1 Descripción de la invención

Como solución a los problemas antes mencionados se desarrolló la presente invención, considerando las normas sanitarias, VIVIENDA (2013). que consiste en un inodoro seco cuyo principio innovador consiste en generar la circulación de los residuos fecales para evitar utilizar agua para su remoción, a través de un mecanismo de rotación por hélices, el cual se produce alrededor de un eje con al menos tres paletas, (ver fig. 2c y 2d) de modo tal que los residuos fecales se recepciona en bolsas de poliuretano herméticas,(ver fig.2e) ajustadas a dichas paletas de las hélices pivotantes, las cuales se cierran automáticamente cuando se ponen al mínimo contacto con el peso del residuo fecal acumulado. Todo el sistema se sostiene de una base conformada por al menos dos planchas de arcilla borosilicatada dispuestas en forma paralela, pero sin tener contacto entre sí, pues existe un espacio vacío entre ambas por el cual desciende la orina desde un conducto tubular cilíndrico (ver fig. 1c) hasta un conducto prismático. Cabello et al. (2011), Guerrero et al. (2006) y Lugo, Velarde y Arias (2020). Para que pueda hacerse un correcto mantenimiento de todo el sistema se ha previsto que todas sus partes conformantes puedan fácilmente ser reemplazadas en caso se deteriorasen, por ello existen dos componentes descritos como cuerpo articulable y cuerpo desmontable, este último provisto de una ranura en la parte superior que permite ajustarse al resto de elementos conformantes. Ambos cuerpos se acoplan a diversas piezas para permitir la rotación de los residuos. Como se explicó, el peso de las deposiciones permite su funcionamiento, esto mediante la aplicación de un principio de la física mecánica denominado “efecto palanca” (Ver fig. 2c y 2d), ya que al producirse la función de defecar el peso de las heces hace presión sobre las bolsas flexibles de poliuretano, las cuales permanecen semicerradas y al sentir el contacto del peso de la evacuación, que ejercen fuerza y presión la superficie de la bolsa, permite su apertura,

[Escriba aquí]

sobre el centro de gravedad de la hélice, haciendo que gire un ángulo en grados sexagesimales entre 60° y 75° en sentido anti horario, este movimiento permite el funcionamiento sin necesidad de que se queden retenidas generando los malos olores que expelen al ser evacuadas, todo este proceso se produce en su mayor parte en el cuerpo desmontable. Los residuos fecales que ya están dentro de las bolsas cerradas se retiran por una portañuela posterior y se tiran en los respectivos cestos de basura. (ver fig. 1e).

Por otro lado, también se pueden acopiar los residuos de orina sin que se mezclen con las heces, ya que respetando el ángulo original de 35°, (ver fig. 1) con el que en forma natural el ser humano acostumbraba a defecar, se produce la función de evacuación de la orina en ese mismo ángulo, de modo tal que esa es la forma con la que se ha diseñado el tazón que recibe la orina para derivarla por medio de dos conductos hacia su conexión con la red pública. Todo este se produce el cuerpo articulable.

