

Validación de un instrumento para medir la aceptación de una tecnología de auto remoción de excretas humanas adaptada a inodoros secos

Bertha Silvana Vera Barrios
<https://orcid.org/0000-0002-6411-8361>
anavlisarev@gmail.com
Universidad Nacional de Moquegua
Moquegua, Perú

Fabrizio del Carpio Delgado
<https://orcid.org/0000-0002-6334-7867>
atiserb@gmail.com
Universidad Nacional de Moquegua
Moquegua, Perú

Josué Amílcar Aguilar Martínez
<https://orcid.org/0000-0002-1454-3095>
jjoossuuee666@gmail.com
Universidad Autónoma de Nuevo León
Nuevo León, México

Recibido (12/04/21) Aceptado (09/06/21)

Resumen: El objetivo del estudio es construir un instrumento que permita conocer la aceptación de la población hacia una tecnología de eliminación de excretas humanas por auto-remoción adaptada al inodoro seco en lugar del sistema convencional. La muestra se compuso de 200 pobladores de clase media-baja. El estudio fue cuantitativo, se aplicó una encuesta en función de la escala Likert. Se realizó la validación respectiva aplicando la metodología del análisis factorial exploratorio a través del método de estimación de factores de máxima verosimilitud con estimación de confiabilidad evitando así errores de medición. El cuestionario final está compuesto por 6 dimensiones, una estructura factorial que incluye 14 reactivos y su consistencia muestra un α de 0.81. El instrumento resulto apropiado para la medición psicométrica. Se concluye que la aceptación de la tecnología está condicionada a factores de funcionalidad, estética e higiene del sistema, y existe predisposición del usuario por promover la tecnología.

Palabras Clave: Instrumento, inodoro, remoción, excretas, tecnología.

Validation of an Instrument to measure the acceptance of a technology for the self-removal of human excreta adapted to Dry Toilets

Abstract: The objective of the study is to build an instrument that allows to know the acceptance of the population towards a technology for the removal of human excreta by propulsion adapted to the dry toilet instead of the conventional system. The sample consisted of 200 lower-middle class residents. The study was quantitative; a survey was applied based on the Likert scale. The respective validation was carried out applying the methodology of exploratory factor analysis through the method of estimating maximum likelihood factors with reliability estimation and measurement bias analysis. The final questionnaire is made up of 6 dimensions, a factorial structure that includes 14 items and its consistency shows an α of 0.81. The instrument was appropriate for psychometric measurement. It is concluded that the acceptance of the technology is conditioned to factors of functionality, aesthetics and hygiene of the system, and there is a predisposition of the user to promote the technology.

Keywords: Instrument, toilet, propulsion, excreta, technology.



I. INTRODUCCIÓN

La escasez del recurso agua para uso doméstico, genera un compromiso responsable en los gobiernos para buscar y aplicar tecnologías limpias sustentables que sustituyan o reciclen las aguas servidas o cloacales, para nuevamente ser utilizadas en el consumo e higiene de los aparatos sanitarios. Desde que apareció el inodoro seco [1], se han ido mejorando a través del tiempo su diseño formal, su funcionamiento y también la percepción que los usuarios tienen de su eficiencia. Existen actualmente prototipos de inodoro seco con mayores ventajas técnicas, las cuales van desde el diseño formal hasta metodologías innovadoras como deshidratación por calentamiento e inmovilización de lodos fecales [2], [3] y [4]. El objetivo de esta investigación es construir un instrumento que permita medir la aceptación de la población hacia una tecnología de eliminación de excretas humanas por auto-remoción adaptada al inodoro seco con separador de orina.

El método aplicado para este estudio es descriptivo observacional y transversal, abarcando un sector poblacional del nivel socioeconómico medio-bajo de la zona periurbana de Ilo carente de servicios de saneamiento. La investigación se realizó en base al análisis factorial exploratorio, por extracción de componentes principales con rotación ortogonal varimax, utilizando Coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin determinando un total de 6 dimensiones, y se evaluó la confiabilidad interna del instrumento, con la respectiva prueba de Alfa de Cronbach. Los aspectos que influyen en la percepción de la población con respecto a una mejora en la función de un prototipo de inodoro, es el costo y existencia de riesgos para la salud cuando no se utiliza agua para el arrastre de residuos fecales [5]. Existe un prejuicio en el subconsciente por asociar el inodoro seco con una situación de “pobreza” que inhibe su aceptación plena, por lo que debe inducirse al usuario a participar en el proceso de diseño para que pueda apropiarse de las tecnologías mejoradas, asumir la responsabilidad de su mantenimiento y así estar predispuestos a aceptar los prototipos de inodoro seco mejorado [6]. El aspecto cultural y las costumbres tienen influencia en la aceptación o no de los prototipos. Se reportan casos de estudio en el continente asiático, China, India y Corea, así como de África y América (Hawái), donde existe sobrepoblación y sequía [7], [8] y [5]. Los entrevistados evidencian baja predisposición a modificar sus costumbres culturales incluso ancestrales, para adaptarse a nuevos mobiliarios sanitarios. 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 aplican los métodos estadísticos más en el estudio de

la funcionalidad, que en la forma externa.

