

# Technical Evaluation for the manufacture of Portable Dry Baths made of resin reinforced with fiberglass

J. Rau Alvarez, Magíster; R. Muñoz, Magíster; H. Chipana Cuadros, Bachiller  
Pontificia Universidad Católica Del Perú, Perú, [jrau@pucp.edu.pe](mailto:jrau@pucp.edu.pe), [raul.munoz@pucp.edu.pe](mailto:raul.munoz@pucp.edu.pe), [hillari.chipana@pucp.pe](mailto:hillari.chipana@pucp.pe)

*Abstract— Description and standardization of the Sanilab dry bath production process based on resin and fiberglass to contribute to the increase of sanitation coverage in homes that lack of a public sewer system and the elimination of silos or septic tanks and other forms not suitable for eliminating excreta such as rivers, ditches, canals or other.*

*Keywords-sanitation systems, dry baths, glass fiber*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.138>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

# Estudio Técnico para la fabricación de Baños Secos Portátiles hechos a base de resina reforzada con fibra de vidrio

J. Rau Alvarez, Magíster; R. Muñoz, Magíster; H. Chipana Cuadros, Bachiller

Pontificia Universidad Católica Del Perú, Perú, jrau@pucp.edu.pe, raul.munoz@pucp.edu.pe, hillari.chipana@pucp.pe

**Abstract- Description and standardization of the Sanilab dry bath production process based on resin and fiberglass to contribute to the increase of sanitation coverage in homes that lack of a public sewer system and the elimination of silos or septic tanks and other forms not suitable for eliminating excreta such as rivers, ditches, canals or other.**

**Keywords—sanitation systems, dry bath, glass fiber**

**Resumen— Descripción y estandarización del proceso productivo del baño seco Sanilab elaborado a base de resina y fibra de vidrio para contribuir con el aumento de cobertura de saneamiento en los hogares que carecen de un sistema de alcantarillado público y la eliminación de silos o fosas sépticas y otras formas no adecuadas de eliminación de excretas como ríos, zanjas, canales u otras.**

**Palabras clave—sistemas de saneamiento, baño seco, fibra de vidrio.**

## I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el saneamiento tradicional como el suministro de instalaciones y servicios que permiten eliminar sin riesgo la orina y las heces. En el año 2015 se estimó que 2400 millones de personas en el mundo no tenían acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas. Ahora bien, la situación del Perú no es ajena a esta realidad, pues según el último informe técnico elaborado con los resultados de la Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (ENAPRES) y la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO)<sup>1</sup>, el 27.3% de la población del país -aproximadamente 8.6 millones de personas- no tiene acceso a un saneamiento adecuado. Dicha población hace uso de letrinas, pozos sépticos, eliminación de excretas en ríos, acequias, canales, entre otros.

Ante estas cifras, según el Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021, en el periodo 2011-2016 se asignó un monto de 34 mil millones de soles a este sector; sin embargo, no todo el monto ha sido ejecutado, ya que se han presentado los siguientes inconvenientes: deficiencia en la elaboración de los expedientes técnicos por la no disponibilidad de fuente de agua; falta de modelos estandarizados de los componentes de la infraestructura sanitaria e inconvenientes en la ejecución.

Una alternativa empleada en modelos de negocio vinculados a este sector es el saneamiento ecológico (Ecosan), el cual se

basa en los principios de recuperación y reciclaje de nutrientes contenidos en las excretas humanas; la protección de la salud y prevención de enfermedades; y la conservación de recursos naturales y protección del medio ambiente<sup>2</sup>.

Sanilab es un startup desarrollado bajo el concepto del sistema Ecosan y plantea el uso de un baño seco, el recojo de residuos y su posterior tratamiento. El presente artículo se enfocará en la descripción del baño seco como producto, la lista de los insumos requeridos para su fabricación y el proceso de producción del mismo.

En este contexto, el presente artículo tiene como propósito orientar a los futuros inversores en los requerimientos técnicos para el uso de baños secos a base de fibra de vidrio, para una futura planta.

## II. ASPECTOS GENERALES

### A. Sanitario ecológico

El Saneamiento Ecológico (Ecosan) es una nueva concepción en saneamiento basada en 3 principios: separar en la fuente, dar tratamiento y aprovechar los subproductos del tratamiento. Tiene como objetivo el desarrollo de métodos alternativos a los comúnmente empleados para la disposición final de las excretas.

Water and Sanitation Program (WSP) menciona que el concepto de Ecosan se basa en 3 conceptos: protección de la salud y prevención de enfermedades; recuperación y reciclaje de nutrientes contenidos en las excretas humanas; conservación de los recursos naturales y protección del medio ambiente. Estos principios se expresan en el ciclo cerrado de nutrientes. Ver Figura 1 [1].

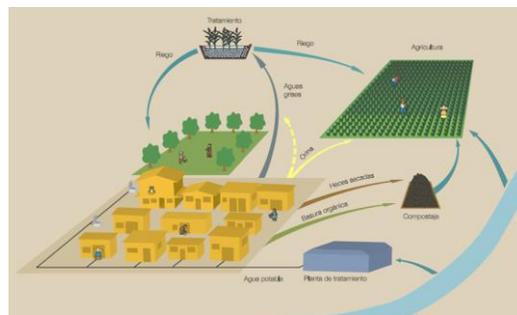


Fig. 1 Ciclo cerrado de nutrientes

<sup>1</sup> Perú Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico (2018). [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletbo\\_agua\\_y\\_saneamiento.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletbo_agua_y_saneamiento.pdf) (Consultado 14 de mayo del 2018).

<sup>2</sup> Saneamiento Ecológico. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/publica-saneamiento.pdf> (Consultado 11 de abril del 2018).

Según el concepto Ecosan, y de acuerdo con el ciclo cerrado de nutrientes, las excretas producidas se almacenan por un determinado tiempo en cámaras debajo de los inodoros. Pasado el tiempo de almacenamiento, los residuos son llevados a una planta de transformación para ser convertidos en abono y usadas en la agricultura. Finalmente, los alimentos producidos por la agricultura son consumidos por las personas y nuevamente comienza el ciclo cerrado de nutrientes.