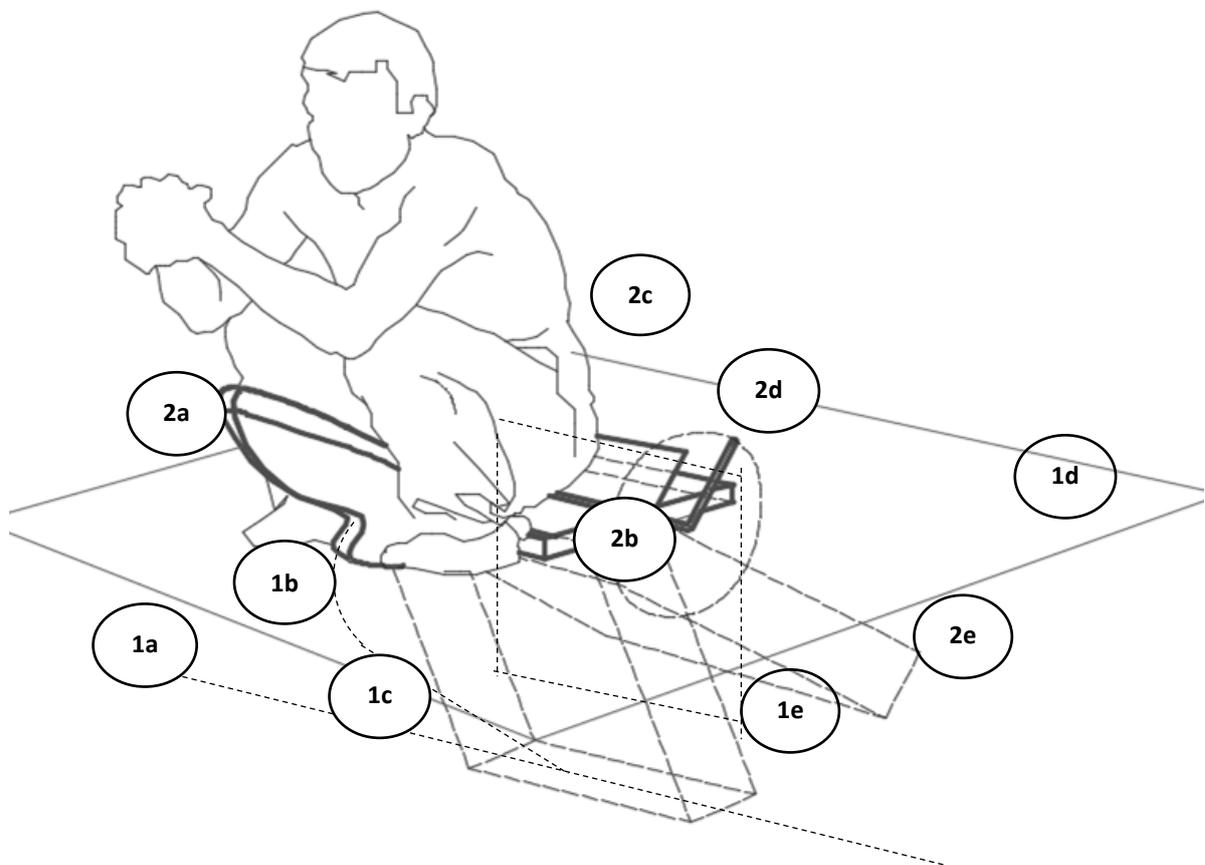


Figura 1: Diferentes partes conformantes del prototipo de inodoro

3.2 Partes conformantes

Como resultado del diseño, se tiene las siguientes partes que permiten la construcción del prototipo, las cuales se describen a continuación: un primer grupo corresponde a los componentes que sirven para armar la base del prototipo representado en la figura 1 dentro de las sub-partes de la "base y cuerpo articulable" un segundo grupo corresponde al conjunto de sub-partes consideradas como "cuerpo desmontable y hélices" que tiene el código "2". Son dos zonas, la "zona receptora de las heces fecales" y finalmente tenemos a la zona de la "parte inferior".

[Escriba aquí]

3.3 Las referencias numéricas empleadas en las figuras son:

1. Base y cuerpo articulable
 - 1a. Instalaciones sanitarias
 - 1b. Conducto curvo que recoge orina
 - 1c. Conducto tubular
 - 1d. losa de concreto
 - 1e. Portañoeta para retirar residuo
2. Cuerpo desmontable y hélices
 - 2a. Tazón recolector
 - 2b. recipiente recolector.
 - 2c. Paletas con bolsas recolectoras replegadas
 - 2d. Palas y Eje de giro
 - 2e. Bolsas poliméricas desplegadas

El material del que está diseñado el mobiliario inodoro es en base a las arcillas borosilicatadas, este material permite que la superficie del tracto de este inodoro sea más deslizante y pulida y de esta manera los residuos pueden deslizarse con más facilidad. En resumen, podemos decir que se aplica la tecnología de la auto-propulsión para el arrastre de residuos en los inodoros de borosilicato por la disposición de las hélices que se instala dentro del prototipo sanitario, dicha característica permite separar definitivamente la recolección de orina y de heces en forma efectiva hasta en un 90% en relación a los inodoros secos tradicionales.

3.4 Estimación del modelo de funcionamiento de las hélices

Se presenta el diseño del prototipo de eje giratorio con características tales como: medición de frecuencia de giro, peso y gravedad. Se hicieron los correspondientes diseños, cálculos y simulaciones de los subsistemas: mecánico y cinemático, con la ayuda de los conceptos básicos en materia de la física aplicada; lo que permitirá seleccionar los materiales idóneos para el manejo de este tipo de sistema y finalmente construir un prototipo funcional para validar los cálculos realizados en el proyecto, encontrándose que los resultados se ajustan a lo esperado con respecto a la reducción en el uso del agua.

