



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE UN MODELO DE ASEO ECOLÓGICO, ASEQUIBLE Y CONSTRUIBLE EN LUGARES REMOTOS

Autor: Luis Alamán Escolano

Director: Jorge Pablo Muñiz Miguel

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Diseño de un modelo de aseo ecológico, asequible y construible en lugares remotos
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2022/23 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.
El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Luis Alamán Escolano

Fecha: 28/ 08/ 2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Jorge Pablo Muñiz Miguel

Fecha: 28/ 08/ 2023



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE UN MODELO DE ASEO ECOLÓGICO, ASEQUIBLE Y CONSTRUIBLE EN LUGARES REMOTOS

Autor: Luis Alamán Escolano

Director: Jorge Pablo Muñiz Miguel

Madrid

DISEÑO DE UN MODELO DE ASEO ECOLÓGICO, ASEQUIBLE Y CONSTRUIBLE EN LUGARES REMOTOS

Autor: Alamán Escolano, Luis.

Director: Muñiz Miguel, Jorge Pablo.

Entidad Colaboradora: Manos Unidas y Fundación de Ingenieros de ICAI.

RESUMEN DEL PROYECTO

La finalidad de ese proyecto es generar un documento de referencia al que acudir para la construcción de todos los dispositivos que conforman los aseos en países en vías de desarrollo, cohesionando los proyectos realizados anteriormente por Manos Unidas. Para que el documento sea versátil, se ha decidido desarrollar dos diseños de aseo, uno destinado a las viviendas unifamiliares, un diseño más sencillo y simple de construir en cualquier lugar, y otro destinado a edificios públicos, con mayor capacidad y mayor equipamiento tecnológico, como sistemas de recogida de agua pluvial y reactores anaerobios.

Palabras clave: reactores, agua pluvial, aseo, versátil

1. Introducción

En el contexto actual en el que una de cada diez personas vive en extrema pobreza, ubicando la mayoría de estos casos en países en vías de desarrollo, la libertad personal y el posible desarrollo de los individuos está directamente ligado al lugar de nacimiento.

En estos lugares no se llega a gozar de las necesidades básicas que dictan los derechos humanos. Estos derechos se ven completamente eclipsados ante la falta de higiene, generando innumerables enfermedades entre la población.

Un punto muy importante para poder llegar a un estado más limpio e higiénico es la construcción de baños de bajo coste y de mantenimiento mediante una limpieza periódica. Uno de los elementos más importantes para estos dispositivos es el agua dulce superficial, uno de los recursos escasos por excelencia, por lo que se trata de optimizar su uso o de encontrar alternativas.

Por todo esto, se ha desarrollado este proyecto. Para tener la posibilidad de diseñar y construir aseos necesarios para toda la población, con el mínimo uso de recursos y pudiendo alargar su uso el tiempo más prolongado posible.

2. Definición del proyecto

El principal objetivo de este trabajo consiste en el desarrollo de un documento de referencia del que valerse a la hora de definir un proyecto de construcción íntegra de un aseo en países emergentes, unificando los proyectos desarrollados anteriormente por Manos Unidas en este único documento. Con este documento se pretende extender por todos los lugares la disposición de recursos para cubrir las necesidades de saneamiento necesarias para el correcto desarrollo de las funciones vitales sin correr ningún peligro.

Con la finalidad de llegar a este objetivo y poder valerse del documento para los diferentes casos requeridos por las diferentes localizaciones, se ha decidido separar el

diseño unificado en un principio, para dar lugar a dos diseños. Uno lo más simple posible y otro enfocado a tener más capacidad y más utilidades.

Además de este objetivo principal, se desarrollan diferentes objetivos secundarios para alcanzar el mejor resultado posible. Como objetivos secundarios clave se tiene poder generar un aporte económico utilizando los residuos, la mejora social y la ampliación del saneamiento/higiene para las poblaciones. Y para dar lugar a estos segundos objetivos, se ha creado la adición de puestos de lavado de manos, los sistemas de recolección de aguas pluviales, el aprovechamiento de los residuos generados en las instalaciones (tanto energético como a nivel de compost), la adaptación de las estructuras para todos los públicos, el ahorro de recursos, la fácil manutención de las instalaciones y la educación de los niños en temas de higiene personal.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

El primero de los diseños que se desarrolla, estudia los diferentes requisitos que conlleva un baño para una vivienda unifamiliar de 4 componentes. El modelo de baño seleccionado en este caso será el un retrete seco, con pozos dobles mejorados por ventilación. Se considera el retrete seco, dejando de lado la necesidad de utilizar el agua como sistema de evacuación de los residuos y los pozos dobles mejorados por ventilación para mejorar el uso prolongado del sistema, con mayor duración que un pozo simple, y el mejor tratamiento de los residuos generados sin interferencias de uso. La ventilación en este caso es un punto muy importante para poder obtener unas condiciones higiénicas mínimas, manteniendo a salvo la salud de los usuarios.

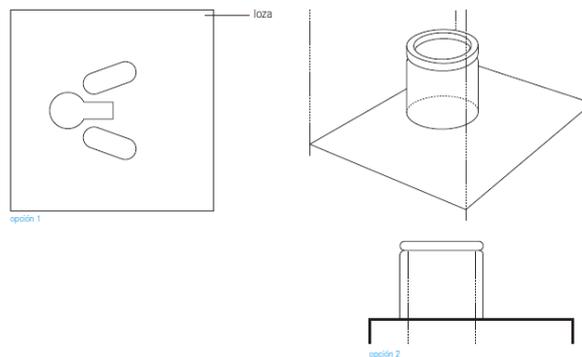


Ilustración 1. Esquema del sistema de aseo para una vivienda unifamiliar. Fuente: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]

El segundo diseño desarrollado es el caso del baño para la escuela, que cuenta con un número máximo de niños por aseo de entrono a 40-50 niños. En este caso, sí que se pretende utilizar sistemas de arrastre hidráulico y, además, se diseña un modelo de lavabo para la higiene femenina y el lavado de manos. Se desarrolla, además, un sistema de recogida de aguas pluviales para la reducción del consumo hidráulico de sistemas externos en los casos en las localizaciones permita una recolecta de agua considerable. En caso de no abastecer de forma íntegra, todos los edificios destinados a la educación deben disponer de sistemas de abastecimiento de agua, por lo que no supone ninguna restricción para el uso de los sistemas. En este modelo se ha seleccionado el modelo del

retrete con tanque o arrastre hidráulico manual, y para el tratado de los deshechos se puede aplicar o la fosa séptica o el reactor anaeróbico de biogás.

Para este modelo se van a realizar los cálculos necesarios para el estudio del abastecimiento de agua a los diferentes sistemas que requieran de su uso. Se pretende saber en qué países del mundo se tiene un nivel de acumulación de agua derivada de las precipitaciones capaz de llenar el cupo del agua consumida en estas instalaciones.

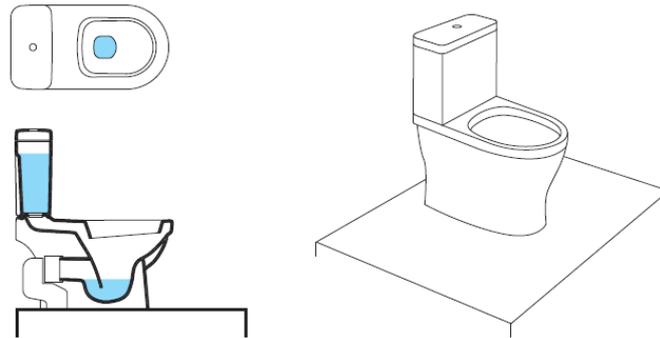


Ilustración 2. Sistema de retrete con tanque. Fuente: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]

En el caso de utilizar la fosa séptica se aplican una serie de parámetros clave para el diseño de las medidas de cada cámara en función de los usuarios. Se muestra un ejemplo de uso de las ecuaciones, definiendo las cotas óptimas para el diseño de la fosa. Finalmente, después del estudio de las diferentes posibilidades, se informa de los mejores sistemas de reutilización de la materia generada, al terminar su paso por las instalaciones de tratamiento.

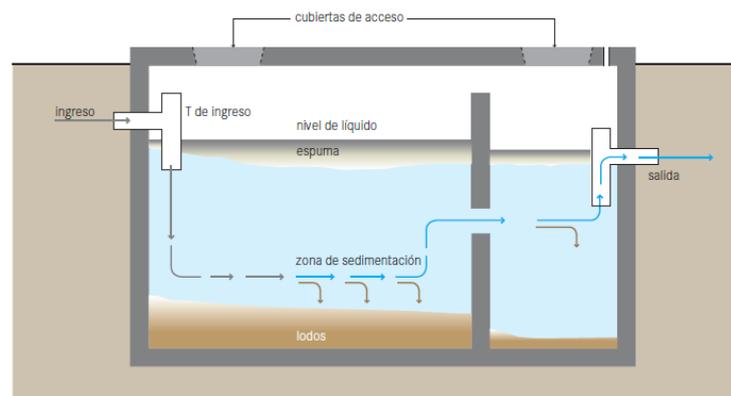


Ilustración 3. Diseño de la fosa séptica. Fuente: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]

Con el uso del reactor anaeróbico, se crea una fuente de combustible verde, derivado de los desechos generados por los alumnos y trabajadores de la escuela. En este punto, se muestran las ideas a tener en cuenta para su construcción, mostrando cada una de las partes que constituye el reactor y sus funciones. Se realiza el cálculo energético para saber el número mínimo de usuarios que debe tener el colegio para que sea posible el abastecimiento energético de una nevera para vacunas, con el fin de mantener en la

propia escuela las vacunas destinadas a los niños y que no sea necesario el transporte de estas, para preservar su buen estado.

4. Resultados

Una vez acabado el trabajo, se encuentra como principal resultado un documento de cohesión de los anteriores proyectos desarrollados por Manos Unidas, en el que se abarca la expansión del saneamiento de las localidades de países en vías de desarrollo mediante el diseño de dos modelos de aseo. Un aseo simple que poder construir en extensiones de terreno muy reducidas con la menor cantidad de recursos posible, y un aseo capaz de albergar una cantidad mayor de usuarios y con sistemas de aprovechamiento de la energía generada por los residuos de las instalaciones, gracias al reactor anaeróbico UASB, y la recogida de aguas pluviales para su explotación en la limpieza de manos.

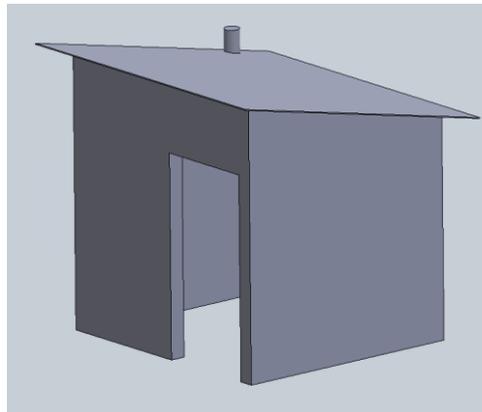


Ilustración 4. Vista de la infraestructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia

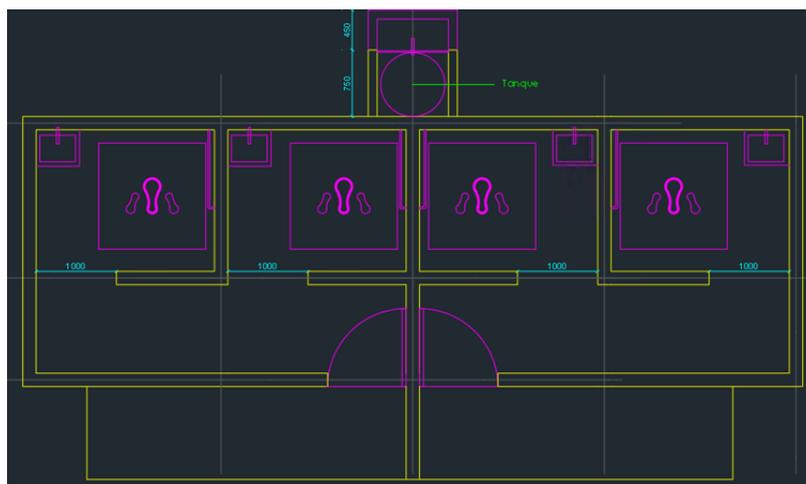


Ilustración 5. Vista cenital infraestructura del aseo escolar. Fuente: Propia

5. Conclusiones

Finalmente, se ve alcanzado el principal objetivo del proyecto que era poder acercar a todo el mundo la capacidad de mantener un saneamiento digno mediante la generación de un documento en el que se cohesionan los diferentes trabajos anteriores de Manos Unidas y el desarrollo de dos modelos de aseo para cubrir las diferentes necesidades de las poblaciones.

Se ha generado un diseño simple capaz de ser construido en extensiones de terreno reducidas, mediante el uso de los mínimos recursos posibles. Este diseño se caracteriza por no necesitar agua para su correcto funcionamiento, por lo que lo hace idóneo para dotar de puntos de saneamiento de las excretas en lugares en el que la escasez de recursos es máxima.

Por otro lado, se tiene otro diseño destinado a gestionar los residuos de un número mayor de usuarios, permitiendo el lavado de manos y limpieza para la higiene menstrual, disponiendo de pilas con agua en cada uno de los aseos, pudiendo así concienciar a los niños a mantener la higiene personal, eliminando la contaminación de las posibles fuentes de agua dulce de las poblaciones, como es el caso de los acuíferos. Asimismo, se han diseñado rampas y barras de agarre para apartar las instalaciones a todos los públicos, sistema de recogida de las aguas pluviales para abastecer las instalaciones, teniendo los cálculos a seguir para saber el suministro aproximado dependiendo del país. Por otra parte, los sistemas de tratamiento de los residuos, el reactor anaeróbico UASB en concreto, permite suministrar energía dispositivos eléctricos como es el caso de las neveras de enfriamiento de las vacunas. También se dejan las fórmulas de cálculo de las fosas sépticas, dejando los cálculos resueltos de todas las dimensiones para tener en cuenta en la construcción.