En cuanto al aspecto funcional relacionado a la temática de este trabajo [2], [9], [10] y [11] se menciona que el diseño del inodoro con separador de orina se acepta cuando se evidencian otros beneficios como ahorro del agua y reutilizar la orina como abono, mientras que en cuanto a la percepción formal, existen investigaciones que describen como se implementa y se acepta de parte de los encuestados, el inodoro mejorado adaptado a la posición de cuclillas [2], debido a la inclusión de un aspecto cultural en la forma externa del diseño, que es la porcelana blanca imitando la vasija oriental de la Dinastía Yi coreana, lo cual hizo que tenga altos niveles de preferencia debido a la integración de esta característica cultural ancestral en su diseño. El antecedente que tiene un mecanismo similar al propuesto en esta investigación [12] tiene aceptación en contextos socio-culturales de pobreza.

En lo que respecta al diseño de instrumento de medición, en la revisión de la literatura, los trabajos de investigación sobre temáticas de saneamiento utilizan el análisis factorial exploratorio como una técnica para evaluar con mayor precisión los constructos y dimensiones subyacentes en estas variables complejas del uso de un mueble sanitario básico mejorado en los hogares de todas las clases sociales. Dentro de este enfoque, se estudia la problemática de la aceptación de nuevos sistemas de saneamiento [10] y [13]. Se utilizan métodos como los sistemas de ecuaciones estructurales [8], otros autores utilizan el Análisis de Varianza conjuntamente con las regresiones de mínimos cuadrados ordinarios [5]. También se hace 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 [10], a través de un enfoque numérico exploratorio e identificando los factores explicativos que dan forma a las creencias y percepciones del consumidor. El ANOVA, también permite encontrar resultados [9], reportes basados en la encuesta sobre percepciones de los inodoros y el reciclaje de desechos humanos en Hawái, utilizan una encuesta para determinar si los inodoros con separadores de orina son aceptables para el público, y si las actitudes y percepciones hacia ellos y el reciclaje de desechos humanos varían con la edad, el sexo, el nivel de educación, la afiliación religiosa, la etnia y el estado laboral.

II. DESARROLLO

A. Sistema de auto-remoción de excretas humanas adaptado a inodoros secos.

La población de estudio procede de la zona periurbana de la provincia en Ilo-Moquegua. De esta población, se seleccionaron 200 personas a través de un muestreo no probabilístico intencional por conveniencia con edades comprendidas entre 18 y 60 años de ocupación diversa. La composición fue de 93 mujeres y 107 hombres, con una edad media de 28.6 años, ver características socio-demográficas, (Tabla 1), quienes reciben una dotación de agua potable solo por horas. En este estudio,

en atención a las necesidades de un adecuado suministro de servicios de agua y de drenaje dentro de la vivienda, es que se diseñó un prototipo de inodoro seco con un sistema de propulsión de excretas fecales. 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 (figura 1). 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 estas, 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.

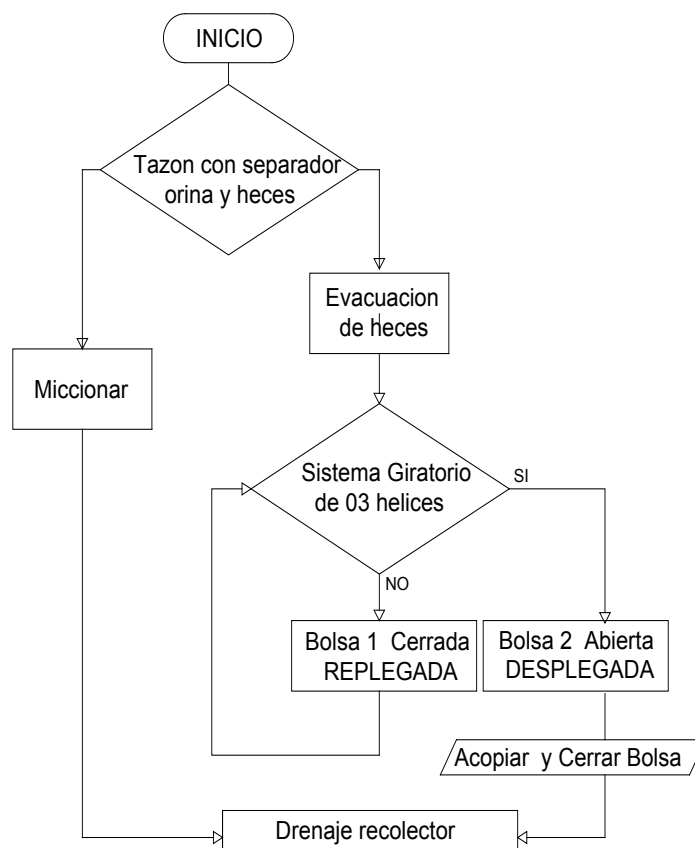


Fig. 1. Procedimiento de funcionamiento de inodoro con sistema de auto-remoción de excretas humanas

La orina se recoge en otro subsistema complementario al sistema descrito. Se requiere únicamente agua para el lavado de manos y material de limpieza luego del retiro y reposición de bolsas, lo cual permite ahorrar su uso y es una característica amigable con el medio ambiente. Este prototipo permite utilizar menos canti-

dad de superficie o espacio para la disposición del mismo, ya que es más compacto y pequeño, debiendo el usuario adoptar la posición de “cuclillas” para la evacuación del vientre, de esta manera se cumple en forma eficiente con las normas de la

Tabla 1. Características sociodemográficas en una población de 200 personas.