En esta parte de la investigación, se ha realizado un estudio en el que se está pre-estimando a partir del diseño o modelado del funcionamiento del sistema de las hélices, por ello se han propuesto dos sistemas de ecuaciones sencillas.

- a. Primera ecuación: Cálculo de la velocidad, ángulos y tiempos de recorrido del residuo desde el inicio del proceso de evacuación fecal hasta la primera parada. (ver fig. 2). El sistema de las 3 hélices debe girar con una magnitud de velocidad angular inicial de 12.5 rad/seg experimentando una aceleración angular cuya magnitud es de 156 rad/s² que dura 0.08 seg. a) ¿Qué magnitud de desplazamiento angular tiene a los 0.08 seg? b) ¿Qué magnitud de velocidad angular tiene a los 0.08 seg?

Datos para utilizar $W_0 = 12.5 \text{ rad/seg}$, $\alpha = 156 \text{ rad/seg}^2$ $t = 0.08 \text{ seg}$, $\theta = ?$, $W_f = ?$

Formulas:

$$\theta = W_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

$$W_f = W_0 + at \quad (2)$$

Sustitución:

$$\theta = (12.5 \text{ rad/s}^2) (0.08 \text{ s}) + (156.25 \text{ rad/s}^2) (0.0064 \text{ s}^2) / 2 \quad (3)$$

$$W_f = (12.5 \text{ rad/s}) + (156.25 \text{ rad/s}^2 \times 0.08 \text{ s}) \quad (4)$$

[Escriba aquí]

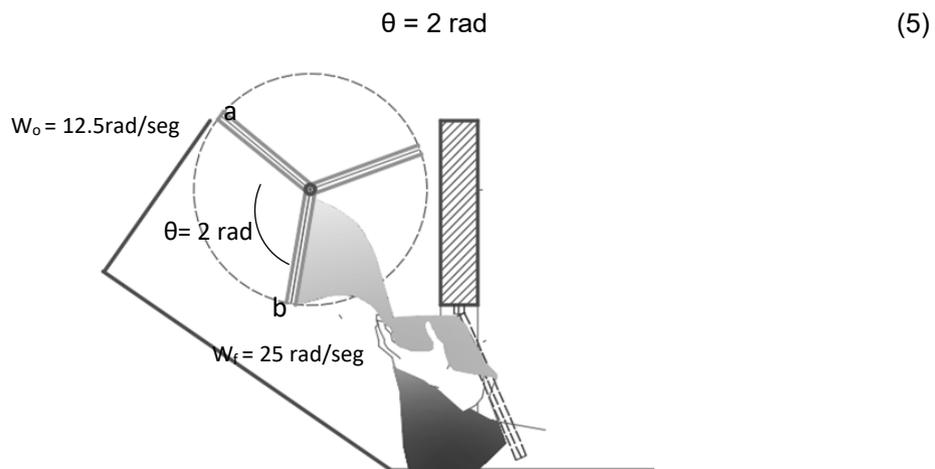


Figura 2: Esquema de equilibrio

b. Segunda ecuación: Calcular el resto de posiciones de detenimiento del sistema de las hélices en rotación. El sistema de hélices debe incrementar la magnitud de su velocidad angular de 3 rad/s a 7 rad/s en 0.8 s. Calculamos: a) ¿Cuál sería la magnitud de su aceleración media? Y b) ¿Cuál sería la magnitud de su desplazamiento angular para ese tiempo? Datos: $\omega_o = 3 \text{ rad/s}$, $\omega_f = 7 \text{ rad/s}$ y $t = 0.8 \text{ s}$.