6. Referencias

- [1] Compendio sistemas y tecnologías saneamiento_2008
- [2] Agua-Saneamiento-e-Higiene-para-las-Poblaciones-en-Riesgo-536-584
- [3] José A. Mancebo. “Evaluación de sistemas aislados de tratamiento de aguas residuales”

DESIGN OF AN ECO-FRIENDLY, AFFORDABLE, AND CONSTRUCTIBLE TOILET MODEL IN REMOTE LOCATIONS

Author: Alamán Escolano, Luis.

Supervisor: Muñiz Miguel, Jorge Pablo.

Collaborating Entity: Manos Unidas and Fundación de Ingenieros de ICAI

ABSTRACT

The purpose of this project is to generate a reference document to consult for the construction of all the facilities that make up the toilets in developing countries, bringing together the projects previously carried out by Manos Unidas. For the document to be versatile, it has been decided to develop two toilet designs: one intended for single-family homes, a simpler and more straightforward design to build anywhere, and another intended for public buildings, with greater capacity and more technological equipment.

Keywords: reactors, versatile, rainwater collection, toilet

1. Introduction

At the present days context in which one out of ten people lives in extreme poverty conditions, most of these cases located in underdeveloped countries, personal freedom and the potential development of individuals are directly linked to their place of birth.

In these places, basic human rights are not fulfilled as they lack access to necessities. These rights are completely overshadowed by the lack of hygiene, leading to numerous diseases among the population.

One very important aspect to achieve a cleaner and more hygienic state is the construction of low-cost and maintainable toilets through regular cleaning. One of the most crucial elements for these facilities is water, the scarcest resource, thus efforts are made to optimize its use or find alternatives.

For all these reasons, this project has been developed. Its goal is to provide the possibility of designing and building necessary toilets for the entire population, using minimal resources, and extending their usage for as long as possible.

2. Project definition

The main objective of this work is to develop a reference document that can be used to define a comprehensive toilet construction project in emerging countries, unifying the projects previously developed by Manos Unidas into this single document. This document aims to extend the provision of resources to cover the necessary sanitation needs for the proper functioning of vital functions without any risks.

In order to achieve this goal and make use of the document for different cases required by various locations, it has been decided to initially divide the unified design into two designs. One as simple as possible and another focused on having more capacity and more utilities.

In addition to this main objective, various secondary objectives are developed to achieve the best possible outcome. Key secondary objectives include generating economic contribution using waste, social improvement, and expanding sanitation/hygiene for populations. To achieve these secondary objectives, the addition of handwashing stations, rainwater collection systems, utilization of generated waste (both energetically and in terms of compost), adaptation of structures for all demographics, resource conservation, easy maintenance of facilities, and educating children in personal hygiene have been introduced.

3. Model/system/tool description

The first of the designs being developed examines the various requirements involved in a bathroom for a 4-member single-family home. The chosen bathroom model in this case will be a dry toilet, with improved double pits through ventilation. A dry toilet is considered, eliminating the need to use water as a waste evacuation system, and the improved double pits with ventilation are chosen to enhance the prolonged use of the system, with a longer lifespan than a single pit, and to provide better treatment of generated waste without usage interference. Ventilation in this instance is a critical factor in achieving minimal hygienic conditions, thereby safeguarding the health of users.

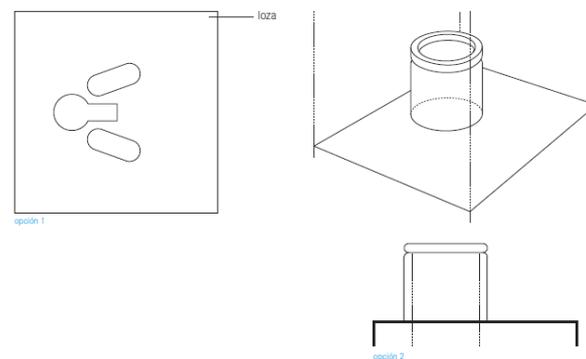


Illustration 6. Diagram of the Sanitation System for a Single-Family Dwelling. Source: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]

The second developed design is the case of the school bathroom, which accommodates a maximum number of around 40-50 children per restroom. In this case, hydraulic flush systems are indeed intended to be used, and in addition, a model of sink for feminine hygiene and handwashing is designed. Furthermore, a rainwater collection system is developed to reduce the hydraulic consumption from external systems in cases where locations allow for significant water collection. In instances where water supply is not fully provided, all educational buildings must have water supply systems, thus posing no restrictions on the use of the systems. For this model, the toilet with a tank or manual hydraulic flush model has been selected, and for waste treatment, either a septic tank or an anaerobic biogas reactor can be applied.

For this model, the necessary calculations will be carried out to study the water supply to the different systems requiring its use. The aim is to determine in which countries around the world there is a level of water accumulation from precipitation that can fulfill the water consumption quota in these facilities.

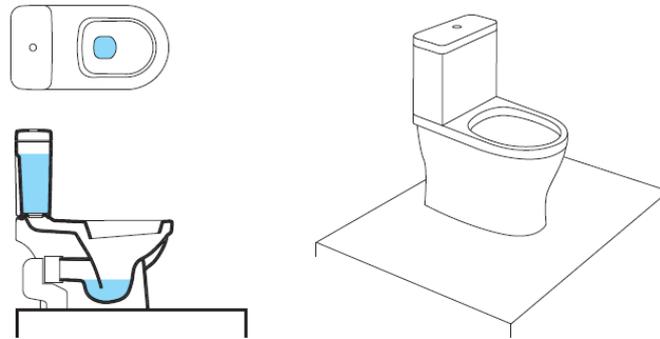


Illustration 6. Toilet with tank system. Source: *Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]*

In the case of using a septic tank, a series of key parameters are applied for designing the dimensions of each chamber based on the number of users. An example of the equation's application is provided, defining the optimal levels for septic tank design. Lastly, after examining various possibilities, the most effective systems for reusing the generated matter after its passage through the treatment facilities are presented.

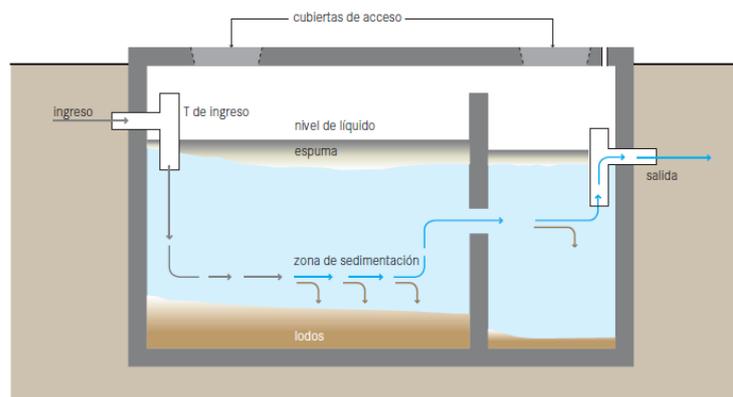


Illustration 7. Septic tank design. Source: *Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]*

By utilizing the anaerobic reactor, a source of green fuel is generated from the waste produced by the students and staff of the school. At this stage, the concepts to be considered for its construction are presented, detailing each component that constitutes the reactor and its functions. Energy calculations are performed to determine the minimum number of users the school must have to make it feasible to supply energy to

a vaccine refrigerator, thereby keeping the vaccines intended for children within the school premises and eliminating the need for transportation to preserve their quality.

4. Results

Upon the completion of the work, the primary outcome is a cohesive document encompassing the previous projects developed by Manos Unidas. This document addresses the expansion of sanitation in communities of developing countries through the design of two toilet models. One is a simple toilet that can be constructed in very limited land areas using minimal resources, while the other is capable of accommodating a larger number of users and incorporates systems to harness the energy generated from facility waste through the UASB anaerobic reactor, as well as rainwater collection for use in hand hygiene.

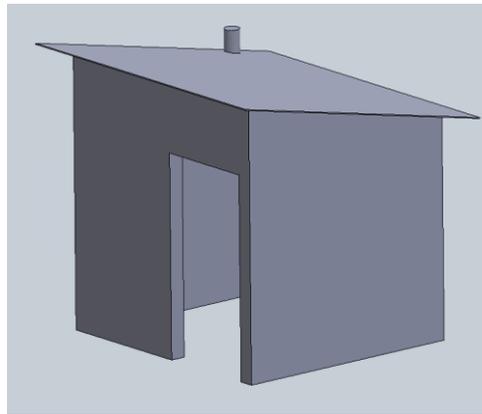


Illustration 8. Unifamiliar toilet building. Source: Own

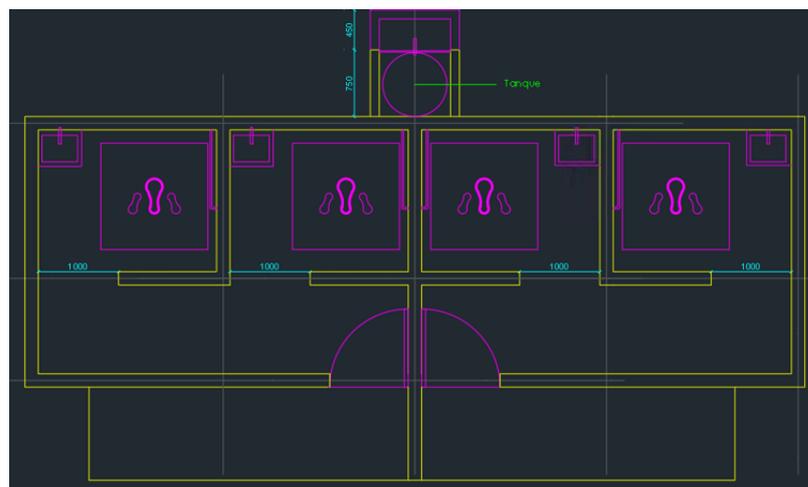


Illustration 9. Overhead view of school toilet infrastructure. Source: Own

5. Conclusions

Finally, the main objective of the project has been achieved, which was to make dignified sanitation accessible to everyone worldwide by generating a document that consolidates the various previous works of Manos Unidas and the development of two toilet models to address different population needs.

A simple design capable of being constructed on limited land areas has been created, utilizing minimal resources. This design is characterized by its independence from water for proper operation, making it suitable for providing sanitation points for waste in locations with extremely scarce resources.

On the other hand, another design is intended to manage waste from a larger number of users, enabling handwashing and menstrual hygiene with water basins in each of the restrooms. This design aims to promote personal hygiene awareness among children, preventing contamination of potential freshwater sources in communities, such as aquifers. Additionally, ramps and handrails have been designed for accessibility to all demographics, and a rainwater collection system has been implemented to supply the facilities, with calculations provided to estimate the approximate supply based on the country.

Furthermore, the waste treatment systems, particularly the UASB anaerobic reactor, provide energy to power electrical devices such as vaccine cooling refrigerators. Formulas for calculating septic tanks have also been included, providing solved calculations for all dimensions to consider during construction.

6. Referencies

- [1] Compendio sistemas y tecnologías saneamiento_2008
- [2] Agua-Saneamiento-e-Higiene-para-las-Poblaciones-en-Riesgo-536-584
- [3] José A. Mancebo. “Evaluación de sistemas aislados de tratamiento de aguas residuales”

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Motivación del proyecto.....	7
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	11
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	13
3.1 Interfase de usuario	14
3.2 Sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento	15
Capítulo 4. Definición del Trabajo	22
4.1 Justificación.....	22
<i>Generación de diferentes modelos</i>	<i>22</i>
<i>Selección de diferentes dispositivos</i>	<i>23</i>
<i>Construcción independiente de la localización.....</i>	<i>23</i>
4.2 Objetivos	23
4.3 Metodología.....	26
4.4 Planificación y Estimación Económica	27
<i>Fases de desarrollo del proyecto.....</i>	<i>27</i>
<i>Distribución temporal del proyecto.....</i>	<i>28</i>
<i>Estimación económica de los modelos</i>	<i>29</i>
Capítulo 5. Modelo vivienda unifamiliar.....	35
5.1 Análisis del Sistema	35
5.2 Sistemas seleccionados para cada módulo	36
<i>Interfase de usuario.....</i>	<i>36</i>
<i>Recolección, almacenamiento y tratamiento de residuos.....</i>	<i>37</i>
5.3 Infraestructura	40
5.4 Gestión de los residuos.....	43
Capítulo 6. Modelo edificios públicos-colegio.....	45
6.1 Análisis del Sistema	45
6.2 Sistemas seleccionados para cada módulo	46
<i>Interfase de usuario.....</i>	<i>46</i>

<i>Recolección, almacenamiento y tratamiento de residuos.....</i>	<i>50</i>
6.3 <i>Infraestructura</i>	<i>67</i>
6.4 <i>Cálculos de abastecimiento por aguas pluviales</i>	<i>72</i>
6.5 <i>Gestión de los residuos.....</i>	<i>77</i>
<i>Fosa séptica.....</i>	<i>77</i>
<i>Reactor anaerobio UASB</i>	<i>79</i>
Capítulo 7. Resultados.....	84
Capítulo 8. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	87
Capítulo 9. Bibliografía.....	89
ANEXO I 90	
Anexo II 97	