El enfoque del saneamiento ecológico sugiere como método de eliminación de patógenos de las excretas la deshidratación de las excretas humanas con un agente neutralizante (cenizas, aserrín, etc.). El empleo de los sanitarios ecológicos secos permite desarrollar efectivamente el método anteriormente mencionado. Global Dry Toilet Association of Finland (2013) [2], los define como un inodoro que no usa agua para transportar la orina y las excretas. Los mismos son almacenados en 2 recipientes independientes para luego ser transformados en abono. Según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2015) [3], esto resulta particularmente beneficioso, pues la separación de la excreta y la orina disminuye significativamente la generación de olores; evita la formación de barros fecales húmedos (las excretas se vuelven inofensivas a los sentidos especialmente después del proceso prolongado de secado) y se minimiza la polución (nitratos y patógenos) de las napas subterráneas producidas por descargas sanitarias más aún cuando existe una alta densidad poblacional. Cabe resaltar que el uso de agua es reemplazado por aserrín, el cual permite la transformación en fertilizante para su posterior reutilización en la agricultura.

El baño seco no solo busca reducir la brecha de saneamiento, si no que pretende reemplazar el uso de métodos precarios e insalubres de eliminación de excretas (pozos, letrinas o silos, etc.).

### B. Ventajas sobre competidores

El concepto de sistema de saneamiento ecológico ya ha sido adoptado y plasmado en proyectos de saneamiento en países como Suecia, desde hace más de 50 años; en Vietnam, el uso del baño de doble cámara vietnamita por más de 25; en México, donde se ha denominado al baño seco como sanitario ecológico seco (SES); Perú, donde existen empresas ya consolidadas que proveen el servicio de tratamiento de residuos en zonas periurbanas de la capital. El nivel de aceptación se debe a las diferentes ventajas ofrecidas por el sistema Ecosan.

Según North-West University (2015) [4], las ventajas que ofrecen los baños secos se pueden clasificar de acuerdo con los principales beneficiarios: ventajas para el medio ambiente; ventajas para las familias y ventajas para los municipios. Las mismas pueden verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Ventajas del uso de baños secos

| VENTAJAS                             |   |                                   |
|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| Medio ambiente                       | Familias                                      | Municipalidades                   |
| Ahorro de agua                       | Reducción de enfermedades asociadas           | Cobertura para todos              |
| Abono más nutritivo                  | Reducción en la generación de olores          | Menor inversión                   |
| Reducción de contaminación del suelo | Seguridad/privacidad para las mujeres y niños | No requiere red de alcantarillado |

### C. Ventajas para el medio ambiente

Según la Organización Mundial de la Salud [5], una persona debería consumir al día 100 litros de agua para atender todas sus necesidades; sin embargo, en promedio una persona consume 45 litros de agua para el uso del inodoro (representa casi el 50% de lo que debería consumir). En ese sentido, el uso del sistema de saneamiento ecológico ofrece una primera ventaja de reducción de consumo de agua y aumenta el agua disponible para el consumo humano.

La segunda ventaja es el contenido de nutrientes que tienen tanto la orina como las excretas humanas (nitrógeno, fósforo y potasio en la orina y fibras de carbón, entre otros nutrientes, en las excretas). Ambos residuos son transformados en abono, el cual -al ser incorporado al suelo- aporta nutrientes que ayudan a alimentar las plantas y a protegerlas contra enfermedades y plagas; contribuye con la fertilidad de la tierra y productividad agrícola y mejora la capacidad de absorción del suelo, reteniendo el agua y oxígeno esenciales para las plantas.

Adicionalmente, el uso de la orina como fertilizante permite la disminución del uso del agua y con pérdidas de nutrientes relativamente bajas (nitrógeno). El agua permite que la orina previamente regada se extienda sobre los cultivos, permite que el suelo absorba el nitrógeno y evita -al mismo tiempo- la evaporación.

#### 1) Ventajas para las familias

La primera ventaja para las familias es la reducción de las enfermedades provocadas por el saneamiento inadecuado, esto es, la producción de barros fecales (excretas y orina) ofensivos para la salud. Las excretas contienen un gran número de patógenos, protozoos helmintos y virus que podrían ser causantes de diversas enfermedades desde las más leves hasta las más mortales. Las cuales -al combinarse con la orina- se agravan aún más.

Se estima que el 4% del total de muertes en el mundo están relacionadas con la calidad del agua, higiene y saneamiento. Además, 842,000 muertes al año son producto de enfermedades diarreicas causadas por la ausencia de agua salubre y a un saneamiento y una higiene deficientes. Sin embargo, la diarrea no es la única enfermedad provocada por el saneamiento inadecuado tal como se puede ver en la Tabla 2 [6].

Tabla 2. Enfermedades generadas por el saneamiento inadecuado

| GRUPO     | PATÓGENO                   | ENFERMEDAD - SÍNTOMA   |
|-----------|----------------------------|--|
| Bacteria  | Campylobacter jejuni/coli  | Diarrea, calambres, dolor abdominal, fiebre, náuseas, artritis   |
|           | Salmonella typhi/paratyphi | Fiebre tifoidea y fiebre paratifoidea, dolor de cabeza, fiebre, malestar general, anorexia, bradicardia, tos |
| Virus     | Hepatitis A                | Hepatitis, fiebre, malestar general, anorexia, náuseas, molestias abdominales                                |
| Protozoos | Giardia intestinalis       | Diarrea, calambres abdominales, malestar, pérdida de peso  |
| Helmintos | Anquilostomas              | Picazón, erupción, tos, anemia, deficiencia de proteínas   |

En segundo lugar, si bien una segunda ventaja es la disminución de los olores provenientes de la inadecuada eliminación de excretas, esta dependerá de cómo se gestione el uso y mantenimiento. Esto es, mantener la tapa del baño siempre cerrada; hacer uso correcto del separador de orina y excretas; y verter el neutralizante (aserrín, cenizas, cal) sobre las excretas después de cada uso.