Formulas:

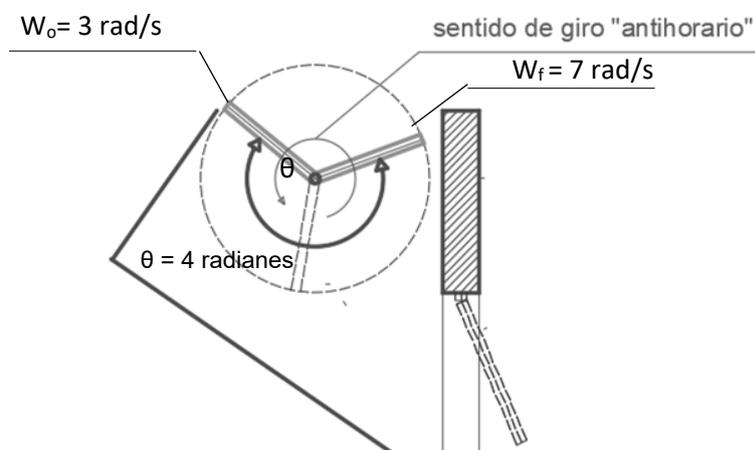
$$\alpha_m = \frac{\omega_f - \omega_o}{t} \quad (7)$$

$$\Theta = \omega_o t + \alpha t^2 / 2 \quad (8)$$

Sustitución y resolución:

$$\alpha_m = \frac{7 \text{ rad/s} - 3 \text{ rad/s}}{0.8 \text{ s}} \quad \alpha_m = 5 \text{ rad/s}^2$$

$$\Theta = \frac{(3 \text{ rad})(0.8 \text{ s})}{s} + \frac{(5 \text{ rad/s}^2)(0.64 \text{ s}^2)}{2} \quad \theta = 4 \text{ rad}$$



[Escriba aquí]

Figura 3: Esquema de equilibrio de la segunda ecuación

Interpretando los dos resultados anteriormente señalados, podemos colegir que, para diseñar una velocidad de inicio y un ángulo de giro a los 0,08 segundos, para la primera parada que es cuando se produce la deposición, obtenemos un menor tiempo haciendo un ángulo de 2 radianes (ver fig. 2), mientras que en la segunda ecuación cuando se diseña para la segunda parada, que es de 4 radianes, se consideran otras velocidades porque se ha hecho simulaciones con prototipos pastosos para ver como el peso de las heces reduce esa velocidad y por eso se estiman estos valores aproximados de las velocidades.

4.Resultados

El principio innovador consiste en generar el arrastre de las excretas fecales, a través de un sistema de 03 hélices pivotantes, las cuales giran en torno a un eje de rotación. El peso de las heces permite hacer un efecto palanca, ya que estos residuos al caer por gravedad sobre los extremos de cada una de las hélices, (Ver fig. 4a), inmediatamente ocasionan el giro del sistema y se abren simultáneamente unas bolsas receptoras de material polimérico que atrapan el residuo fecal, (ver fig. 4b) las cuales se cierran automáticamente cuando termina la acción de evacuación (ver fig. 4c).

La orina se recoge en otro subsistema complementario al del sistema descrito. Se requiere muy poca cantidad de agua para el retiro de las bolsas, lo cual permite ahorrar su uso y es una característica amigable con el medio ambiente. El diseño formal permite al usuario un mejor desplazamiento dentro del espacio en el que se instale, pues ocupa menos área por ser compacto, el usuario tiene que adoptar la posición de “cuclillas” para el acto de evacuación, de esta manera se cumple en forma eficiente con las normas de la antropometría dinámica.

En la figura 5 puede verse en perspectiva la forma correcta de usar este mobiliario. Puede verse en esquema el diseño y función: En el detalle (5a) es la vista en perspectiva de la paleta o aspa giratoria, en el detalle (5b), es la manivela de giro, es de uso opcional, en el detalle (5c) tenemos en perspectiva la bandeja que sujeta al molino o sistema de hélices pivotantes, en el detalle (5d) tenemos la bolsa desplegada en el momento de recoger las excretas y finalmente en el detalle (5e), tenemos al tazón que recoge la orina. El prototipo del sistema aún se encuentra en proceso de perfeccionamiento, sin embargo, en Perú antes de definir los acabados finales, siempre es necesario hacer un estudio en el mercado local de las preferencias de los pobladores con respecto a cualquier iniciativa frente a las políticas de saneamiento básico, ya que suelen fracasar muchos emprendimientos por no cautelar estas contingencias.

El diseño de un prototipo de inodoro seco con un sistema de propulsión de excretas fecales, es una propuesta de mobiliario sanitario centrado en usuarios que carecen de un adecuado suministro de servicios de agua y de drenaje dentro de su vivienda. En la Figura 6 puede verse en 2 imágenes el diseño y función: 6a) vista en perspectiva de la bolsa en el momento de recepcionar los residuos y en la vista (6b) vista en el momento en el que la bolsa “reduce o comprime” su parte superior para luego retirar por una portañuela posterior. El prototipo del sistema aún se encuentra en proceso de perfeccionamiento, sin embargo, en Perú antes de definir los acabados finales, siempre es necesario hacer un estudio en el mercado local de las preferencias de los pobladores con respecto a cualquier iniciativa frente a las políticas de saneamiento básico, ya que suelen fracasar muchos emprendimientos por no cautelar estas contingencias.