Variable	N (%)
Edad, años, media(\pm □) [rango]	28.6 (9.526) (18-60)
Genero	
masculino	107(53.5)
femenino	93(46.5)
Vive con	
solo	21(10.5)
acompañado	179(89.5)
Procedencia	
Moquegua-Ilo	152(76)
lima	45(22.5)
extranjero	3(1.5)
Servicio agua	
Si	193(96.5)
No	7(3.5)
Servicio desagüe	
Si	188(94)
No	12(6)

□: Desviación estándar

Antropometría dinámica. En la figura 1 puede verse el proceso de funcionamiento, a la izquierda, organigrama de funcionamiento “diferenciado”, la función de micción es separada de la de evacuación fecal, se visualiza el funcionamiento de sistema de hélices hasta su terminación en el “drenaje colector”. El prototipo del sistema aún se encuentra en proceso de perfeccionamiento, la encuesta responde a un estudio en el mercado local de las preferencias de los pobladores con respecto a cualquier iniciativa donde se vea mejoras en las políticas de saneamiento básico, ya que es obligación del gobierno peruano hacer las evaluaciones respectivas.

II. METODOLOGÍA

El método aplicado para este trabajo es descriptivo observacional y transversal. La investigación abarcó el sector de la población rural del nivel socioeconómico medio-bajo de la zona periurbana de Ilo que carecen de servicios frecuentes de agua potable y alcantarillado. La investigación es cuantitativa y se realizó en base a un análisis factorial exploratorio, por extracción de componentes principales con rotación ortogonal varimax, utilizando el Coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) determinando así un total de 06 dimensiones,

y consecuentemente se evaluó la confiabilidad interna del instrumento, con la respectiva prueba de Alfa de Cronbach. Para este análisis se empleó el software SPSS V.25. En este estudio a las dimensiones también las denominamos factores. Dentro del contexto de este análisis, la dimensionalidad establecida del GHQ fue de 14 ítems, los cuales permitieron encontrar aquellos factores que explicaran el máximo de variabilidad y que se estructuraran con variables (ítems) específicas al factor. Por lo tanto, se ha de aplicar el método de máxima verosimilitud, porque tiene la ventaja de que permite contrastar el ajuste del modelo a los datos a través de un índice que sigue una distribución ji-cuadrado, y obtener los errores típicos y pruebas de significación alrededor de los parámetros estimados [14].

En este trabajo los ítems utilizados son politómicos, consideramos 11 categorías de respuesta para dar resultados más estables y sólidos, y así para conseguir estimaciones suficientemente precisas. El número de factores obtenidos representa variables con sentido teórico y sustantivo, ya que se ha considerado los criterios objetivos que nos han conducido a una adecuada interpretabilidad de la solución encontrada en concordancia con la teoría de partida. [14]. Del total de las 14 preguntas que conforman el cuestionario, se buscó obtener dos conocimientos nuevos, primero determinar qué tan aceptable es el hecho de ubicar el inodoro con la tecnología incorporada en una zona alejada de los ambientes sociales de la casa “comedor y sala” y un segundo componente fue conocer si el entrevistado desea “identificarse” con el proyecto y participar como una persona impulsora de esta nueva tecnología que hagan sostenible el estudio.

Previo al ingreso al estudio, todos los sujetos aceptaron su participación mediante su ingreso a una reunión 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.

A. Instrumento

El cuestionario propuesto se diseñó de acuerdo a la Escala Likert, se estructuró en base a 11 categorías de respuesta que miden los grados de “aceptación” desde la satisfacción plena “11” hasta el rechazo total “1” con su correspondiente estado neutro “6”, y los ítems son un total de 14 que se agrupan en 6 dimensiones concordantes con el modelo teórico: funcionalidad-utilidad, estética-forma externa, mantenimiento e higiene, costo de adquisición, ubicación dentro de la vivienda y predisposición del entrevistado para ser impulsores,

la dimensión sobre la ubicación del inodoro dentro de la vivienda, nos permite saber si el mueble tiene aceptación de uso en otras zonas del hogar,[10]. Al haber hecho previamente en una encuesta anterior un sondeo similar, muchos pobladores de clase alta prefirieron su ubicación distante del comedor, por lo que se desea saber que tan flexible es su uso en otro contexto social. Este cuestionario demostró tener un buen ajuste en los modelos factoriales, adecuada confiabilidad y no existe evidencia de sesgo de medición. Esta dimensión mostró un valor numérico similar con las otras dimensiones evaluadas. La confiabilidad del cuestionario se evaluó a través del análisis de su consistencia interna por cálculo del coeficiente del alpha de Cronbach. Un alpha igual o mayor a 0.80 fue considerado como satisfactorio.

Para diseñar los componentes apropiados propuestos para este diseño, tomamos como referencia resultados ya desarrollados [15], en el que proponen 14 ítems

o preguntas para diseñar un instrumento de medición altamente eficiente en la validación de un cuestionario para medir las competencias culturales en trabajadores en salud pública. Se revisó la literatura en el área de las tecnologías de reducción de lodos fecales aplicadas a Inodoros secos y sus respectivos instrumentos de medición publicados previamente [2], [3] y [4]. Así también se consideró los resultados obtenidos [16], puesto que se utilizó el análisis factorial exploratorio con 06 componentes para determinar la satisfacción de los usuarios con respecto a un servicio médico obteniendo altos valores de confiabilidad. La primera versión del instrumento contó con 14 ítems organizados en 05 dimensiones teóricas (utilidad, estética, higiene, costo e identificación como impulsor). La versión final conservó la misma cantidad de 14 ítems y 06 dimensiones teóricas (Tabla 2). Los catorce fueron creados por los autores y muestra las escalas de medición para las 11 categorías.