La tercera ventaja tiene como principales beneficiarios a las mujeres y a los niños. Por un lado, en el caso de las letrinas de pozo, al tener 1.8 metros de profundidad, los niños corren peligro de caer e incluso morir. Los baños secos, por lo general, tienen dimensiones similares a los baños comunes. Por otro lado, las letrinas de pozo, al emanar hedores, son ubicados al menos 15 metros de distancia respecto a la vivienda más próxima; en este sentido, las mujeres suelen estar expuestas a ciertos peligros. El uso de los baños secos incrementa la seguridad de las mujeres. Finalmente, para todos los miembros de la familia, los baños secos se convierten en un ambiente más privado para su uso.

## 2) Ventajas para los municipios

Según la OMS (2015) [7], la cobertura mundial de instalaciones es del 77%; sin embargo, existe un 23% de la población mundial que aún no tiene acceso a un saneamiento adecuado. En este aspecto, los baños secos tienen una clara ventaja sobre los baños comunes, pues su disponibilidad es rápida y puede dar cobertura inmediata\* a la población que carece de este servicio básico.

La segunda ventaja se refiere a la inversión que requieren los sistemas de saneamiento ecológico. El sistema Ecosan requerirá menor capital, menores costos de mantenimiento y menor inversión en infraestructura para tratamiento de aguas residuales, pues la carga microbiana de la eliminación conjunta de orina y excretas es anulada. Ello se puede lograr, siempre y cuando las capacitaciones de uso y tratamiento posteriores sean correctamente realizadas.

Finalmente, el sistema Ecosan, no requiere redes de alcantarillado, por ende, no tienen que ser colocadas necesariamente en un lugar fijo y menos aún requiere de tiempos largos de instalación. Como contribución, las responsabilidades del mantenimiento y operación pueden ser compartidas entre los municipios y los usuarios, de tal forma que se produzcan ahorros.

### III. PRODUCTO Y PROCESO

#### A. Descripción del startup

El laboratorio para el desarrollo y la innovación exclusiva D-Lab “es un grupo con participación de profesionales multidisciplinarios dedicado a la investigación y desarrollo (I+D) orientado a generar innovación tecnológica que permita reducir la pobreza y la vulnerabilidad social en comunidades con escasos recursos, a este proceso le denominamos innovación inclusiva. D-Lab busca las mejoras tecnológicas a nivel micro a través de procesos de co-creación, disrupción y diseminación en el campo del diseño, ingeniería, negocios y las

demás áreas de ciencia para generar soluciones para contribuir con la mejora de la calidad de vida. Trabajamos en línea con la red mundial para la innovación liderada por Massachusetts Institute of Technology (MIT)” [8].

Una de las líneas de investigación de D-lab Perú es la problemática en el sector saneamiento, en este contexto, en el año 2017, se creó el start up social Sanilab. El mismo, tiene como objetivo gestionar sistemas de saneamiento comunitario ecológico a través de sanitarios portátiles secos para centros poblados de escasos recursos en el Perú. Su misión es mejorar la calidad de vida de personas que viven en comunidades que no cuentan con acceso a agua y desagüe, generando salubridad y rentabilidad a través del sistema de gestión de saneamiento ecológico para el desarrollo de la población y el de la organización. Y tiene como visión ser para el 2021, la empresa líder en sistemas de gestión de Saneamiento Ecológico mediante el uso de sanitarios portátiles secos generando 20 000 usuarios que cuenten con el sistema implementado y operativo en comunidades de escasos recursos del Perú.

#### B. Producto

En el presente punto, se describen las principales características y componentes del baño; las dimensiones de las partes principales del baño; los moldes a emplear y los insumos requeridos para su fabricación. Finalmente, se describirá el funcionamiento del mismo como parte del sistema.

##### 1) Descripción del producto

Es “un baño portátil seco que almacena las excretas y orina que luego de ciertos procesos son reutilizadas como abono, beneficiando así la producción y comercialización de alimentos y mejorando la salud y condición de vida de cientos de personas” [9]. Las características que lo diferencian de sus competidores directos son las siguientes:

##### a. Separador desmontable

El baño permite almacenar en dos recipientes independientes la orina y las excretas. Por un lado, la orina es drenada por una manguera que pasa por el interior del sanitario y sale por la parte posterior del baño hacia una galonera. Por otro lado, las excretas caen directamente hacia un recipiente y son rociadas con aserrín para neutralizar olores; absorber la humedad de las excretas y reducir la carga de patógenos presentes en ellas. La frecuencia de recojo de los recipientes es de tres veces por semana; en este sentido, tal como se ve en la Figura 3a, el separador desmontable facilita el retiro del recipiente de las excretas y el reemplazo por un recipiente limpio.

##### b. Plataforma ergonómica

Según la Asociación Internacional de Ergonomía [10], la ergonomía es una ciencia que tiene como fin buscar la armonía entre el ser humano y su entorno; por ello, el startup en mención incorporó en su diseño una plataforma ergonómica curvada. La primera razón es para que las personas de baja estatura o niños puedan colocar sus pies sobre ella en vez de hacerlo sobre el piso, ya que dicha acción provocaría incomodidad o daños en la zona poplíteo y los muslos. Y

segundo, la plataforma facilita la postura adecuada para la evacuación. (Ver Figura 2b).

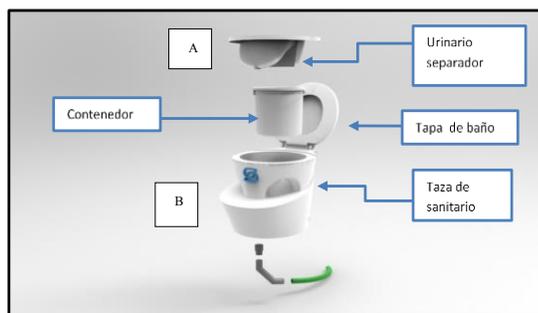


Fig. 2 Baño Sanilab



Fig. 3 Correa para portabilidad

### c. Sistema de fijación

Los modelos de baños comerciales hechos a base de losa vitrificada se muestran en la Tabla 3. De la Tabla, se puede concluir que la masa promedio de un baño tradicional es de 31 kilogramos; mientras que el baño Sanilab, tiene una masa de 5 kilogramos.