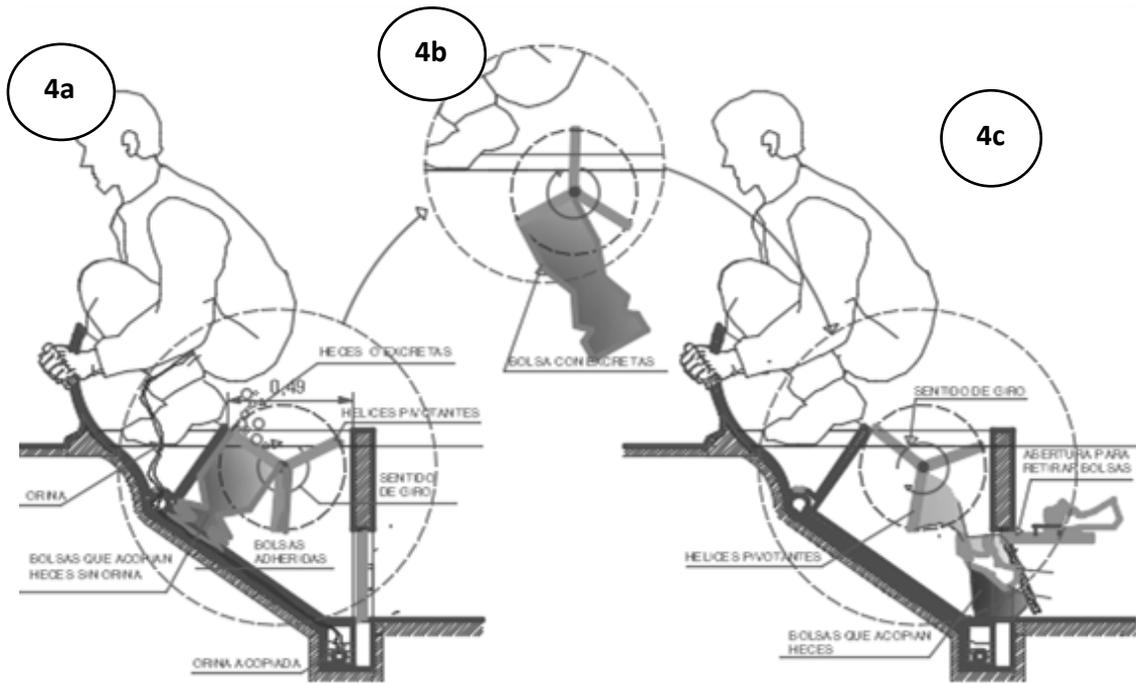


Figura 4: Proceso de funcionamiento

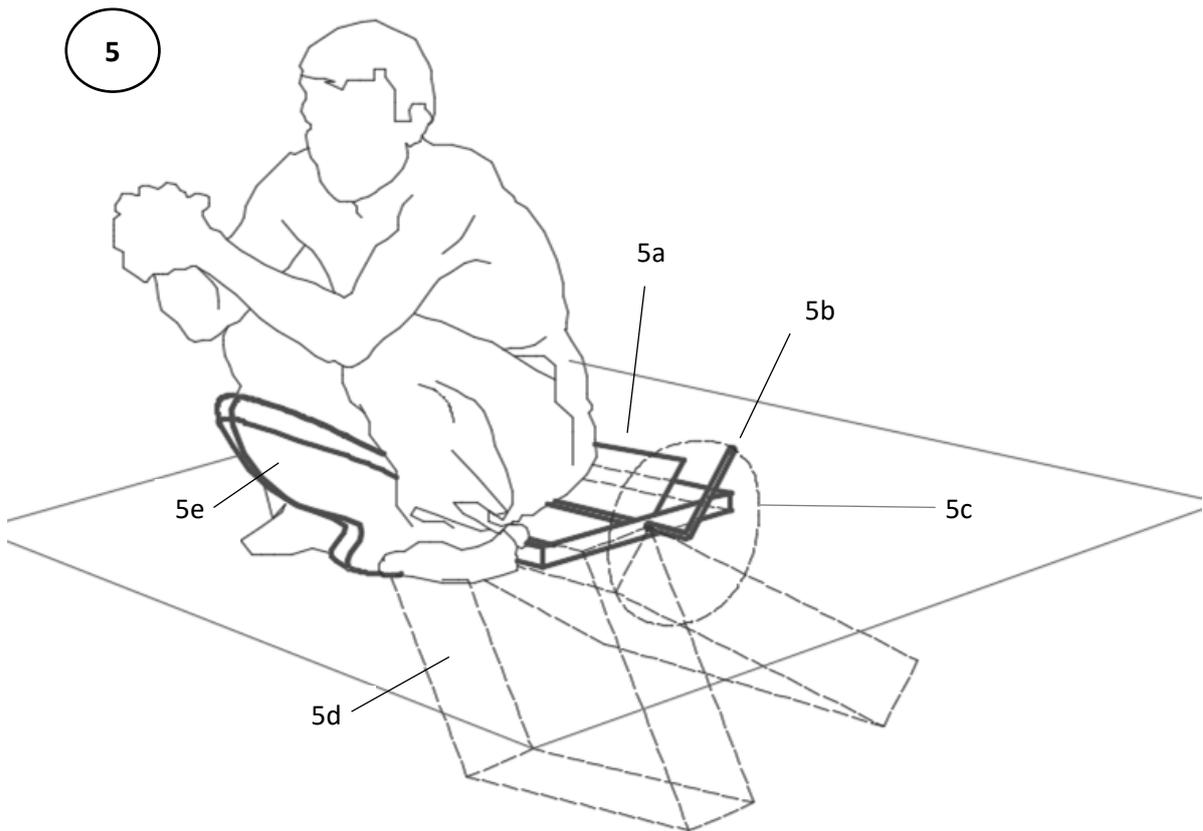


Figura 5: Diferentes partes conformantes del prototipo de inodoro

[Escriba aquí]

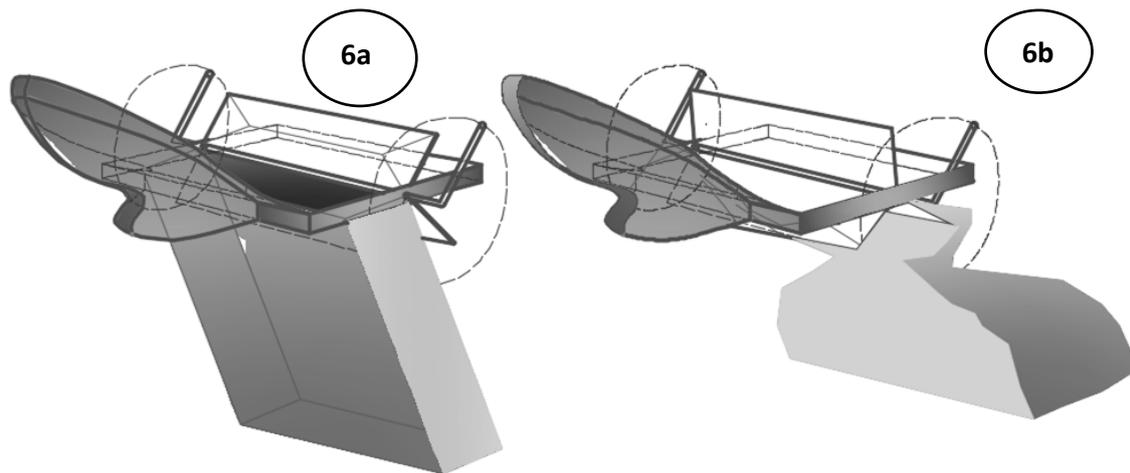


Figura 6: Bolsa retráctil y su versatilidad para cerrarse

5.Conclusiones

- El prototipo permitiría que se ahorre diariamente por persona un total de 50 litros de agua.
- Su uso no está condicionado a instalaciones previas, es decir construcción de sardineles, drenajes de desagüe, sin embargo, si requiere drenaje para la orina.
- Es armable, es decir se puede articular todas las piezas del prototipo.
- Su costo es 5 veces menor que el costo de un inodoro convencional.
- El mobiliario requiere menos espacio que el espacio que ocupa un inodoro convencional.
- El diseño del prototipo se adapta a personas discapacidad de los miembros superiores.
- El material es amigable con el medio ambiente