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Esquema del sistema de aseo para una vivienda unifamiliar. Fuente: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1]	8
Ilustración 2. Sistema de retrete con tanque. Fuente: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1].....	9
Ilustración 3. Diseño de la fosa séptica. Fuente: Compendio sistemas y tecnologías saneamiento [1].....	9
Ilustración 4. Vista de la infraestructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia	10
Ilustración 5. Vista cenital infraestructura del aseo escolar. Fuente: Propia.....	10
Ilustración 6. Software SolidWorks. Fuente: SolidWorks	11
Ilustración 7. Software AutoCAD. Fuente: AutoCAD.....	12
Ilustración 8. Fases del sistema de aseo. Fuente: Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento [2].....	13
Ilustración 9. Esquema de retrete de tanque con separador de orina. Fuente: EAWAG.	14
Ilustración 10. Esquema retrete seco. Fuente: Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento [2].....	15
Ilustración 11. Esquema pozo simple. Fuente: iAgua.	16
Ilustración 12. Esquema pozo doble mejorado por ventilación. Fuente: SSWM.info	16
Ilustración 13. Esquema fosa alterna. Fuente: SSWM.info.....	17
Ilustración 14. Esquema de cámara de deshidratación. Fuente: SSWM.info.....	18
Ilustración 15. Esquema digestor anaerobio. Fuente: BiodiSol.....	19
Ilustración 16. Esquema fosa séptica. Fuente: Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento [2].....	19
Ilustración 17. Distribución temporal del proyecto desde enero hasta abril. Fuente: Propia.	28
Ilustración 18. Distribución temporal del proyecto desde mayo hasta agosto. Fuente: Propia.	28

Ilustración 19. Vista 3D de la infraestructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia.....	40
Ilustración 20. Perfil de la estructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia.....	41
Ilustración 21. Alzado de la estructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia.....	42
Ilustración 22. Vista inferior de la estructura de la vivienda unifamiliar. Fuente: Propia...	43
Ilustración 23. Retrete de tanque. Sanitarios Descatalogados.	47
Ilustración 24. Retrete de arrastre hidráulico. Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento.	49
Ilustración 25. Esquema de modelo de fosa séptica. Life Rural Supplies.....	51
Ilustración 26. Vista 3D del ejemplo de la fosa séptica. Fuente: propia	53
Ilustración 27. Vista lateral de la sección del ejemplo de fosa séptica. Fuente: Propia	54
Ilustración 28. Vista cenital de la sección del ejemplo de la fosa séptica. Fuente: Propia..	54
Ilustración 29. Vista frontal del ejemplo de la fosa séptica. Fuente: Propia	55
Ilustración 30. Esquema de una fosa séptica prefabricada. Fuente: Europlast.....	56
Ilustración 31. Disposición de la instalación de la fosa séptica. Fuente: Revista Ven América	57
Ilustración 32. Esquema simplificado de un reactor UASB. Fuente: CYTED.....	58
Ilustración 33. Esquema separador GSL. Fuente: upccommons	61
Ilustración 34. Esquema del separador GSL con deflectores sobre la excavación. Fuente: upccommons.....	62
Ilustración 35. Esquema del sistema de tuberías de alimentación exterior del reactor. Fuente: upccommons.....	63
Ilustración 36. Esquema del sistema de tuberías de alimentación interior del reactor. Fuente: upccommons.....	64
Ilustración 37. Características del refrigerador iPR105-GX. Helmer scientific.....	65
Ilustración 38. Alzado de la infraestructura de los aseos de colegios. Fuente: Propia.....	68
Ilustración 39. Planta de la infraestructura de los aseos de colegio. Fuente: Propia.....	69
Ilustración 40. Perfil de las instalaciones de los aseos del colegio. Fuente: Propia	70
Ilustración 41. Planta del modelo de aseo para colegios escalado. Fuente: Propia.....	71
Ilustración 42. Alzado del modelo de aseo para colegios escalado. Fuente: Propia	71
Ilustración 43. Promedio detallado de precipitaciones anuales global. Fuente: Paintmaps	72

Ilustración 44. Promedio detallado de precipitaciones en Sudamérica. Fuente: Paintmaps	73
Ilustración 45. Promedio detallado de precipitaciones en África. Fuente: Paintmaps	73
Ilustración 46. Promedio detallado de precipitaciones en Asia. Fuente: Paintmaps	74
Ilustración 47. Gráfica de los 50 países con mayores precipitaciones. Fuente: theglobaleconomy.....	76
Ilustración 48. Esquema de vaciado con vehículo con bomba. Fuente: Limpiezas Senar ..	78
Ilustración 49. Sistema de campo de filtrado. Fuente: Expertosdelagua.....	79
Ilustración 50. Tanques de almacenamiento industrial. Fuente: NyF de Colombia.....	80
Ilustración 51. Cámara de almacenamiento de biogás. Fuente: Pirhua-UDEP	81
Ilustración 52. Esquema de sistema de producción de energía. Fuente: 3tres3.....	82
Ilustración 53. Esquema de motor de combustión interna y generador. Fuente: Absorsistem	83
Ilustración 54. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: UN	91
Ilustración 55. ODS Fin de la pobreza. Fuente: UN.....	92
Ilustración 56. ODS Salud y bienestar. Fuente: UN.....	93
Ilustración 57. ODS Agua limpia y saneamiento. Fuente: UN	94
Ilustración 58. ODS Producción y consumo responsables. Fuente: UN	95

Índice de tablas

Tabla 1. Fases de desarrollo del proyecto	28
Tabla 2. Costes de la vivienda unifamiliar.	30
Tabla 3. Costes aseos colegio con fosa construida.	33
Tabla 4. Coste aseos colegio con fosa comprada.	33
Tabla 5. Relación entre T y DQO.	60

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este capítulo, se describir la motivación del proyecto y la finalidad por la que se ha realizado. Asimismo, se pretende contextualizar y poner en perspectiva para lograr un mejor entendimiento del propósito.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

En el estado global actual, una de cada diez personas vive en un estado de extrema pobreza, y la inmensa mayoría de estos casos es proveniente de países en los que estos niveles de pobreza continúan siendo un tema preocupante. Viendo esto, la dependencia de sufrir esta pobreza extrema está directamente relacionada con el país de nacimiento de las personas. Es por esto por lo que, dependiendo del lugar de nacimiento, se puede tener acceso a los mayores avances tecnológicos y sin preocupaciones por las necesidades básicas vitales o, por otro lado, se puede nacer en un entorno con problemas para llegar a sobrevivir el día a día.

Con el fin de llegar a minimizar estas diferencias, se desarrollaron los derechos humanos. Según su Artículo 25: “Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad”, y, por desgracia, no llega a cumplirse en todas las localizaciones.

Todo esto se debe a la falta de recursos, a un nivel de sanidad totalmente precario, a la falta de escolarización de los niños y a las condiciones de vida poco higiénicas, con la contaminación de las escasas fuentes de agua dulce debido a la falta de saneamiento. Este último punto mencionado, la falta de higiene en la vida cotidiana, es uno de los más

preocupantes e influyentes en estas circunstancias. Es por esto por lo que, debido a la mala gestión de sus residuos y deshechos, se generan una gran cantidad de enfermedades.

La mala gestión de los residuos y la mala higiene puede provocar numerosas enfermedades como: diarreas, hepatitis A, cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielitis. Por ello, una de las mayores preocupaciones en este conjunto de localidades es encontrar la manera de poder desarrollar y construir baños higiénicos, de bajo coste y que se puedan mantener mediante una limpieza periódica. Uno de los elementos clave en el contexto de la higiene, la salud y la limpieza es el agua. Por desgracia, en estos lugares, es comúnmente uno de los recursos más escasos, por lo que se busca una manera de optimización de su uso o la generación de alternativas.

Una vez comentado el contexto inicial del proyecto, se busca tener las herramientas más eficaces para poder llevarlo a cabo de una manera efectiva, pudiendo ver solventados todos los problemas que se han comentado. Con esta finalidad, el desarrollo del proyecto se ha realizado como colaboración de Manos Unidas y la Fundación de Ingenieros de ICAI.

Manos Unidas es una ONG (Organización No Gubernamental) de desarrollo internacional con sede en España. Esta organización se dedica a luchar contra el hambre, la pobreza, la injusticia y a promover el desarrollo sostenible en los países en vías de desarrollo. Fue fundada en 1960 por un grupo de mujeres de Acción Católica en respuesta a las necesidades que surgieron tras la Segunda Guerra Mundial y el Concilio Vaticano II.

Los principales objetivos de Manos Unidas son:

Luchar contra el hambre y la malnutrición: Manos Unidas trabaja para garantizar el acceso a alimentos adecuados y nutritivos, especialmente en las regiones más vulnerables del mundo.

Promover el desarrollo sostenible: La organización apoya proyectos que tienen como objetivo mejorar las condiciones de vida de comunidades desfavorecidas, incluyendo

proyectos de educación, salud, agua potable, saneamiento, agricultura y empoderamiento de la mujer.

Defender los derechos humanos y la dignidad: Manos Unidas trabaja en la defensa de los derechos humanos y la dignidad de todas las personas, luchando contra la explotación, la discriminación y la injusticia.

Sensibilización y educación: La organización también realiza campañas de sensibilización y educación en España para concienciar a la sociedad sobre los problemas que enfrentan las poblaciones más vulnerables y promover la solidaridad internacional.

Trabajo en red: Manos Unidas colabora con otras organizaciones y actores locales e internacionales para maximizar su impacto y abordar de manera más efectiva los desafíos globales.

La financiación de Manos Unidas proviene en su mayoría de donaciones y voluntariado. La organización canaliza los recursos hacia proyectos concretos y supervisa su implementación para garantizar que tengan un impacto real y positivo en las comunidades beneficiarias.

Por último, cabe destacar la Fundación de Ingenieros de ICAI, la cual moviliza y forma a los profesionales para poder concebir esta clase de proyectos, en busca de un mundo mejor y más sostenible.

La Fundación de Ingenieros de ICAI (Institución Católica de Artes e Industrias), también conocida como FI-ICAI, es una entidad que forma parte de la Universidad Pontificia Comillas en España. El ICAI es una escuela de ingeniería perteneciente a la Universidad Pontificia Comillas, que ofrece programas de grado y posgrado en diversas disciplinas de ingeniería.

La Fundación de Ingenieros de ICAI tiene como objetivo promover y fomentar actividades relacionadas con la formación y el desarrollo de la ingeniería en sus diferentes ramas. Su

enfoque está en la educación, la investigación y la colaboración con empresas e instituciones para impulsar la innovación y el avance tecnológico.

Las actividades de la Fundación pueden incluir:

Programas de formación continua: Ofrecen cursos, talleres, seminarios y conferencias para ingenieros que desean mantenerse actualizados en las últimas tendencias y avances tecnológicos.

Investigación: Apoyan proyectos de investigación en diferentes campos de la ingeniería, buscando soluciones a problemas técnicos y tecnológicos.

Colaboración con la industria: Trabajan en estrecha colaboración con empresas y organizaciones para impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico, promoviendo la interacción entre el mundo académico y el empresarial.

Divulgación y promoción: Realizan actividades para promover la ingeniería entre jóvenes estudiantes, fomentando su interés en estas disciplinas y contribuyendo a la formación de futuros ingenieros.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En este capítulo se mencionan y describen las diferentes tecnologías que se han utilizado para el correcto desarrollo del proyecto. La parte en la que se han utilizado tecnologías, programas de diseño en este caso, para el desarrollo del proyecto, ha sido en la fase de creación de las infraestructuras de los modelos de la vivienda unifamiliar y de las escuelas. El resto de los apartados se han llevado a cabo mediante cálculos propios.

El primer programa que se ha utilizado para el desarrollo de la infraestructura del aseo de la vivienda unifamiliar y el ejemplo de fosa séptica se trata de SolidWorks, Ilustración 10. Este programa tiene como finalidad el modelado de diseños 2D y 3D.



Ilustración 10. Software SolidWorks. Fuente: SolidWorks

El segundo software utilizado, para el modelado de la infraestructura de los aseos destinados a las escuelas ha sido AutoCAD, Ilustración 11. AutoCAD, al igual que SolidWorks, es un programa de diseño asistido por ordenador para el modelado 2D y 3D. Se ha elegido este programa para el modelo de los colegios por la comodidad para la creación de los planos de los diseños.

A AUTOCAD

Ilustración 11. Software AutoCAD. Fuente: AutoCAD

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

A continuación, se van a exponer algunos trabajos y diseños que se han desarrollado anteriormente y guardan una relación con este proyecto. También se van a enunciar las distintas fases constituyentes, para luego proceder a su explicación detallada y la adición de algunos ejemplos.

Siendo el tema en cuestión para tratar un problema tan extendido alrededor de todo el mundo, son muchos los proyectos que se han realizado para tratar de solventar este asunto. Existen diversos diseños desarrollados para la gestión de residuos de diferentes edificios públicos como hospitales y colegios. Estos proyectos se suelen desarrollar específicamente para una población concreta, siendo estos modelos ajustados concretamente a las diferentes necesidades que requiere cada uno de los lugares en los que se centra.

Debido a la cantidad de proyectos existentes para la gestión de los residuos domésticos y se han diseñado para poblaciones concretas, se han ido desarrollando diferentes tecnologías para cada una de las fases que forman un aseo, dependiendo de los recursos disponibles, la finalidad y la magnitud de los proyectos. Las fases que componen el aseo por completo son: la interfase de usuario, el sistema de recolección, almacenamiento y tratamiento. Además, se tendrán en cuenta y se especificarán los sistemas de transporte y tratamiento centralizado más adecuados para los diferentes modelos, en caso de ser necesario. En la Ilustración 12, se muestra un esquema de cada uno de los sistemas y las materias entrantes y salientes.



Ilustración 12. Fases del sistema de aseo. Fuente: Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento [2].

Una vez se han mencionado cada una de las fases constituyentes del sistema, se procede a explicar cada una de ellas de una forma más detallada, describiendo cada una y mostrando esquemas gráficos.