Tabla 3. Masa según el modelo de inodoro

| MODELO               | MASA (KG) |
|----------------------|-----------|
| INODORO COMPACT      | 26.1      |
| ONE PIECE ADVANCED   | 34.7      |
| ONE PIECE ATLANTA    | 46.8      |
| ONE PIECE BALANZ     | 35.65     |
| ONE PIECE BOSTON     | 37.8      |
| BABY FRESH           | 19.1      |
| ONE PIECE MONTANA    | 34.5      |
| ONE PIECE SAVONA LUX | 25.9      |
| ONE PIECE VERMONT    | 37.8      |
| RAPID JET            | 21.4      |
| RAPID JET PREMIUM    | 21.4      |
| NUEVO SIFON JET      | 28.7      |
| TOP PIECE            | 34.9      |
| TREBOL SMART         | 28.9      |

Si bien la diferencia de masas le otorga ventaja competitiva, pues los baños tradicionales se encuentran anclados o fijados mediante pernos al piso para fijarlos, dicha característica lo vuelve inestable durante el uso (posibles volcaduras). Por ello, para reducir riesgos de posibles accidentes, el baño tiene un sistema de fijación representado por un agujero lateral tal como se aprecia en el Figura 4. El mismo, permite el llenado de material para incrementar la masa final del baño (por lo general, la masa adicional es de 5 kilogramos).

### d. Correa para portabilidad

El baño cuenta con una correa que facilita a los usuarios el transporte con manos libres. Como se aprecia en el Figura 3, la correa cumple función de carga y ha sido diseñada para aquellas familias en las que la agricultura es la fuente de trabajo: durante periodos de cosechas, actividades de trabajo, entre otros.

## 2) Componentes del baño

Los componentes del baño Sanilab se pueden observar en la Figura 3.

### a. Taza de sanitario

Componente que representa al cuerpo del baño, sobre la misma se colocan el urinario separador y el contenedor. Cuenta con una plataforma ergonómica sobre la cual pueden colocarse los pies de las personas; asimismo, tiene habilitada una sección para colocar el sistema de eliminación de orina conformado por piezas de PVC y una manguera, las cuales permiten la circulación de la orina.

### b. Urinario separador

Es uno de los componentes más importantes, pues gracias a la división con la que cuenta, el baño seco puede cumplir con el objetivo y las características por los cuales fue diseñado: obtención de un abono con el mayor contenido de nutrientes; evitar la propagación de enfermedades por la mezcla de excretas y orina; y reducción de olores producido por su disposición conjunta.

### c. Contenedor

El contenedor es un balde común sin tapa con una capacidad de 10 litros; es utilizado para el almacenamiento temporal de las excretas. Luego deberá ser rociado con un neutralizante para reducir la carga microbiana y evitar los olores.

### d. Tapa

La tapa -al igual que el urinario separador- desempeña un rol importante en el funcionamiento del sistema. Ya que, este componente evita el ingreso de moscas que puedan alterar el posterior tratamiento de las excretas y la generación de olores. Así pues, la planitud entre las superficies de la tapa y el urinario separador debe ser tal que no existan espacios libres.

## 3) Dimensiones

El baño Sanilab consta principalmente- de dos partes: la taza del baño y el urinario separador. Las dimensiones de ambas partes se muestran en la Figura 4.

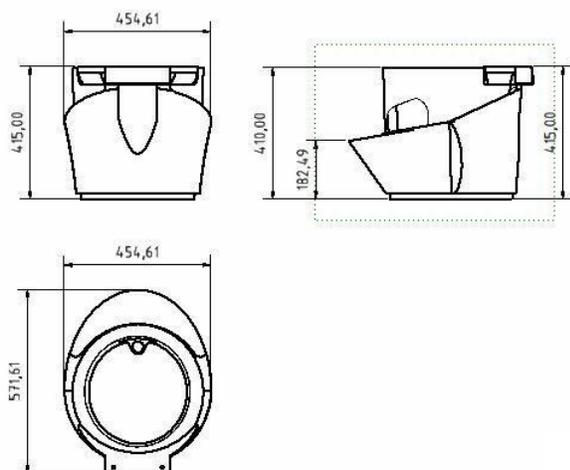


Fig. 4 Dimensiones generales del baño SANILAB

#### 4) Moldes

La producción de los baños Sanilab requiere de un molde base con características específicas que garanticen la calidad óptima del producto y la minimización de costos de calidad. Es así que, siguiendo a Besednjak (2005) [11], se describirán los factores previos a considerar en el diseño del molde; las características físicas del molde; los moldes a emplear en la producción del baño y el detalle del programa de mantenimiento que el molde debe recibir.

##### a. Factores previos al diseño del molde

El diseño del molde para el baño deberá considerar algunos factores propios del producto final para garantizar la minimización de costos unitarios y la calidad esperada del producto. Estos son los siguientes:

- Método de producción seleccionado: identificación de los esfuerzos a los que será sometido durante su producción, temperaturas de exposición y la continuidad de la producción.
- Tamaño y complejidad del diseño de la pieza: permite determinar el número de moldes necesarios para la fabricación del baño.
- Cantidad de unidades a producir: la complejidad del molde afectará el tiempo de ciclo y por ende la atención de la demanda. Este factor influirá en el nivel de detalle y precisión de los moldes a emplear.
- Requerimientos de acabado superficial de la pieza: superficie que debe presentar cada partición del molde del baño.

##### b. Características del molde

Las características del molde se muestran a continuación:

- Selección del material del molde: el material del molde será el mismo que el material compuesto a emplear en el baño; es decir, fibra de vidrio, resina y otros aditivos. Su uso

garantiza que el molde se vea afectado por las temperaturas de trabajo y la humedad, así también son más estables dimensionalmente y el degradado por su propio uso es menor.