La población de estudio procede de las zonas periurbanas de los distritos en Ilo, en edades comprendidas entre 18 y 60 años de ocupación diversa, donde la dotación de agua potable es solo por horas. De esta población, se seleccionaron 200 personas a través de un muestreo no probabilístico intencional por conveniencia. La composición fue 93 mujeres y 107 hombres, con una edad media de 26 años. Previo al ingreso al estudio, todos los sujetos aceptaron su participación mediante su ingreso a una relación virtual convocada por el equipo de investigación, ya que se encontraban en plena crisis sanitaria por el COVID, y de esta manera se obtuvo un consentimiento informado. Los cuestionarios fueron auto administrados, a tal efecto, un encuestador explicó previamente el contenido del cuestionario, así como las instrucciones de respuesta.

7.Discusion

Con este prototipo se logró construir un modelo de inodoro que tiene un funcionamiento apropiado, las ventajas que presenta es significativa en relación a sus referentes más próximos, especialmente por la reducida cantidad de agua que requiere, además tiene muy buena aceptación de parte de los usuarios, quienes manifiestan que les interesa los siguientes aspectos, la versatilidad en la función, la higiene y la estética, también que se evalúe la preferencia de la zonificación en el hogar y buscar incluir la participación del encuestado como impulsor de la tecnología, Zita et al. (2017).

Se encontró coincidencias de los resultados encontrados en este estudio con los presentados por otros autores ,en el hecho de que existe el problema de hacer

[Escriba aquí]

sostenible en el tiempo, el empleo de este tipo de inodoro, Lease et al.(2014), Zita et al.(2017) y Hou et al. (2020), porque los entrevistados evidencian cierta reticencia a exhibir este prototipo de mobiliario en ambientes sociales, denotando así que es difícil asimilar la idea de esta nueva tecnología como parte de su cultura, se pudo determinar que el poblador si desea participar en la promoción y difusión de la tecnología, en el hecho de que valora más la utilidad práctica que el costo en sí, esto se diferencia de otros resultados vistos, Moya-Fernández et al.(2021).

A diferencia de otros autores Moya-Fernández et al. (2021), se aplicó siempre un cuestionario a un grupo pequeño para ver la opinión sobre el prototipo.

El cuestionario señala que los aspectos que más demandan los pobladores con respecto a la aceptación de la tecnología son la funcionalidad, la higiene y la forma externa, los cuales representan un 42.52%, por lo que podemos concluir que la mayor preocupación es que funcione correctamente y tenga utilidad práctica.

Otro aspecto importante es que si existe predisposición de los entrevistados para promover su uso y mejora constante, lo cual es subvalorado actualmente por otros instrumentos relacionados al tema de este estudio.

Con respecto a los resultados del diseño o modelado, se encontró que el diseño de las velocidades finales para cada periodo de detenimiento es determinante.

Existe predisposición a aceptar la tecnología, pero que el inodoro se ubique en sectores distantes de los ambientes íntimos de la vivienda. No existe observación significativa sobre el costo.

8.Referencias

Ding, Y. & Liu, X. (2021). The association between emotions and public acceptance of recycled water for urban residents. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(2) , 76–86. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.13754>

Cabello, M.J., Cabello, J.J., Moya, J.M., Goytisoló, R., Velásquez, J.A. & Mestizo, J.R. (2011). Modelación matemática del funcionamiento de las coronas de molinos considerando la flotación de la maza superior. *Revista Ingeniería Mecánica. Vol. 14(03) Septiembre-diciembre 2011*, 209-220.

Guerrero, M.T., Tamiset, J.F., Martínez, R., & Hernández, Y. (2006). Diseño y construcción de sanitarios ecológicos secos en áreas rurales. *Revista cubana de salud pública*. 33 (03) Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?scriptsci_arttext&pid=S086434662006000300016

Hennigs, J., Ravndal, K., Blose, T., Toolaram, A., Sindall, Collins, M., Engineer, B., Kolios,A., McAdam, E., Parker, A., Williams, L. & Tyrrel, S. (2019). Field testing of a prototype mechanical dry toilet flush. *Journal Science of the Total Environment*, 668, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.220>.