Tabla 2. Escala de medición y frecuencias porcentuales de la evaluación sensorial utilizando escala

Pregunta	Categorías											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
P1: Está de acuerdo con las proporciones del espacio que ha de ocupar el nuevo prototipo de inodoro.	9,0	7,0	12,0	19,0	3,0	19,0	16,0	6,0	5,0	1,0	3,0	100,0
P2: Está de acuerdo en que para no utilizar agua, ¿se tenga que separar el vertido de la orina del de acopio de materia fecal.	6,5	4,5	12,0	6,0	7,5	20,0	19,5	6,0	14,0	3,5	0,5	100,0
P3: Está de acuerdo con retirar las bolsas de residuos por portañuela posterior, con todos los atendidos de seguridad que vienen incluidos en el costo de adquisición.	19,5	10,5	20,0	15,5	6,0	12,5	11,0	0,0	2,5	1,5	1,0	100,0
P4: Está de acuerdo con permitir que se instale en su hogar a través de varias piezas ensamblables	6,5	3,5	14,5	14,0	6,0	24,5	23,0	1,0	7,0	0,0	0,0	100,0
P5: Está de acuerdo con la forma semicircular, cóncava e inclinada a 37° y con el tamaño máximo de 15 cm en su parte más alta y de 3 cm en su parte más baja.	4,5	2,0	10,5	16,5	2,0	21,0	28,5	10,0	3,5	1,5	0,0	100,0
P6: Está de acuerdo con que el inodoro se ventile hacia el lado de los patios ya que no tiene ducto de ventilación.	5,5	6,0	11,5	20,0	5,5	16,5	18,5	12,0	3,0	0,5	1,0	100,0
P7: Está de acuerdo con adquirir repuestos a un precio de 5% más con respecto al de los inodoros tradicionales. Ejemplo si un manubrio cuesta 30.00 Soles el del prototipo cuesta 31.50 Soles	4,0	2,0	15,5	5,5	5,5	19,5	33,0	7,0	3,5	2,0	2,5	100,0
P8: Está de acuerdo con recibir el curso de capacitación para la instalación del mismo?	2,0	0,5	4,5	0,0	3,0	13,0	34,5	10,5	20,0	5,0	7,0	100,0
P9: Está de acuerdo con ahorrar el costo del pago del recibo de consumo de agua potable hasta en un 75%, gracias a la instalación de este inodoro?	1,0	0,5	2,0	2,5	0,5	13,0	25,5	17,5	19,5	10,0	8,0	100,0
P10: Está de acuerdo con que el inodoro resista mejor los impactos que el tradicional. ?	1,0	0,0	2,0	1,0	5,0	12,5	30,0	17,5	14,5	16,5	0,0	100,0

P11: ¿Está de acuerdo con el costo de este inodoro de 185 soles, lo cual incluye la instalación a domicilio y garantía de un año?	2,0	0,0	5,5	3,0	2,0	27,0	40,0	6,5	6,5	6,5	1,0	100,0
P12: Está de acuerdo con ubicar el inodoro en un espacio alejado de los ambientes más íntimos?	1,5	0,0	6,5	7,5	9,5	30,0	26,0	9,5	2,5	5,5	1,5	100,0
P13: Está de acuerdo con que el prototipo tiene vida útil de 5 años?	2,5	3,0	9,0	13,0	10,0	7,5	41,5	8,0	1,5	2,5	1,5	100,0
P14: Le gustaría ser promotor o impulsor del Proyecto	2,5	0,5	3,0	5,5	3,5	15,5	42,0	10,5	5,5	11,0	0,5	100,0

B. Generación de la Matriz de Correlación

La matriz de correlación, se obtiene de las correlaciones entre todas las variables consideradas (r de Pearson) [17]. Efectivamente se cumplen los supuestos del análisis factorial, que la matriz de correlaciones expresa un patrón de relaciones entre variables que puede ser descifrado. Además, se obtiene una serie de pruebas estadísticas que nos indican que es pertinente llevar a cabo el análisis factorial, se encontró que el determinante de la matriz es apropiado, y hay un adecuado coeficiente de KMO mayor a 0,6 (0,5 según algunos autores). Finalmente, el Test de esfericidad de Bartlett nos permitió confirmar que las variables están intercorrelacionadas. De esta manera se acepta como válido un nivel de significación menor al 5%. Según la tabla 3, se muestra

un valor para Medida Kaiser-Meyer-Olkin que es de 0,673, por tanto, se encuentra por encima de 0,5, consecuentemente podemos afirmar que es apropiado aplicar el análisis factorial a la matriz de datos bajo estudio y consecuentemente la muestra tomada para el estudio es apropiada y que por lo tanto se puede continuar con la aplicación del análisis factorial. Así también de manera adicional a ello, la prueba de esfericidad de Bartlett muestra un nivel de significación menor de 0.05 que es de 0,000 con lo que también se confirma que es viable la realización de un análisis factorial, concluyendo que las correlaciones entre los 14 ítems en estudio están correlacionadas o existe matriz de identidad, por lo que podemos concluir que el modelo factorial es el adecuado.