- Espesores de molde recomendados: el espesor del molde debe ser el mínimo posible en tanto no afecte la rigidez del mismo, pues podría producir deformaciones en el molde que se verán reflejados en los baños. Asimismo, se deberá garantizar la uniformidad del espesor para evitar diferencias en los tiempos de enfriamiento, lo cual provocaría contracciones en el producto final.

- Simetría del laminado en moldes de materiales compuestos: la operación de laminado se deberá realizar de manera simétrica para garantizar estabilidad dimensional y evitar deformaciones que se repliquen en el producto final.

- Posibilidad de retoques: los retoques son realizados luego del desmolde del producto, debido a imperfecciones que existan en la superficie; sin embargo, estos deberán ser minimizados, ya que impactan directamente en el costo unitario del producto (pintura, macilla, entre otros).

- Color de los moldes: cuando no hay un buen contraste entre colores del molde y Gelcoat (p.ej. si ambos son de color oscuro), se corre el riesgo de que el operario sobre cargue el molde con dicha mezcla en el intento por “cubrir bien” toda la superficie. Este error humano podría generar agrietamientos superficiales. Por lo tanto, tomando en cuenta la premisa mencionada y ya que el Gelcoat usado será de color blanco, el molde para el baño Sanilab será de color verde.

- Particiones del molde: la complejidad de la geometría de la pieza sugiere el uso de más de un molde base para su producción. Cada una de estas partes generará rebabas y requerirán de mecanizado luego del desmolde; por lo tanto, deberán ser las mínimas posibles. Adicionalmente, se podrían generar desalineaciones entre las particiones, ante ello, se deberán situar en zonas de menor visibilidad para garantizar la calidad de la pieza final.

- Mecanismos de desmoldeo: El diseño del molde deberá considerar el mecanismo de desmoldeo que se empleará, pues si el molde no facilita esta operación, el mismo deberá ser forzado con herramientas que podrían dañar el producto. Se recomienda ubicar estos puntos de desmoldeo en zonas donde sean menos comprometedoras y visibles.

##### c. Tipos de molde

Los materiales compuestos tienen la particularidad de poseer solo una cara con acabado superficial bueno, la cual se encontrará en contacto directo con el molde. En este contexto, los tipos de molde se dividen en machos y hembras. El molde macho se caracteriza por un buen acabado superficial en la cara interior. El molde hembra, por un buen acabado superficial en la cara exterior.

Ahora bien, el baño Sanilab requiere de 5 moldes para su producción; estos son: el molde de base, el cual sirve como plataforma que cubrirá la base del baño; el molde interior constituido por un solo cuerpo y que une el molde base con el molde exterior; el molde exterior que conforma el cuerpo

exterior del baño incluyendo la plataforma ergonómica (este molde se divide en dos mitades simétricas) y el molde del urinario separador. De los 5 moldes, solo el molde interior es de tipo hembra, el resto de moldes son de tipo macho. En la Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se observa el molde base, el molde exterior e interior y el molde del separador urinario, respectivamente.



Fig. 5 Molde base



Fig. 6 Molde exterior e interior



Fig. 7 Molde urinario separador

#### d. Mantenimiento del molde

El mantenimiento del molde consiste en establecer el número de piezas a ser realizadas antes de que aparezcan los defectos como la falta de brillo, adherencia al molde, etc. Una vez establecido el límite, se tomarán acciones de prevención como pequeñas reparaciones y nuevos encerados para un número inferior de unidades donde se presentó el inicio de la falla. Adicionalmente, se deberá considerar el número de unidades que el molde podrá replicar hasta que quede definitivamente obsoleto.

Tanto el mantenimiento como la vida útil del molde son determinados por el fabricante; es así que, en la Tabla 4, se detallará la vida útil del molde y la planeación y programación del mantenimiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Tabla 4. Vida útil y mantenimiento preventivo de los moldes

| Criterios     | Información          |
|---------------|----------------------|
| Vida útil     | 500 u                |
| Mantenimiento | 100 u                |
| Actividades   | Limpieza y masillado |

De la Tabla 4 se interpreta que el molde deberá ser reemplazado cada 500 unidades de uso. Asimismo, el mantenimiento del molde deberá realizarse por cada 100 unidades de uso, siendo las actividades por realizarse la limpieza y el masillado.

#### 5) Insumos utilizados

El baño Sanilab es fabricado a base de resina reforzado con fibra de vidrio. Asimismo, se emplean insumos adicionales para lograr la consistencia, el color y durabilidad requeridos.

##### a. Resina

La resina es una matriz orgánica utilizada en materiales compuestos; contribuye con la distribución de esfuerzos y evita el pandeo por compresión. Como se aprecia en la Tabla 5 [12], existe gran variedad de resinas empleadas según las propiedades que ofrecen (mayor dureza, resistencia contra ácidos, resistencia al fuego, etc.); sin embargo, para mayor practicidad, han sido clasificadas en dos grandes grupos: polímeros termoestables y polímeros termoplásticos, las cuales se diferencian principalmente por la reversibilidad de fases sin la pérdida de propiedades químicas y la fase en la que se encuentran a temperatura ambiente.

Tabla 5. Clasificación de matrices orgánicas usadas en materiales compuestos

| Matriz Orgánica | Termoestables  | Epoxi, Viniléster, Poliéster, Fenólicas, Furánicas, Cianoesteres, Bismaleimidas, Polímidas, entre otros.   |
|-----------------|----------------|--|
|                 | Termoplásticos | Policloruro de vinilo (PVC), Copolímeros de estireno (ABS, SAN), polietileno (PE), polipropileno (PP), policarbonato (PC), polimetacrilato de metilo (PMMA), acetato butileno (PBT), polieteremida (PEI), tereftalato de polietileno (PET), poliestireno (PS), poliosimetileno (POM) |

En primer lugar, los polímeros termoestables son líquidos a temperatura ambiente y deben ser curados para alcanzar la fase sólida por medios químicos a temperatura ambiente; por calentamiento o mediante la acción de radiación (ultravioleta, haz de electrones, rayos gamma, etc.). Cabe resaltar que el cambio de fase es una transformación irreversible, es decir, no pueden volver a fundirse o conservar sus propiedades.