Hou, C., Fu, H., Liu, X. & Wen, Y. (2020). Impacts of regional water shortage information disclosure on public acceptance of recycled water d evidences from China's urban residents. *Sustainable Cities and Society*. doi:10.1016/j.scs.2020.102351

Khyun, K.L. (2019). Designing a Waterless Toilet Prototype for Reusable Energy Using a User-Centered Approach and Interviews. *Applied Sciences*, 9, (919) 2-11. doi:10.3390/app9050919

Lamichhane, K. M., & Babcock, J.R. (2013) Survey of attitudes and perceptions of urine-diverting toilets and human waste recycling in Hawaii. *Journal Science of The*

- Total Environment*, 443(15), 749-756.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.039>
- Lease, H.J., MacDonald, D.H., & Cox, D.N. (2014). Consumers' acceptance of recycled water in meat products: The influence of tasting, attitudes and values on hedonic and emotional reactions. *Journal Food Quality and Preference*, 37, 33-44. doi: 10.1016/j.foodqual.2014.04.002
- Moya, F. P., López, R.S., Guardiola, J. & González, G. F. (2021). Determinants of the acceptance of domestic use of recycled water by use type. *Sustainable Production and Consumption journal, Research article*, 27(4), doi: 10.1016/j.spc.2021.01.026
- Moule, H., (1860). Baño seco ecológico, Reino Unido Patente N° 1316, fechado el 28 de mayo de 1860
- Oluwasola O.D., & Mu. Sohail. (2017). Microwaving human faecal sludge as a viable sanitation technology option for treatment and value recovery-A critical review, *Journal of Environmental Management journal*, 187, 401-415. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.067>
- Simha, P., Lalander, C., Ramanathan, A., Vijayalakshmi, C., McConville, J., Vinnerås, B. & Ganesapillai, M. (2018). ¿What do consumers think about recycling human urine as fertiliser? Perceptions and attitudes of a university community in South India. *Water Research* 143, 527-538. <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v16n4.46723>
- Lugo, G. E., Velarde, G., A. & Arias, M. M. (2020). Diseño mecatrónica implementado en el desarrollo de prototipos virtuales y físicos. Capítulo 2. *Mujeres en la ciencia-ingeniería*. Ediciones Handbooks. Querétaro México. Obtenido de: https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TV/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TV_2.pdf
- Pedrero, V., Bernales, M., Chepo, M., Manzi, J., Pérez, M. & Fernández, P. (2019). Development of an instrument to measure the cultural competence of health care workers, *Revista de saude publica*. 54(29). <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001695>
- Saxena, S., Ebrazibakhshayesh, B., Dentel, S., Cha, D. & Imhoff, P (2019). Drying of fecal sludge in 3D laminate enclosures for urban waste management. *Science of The Total Environment* 672, 927-937 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.487>
- Sutherland, C., Reynaert, E., Dhlamini, S., Magwaza, F., Lienert, J., Michel, E., Riechmann, M., Buthelezi, S., Khumalo, D., Morgenroth, E., Udert, K. & Sindall, R. (2021). Socio-technical analysis of a sanitation innovation in a peri-urban household in Durban, South Africa. *Science of The Total Environment*, 755, Part 2. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143284>
- Valverde, E. C. (2017). "Baños ecológicos secos para mejorar las condiciones de saneamiento en la comunidad turística de Conoc, Huánuco, 2017". Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3613>

[Escriba aquí]

VIVIENDA (2013)-Perú. Ley 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento que decreta la Modificación de “Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable para los centros poblados del ámbito rural”, Mediante Resolución Ministerial 065-2013-VIVIENDA. [Internet] *Normas Legales del Diario El Peruano*, del 08 de marzo de 2013, pp. 490807-490810 [consultado 08 mayo 2021]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-guia-aprobada-mediante-rm-n-184-2012-vivienda-resolucion-ministerial-n-065-2013-vivienda-911839-1/>

Zita, L. M., Figueroa, G. E. & Narváez, H. L. (2017). Impacto de los atributos determinantes de un sanitario seco urbano en la aceptación del consumidor, *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33 (04) . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143284>

Zhu, L.. et al. (2021). , Weighting of toilet assessment scheme in China implementing analytic hierarchy process, *Journal of Environmental Management*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111992>



Objetivos de desarrollo sostenible No 03: “Salud y Bienestar”

Objetivos de desarrollo sostenible No 06: “Agua limpia y Saneamiento”