Tabla 3. Prueba de KMO y Bartlett para validar el análisis factorial

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo	0,673
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado
	gl
	Sig.
	518,182
	91
	0,000

C. Determinación del número de factores.

Para determinar el número de factores a retener, se ha seguido las recomendaciones de Kaiser, por lo que se ha realizado gráficamente. El gráfico de sedimentación (figura 3) muestra la forma en que van disminuyendo los valores propios, seleccionando el número de factores correspondiente al punto en que la curva del gráfico se hace horizontal; y retener factores cuyos valores propios son iguales o superiores al promedio de todos los valores propios [18]. Para este estudio se tomará como criterio de selección los resultados de la gráfica de sedimentación conjuntamente con la retención de factores cuyos valores propios son superiores al promedio. En la

figura 3 se muestra el gráfico de sedimentación evidenciando que solo son mayores que 7 los auto-valores de las 6 primeras dimensiones, por lo que estas 6 dimensiones resumen a todo el resto, por tanto, serán 6 dimensiones principales que resumen a toda la información de los 14 ítems. Además, podemos observar que la Tabla 6 de la varianza total explicada coincide con la figura de sedimentación ya que en el punto en donde se intercepta las dos líneas, es donde cambia la tendencia de la sedimentación. la primera sedimentación es la que aporta en mayor cantidad que las otras cinco dimensiones ya que el punto se encuentra muy por encima de las cinco últimas dimensiones.

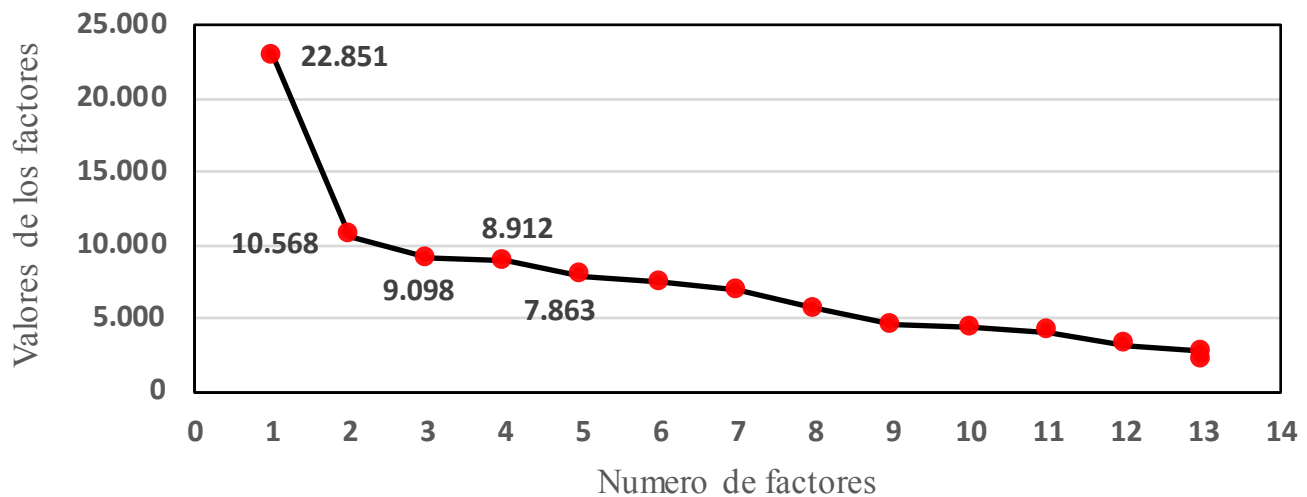


Fig. 3. Gráfico de sedimentación

IV. RESULTADOS

El instrumento quedó definido finalmente con 6 dimensiones, las preguntas que tenían mayor puntaje obtenido se transformaron en las representativas para dicha dimensión. De esta manera se agrupan los 14 reactivos en estos 6 agrupamientos, la quinta dimensión está representada por una sola pregunta para generar una dimensión única. (Tablas 4 y 6). Con respecto a la evaluación de validez y fiabilidad, la aplicación del análisis factorial exploratorio permitió que el reactivo número 4, el cual está referido a un ubicación más discreta e íntima de este nuevo prototipo dentro del hogar, pasara a ocupar el número 12 a la altura de la quinta dimensión, (Tabla 7), y es que las cargas factoriales mayores atribuían elementos que correspondían y justificaban considerar a esta pregunta como una dimensión nueva de acuerdo a la teoría. Posteriormente se decidió aprobar la versión final del instrumento validado para conocer su estructura factorial. El análisis probó la readecuación final de todos los reactivos originales y fue posible la obtención de 06 dimensiones conformadas por 14 reactivos finales, 6 ítems tuvieron autovalores mayores a 1, (Tabla 4), los autovalores de los ítems estuvieron comprendidos entre 1.040 a 3.199 y, en total, las 6 dimensiones explicaron el 22.851% de la varianza (Tabla 4). Todos los reactivos mostraron cargas factoriales ma-

yores a 1. La versión final del cuestionario sobre aceptación de la tecnología de auto-remoción de excretas adaptadas a inodoros, es un instrumento auto-aplicable que mide la apreciación de los pobladores de Ilo-Moquegua. Utiliza la escala tipo Likert de 11 categorías que va desde “rechazo total” hasta “plenamente satisfecho”. El instrumento mide 6 dimensiones sobre la aceptación de la tecnología en lo funcional, estético higiénico, económico, ubicación estratégica dentro del hogar y la participativo como impulsor. Las puntuaciones altas del instrumento se traducen en una mayor aceptación de los usuarios. Respecto a la confiabilidad, se calculó el alfa de Cronbach que obtuvo una consistencia interna de 0.81. El instrumento final se muestra en la tabla 6. En la tabla 5 se observa que las seis primeras dimensiones, resumen el 66,72% de la variabilidad total, es así que la primera dimensión seleccionada es que aporta el 22,85% de variabilidad, la segunda y tercera dimensión seleccionada aporta el 10,56% y 9,09%, en tanto que el cuarto aporta nada más que el 8,91%, el quinto ítems aporta el 7,86% y finalmente la sexta dimensión aporta el 7,43%. Por tanto, el mayor aporte lo hace la primera dimensión con un 22,85% y se podría mencionar que es la más importante.