En segundo lugar, los polímeros termoplásticos son sólidos a temperatura ambiente y para procesarlos se debe aumentar su temperatura hasta llegar a la fase líquida. A diferencia de los termoestables, los polímeros termoplásticos pueden cambiar de fase sin alterar sus propiedades químicas. El proceso de transformación y cambios de fases son reversibles.

Para el presente artículo, se describirán las resinas termoestables, ya que será el insumo empelado en la fabricación de baño.

**Resina poliéster:** Las resinas poliéster presentan bajas temperaturas de transición vítrea; su resistencia y rigidez no son muy elevadas. Sin embargo, es importante considerar que este tipo de resina se contrae entre 6% y 10% durante el endurecimiento.

La resina poliéster empleada para la fabricación de la mayoría de los componentes del baño es la resina de uso general, la cual es de mayor aplicación y se puede usar a temperatura ambiente. Esta resina será la empleada para la fabricación del baño.

**Resina epoxi:** Las resinas epoxi -reforzadas con fibra- tienen elevada resistencia y rigidez; resistencia a altas temperaturas; resistencia a las vibraciones; elevada resistencia química a ácidos y disolventes; etc.

**Resina viniléster** Son resinas intermedias entre el epoxi y el poliéster. Tienen buenas propiedades fisicoquímicas y tienen ciclos de curado relativamente cortos. Poseen buena resistencia a la fatiga y contracción durante el curado (1%); buena adhesión sobre fibra de refuerzo y resistencia a la corrosión.

**b. Fibra de vidrio**

Si bien la resina es una matriz que se caracteriza por tener resistencia a la compresión y soportar temperaturas elevadas; carecen de rigidez y resistencia a la tracción y flexión. Por ello, se emplea la fibra de vidrio como refuerzo que permite formar un compuesto con mejores propiedades mecánicas. Esta “al que quedar embebida en la matriz de resina- conforma un producto protegido contra la humedad y agentes corrosivos externos”. [13]. A continuación, en la Tabla 6 se detallan las características de la fibra de vidrio.

Tabla 6. Características de la fibra de vidrio

| CARACTERÍSTICAS   |
|---|
| Elevada resistencia mecánica                            |
| Baja conductividad térmica                              |
| Fibras isotrópicas con diámetros de 5 a 20 $\mu$ m      |
| Incombustible, no propaga la llama, no origina humos    |
| Estabilidad dimensional, bajo coeficiente de dilatación |
| Facilidad para asociarse con resinas sintéticas         |

Además, de las características mencionadas en la Tabla 6, la fibra de vidrio es de bajo costo, tiene resistencia mecánica superior al acero, es flexible y fácil de adherir al momento de su utilización. Por ello, el uso de la fibra de vidrio ha aumentado, más aún en sectores como el de construcción, reparación de autopartes.

En la Tabla 7, se observan las diferentes presentaciones de la fibra de vidrio en el mercado. La selección de la fibra dependerá del uso que se le dará producto a fabricar.

Tabla 7. Tipos de fibra de vidrio

| TIPO                                    | CARACTERÍSTICAS   |
|---|---|
| Mantas de fibra de vidrio MAT           | Material más usual para el laminado. Fácil de moldear, menor costo.             |
| Tejidos de fibra de vidrio WOVEN ROVING | Mayor resistencia a la tracción. Adherencia interlaminar, provoca desmoldadura. |
| Filamentos de fibra de vidrio ROVING    | Refuerzan capas de tejido de vidrio y confieren resistencia y dureza.           |
| Velos                                   | Usado como amortiguamiento entre la capa de Gel Coat y principales refuerzos.   |
| Cintas de fibra de vidrio               | Tejido en forma de cinta usado en zonas que requieren ligamentos en espiral.    |
| Fibras de vidrio pre impregnadas        | catalizador, son activadas con el calor.  |

La manta de fibra de vidrio MAT será empleada en la fabricación del baño, principalmente porque los procesos realizados son manuales y este tipo de fibra facilita dichos procesos.

**c. Peróxido de metil-etilcetona**

La resina es adquirida en estado líquido lo cual permite la combinación y preparación de una mezcla homogénea compuesta por insumos que añaden propiedades tales como el color o la textura. Sin embargo, la mezcla obtenida no adquiere una fase sólida a menos que se utilice el peróxido de metil-etilcetona o comúnmente llamado catalizador. El catalizador es una sustancia que inicia el proceso de curado de la resina con textura sólida y termoestable.

**d. Gel Coat**

Es una resina pigmentada, modificada, no reforzada que constituye la superficie de las partes moldeadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Es la primera capa que se le aplica al molde previamente preparado. Asimismo, tiene las siguientes funciones:

- Proteger el laminado contra la intemperie y humedad, impide que el material de refuerzo se aprecie en la superficie.
- Proporcionar acabado coloreado, liso y brillante a la superficie de la pieza.
- Servir como base para la aplicación de pintura posterior o eliminar la necesidad de pintura alguna.

El Gel Coat está compuesto principalmente por resina y pigmentos, entre otros aditivos que otorgan textura y brillo al producto (Aerosil y dióxido de titanio). Los pigmentos otorgan el color deseado al producto y evitan operaciones de pintado posteriores al desmolde; el Aerosil es un agente que aumenta la viscosidad de resinas y evita la formación de grumos; el dióxido de titanio es un pigmento fino y de color blanco que es usado para dar color brillo al producto y el naftenato de cobalto es un acelerante que produce la descomposición del catalizador y favorece el curado a temperatura ambiente. Las siguientes observaciones fueron obtenidas de la empresa Industrias Químicas del Sur S.A. [14]:

- Se hace la aplicación en dos manos: primera mano, 0.1 a 0.15mm y la segunda 0.3 a 0.35 mm.
- El espesor final varía entre 0.4 a 0.5 mm.
- Recomendado para los procesos de moldeo manual, aspersión y filament winding.
- T° de almacenamiento sugerida: 23° C o menos.