3.1 INTERFASE DE USUARIO

En cuanto a la interfase de usuario, se dispone de una amplia variedad de soluciones que van desde las más básicas a las más sofisticadas, siendo cada uno de los conceptos de diseño completamente funcionales. Por ejemplo, como modelos que se pueden tener en cuenta para esta parte, se encuentra el retrete seco y, por otro lado, el retrete de tanque con separador de orina. En la Ilustración 13 y la Ilustración 14 se muestra la diferencia de diseño de ambos modelos.

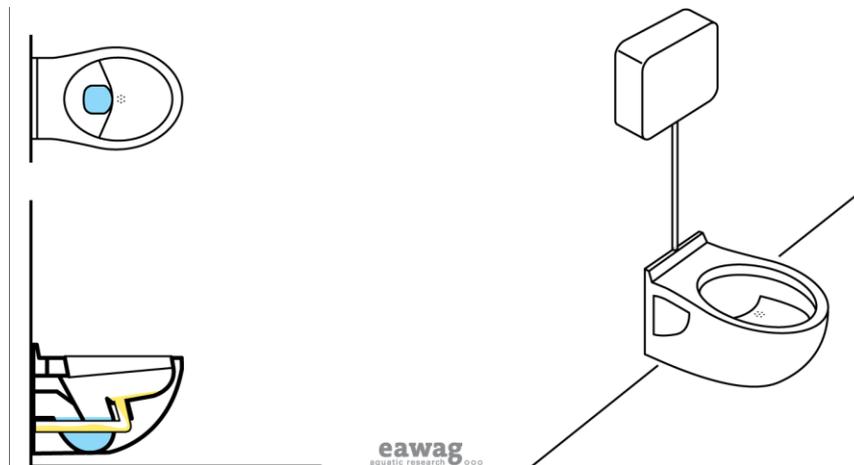


Ilustración 13. Esquema de retrete de tanque con separador de orina. Fuente: EAWAG.

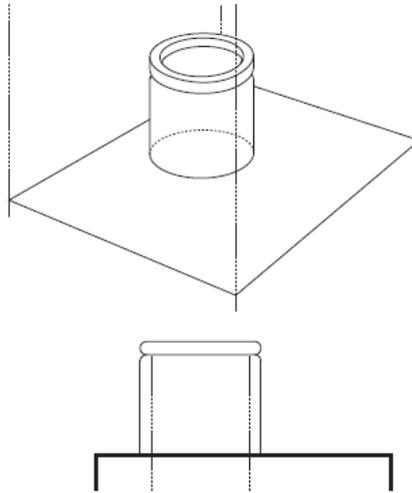


Ilustración 14. Esquema retrete seco. Fuente: Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento [2].

3.2 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO

En los sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento que se han desarrollado hasta la fecha, se encuentran diferentes modelos con diferentes funciones. Como en el caso de la fase anterior, hay una amplia variedad de diseños que pueden aumentar la complejidad y la sofisticación según los requerimientos. En esta parte, es importante tener en cuenta las necesidades posteriores de transporte y de tratamiento centralizado. Por eso, los sistemas de recolección y tratamiento pueden variar de manera muy significativa de unos a otros. Algunas de estas soluciones son: el pozo simple, los pozos dobles mejorados por ventilación, la fosa alterna, las cámaras de deshidratación, los reactores anaerobios y la fosa séptica. A continuación, viendo las siguientes imágenes esquemáticas, se pueden comparar las diferencias entre uno sistemas y otros, dependiendo de la finalidad y la complejidad deseada.

En la Ilustración 15 se muestra el esquema del pozo simple, mostrando su simplicidad como solución viable:

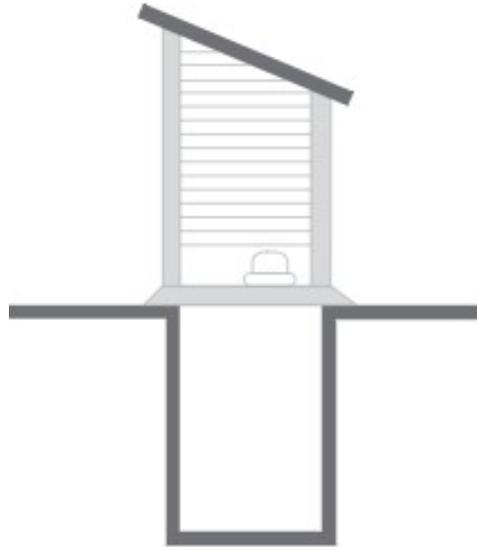


Ilustración 15. Esquema pozo simple. Fuente: iAqua.

El pozo simple consiste en un sistema de almacenamiento de los residuos muy extendido por todo el mundo. Se recogen las excretas junto a los materiales de limpieza anal en un mismo pozo, dejando que se degrade una parte de su fracción orgánica.

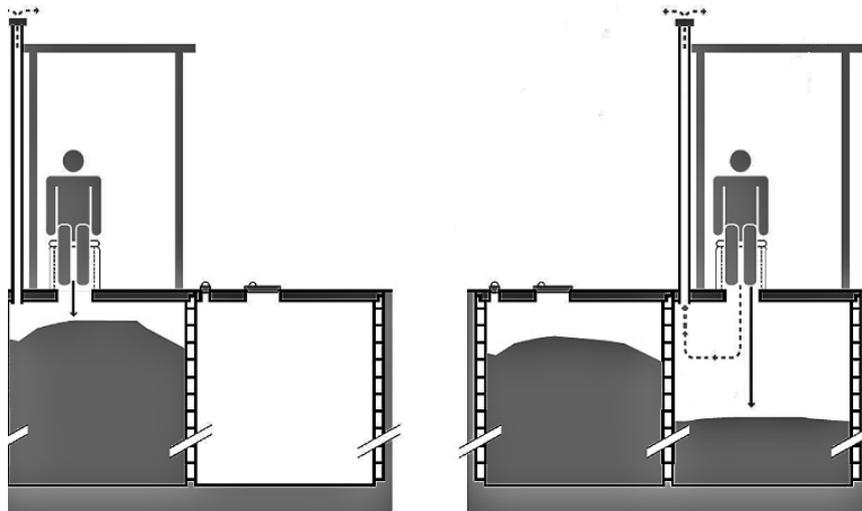


Ilustración 16. Esquema pozo doble mejorado por ventilación. Fuente: SSWM

El pozo doble mejorado por ventilación, mostrado en la Ilustración 16, sigue una dinámica parecida a la del pozo simple. Sin embargo, este sistema consta de dos cámaras que se utilizan de manera alterna. Cuando una de las fosas está utilizándose, la otra está cerrada para generar una mayor degradación de los residuos. Además, se le añade una tubería de ventilación para mejorar la calidad del aire, eliminando los malos olores.

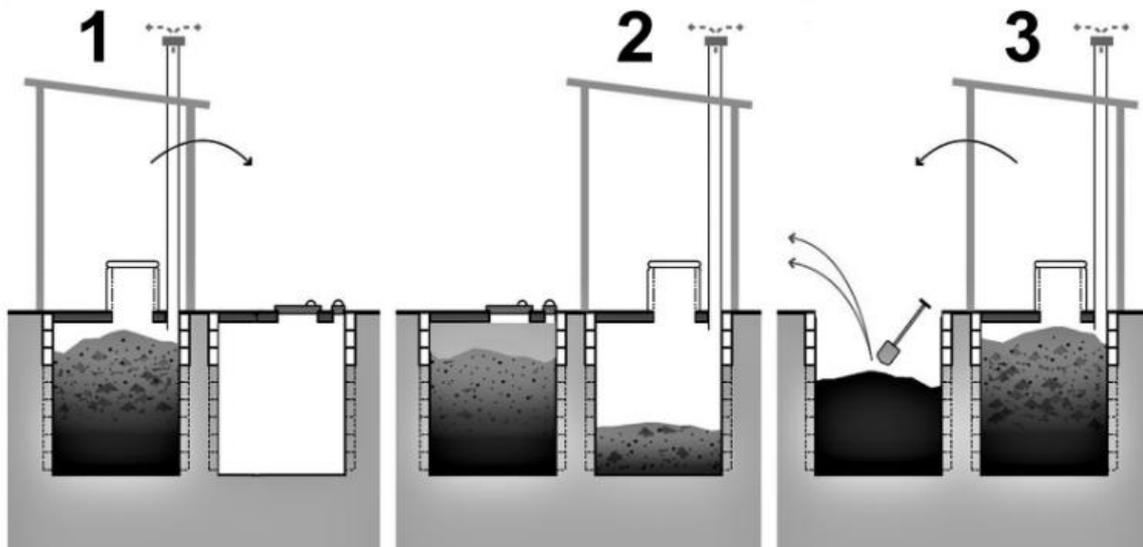


Ilustración 17. Esquema fosa alterna. Fuente: SSWM

El sistema de la fosa alterna es igual al de los pozos dobles mejorados con ventilación, viéndolo de forma gráfica en la Ilustración 17, pero en este caso se debe añadir algunos elementos como tierra, cenizas y hojas después de la adición de las excretas, no de la orina. Esto hace que se genere EcoHummus, el cual tiene mejores características para las funciones de abono que el resto de los residuos tratados.

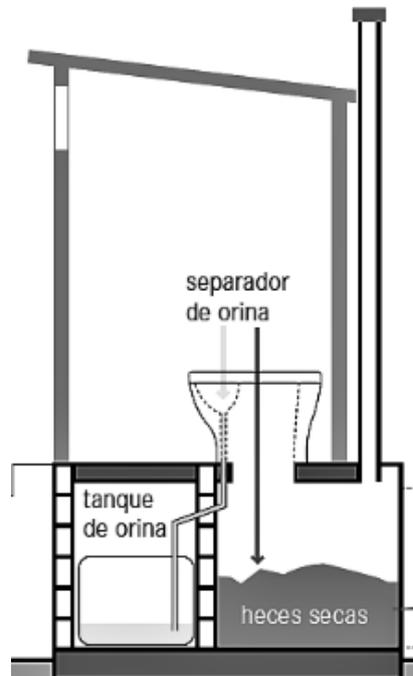


Ilustración 18. Esquema de cámara de deshidratación. Fuente: SSWM

Las cámaras de deshidratación, Ilustración 18, se utilizan para secar y deshidratar las heces que son almacenadas. Este proceso solo se produce cuando las cámaras son totalmente impermeabilizadas, evitando la entrada de la humedad exterior y llevando a cabo un anterior proceso de separación de la orina y el agua de limpieza anal a otra cámara diferente.

La separación de los residuos líquidos de los residuos sólidos hace que las heces se descompongan y se degraden de una forma más rápida gracias a la deshidratación total de estos residuos, siendo este punto una ventaja en el caso de disponer de las tecnologías requeridas para poder separar cada uno de los desechos de forma efectiva en los aseos a construir en los modelos.

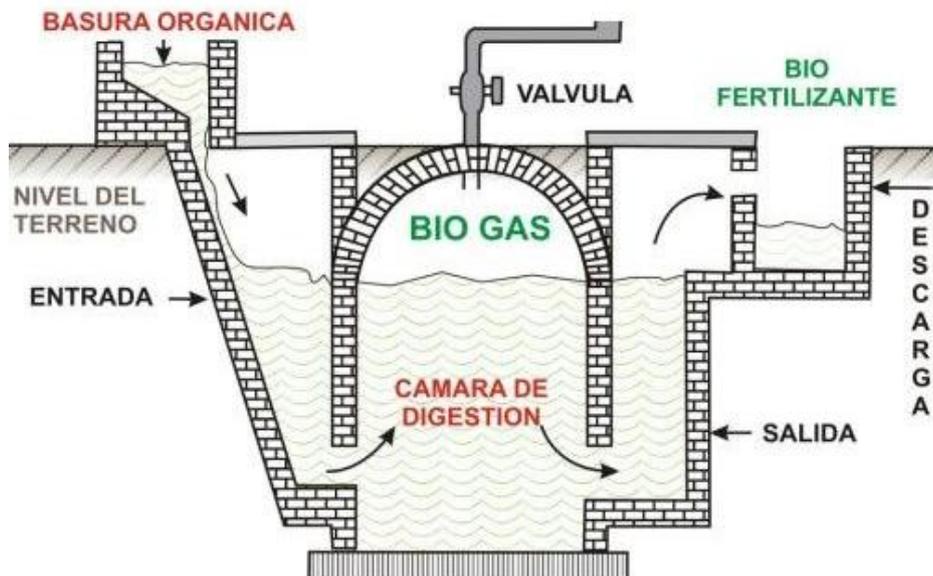


Ilustración 19. Esquema digestor anaerobio. Fuente: BiodiSol

El reactor anaerobio de biogás, mostrado en la Ilustración 19, es una tecnología que genera un lodo digerido con un posible uso de corrector de terrenos y el biogás que se puede utilizar como fuente de energía. El reactor consiste en una cámara que favorece la degradación de las aguas negras.