Tabla 4. Varianza total explicada para determinar el número de agrupaciones o de dimensiones

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,199	22,851	22,851	3,199	22,851	22,851	2,682	19,158	19,158
2	1,479	10,568	33,418	1,479	10,568	33,418	1,632	11,659	30,817
3	1,274	9,098	42,516	1,274	9,098	42,516	1,333	9,522	40,339
4	1,248	8,912	51,428	1,248	8,912	51,428	1,239	8,852	49,191
5	1,101	7,863	59,291	1,101	7,863	59,291	1,232	8,802	57,993
6	1,040	7,431	66,722	1,040	7,431	66,722	1,222	8,729	66,722
7	0,969	6,918	73,640						
8	0,780	5,571	79,211						
9	0,626	4,470	83,681						
10	0,605	4,318	87,999						
11	0,566	4,046	92,045						
12	0,442	3,157	95,202						
13	0,372	2,658	97,860						
14	0,300	2,140	100,000						

A. Rotación de los factores

La suma de los valores propios no se afecta por la rotación, [17], pero la rotación alterará los valores propios y el porcentaje de varianza explicada. Con los factores rotados, cada una de las variables tendrá una correlación cercana a 1 con uno de los factores y cercana a 0 con el resto de los factores. Hay dos sistemas básicos de rotación de factores: 1) ortogonal, manteniendo la independencia entre los factores rotados, en este método se incluyen el varimax, quartimax y equimax; y 2)

no ortogonal, que proporciona nuevos factores rotados que guardan relación entre sí, dentro de este grupo están el oblimin, promax y orthoblique. Para nuestro estudio, se ha tomado en cuenta el método Varimax. Se obtuvo un Alfa de Cronbach de 0.811, lo cual determina que si existe confiabilidad de los 14 ítems seleccionados, tanto en sus preguntas como del propio instrumento. La tabla 5 muestra la conformación de 6 factores o dimensiones que tienen similares características dentro de cada dimensión ya demostrado en tablas anteriores.

Tabla 5. Matriz de componentes rotados para determinar la cantidad de factores o dimensiones.

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
P2	0,805					
P1	0,753					
P3	0,682					
P5		0,829				
P6		0,597				
P7	0,500	0,549				
P8			0,790			
P9			0,687			
P10				0,588		
P4	0,536			0,562		
P11				-0,536		
P12					0,893	
P14						0,836
P13	0,516					0,531

Luego de realizar la validación de constructo y de confiabilidad, es necesario realizar la conformación de los ítems en cada dimensión o factor seleccionado o establecidos por el estudio. Como resultado, el diseño final del instrumento quedo constituido de la siguiente manera, la pregunta 04 que originalmente estaba en la primera dimensión “funcionalidad y utilidad”, permuto

de lugar con la pregunta 12 de la cuarta dimensión “costo de adquisición”, debido a que su valor numérico era alto y acumulaba buena representatividad, en la tabla 6, puede leerse dentro de la columna “reactivo” a la altura de la quinta dimensión. De esta manera se conformaron 6 dimensiones en total.

Tabla 6. Instrumento final

DIMENSIÓN	REACTIVO	1	2	3	4	5	6
Funcionalidad y utilidad	Está de acuerdo con las proporciones del espacio que ha de ocupar el nuevo prototipo de inodoro.?	0.753					
	Está de acuerdo en que para no utilizar agua, ¿se tenga que separar el vertido de la orina del de acopio de materia fecal.?	0.805					
	Está de acuerdo con retirar los residuos fecales por la portañuela posterior Obviamente con todos los atuendos de seguridad que vienen incluidos en el costo de adquisición.	0.682					
Estética: Forma externa	Está de acuerdo con permitir que se instale en su hogar a través de varias piezas armables.		0.829				
	Está de acuerdo con la forma semicircular, cóncava e inclinada a 37° y con el tamaño máximo de 15 cm en su parte más alta y de 3 cm en su parte más baja.		0.597				
	Está de acuerdo con que el inodoro se ventile hacia el lado de los patios ya que no tiene ducto de ventilación.		0.549				
Mantenimiento e higiene	Está de acuerdo con adquirir repuestos a un precio de 5% más con respecto al de los inodoros tradicionales. Ejemplo si un manubrio cuesta 30.00 Soles el del prototipo cuesta 31.50 Soles			0.790			
	Está de acuerdo con recibir el curso de capacitación para la instalación del mismo?			0.687			
Costo de adquisición	Está de acuerdo con ahorrar el costo del pago del recibo de consumo de agua potable hasta en un 75%, gracias a la instalación de este inodoro				0.562		
	Está de acuerdo con que el mueble sea menos destructible que el tradicional. ?				0.588		
	Está de acuerdo con el costo de este inodoro de 185 soles, lo cual incluye la instalación a domicilio y garantía de un año.				0.536		
Ubicación dentro de la vivienda	Está de acuerdo con ubicar el inodoro en un espacio alejado de sus ambientes sociales.					0.893	
Identificarse como impulsor del proyecto	Está de acuerdo con que el prototipo tiene una vida útil de 55 años						0.836
	Le gustaría ser promotor o impulsor del proyecto						0.531

Con este trabajo se logró construir un cuestionario breve pero acertado y eficaz, conformado por 14 reactivos, que permite evaluar la aceptación de los pobladores hacia una tecnología para remover residuos fecales por auto-remoción. El número de reactivos es menor de 20, lo cual es una ventaja porque se resuelve en un tiempo breve y puede ser perfectamente auto administrado, así se evita el sesgo del encuestador. De los 14 reactivos, 03 evalúan la función, la higiene y la estética, 01 evalúa la preferencia de la zonificación en el hogar y 01 busca incluir la participación del encuestado como impulsor de la tecnología, todos los ítems son de autoría propia.