**6) Funcionamiento**

El baño, inicialmente, está cerrado; el primer paso es abrir la tapa; luego el usuario deberá sentarse para usar el baño (usando la plataforma ergonómica o no). Finalmente, deberá rociar el neutralizante sobre las excretas y tapar el baño para evitar el ingreso de insectos. (Ver Figura 8).



Fig. 8 Modo de uso

Asimismo, la disposición de los residuos sigue la secuencia observada en la Figura 9. Se abre la tapa del baño, se retira el urinario separador y finalmente, se retira el contenedor de excretas para ser enviado a la planta de tratamiento y cambiarlo por uno limpio.



Fig. 9. Disposición de residuos

### C. Proceso

En el presente punto, se presenta la secuencia de operaciones general para el proceso de moldeo de productos en fibra de vidrio.

#### 1) Diagrama de operaciones

El proceso de fabricación de productos hechos a base de resina y reforzados con fibra de vidrio desde la preparación del molde hasta el desmolde depende del método que se emplee en las empresas fabricantes; asimismo, se pueden considerar operaciones adicionales durante el acabado dependiendo de la calidad del molde, de las materias primas, pero sobre todo del laminado.

Los métodos existentes se diferencian entre ellos por el tipo de herramientas y equipos empleados; el tipo de geometría de la pieza a modelar y el tiempo estándar de fabricación. Los diferentes métodos de moldeo están listados a continuación [15]:

- Moldeo por contacto a mano
- Proyección simultánea
- Inyección
- Proceso de vacío
- Centrifugado
- Bobinado de filamentos
- Pultrusión

Finalmente, la elección del método más adecuado dependerá de la geometría del producto a fabricar, características mecánicas

que se desean obtener, los costos, la disponibilidad de equipos y maquinaria.

#### 2) Descripción de los procesos

El proceso de fabricación de los baños tiene como materia prima la fibra de vidrio, resina y catalizador. Asimismo, si bien el molde no forma parte del producto final, es la pieza esencial para la fabricación de los baños, pues es a partir de él que los productos pueden replicarse.

##### a. Encerar el molde

El molde es recubierto con cera desmoldante para facilitar la operación de desmolde. Cuando el molde es usado por primera vez, se deberá saturar con el uso de la cera; sin embargo, a medida que se incrementa el número de réplicas, el espesor de cera aplicado disminuye. El uso de este agente desmoldante es importante no solo por la facilidad del desmolde, sino también porque cubre los poros existentes en la superficie.

##### b. Secar el molde

Luego de aplicar la cera, el molde deberá reposar en promedio 15 minutos para que la cera pueda cubrir los poros completamente; se adhiera a la superficie completamente y no se combine con el Gel Coat que se agregará posteriormente.

##### c. Lustrar el molde

Una vez aplicada la cera desmoldante sobre el molde, tal como se ve en el Figura 10, con un paño se lustrará la superficie encerada hasta dejarla con brillo. Mediante este proceso se garantiza que la cera se impregne en el molde y no se combine con el Gel Coat que será agregado más adelante.



Fig. 10 Lustrado del molde

##### d. Aplicar el Gel Coat

El Gel Coat es mezclado con catalizador en proporciones que dependen del tipo de Gel Coat empleado (tal como se ve en la Tabla 8) y la temperatura (tal como se ve en la Tabla 9), del ambiente de trabajo. A continuación, debe ser esparcido sobre la superficie del molde en el menor tiempo posible, pues – según información experimental obtenida de D&M VIRGEN DE FÁTIMA E.I.R.L.- el catalizador solidifica la mezcla en un tiempo aproximado de 230 segundos. (Ver Figura 11).

Tabla 8. Consideraciones de aplicación de Gel Coat y catalizador

| COMPONENTE  | INDICACIONES  |
|-------------|---|
| Gelcoat     | 0.3 – 0.6 mm  |
| Catalizador | 1.5 – 3.5% (Gelcoat acelerado)<br>0.5 – 1.5% (Gelcoat no acelerado) |

Tabla 9. Relación porcentaje catalizador y temperatura

| TEMPERATURA          | CATALIZADOR |
|----------------------|-------------|
| Menos de 15 grados   | 2.5 – 3.5%  |
| Entre 15 y 20 grados | 2 – 3%      |
| Más de 20 grados     | 1.5 – 2 %   |



Fig. 11 Aplicación del Gel Coat en el molde

#### e. Secar

Luego de la aplicación del Gel Coat, el molde deberá secar entre 1 y 2 horas para garantizar el curado ideal. Cabe resaltar que las etapas de secado, si bien extienden el tiempo de fabricación del producto, son requeridas para asegurar la calidad del producto final.

#### f. Laminar

Este proceso se realiza luego del secado y solidificación del Gel Coat. Se colocan las planchas de fibra sobre la superficie del molde cuidando que la fibra cubra toda el área. (Ver Figura 12). Se prepara la mezcla de resina y catalizador y -con la ayuda de una brocha (ver Figura 13) y un rodillo para laminación (ver Figura 14)- se aplica la mezcla sobre la fibra. Finalmente, con un rodillo, desplazar las burbujas de aire hacia los extremos, ya que -de no hacerlo- la capa de fibra no se adherirá completamente a la capa de Gel Coat.

Consideraciones:

- Las esquinas deben ser laminadas con mayor cuidado, pues es donde se generan mayormente las burbujas de aire.
- Es importante mantener la proporción de catalizador respecto a la resina empleada, de otra manera, el producto final quedará quebradizo (exceso de catalizador) o flexible (falta de catalizador).



Fig. 12, 13 y 14: Laminación, aplicación y remoción

#### g. Curar

Durante este proceso, la resina se solidifica completamente y el producto final puede ser retirado del molde. El tiempo de curado recomendado es de 72 horas, de otra forma el producto sufrirá deformaciones en su estructura y forma, más aún si

están expuestas a temperaturas altas. Adicionalmente, es importante tomar en cuenta la temperatura bajo la cual se realiza el curado de las piezas, pues altas temperaturas aceleran la reacción.