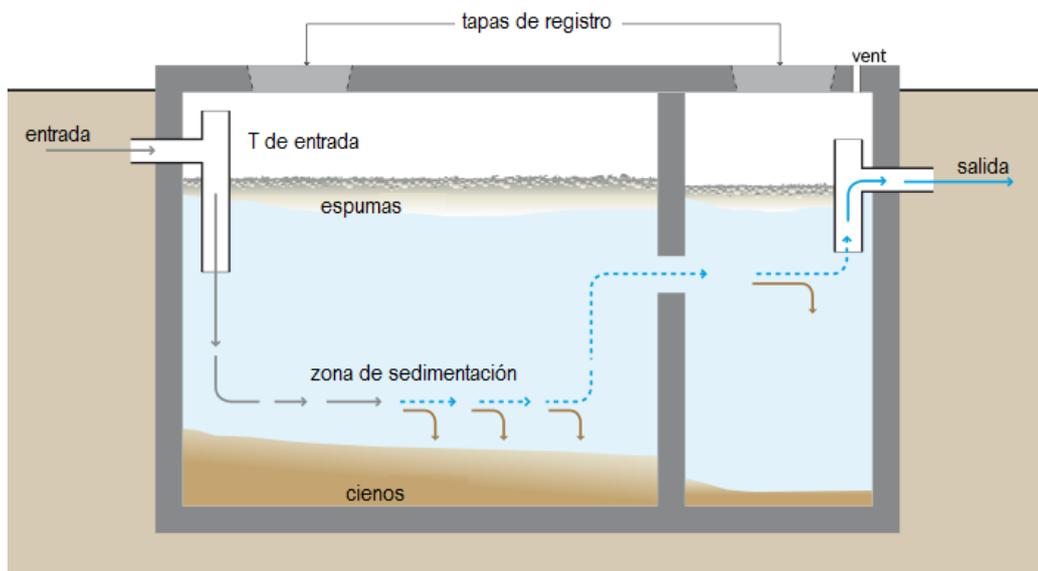


Ilustración 20. Esquema fosa séptica. Fuente: Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento [2].

La fosa séptica, Ilustración 20, trata de una cámara hermética en la que se almacenan y se tratan las aguas negras y grises derivadas de los servicios. Este sistema lleva un proceso de sedimentación que reduce los sólidos y los materiales orgánicos. Este tratamiento es anaerobio, pero se considera un tratamiento parcial.

En este caso se puede comprobar cómo puede variar el sistema seleccionado según la interfase de usuario que se haya elegido y cómo se quieran tratar los residuos generados.

Además, se dispone de la información de trabajos que se han realizado anteriormente con finalidades muy parecidas a las de este proyecto.

Es el caso de algunos trabajos que se han realizado en Bolivia, para la gestión de los residuos orgánicos generados por los baños de un centro médico y una escuela que se encuentran a una distancia relativamente cercana. Este trabajo obtuvo algunos de los resultados que se buscan en este, la fácil gestión de los desechos de las personas que concurren los diferentes recintos, el diseño de un reactor UASB funcional y optimizado, así como la distribución de las aguas residuales.

Otro de los trabajos encontrados trata solamente de la construcción y el arranque de un reactor, llevando a cabo diferentes pruebas piloto para tratar residuos lixiviados. En este documento se generan diferentes recomendaciones una vez realizadas las pruebas piloto, lo cual es de gran utilidad.

Además, desde la propia ONG de Manos Unidas, se guarda una gran cantidad de información recogida en los otros diseños que se han ido realizando a lo largo de los años. Todos estos generados específicamente para un solo tipo de sistema, sin ser posible su uso en otras localizaciones, ni su ajuste según diferentes parámetros para tener en cuenta. Sobre todo, se han podido ver trabajos muy especializados y otros en los que simplemente se trata de las diferentes opciones que se pueden tener en cuenta en cada una de las partes que constituyen un aseo. En cuanto a la información recabada por Manos Unidas de sus proyectos desarrollados a lo largo de su historia, son muy útiles aquellos que han sido destinados a los mismos públicos que los modelos que se desarrollan en este trabajo,

viviendas unifamiliares y colegios, y han podido ser desarrollados. De esta forma se han apreciado puntos considerados importantes en su desarrollo y puntos en los que se ha variado con el paso del tiempo.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Una vez contextualizado el punto de partida del desarrollo de este trabajo, comentando toda la documentación recogida sobre este tema y los diferentes modelos desarrollados con una finalidad paralela, se procede a analizar de manera crítica estos trabajos y determinar la necesidad del desarrollo de este proyecto.

Por lo que, en este capítulo se va a contar el porqué de este proyecto. Marcando las diferencias con el resto y justificando su ayuda a conseguir su finalidad.

GENERACIÓN DE DIFERENTES MODELOS

Este trabajo tiene como finalidad el desarrollo del diseño de dos modelos de aseo diferentes. Uno destinado a su implantación en entornos de núcleos unifamiliares, en torno a 4 personas, y el otro desarrollado para su uso en escuelas y colegios. El uso de los dos modelos en localizaciones compartidas puede suponer un gran paso para la gestión de los residuos generados, llegando a un nivel de higiene muy superior.

4.1.1.1 Repercusión en la concepción de la higiene personal de los niños

En el caso en el que se instalasen ambos modelos, el de la vivienda unifamiliar y el destinado a colegios, el entorno diario de los niños, en el ámbito de la gestión de sus deshechos, cambiará completamente.

Un niño que hasta antes de la construcción de los modelos tenía que desplazarse a zonas relativamente alejadas de la población para hacer sus necesidades o, simplemente, hacerlo en medio de las vías transitadas por sus vecinos, ahora sabrá que estos procesos han de realizarse lugares destinados a esto.

Asimismo, al proceder de la misma manera que hemos comentado en el párrafo anterior en el ámbito colegial, los niños sabrán que no se deben hacer sus necesidades en lugares que no sean aseos. Esto desemboca en una mejora exponencial del saneamiento de toda la localidad en la que se instale, generando una sinergia por el uso de ambos modelos a la vez.

SELECCIÓN DE DIFERENTES DISPOSITIVOS

En el caso de los modelos destinados a los colegios y escuelas, permiten la selección de los sistemas de tratado de residuos según sus necesidades y distribuciones.

Por ejemplo, en el caso en el que un colegio cuente con una gran cantidad de alumnos, podría ser más interesante gestionar los residuos mediante un reactor anaeróbico y así poder alimentar diferentes dispositivos eléctricos como algunos sistemas de refrigeración o los sistemas de iluminación cuando sea necesario.

Además, una vez llegados al punto de querer usar reactores anaeróbicos, el trabajo genera dos opciones de modelo diferentes, uno con menos requerimientos tecnológicos para países o localidades menos desarrolladas y otro con un nivel de tecnología superior para lugares más desarrollados, con capacidad de mantener estos sistemas.

CONSTRUCCIÓN INDEPENDIENTE DE LA LOCALIZACIÓN

Ambos modelos generados a lo largo de este trabajo se han diseñado con la finalidad de ser construibles de manera independiente a su localización. O bien por la baja cantidad de requerimientos para su posible construcción, o bien por la parametrización de los diferentes diseños con el fin de adaptarse a las diferentes necesidades de las diferentes regiones y del número de usuarios que tendrán los aseos.

4.2 OBJETIVOS

En este apartado se van a comentar los objetivos que se han marcado en el proyecto. Las metas por conseguir y los puntos que alcanzar, son diferentes para cada uno de los modelos de aseo, teniendo como objetivos comunes la construcción fácil y asequible. Con la finalidad

de obtener un documento con la información para crear diseños económicos y prácticos, capaces de ser implementados de forma global, sin ser ninguna restricción la localización, reunida en el mismo.

El objetivo de este proyecto es poder tener un documento con el que se pueda acercar a todo el mundo a disponer de los recursos necesarios para cubrir las necesidades básicas, aportando higiene mediante la creación de aseos donde poder ir sin correr ningún peligro y poder gestionar los residuos generados en estas acciones. Mantener la higiene con los dispositivos de saneamiento y evitar la contaminación del agua dulce disponible.

Para poder lograr este objetivo, se ha marcado la meta del desarrollo del diseño de dos modelos diferentes de aseo, uno más sencillo e instalable sin ninguna dificultad y otro capaz de abastecer a más personas con tecnología para aprovechar los recursos y permitir la higiene personal.

El primer diseño está destinado a viviendas unifamiliares, en torno a 4 personas, y constará de un retrete seco como interfaz para el usuario y pozos dobles mejorados por ventilación como lugar de almacenaje para la gestión de los residuos generados.

A continuación, se tratan los principales objetivos para cada uno de los modelos:

Aseo para las viviendas unifamiliares:

- Funcionalidad en el entorno familiar: se tienen que satisfacer las necesidades de los integrantes de la familia a la hora de ir al aseo.
- Mantenimiento sencillo: el modelo de la vivienda unifamiliar no debe suponer un gran esfuerzo adicional a la familia para ser mantenido en las condiciones correctas para su uso, se busca la resistencia y la limpieza fácil.

- Optimización del espacio: el uso eficiente del espacio disponible de la vivienda unifamiliar y que deben ocupar las instalaciones del aseo. Se busca el espacio más compacto posible, sin dejar de lado la funcionalidad.
- Ahorro de agua: el objetivo del ahorro de agua se agudiza en el caso de la vivienda unifamiliar, ya que es el bien más escaso en muchas de las poblaciones donde poder instalarse. Se busca la reducción de su uso, buscando incluso su sustitución.
- Adaptabilidad: se busca el uso de todo el mundo, teniendo en cuenta las diferentes necesidades de los usuarios.

El segundo diseño es para implantar en colegios y escuelas, con un desarrollo más sofisticado que el diseño anterior. Este modelo consta de un retrete con arrastre hidráulico como interfaz de usuario (retrete con tanque) y, como lugar de almacenaje y de gestión de los residuos, se dispone de dos sistemas diferentes: una fosa séptica y un reactor anaeróbico de biogás.

El reactor anaeróbico de biogás tiene como finalidad la digestión de las aguas residuales generadas en los aseos para la generación de biogás con el que poder abastecer diferentes dispositivos.

Aseo para las escuelas:

- Accesibilidad total: uno de los objetivos más importantes es cumplir con las normativas de accesibilidad, teniendo en cuenta las necesidades adicionales de las personas con discapacidades.
- Facilidad de limpieza y uso: se busca la limpieza más eficiente y básica que puedan llevar los niños y los profesores. La principal finalidad es preservar la higiene, por lo que es una de las principales metas.

- Concienciación y educación de los niños: se pretende imponer la higiene a los más pequeños para que crezcan sabiendo que es uno de los pilares para poder tener buena salud y prevenir una gran cantidad de enfermedades.
- Optimización del espacio: este punto es común con el aseo de las viviendas unifamiliares. Se trata de utilizar la menor extensión del terreno disponible de los colegios, con el fin de poder destinarlo a otros fines.
- Larga durabilidad: teniendo en cuenta la magnitud del uso de estas instalaciones en los colegios, se busca un diseño que mantenga las instalaciones en buenas condiciones el mayor tiempo posible.
- Seguridad de uso: uno de los puntos clave de los aseos en localizaciones extendidas en Sudamérica, África y parte de Asia, es la seguridad a la hora de ir al aseo. Se tiene que evitar la entrada de insectos y animales, y la posibilidad de utilizar cierres de seguridad en las instalaciones.

4.3 METODOLOGÍA

El método de trabajo a seguir a lo largo del proyecto comienza con un análisis de los objetivos marcados y un estudio de la situación en la que se pretenden realizar las construcciones de los diseños. Terminados los procesos de análisis y estudio, se pasa a la parte de selección de los diferentes modelos para cada una de las partes que terminan formando los aseos.

Para cada una de las partes aparecen numerosas posibilidades de alternativas, como, por ejemplo:

- Interfases de cara al usuario: retrete seco, retrete seco con separador de orina, urinarios, retrete de tanque, etc.
- Sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento: reactor de biogás, fosas sépticas, pozos simples, pozos dobles con mejoras por ventilación, entre otros.

Una vez se han seleccionado los modelos de cada una de las partes a utilizar para cada uno de los diseños, se estudia la gestión de cada una de las estructuras por parte de los usuarios, intentando encontrar los materiales más fáciles de encontrar de forma general y que generen los menores costes posibles.

Pensado esto, se procede a realizar el diseño de las estructuras de cada uno de los modelos, buscando en todo momento generar un fácil mantenimiento para hacerlo más sostenible. Se hará especial hincapié en especificar los pasos a seguir en estos procesos de manera explícita, para que se pueda cumplir con la finalidad de hacer diseños duraderos y que la gente residente en estos lugares, que serán los usuarios, pueda gestionar sus sistemas sin necesidad de terceras personas, de forma autónoma.

Por último, se realiza un estudio exhaustivo para el tratado del compost que se ha generado. Dependiendo del modelo y de la alternativa a utilizar en estos casos, se crean una serie de pautas a seguir con el fin de mantener y hacer sostenible el uso de estos diseños.

4.4 PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se presenta el desarrollo y la división del proyecto en distintas fases. Esta es una labor de optimización del tiempo de trabajo esencial que genera una mejor eficiencia. Además, se trata de la estimación económica del desarrollo del proyecto en su totalidad.

FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO

En este apartado se muestran las diferentes fases y tareas que constituyen la totalidad del proyecto y la duración de cada una de ellas. Para ello se ha formado una tabla, la Tabla 1, enumerando cada tarea y su tiempo correspondiente.