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 implementar los inodoros secos en forma sostenible en el tiempo, por cuestiones socio-culturales, [7], [18] y [8], porque los entrevistados evidencian reticencia a exhibir el mobiliario en ambientes sociales, denotando así que no desean adaptarse a los cambios, sin embargo, en nuestro estudio, se pudo determinar que el poblador si desea participar en la promoción y difusión de la tecnología, esto se ve en la sexta dimensión y en el hecho de que valora más la utilidad práctica que el costo, lo cual se diferencia de otros resultados [5]. El instrumento final permitió detectar la intención de participación activa de los encuestados para la promoción de la tecnología. El estudio también es coincidente con la metodología a la que otros estudios han arribado [9], quienes tomaron como estrategia realizar sondeos por muestras poblacionales de pequeño tamaño (N = 132, tasa de respuesta del 13%), la encuesta a pesar de no ser representativa, fue indicativa de una actitud general de la población hawaiana. Sobre un adecuado diseño metodológico, luego de analizar los resultados obtenidos de un estudio realizado en Sudáfrica [6], se han encontrado diferencias en la estrategia para diseñar los cuestionarios que permitan obtener con mayor precisión el grado de aceptación de un producto, porque se diseñan las encuestas con muestras poblacionales pequeñas para validar mejor los resultados. En nuestro estudio si se han encontrado coincidencias metodológicas con referentes similares [6], ya que un aspecto importante del éxito de nuestro instrumento, fue incluir las opiniones de los pobladores dentro de las soluciones de difusión y masificación del prototipo, propiciando el sentido de apropiación y empatía de parte de los beneficiarios, con lo cual también es coincidente con las conclusiones de estos estudios [19], pues se proponen estrategias de sensibilización para introducir nuevas tecnologías sobre sistemas de saneamiento básico.

En cuanto a la metodología estadística, la mayor

parte de los trabajos relacionados a la temática de este estudio, eligen el modelado del "SEM" es decir modelos de ecuaciones estructurales basados en covarianzas, para predecir causalidad entre las variables estudiadas, incidiendo en la satisfacción. [20] y [19] refieren este método para determinar los impactos en la aceptación pública, de la misma manera que [8]. En nuestro trabajo se consideró el método del AFE Análisis Factorial Exploratorio, [14], porque se desea determinar el número de factores más que su composición. Otros estudios [5], utilizaron el método de mínimos cuadrados ordinarios, (variables policoricas), lo cual se diferencia del método utilizado, que es de estimación de factores de máxima verosimilitud, en el que se ha incrementado el número de categorías de respuestas de 05 a 11 con un centro neutro de 6. El número de factores obtenidos representa variables consistentes, se ha considerado los criterios objetivos que nos han conducido a una adecuada interpretación de la solución encontrada en concordancia con la teoría de partida. Entre los autores que también utilizan el análisis factorial exploratorio, [10], se aplica el método del análisis factorial exploratorio identificando cuales son los factores explicativos que dan forma a las creencias y percepciones del consumidor, cuando analiza cómo piensa la población sobre utilizar la orina como fertilizante, además utiliza los conceptos de la teoría del comportamiento planificado. Cabe destacar que casi todos los autores que aplican los modelos de ecuaciones estructurales introducen un análisis social basado en la teoría del comportamiento planificado ya que utilizan constructos más complejos, [21]. Al parecer también no suele ser muy aplicable el hecho de tener que perfeccionar los cuestionarios como estrategia para obtener una predisposición o aceptación más convincente de los usuarios [19], en nuestro estudio coincidimos en que las respuestas si están condicionadas a las actitudes y creencias de cada sector poblacional.

V. CONCLUSIONES

El cuestionario señala que los aspectos que más demandan los pobladores con respecto a la aceptación de la tecnología de auto-remoción de excretas, son la funcionalidad, la higiene y la forma externa, los cuales corresponden a la primera dimensión donde el porcentaje de los reactivos representan un 42.517%, 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.

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. Se infiere, por lo tanto, que existe desconfianza del usuario con respecto al tipo de mobiliario al no presentar una forma externa parecida al inodoro convencional

Siempre existe un prejuicio cultural hacia la implementación del inodoro y la tecnología propuesta, pues se deduce que el usuario desea utilizar el inodoro, pero al mismo tiempo quiere ocultar su presencia hacia el entorno familiar.

El instrumento puede perfeccionarse aún más, cumple con la confiabilidad respectiva, ha demostrado que no es necesario que sea extenso en reactivos, puesto que solo tiene 14 ítems y 11 categorías de respuesta, y tiene la ventaja de ser amigable con el entrevistado para aplicarse en forma virtual sobre todo en plena pandemia de la COVID 19.