#### h. Desmoldar

Antes de realizar el desmolde y luego del proceso de curado, los sobrantes de fibra en las terminaciones de las piezas deben ser removidas. A continuación, se inicia el proceso de desmolde, en caso de tener inconvenientes, con la ayuda de un martillo de goma, se dará golpes suaves a la superficie del molde.

#### i. Lijar

Finalmente, el producto final deberá ser limpiado y lijado con diferentes tipos de granos de lija. Luego de este proceso, estará listo para su almacenamiento.

## IV. BENEFICIOS

Permite contar con una metodología estandarizada de los procesos de moldeo en fibra de vidrio, la cual garantiza la elaboración de productos finales con características estándares y facilita la producción en masa.

Permite mostrar la aplicación de materiales compuestos en el sector de saneamiento y el impacto de los aditivos químicos en el cumplimiento de requerimientos sanitarios y de bioseguridad.

Muestra un diseño industrial integral de un producto innovador que contribuye a la reducción de la brecha de saneamiento en poblaciones vulnerables e impacta positivamente en la salud y el medio ambiente. Cumpliéndose así el sexto objetivo de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible).

## V. CONCLUSIONES

El sanitario ecológico o baño ecológico Sanilab es un producto innovador que no requiere de un sistema de alcantarillado y los insumos empleados (material compuesto) garantizan una vida útil duradera. Asimismo, su diseño contribuye con un mejor desempeño estructural y de estabilidad durante su uso; y la masa final facilita su uso y traslado en zonas poco accesibles.

La aplicación de técnicas de moldeo en fibra de vidrio es factible y beneficioso para la producción en masa en talleres o plantas dado que emplea una tecnología de bajo costo acorde con el fin social del start up y facilita la elaboración de un producto estándar.

## REFERENCES

- [1] WATER AND SANITATION PROGRAM 2006  
*Saneamiento Ecológico*. Lima. Consulta: 05 de mayo del 2017.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/170191468146968918/pdf/469000SPANISH01EcoSan1Final11012006.pdf>
- [2] GLOBAL DRY TOILET ASSOCIATION OF FINLAND  
Dry Toilet technology. Consulta: 05 de mayo del 2017.  
<http://www.huussi.net/en/materials/glossary/>
- [3] INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
*Sistemas de saneamiento seco con separación de orina (Baño Seco)*.  
Lima. Consulta: 01 de mayo del 2017.  
[https://www.inti.gob.ar/tecno\\_sustentables/pdf/banosSecos.pdf](https://www.inti.gob.ar/tecno_sustentables/pdf/banosSecos.pdf)
- [4] NORTH-WEST UNIVERSITY  
*Strategy for developing an ecological sanitation system at the Barrage informal settlement*. Lima. Consulta: 01 de mayo del 2017.  
[http://dspace.nwu.ac.za/bitstream/handle/10394/17009/Mokoena\\_M.pdf?sequence=1](http://dspace.nwu.ac.za/bitstream/handle/10394/17009/Mokoena_M.pdf?sequence=1)
- [5] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD  
*Agua, saneamiento y salud*. Lima. Consulta: 01 de mayo del 2017.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/)
- [6] STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE  
*Directrices para el uso seguro de orina y heces de sistemas de saneamiento ecológico*. Lima. Consulta: 06 de mayo del 2017.  
[https://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SCHONNING%20STENSTROM%202006%20Directrices%20para%20o%20Uso%20Seguro%20-%20PORTUGUESE.pdf](https://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SCHONNING%20STENSTROM%202006%20Directrices%20para%20o%20Uso%20Seguro%20-%20PORTUGUESE.pdf)
- [7] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD  
*Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud*. Lima. Consulta: 01 de mayo del 2017.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/)
- [8] PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
*Grupo de Investigación D-LAB Innovación Inclusiva*. Lima. Consulta: 05 de mayo del 2017.  
<http://investigacion.pucp.edu.pe/grupo-investigacion/grupo-de-investigacion-d-lab-innovacion-inclusiva/>
- [9] CIENCIA ACTIVA  
*SANILAB, construyendo un país con equidad*. Consulta: 04 de mayo del 2017.  
<http://www.cienciaactiva.gob.pe/embajadores/sanilab-construyendo-un-pais-con-equidad>
- [10] INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION  
*Definition and Domains of Ergonomics*. Consulta: 01 de mayo del 2017.  
<https://www.iea.cc/whats/index.html>
- [11] BESEDNJAK, A.  
*Los moldes*. Consulta: 05 de setiembre del 2017.  
<https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=17497/2011/1/53408/22638-3142.pdf>
- [12] MIRAVETE  
*Materiales compuestos*. Consulta: 01 de mayo del 2017.  
<http://www.aemac.org/wp/wp-content/uploads/2015/05/MATCOMP03.pdf>
- [13] ANTEQUERA, Pablo.  
*Los materiales compuestos de fibra de vidrio*. Lima. Consulta: 05 de mayo del 2017.  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/27575/1/Una\\_casa\\_del\\_futuro\\_finlandesa\\_a\\_orillas\\_del\\_mediterraneo.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/27575/1/Una_casa_del_futuro_finlandesa_a_orillas_del_mediterraneo.pdf)
- [14] INDUSTRIAS QUÍMICAS DEL SUR S.A.  
*Instructivo para el uso y aplicación de GelCoats*. Consulta: 24 de junio del 2017.  
[http://www.industriasquimicas.com.ar/Theme/industrias/assets/doc/INSTRUCTIVO\\_GEL\\_COAT.pdf](http://www.industriasquimicas.com.ar/Theme/industrias/assets/doc/INSTRUCTIVO_GEL_COAT.pdf)
- [15] MAZUMDAR, Sanjay  
*Composites Manufacturing* Consulta: 15 de mayo del 2017.