	Fase de desarrollo	Tiempo estimado (h)
1	Estudio de requerimientos necesarios	15
2	Estudio de alternativas existentes	15
3	Diseño de la infraestructura vivienda unifamiliar	15
4	Diseño de la infraestructura para colegios	30
5	Selección de sistemas de almacenamiento vivienda unifamiliar	10
6	Selección de sistemas de almacenamiento colegios	20
7	Reuniones de validación Manos Unidas	10
8	Planificación (discontinuo)	5
9	Redacción (discontinuo)	25
10	Preparación defensa oral	10

Tabla 1. Fases de desarrollo del proyecto

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PROYECTO

Este punto muestra la distribución de las fases y tareas mostradas en el apartado anterior a lo largo de la duración del proyecto en la Ilustración 24 y la Ilustración 25:

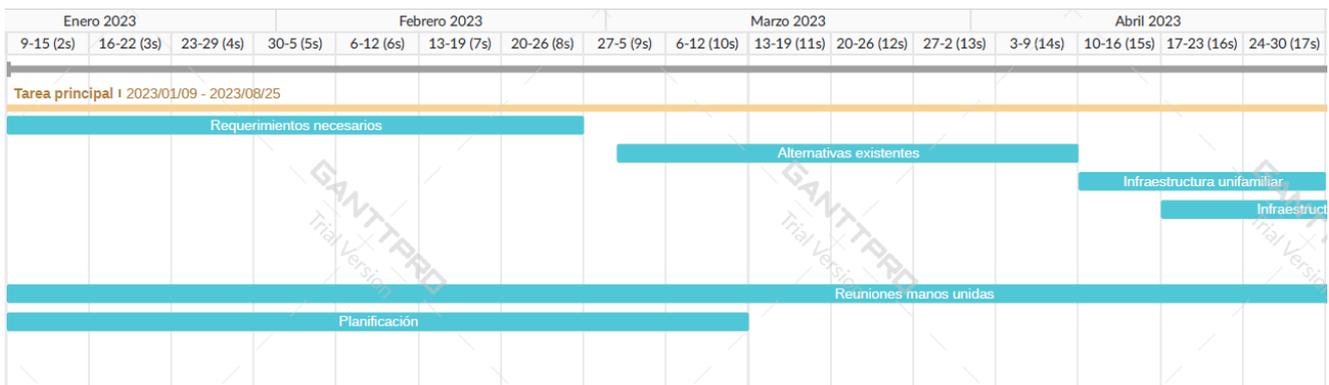


Ilustración 21. Distribución temporal del proyecto desde enero hasta abril. Fuente: Propia.

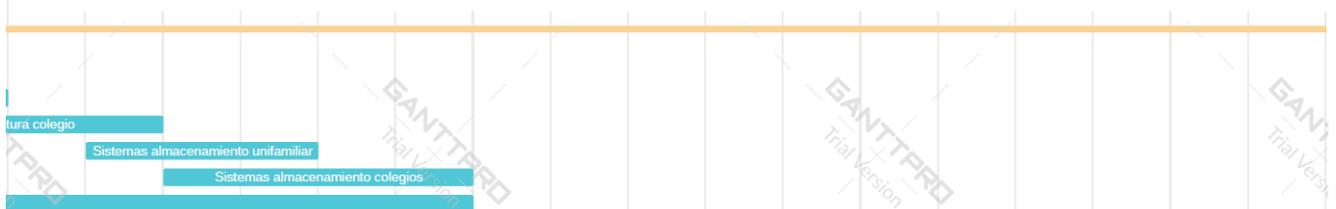


Ilustración 22. Distribución temporal del proyecto desde mayo hasta agosto. Fuente: Propia.

ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS MODELOS

4.4.1.1 Modelo para la vivienda unifamiliar

En el caso de la estimación de los costes que conlleva la construcción de un modelo de aseo para una vivienda unifamiliar, se tienen en cuenta los costes de la excavación para el pozo simple, la infraestructura en la que los usuarios hacen uso de las instalaciones y el sistema de ventilación.

Los costes se han calculado utilizando la media de los costes de la mano de obra cualificada entre Sudamérica, Asia y África, y el número de horas mínimas requeridas para el desarrollo de cada una de las fases. Dicho esto, los precios que se comentan a continuación, son los precios mínimos.

Los costes para tener en cuenta en el apartado del pozo simple mejorado con ventilación son:

- Excavación del pozo simple: los costes que acarrea la excavación del pozo son directamente proporcionales al tamaño del pozo y al tipo de suelo en el que realizar la excavación. Teniendo en cuenta las medidas estándar para una vivienda de un núcleo familiar compuesto por 4 miembros y terrenos que no sean pedregosos, la excavación puede oscilar entre los 300 y los 400€.
- Revestimiento del pozo: una vez realizada la excavación es necesario revestir el foso con materiales estructurales como ladrillos, bloques de cemento u hormigón. Este punto añadiría un coste de 300€.
- Tapar el pozo: una tapa adecuada con la que se pueda tapar el pozo y poder disponer de la estructura de una manera totalmente funcional, conlleva un gasto de 100€.
- Sistema de ventilación: por último, el sistema de ventilación constituido por una tubería de PVC que conecte el pozo simple con el exterior del recinto supone un precio de 50€.

Por otro lado, los precios de la construcción de la infraestructura de la caseta se calculan como:

- Materiales para la construcción: la caseta debe estar constituida por materiales como ladrillos desarrollados de forma autóctona o madera. Teniendo en cuenta el tamaño de la caseta, de uso individual, se estima un precio de entre los 200 y los 600€.
- Mano de obra: el precio de la mano de obra depende en gran medida de las tarifas locales de cada lugar en el que se pretenda construir. Dicho esto, el promedio del coste de la mano de obra especializada en la construcción en países africanos, sudamericanos y en el oeste asiático, es de unos 60€ al día, por lo que supondría un coste final de unos 200€.

- Vivienda Unifamiliar		Precio
Pozo Simple Mejorado por Ventilación		
1	Excavación	400 €
2	Revestimiento	300 €
3	Tapa	100 €
4	Ventilación	50 €
Infraestructura		
1	Materiales	400 €
2	Mano de obra	200 €
	TOTAL	1.450 €

Tabla 2. Costes de la vivienda unifamiliar.

4.4.1.2 Modelo para colegios

El estudio de los costes de la construcción del modelo para los colegios consta de los mismos apartados que el modelo de las viviendas unifamiliares, siendo muy diferentes las magnitudes de los precios que requieren cada uno de estos apartados. Dicho esto, el desglose del presupuesto necesario para la construcción de los modelos de aseo para colegios es el siguiente:

Costes de la edificación de la infraestructura de los aseos:

- **Materiales para la construcción:** la construcción de los aseos para los colegios consta de 3 cabinas para niños y tres cabinas para niñas y el sistema de recolección de aguas. Los materiales para la construcción de cada una de estas partes son los ladrillos generados en cada una de las localizaciones. Se estima un precio por ladrillo de unos 0,10€ cada unidad. Como el tamaño de los ladrillos varía según sus fabricantes, se toma un precio por los materiales de construcción de en torno a 3.000€.
- **Mano de obra:** como se ha comentado en el apartado del coste del modelo para la vivienda unifamiliar, el coste de la mano de obra está altamente influenciado por la localización de la construcción, teniendo tarifas diferentes en cada país. De forma general, se estima un valor de 60€ al día. Suponiendo que para la construcción final del diseño se necesitan 3 obreros durante 2 semanas, el precio asciende a los 2.500€.

Por otro lado, hay que estimar el precio de la construcción de los sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento. Para este modelo se han tratado las opciones de utilizar fosas sépticas o reactores anaeróbicos UASB.

En el caso de la construcción del modelo de la fosa séptica, se puede elegir entre la elaboración propia de la estructura o la compra de modelos de fosas sépticas industriales. Para cada una de estas opciones los precios estimados son:

En el caso de la construcción de la fosa séptica:

- Excavación del pozo: en el caso de los costes que conlleva la excavación del hoyo para la fosa séptica, depende directamente de las dimensiones de esta. Utilizando las medidas para el caso desarrollado en el punto 6 de una fosa de 2,11 x 3,2 m se calcula un coste de excavación de 600€.
- Revestimiento del pozo: tras tener el hueco en el que construir la fosa séptica, es hora de revestir las paredes de la excavación y la construcción de los muros pertinentes. Los materiales por utilizar en este caso pueden ser ladrillos, cemento u hormigón. La estimación del coste de este proceso son 600€.

Por otro lado, si se prefiriese comprar una fosa séptica a alguna de las empresas industriales que disponen de estas, el precio de la fosa séptica sería:

- Excavación del hoyo: en el caso de querer mantener la fosa bajo tierra para crear un espacio más seguro y asegurarse que ningún individuo mantiene contacto directo con las excretas tanto tratadas como sin tratar, la excavación también será necesaria. El costo de este punto sería igualmente de 600€.
- Fosa séptica: el coste medio de los modelos de fosas sépticas capaces de gestionar los residuos de poblaciones de entre 5 y 50 personas es de 2.300€.

Modelo de aseo escolar		Precio
Fosa séptica construida		
1.	Excavación del terreno (Mano de obra)	600 €
2.	Revestimiento y construcción (Mano de obra)	800 €
3.	Sistema de tuberías	120 €
	TOTAL	1.520 €

Tabla 3. Costes aseos colegio con fosa construida.

Modelo de aseo escolar		Precio
Fosa séptica industrial		
1.	Excavación del terreno (Mano de obra)	600 €
2.	Maquinaria (grúas)	600 €
3.	Fosa Industrial	2.300 €
	TOTAL	3.500 €

Tabla 4. Coste aseos colegio con fosa comprada.

En el caso de optar por el modelo con el reactor UASB como sistema de recolección, almacenamiento y tratamiento de los residuos, los costes de desarrollo serían diferentes. La infraestructura de los aseos tendría el mismo precio, ya que no varía de un modelo a otro, Tabla 5, pero para el coste del reactor UASB se debería tener en cuenta las dimensiones del reactor según el número de usuarios y el sistema de calderas o cogeneración para transformar el combustible generado en la energía a consumir. Todas estas opciones hacen que los costes puedan variar considerablemente según las decisiones tomadas en cada uno de los casos.

Modelo de aseo escolar		Precio
Edificación de la estructura de los aseos		
1.	Estudio del terreno	600 €
2.	Aplanamiento de la superficie	1.500 €
3.	Levantamiento de la estructura (Mano de obra)	3.000 €
4.	Depósito de agua	200 €
5.	Sujeciones	100 €
6.	Material de construcción (cemento, ladrillos...)	2.500 €
	TOTAL	7.900 €

Tabla 5. Coste del edificio de los aseos escolares.

Capítulo 5. MODELO VIVIENDA UNIFAMILIAR

En este capítulo se desarrolla de forma detallada las diferentes fases del diseño del aseo para viviendas unifamiliares, teniendo en cuenta las diferentes necesidades intrínsecas en estos lugares para poder solventarlas de una manera eficaz.

Para este modelo se va a comentar el análisis previo realizado, la selección de los módulos que mejor se adaptan a las necesidades encontradas, se muestran los diseños generados para las estructuras exteriores e interiores y, finalmente, se trata la gestión de los residuos generados en este modelo.

Además, se pueden generar variaciones en cuanto a tamaños y volúmenes, ya que el modelo está pensado para viviendas unifamiliares, formadas por 4 componentes, pero se espera poder ampliar en el caso en que fuese necesario.

5.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA

En cuanto al análisis sobre los diferentes sistemas a implantar, una de las principales características a destacar es la localización. Sin embargo, este proyecto tiene como finalidad el desarrollo de dos sistemas de aseo para países tercermundistas, por lo que se busca el diseño de modelos generales para la posible implantación global de los modelos desarrollados.

El modelo de aseo para las viviendas unifamiliares tiene como finalidad potenciar el uso de los retretes en lugar de desplazarse a lugares separados de la población. Por este motivo, se busca un diseño de fácil acceso, capaz de instalarse con la menor cantidad de dispositivos y con la menor cantidad de requerimientos posible.

En este caso, para poder instalarse sin dificultades, se pretende realizar un diseño sencillo que pueda gestionar cada familia, sin necesidad de una gran cantidad de conocimientos previos. Por otra parte, se pretende generar un diseño de fácil mantenimiento y de larga

duración, con el menor coste posible y utilizando los materiales más fáciles de encontrar en cada una de las zonas.

5.2 SISTEMAS SELECCIONADOS PARA CADA MÓDULO

El sistema de aseo está constituido por diferentes módulos con funcionalidades propias, para poder desarrollar un desempeño global final de calidad. Cada uno de estos módulos ha sido seleccionado de entre varias opciones para intentar desarrollar cada función de manera óptima.

INTERFASE DE USUARIO

Para la interfase de usuario de este modelo de letrina se va a utilizar el retrete seco, ya que se busca, como se ha mencionado en apartados anteriores, la menor cantidad de restricciones y necesidades para poder instalarlo.

El retrete seco es un sistema que no necesita la acción del agua para operar. Se puede tratar de una especie de pedestal elevado donde el usuario pueda sentarse, o del estilo de la placa turca sobre la que hay que ponerse de cuclillas. En el caso de ambos diseños, las excretas (orina y heces) caen por gravedad.

El retrete seco se tiende a colocar sobre un pozo, donde precipitan los excrementos. En el caso de utilizar dos pozos, el pedestal o la placa turca debe de estar diseñado para poder ser levantado y movido de forma alternativa en cada uno de los pozos.

El retrete, ya sea la loza turca o el pedestal, debe de tener un tamaño adecuado para garantizar la seguridad del usuario y evitar la infiltración de aguas en el pozo, ya que esto podría provocar desprendimientos en algunas zonas o incluso derrumbamientos de las instalaciones.

Esta clase de retretes son muy fáciles de usar para la gran mayoría de la población, uno de los puntos más importantes. Al no haber necesidad de separación de las excretas según se

trate de la orina o las heces, se suele tener como la alternativa natural más cómoda a nivel físico.

Tanto los pedestales como las placas turcas pueden ser elaboradas localmente con concreto, siempre que haya disponibilidad de arena y cemento. En caso de fabricar el retrete de forma local, las medidas del diseño se pueden variar según los requerimientos de los usuarios, como puede ser el reducir las dimensiones para niños. Si se quisiese realizar más de una unidad, se pueden utilizar moldes de metal o de madera y así hacerlo de manera más rápida y eficiente. Otra opción es comprar el retrete a empresas externas, donde elegir entre las versiones de porcelana, fibra de vidrio y acero inoxidable.

En cuanto a aspectos de salud a tener en cuenta, al no existir ningún sello hidráulico en este tipo de retretes, los olores generados por la tecnología de recolección y almacenamiento puede ser un problema.

RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Para la selección de la tecnología de recolección, almacenamiento y tratamiento de residuos a utilizar, se tienen en cuenta las restricciones que se han nombrado en los anteriores apartados y las necesidades de la interfase de usuario seleccionada que hay que cubrir.