REFERENCIAS

- [1]H. Moule, “Baño seco ecológico”, Reino Unido Patente N° 1316, mayo 28, 1860.
- [2]K. L. Kyung, “Designing a Waterless Toilet Prototype for Reusable Energy Using a User-Centered Approach and Interviews”, *Applied Sciences*, vol. 9, no.919, pp. 2-11, marzo 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/app9050919>
- [3]S. Saxena, B. Ebrazibakhshayesh, S. K. Dentel, D., K. Cha, y P. T. Imhoff, “Drying of fecal sludge in 3D laminate enclosures for urban waste management”, *Science of The Total Environment* vol. 672, no. 1, pp. 927-937, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.487>
- [4]O.D. Oluwasola Afolabi y M. Sohail. “Microwaving human faecal sludge as a viable sanitation technology option for treatment and value recovery-A critical review”, *Journal of Environmental Management journal*, vol.187, no.1, pp.401-415, Febrero 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.067>
- [5]P. Moya, S. López, J. Guardiola and F. Gómez. “Determinants of the acceptance of domestic use of recycled water by use type”, *Sustainable Production and Consumption journal*, Research article, vol.27, no.4, pp. 575-586, Julio 2021. [Online]. Available: doi: 10.1016/j.spc.2021.01.026
- [6]C. Sutherland, E. Reynaert, R.C. Sindall, “Socio-technical analysis of a sanitation innovation in a peri-urban household in Durban, South Africa”, *Science of The Total Environment*, vol.755, Part 2, 143284 , Febrero 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143284-11>
- [7]H.J. Lease, D.H. MacDonald, and D.N. Cox, “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*, vol.37, pp. 33-44, Octubre 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.04.002>
- [8]C. Hou, Y. Wen, H. Fu and X. Liu. “Impacts of regional water shortage information disclosure on public acceptance of recycled water d evidences from China’s urban residents” *Sustainable Cities and Society*, vol. 61, Octubre 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102351>
- [9]K.M. Lamichhane , y J.R. Babcock, “Survey of attitudes and perceptions of urine-diverting toilets and human waste recycling in Hawaii”, *Journal Science of The Total Environment*, vol.443, no.15, pp.749-756, Enero 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.039>
- [10]S. Prithvi, C. Lalander, “what do consumers think about recycling human urine as fertiliser? Perceptions and attitudes of a university community in South India.” *Water Research* vol.143, pp.527-538, octubre 2018. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v16n4.46723>
- [11]Y. Ding, and X. Liu, “The association between emotions and public acceptance of recycled water for urban residents”, *Journal of Civil Engineering and Management*, vol.27, no. 2, pp.76–86, febrero 2021. [Online] Available: doi: <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.13754>
- [12]J. Hennigs, K. Ravndal, T. Blose, “Field testing of a prototype mechanical dry toilet flush”. *Journal Science of the Total Environment*, vol 668, no. 10, pp. 419-431, Julio 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.220>
- [13]J. Tavares, I. Cardoso, B. Alves, J. Barbosa and B. Martini, “TrailCare: An indoor and outdoor Context-aware system to assist wheelchair users”, *International Journal of Human-Computer Studies*, vol.116, pp.1-14, Abril 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.04.001>
- [14]S. Lloret, A. Ferreres, A. Hernández and I. Tomas, “El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada”, *Anales de Psicología*, vol. 30, no.3 , pp.1151-1169 ,octubre 2014. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- [15]V. Pedrero, M. Bernales, M. Chepo, J. Manzi and M. Pérez, “Development of an instrument to measure the cultural competence of health care workers”, *Revista de saude publica*. vol.54, no.29, pp. 1-10, marzo 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001695>

[16] M. Salvador, L. Moreno, D. Hernández, A. Martínez and E. Ochoa, "Construcción y validación de un instrumento para medir la satisfacción de los pacientes del primer nivel de atención médica en la Ciudad de México", *Gaceta Médica de México*, vol.152, pp. 43-50, 2016. [Online]. Available: https://www.anmm.org.mx/GMM/2016/n1/GMM_152_2016_1_043-050.pdf

[17] M. Garmendia, "Análisis factorial: una aplicación en el cuestionario de salud general de Goldberg, versión de 12 preguntas", *Rev. Chilena de Salud Pública*, vol.11, no.2, pp.57-65, 2007. [Online] Available: <https://revistasaludpublica.uchile.cl/index.php/RCSP/article/view/3095/2963>

[18] L.M. Zita, G.E. Figueroa, and H.L. Narváez, "Impacto de los atributos determinantes de un sanitario seco urbano en la aceptación del consumidor", *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol.33 no. 04, pp. 671-679, Marzo 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.04.10>

[19] L. Zhu, Z. Zhao, Y. Wang, Q. Huang, Y. Sun and D. Bi, "Weighting of toilet assessment scheme in China implementing analytic hierarchy process", *Journal of Environmental Management*, vol. 283, 2021. "to be published", [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111992>

[20] V. Kumar, and B. Chandra, "An application of theory of planned behavior to predict young Indian consumers' green hotel visit intention", *Journal of Cleaner Production*, vol.172, no.20, pp.1152-1162, January 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.047>

[21] P.P. Regalado, C.A. Guerrero, and R.F. Montalvo, "Una aplicación de la teoría del comportamiento planificado al segmento masculino latinoamericano de productos de cuidado personal", *Revista EAN Escuela de Administración de Negocios*, no.83, pp. 141-163, julio-diciembre 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1821>

RESUMEN CURRICULAR



Doctora en Filosofía con Orientación a Arquitectura y Asuntos Urbanos

Docente Principal de la Escuela Profesional de Ing. De Minas Universidad Nacional de Moquegua-UNAM

Investigador RENACYT-Perú



Doctor en Física e Ingeniería de los Materiales

Docente Principal Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-FIME - Universidad Autónoma de Nuevo León México

Investigador SIN-II-México



Magister en Ingeniero Civil con mención en gerencia de la construcción

Docente de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Moquegua-UNAM

Consultor Proyectos - Ingeniería Civil

Investigador RENACYT-Perú