5.2.1.1 Pozos dobles mejorados por ventilación

Con el fin de tener un fácil manejo de los residuos, se ha elegido el sistema de pozos dobles mejorados por ventilación.

Se trata del sistema de pozo simple mejorado por ventilación, pero con un segundo pozo de recolección para poder extraer de manera más simple y eficaz los residuos almacenados, lo que permite que el aseo pueda ser usada de manera ininterrumpida.

La ampliación de un segundo pozo permite el uso de las instalaciones del aseo mientras el contenido del segundo pozo reposa, se drena, reduce su volumen y se degrada. La dinámica que sigue este sistema es que, cuando el segundo pozo pasa un umbral de llenado (las

excretas se encuentran a menos de 50 cm de la superficie), se cubre, y se extrae el contenido tratado del primero para poder usarlo de nuevo.

Este sistema permite tener una estructura que cubra ambos pozos y realizar un uso alternativo o que la estructura sea desplazada cada vez hasta el pozo que toque utilizar en cada momento. Independientemente del sistema, el pozo que está siendo tratado debe estar cubierto y sellado totalmente, evitando así la entrada de agua, residuos externos incompatibles y caídas de persona y/o animales.

El tubo de ventilación del aseo puede ser un único tubo intercambiado con el resto de la estructura o utilizar un tubo para cada uno de los pozos. Estos pozos, al usarse de manera continua, deben de estar bien recubiertos para poder asegurar su longevidad.

El material, una vez finalizado su tratamiento, se puede retirar a mano, sin hacer falta el uso de camiones con bombas extractoras. Los usuarios extraen el material tratado, una vez finalizado el tiempo de reposo, de entorno a un año. Esta tecnología solo resulta eficiente si se usan los pozos de forma alterna y no simultáneamente. Es por esto por lo que es necesario cubrir el pozo que no esté en uso.

Este sistema es especialmente utilizado en zonas con escasez de agua. Además, el terreno debe de ser fácil para realizar la excavación (sería inapropiado para terrenos rocosos) y no puede ser utilizado en zonas donde las inundaciones son constantes o frecuentes.

Para el correcto mantenimiento de los pozos dobles mejorados por ventilación se requiere una limpieza regular, con el fin de eliminar moscas y malos olores. Los diferentes insectos y desechos (polvo, arañas, moscas, telas de araña, entre otros) deben ser retirados de forma regular para el correcto funcionamiento de la pantalla de ventilación, asegurando así un correcto flujo de aire de ventilación.

5.2.1.2 Fosa Alternativa

En el caso en el que se tenga la posibilidad de tratar de manera activa las excretas generadas durante su tiempo de almacenamiento, se utilizará este sistema.

La fosa alterna trata de una tecnología muy parecida a los pozos dobles mejorados por ventilación, ya que comparten los mismos sistemas de recolección y almacenamiento. Sin embargo, el sistema de pozos dobles mejorados por ventilación genera un tratamiento parcial de las excretas, mientras la fosa alterna está creada para la generación de Eco Humus. Para esto, se requiere una profundidad de excavación máxima de 1,5 m y una entrada constante de tierra.

El periodo de llenado del pozo de la fosa alterna es de entre 12 y 24 meses, dependiendo de su tamaño y del número de componentes de la vivienda unifamiliar. El pozo lleno tiene un periodo de tratamiento igual al tiempo de llenado del segundo pozo, que, de forma ideal, debería ser un año. La materia final generada en el pozo es una mezcla seca y terrosa, la cual es fácil de manipular.

La parte en la que este sistema difiere con el de pozos dobles mejorados por ventilación es que en la fosa alterna se debe añadir materiales (cenizas, tierra y/u hojas) después de haber defecado. Estas materias añaden una variedad nueva de organismos como es el caso de los hongos, las bacterias y lombrices, que generan una mejor degradación de las excretas. Además, al aumentar la separación entre poros, permite un acercamiento a las condiciones anaeróbicas. Finalmente, el uso de la ceniza permite controlar las moscas y crea una reducción de los olores generados.

El sistema de fosa alterna no permite la adición de agua al pozo, a no ser que se trate de cantidades muy pequeñas destinadas a la limpieza anal, ya que desarrolla patógenos y vectores.

Pese a que existe una restricción de la profundidad de 1,5 m, estos pozos pueden cubrir las necesidades de familias de hasta 6 personas. Aunque es un buen hábito el esparcir de forma asidua los excrementos caídos en el centro del foso hacia los laterales. El material final, Eco

Humus, es fácil de retirar del foso. Al tratarse de poca profundidad y una consistencia adecuada, puede ser retirado por los usuarios del aseo para su uso futuro sin mayores complicaciones.

5.3 INFRAESTRUCTURA

En este apartado, se muestra la infraestructura que van a utilizar los diferentes usuarios de la familia. Muestra las medidas estándar a utilizar para este caso, añadiendo la tubería requerida para la ventilación, eliminando los malos olores y la entrada de insectos al área interior del aseo. A continuación, se muestra gráficamente en la Ilustración 23:

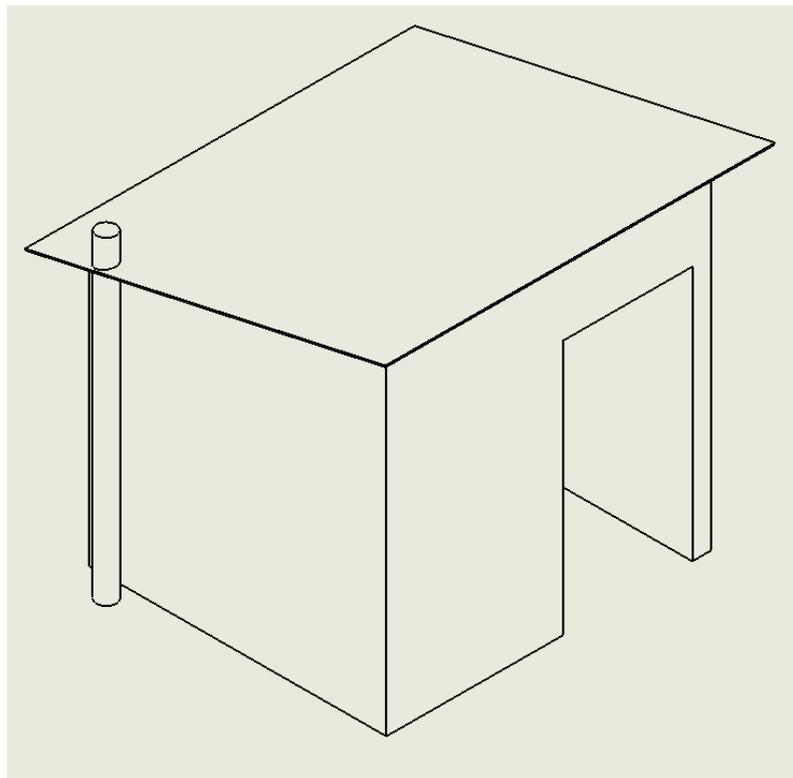


Ilustración 23. Vista 3D de la infraestructura del aseo unifamiliar.

Fuente: Propia

A continuación, se muestran las medidas de la estructura del aseo. El diseño busca ocupar la menor superficie de terreno posible, sin llegar a restringir el acceso al aseo o el uso de su interior. La tubería de ventilación se encuentra en el exterior del ahabitáculo, conectada al pozo de recogida.

En cuanto al diseño, a pesar de haber mantenido las líneas más simples posibles, falicitando así su máximo desarrollo al poderse construir de la forma más fácil y rápida, sin necesidad de gran experiencia y pudiendo hacerlo la mayoría de las familias a nivel global. El techo cuenta con el desnivel necesario para poder evacuar el agua de la lluvia, cayendo en la parte posterior de la construcción, facilitando la entrada en el caso de tormenta, Ilustración 24:

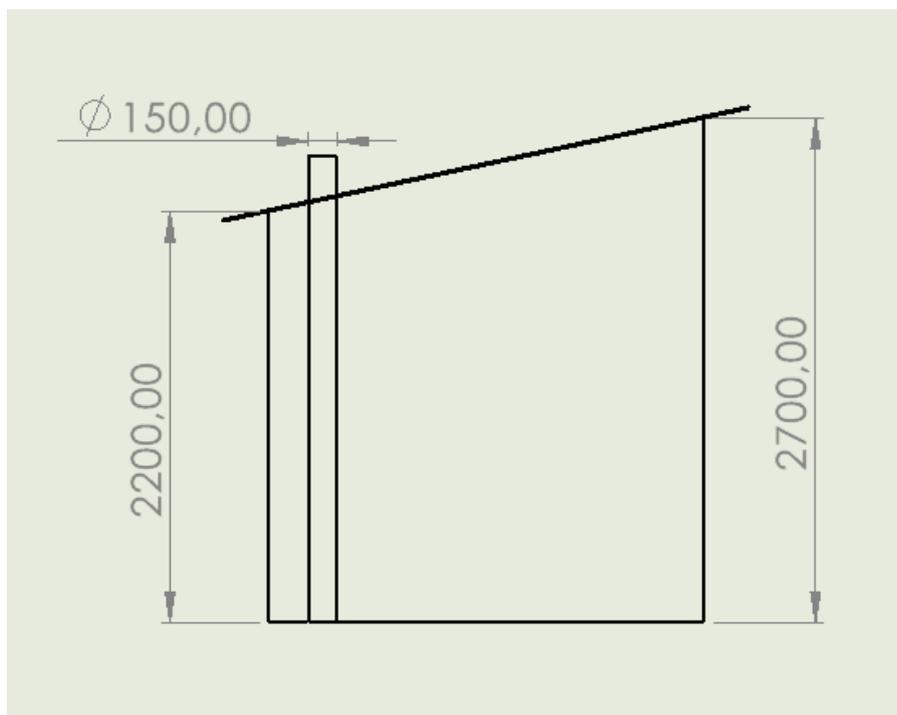


Ilustración 24. Perfil de la estructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia

En la vista frotal, Ilustración 25, se puede ver el espacio utilizado para la puerta, dejando la anchura de 1 m para poder ser utilizado sin ninguna complicación. En el caso en el que tenga que ser utilizado por alguna silla de reudas, las dimensiones de la puerta no resultan ningún problema.

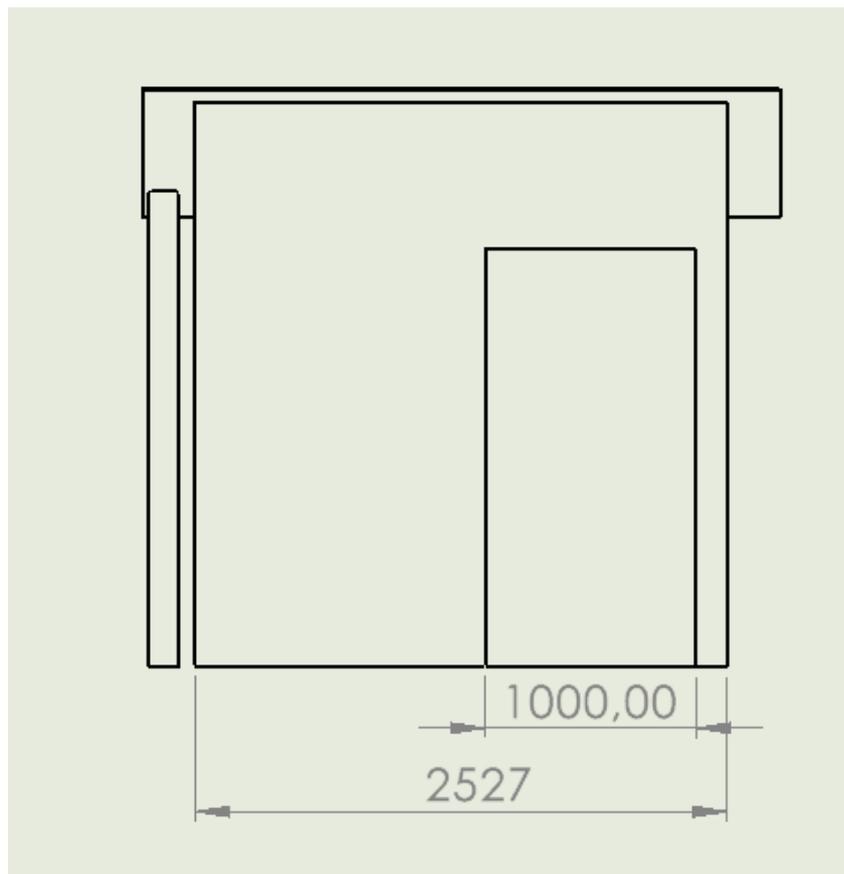


Ilustración 25. Alzado de la estructura del aseo unifamiliar. Fuente: Propia

En la siguiente vista, Ilustración 26, se aprecia el espacio dedicado a la interfase de usuario, la de retrete seco en este caso. Además, se muestra el espacio utilizado por el recorrido de la puerta, sin interferir en el uso del aseo en ningún punto de su apertura.

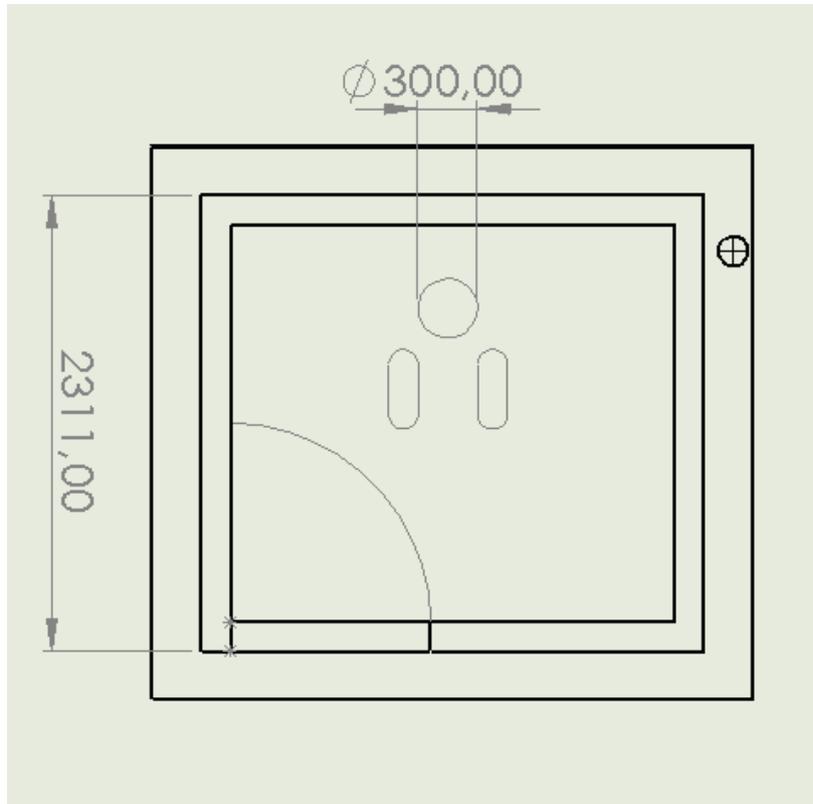


Ilustración 26. Vista inferior de la estructura de la vivienda unifamiliar. Fuente: Propia

5.4 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

Tras finalizar los procesos de recolección, almacenamiento y tratamientos de los residuos generados por los aseos, hay que hacer una gestión de las materias generas en el punto de tratamiento.

En el diseño que se ha generado, se permite la selección del sistema más adecuado para la recolección, almacenamiento y tratamiento de las excretas. Sin embargo, los pozos dobles mejorados por ventilación y la fosa alterna se gestionan de forma muy similar.

La extracción de la materia es la misma en ambos casos. Para extraer del pozo los residuos tratados, no es necesario el uso de camiones con bombeo, si no que se puede realizar de

manera manual. En el caso del uso de la fosa alterna, una vez extraído el Eco Hummus del pozo, se puede utilizar para los cultivos locales y hacer la función del abono. Si se ha utilizado el sistema de pozos dobles mejorados por ventilación, se puede almacenar en cubos y bidones para llevar a plantas de tratamiento cercanas a la población o realizar un post tratamiento para terminar la materia tratada parcialmente.

La composta puede ser usada con el fin de mejorar la calidad de las tierras de cultivo mediante la adición de nutrientes y materiales orgánicos para obtener una mejor capacidad de retención del agua y del aire.

Definitivamente, los residuos que se generan en el modelo destinado a viviendas unifamiliares pueden ser utilizados para fertilizar sus campos de cultivo, si se tienen, o para llevar a otros puntos intermedio de almacenamiento de residuos para ser recogidos y trasladados a plantas de tratamiento de residuos.

Capítulo 6. MODELO EDIFICIOS PÚBLICOS-COLEGIO

A lo largo de este punto se va a mostrar el diseño que se ha generado para la implantación en edificios públicos, desarrollando las necesidades previsibles en las diferentes instituciones y la adaptación de los modelos.

Para el modelo de aseo destinado edificios públicos, colegios en este caso, se van a realizar diferentes soluciones de sistemas de tratamiento de los residuos generados, dotando de una mayor versatilidad al proyecto, según las necesidades de las escuelas y sus localizaciones. El uso de estos diseños no está restringido para colegios, si no que pueden aplicarse pequeñas variaciones con la finalidad de abastecer a los diferentes servicios públicos existentes en la zona, como pudiesen ser hospitales.

Los diferentes diseños que se presentan a lo largo de este punto compartirán la estructura exterior con la que interactuarán los diferentes usuarios, mientras que el sistema de gestión de los residuos podrá ser seleccionado según el número de personas que vayan a utilizar estos servicios. Los diferentes sistemas de tratamiento que se han desarrollado son: fosas sépticas y digestores anaerobios.

6.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA

En este apartado se hace un examen sobre las necesidades que hay que cubrir en el caso de los colegios, con el fin de desarrollar un sistema completamente funcional y adaptable para los usuarios.

Al tratarse de un modelo desarrollado para niños, las dimensiones de los retretes deberán ser acorde con sus estaturas, por lo que son considerablemente más pequeños. En el caso en el que se quisiese utilizar los baños tanto para los niños como para los profesores, cabe utilizar el mismo diseño variando simplemente las dimensiones o poder utilizar una interfase de usuario diferente capaz de cumplir la función para ambos.

A la hora del diseño de este modelo, hay que tener en cuenta la distinción entre los baños destinados a niños y los destinados a niñas. En el caso de los baños destinados a niñas se debe añadir sistemas de gestión para la limpieza femenina, como es el caso de la menstruación, complementando los lavabos con bidés o dispositivos similares.

Además, como se ha mencionado anteriormente, se pretende complementar los baños con lavabos para asear las manos después de haber hecho uso de las instalaciones. Estos lavabos estarán alimentados por los sistemas hidráulicos existentes en las instalaciones del recinto escolar y por el sistema de recogida de aguas pluviales.

El sistema de recogida de aguas pluviales será mayormente funcional en los destinos de construcción en los que el promedio de volumen de agua proveniente de precipitaciones sea apto para su abastecimiento. Este sistema no es imprescindible para el uso de los lavabos ya que, en diferentes reuniones con el equipo de Manos Unidas, se ha mencionado el abastecimiento de agua en los colegios por sistemas propios. Determinando de que se trata de un punto imprescindible a la hora de la construcción del colegio.

El modelo de los aseos del colegio va a generar cantidades mayores de residuos que gestionar, por lo que, dependiendo de la magnitud de estos residuos, se podrá utilizar uno de los sistemas diseñados u otros.

6.2 SISTEMAS SELECCIONADOS PARA CADA MÓDULO

Cada uno de los modelos desarrollados están compuestos por diferentes grupos funcionales, estando formados por varios módulos. Estos grupos funcionales son: interfase de usuario y el dispositivo de recolección, almacenamiento y tratamiento de residuos.

INTERFASE DE USUARIO

En cuanto a la interfase de usuario se ha decidido utilizar el retrete de tanque o, en su defecto, el retrete con arrastre hidráulico.

6.2.1.1 Retrete de tanque

El modelo de retrete de tanque se va a utilizar en los lugares más desarrollados que cuenten con la posibilidad de obtener este tipo de retrete. El retrete de tanque, Ilustración 27, consiste en un tanque de agua capaz de proporcionar la cantidad de líquido necesaria para arrastrar las excretas y una taza para la deposición de las excretas a arrastrar.

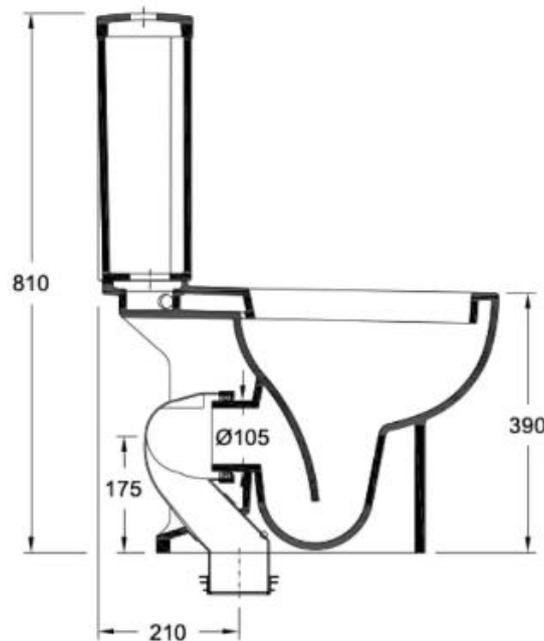


Ilustración 27. Retrete de tanque. Sanitarios Descatalogados.

Una de las características más llamativas de este tipo de retrete es el simple, pero sofisticado, cierre hidráulico con el fin de prevenir el regreso de los olores del tanque de recolección. Este modelo suele requerir de entre 3 y 20 litros, dependiendo de la edad. Teniendo esto en cuenta, se utiliza un volumen requerido de 7 litros, pero, en el caso de tener acceso a modelos más modernos, se podría a reducir hasta los 3 litros.

El agua destinada al arrastre de las excretas se encuentra almacenada en un tanque situado en la parte superior del retrete, la cual se libera una vez accionado el sistema de liberación, empujando o tirando de una palanca.

En este caso, es necesaria la comprobación de que las diferentes válvulas y tuberías estén selladas y conectadas de manera correcta, con la finalidad de prevenir fugas y diferentes alteraciones.

Por último, otro de los requerimientos de este modelo es la conexión a una fuente constante de agua para poder llevar a cabo el arrastre. En el caso de no tenerlo, el retrete dejaría de ser seguro al no mantenerse limpio.

El mantenimiento de la limpieza, a pesar de que el propio arrastre genera una limpieza continua de la taza, se puede complementar con el uso de escobillas. También se deben hacer inspecciones o reparaciones de las partes mecánicas y sus accesorios.

6.2.1.2 Retrete con arrastre hidráulico

Por otro lado, en el caso en que la localización del desarrollo de las construcciones no sea un país con las características requeridas para poder instalar el modelo de retrete anterior, se procederá a la instalación del retrete con arrastre hidráulico.

El retrete con arrastre hidráulico, Ilustración 28, se asemeja al retrete de tanque, pero siendo el agua de arrastre de las excretas vertida por el usuario. Esto se debe a la falta de una fuente de agua constante de la que poder abastecerse.

Este modelo de retrete también cuenta con el sistema de cierre hidráulico que se ha mencionado en el apartado anterior, previniendo a los usuarios de malos olores y evitando la entrada de moscas y diferentes insectos por las tuberías de evacuación. A continuación, se muestra un esquema visual de un retrete con arrastre hidráulico:

En este caso, el volumen de agua requerido para la retirada de las excretas es mucho menos que en el anterior, entre 2 y 3 litros. Este volumen es vertido directamente por el usuario hacia la zona de recolección, donde se haya el cierre hidráulico.

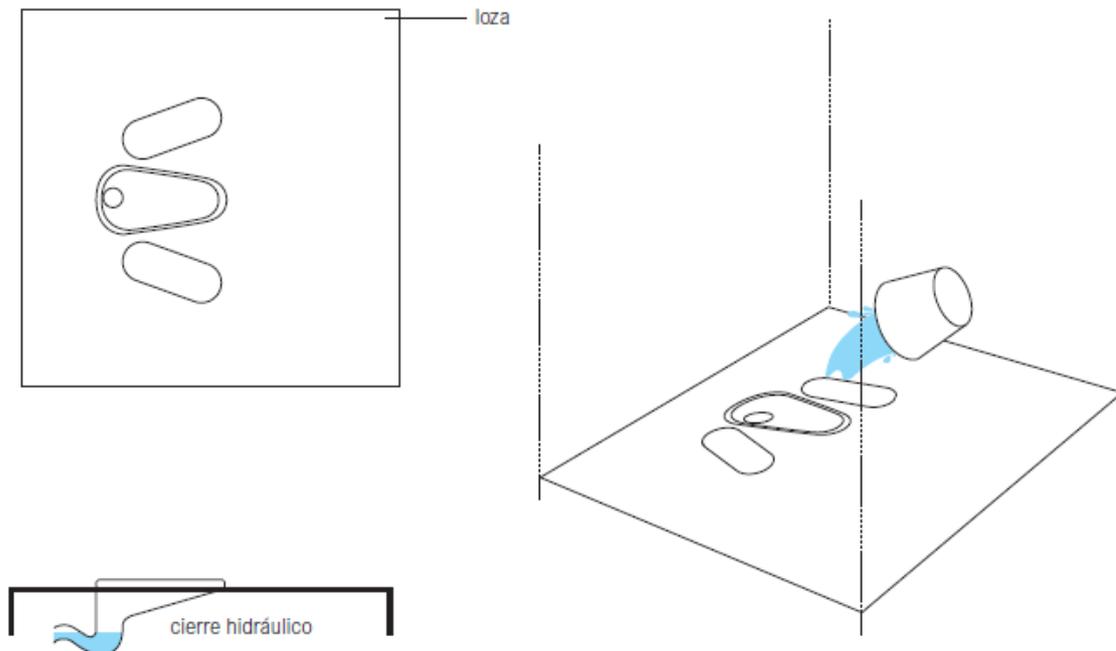


Ilustración 28. Retrete de arrastre hidráulico. Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento.

El cierre o sello hidráulico consta de una morfología en S que determina la cantidad de agua requerida. Este volumen requerido se verá minimizado cuando se separen las excretas del papel higiénico utilizado para la limpieza personal.

La pendiente de diseño del sello hidráulico situado al fondo del retrete debe generar una pendiente de entre 25° y 30°. El diámetro del orificio trampa no será menos de 7 cm, y la profundidad óptima para este punto es de unos 2 cm, reduciendo así el volumen de agua requerido, siendo estos dos parámetros directamente proporcionales.

Los materiales generalmente utilizados en estos casos son plásticos o cerámicos, evitando así las obstrucciones.

Por último, para llevar un buen mantenimiento de esta clase de retretes hay que asegurarse de la limpieza continua, para evitar la formación de obstrucciones y manchas.

RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS

En la parte de dispositivos de recolección, almacenamiento y tratamiento de residuos se van a contemplar diferentes alternativas, para poder seleccionar la opción que más adecuada en cada uno de los casos. Los diferentes modelos escogidos, son diferentes en cuanto al avance tecnológico necesario de la localización para su construcción y desarrollo, y se optará también a usa algunos de las opciones según la cantidad de usuarios que vaya a recibir el aseo.

Las diferentes opciones que utilizar como sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento son: fosas sépticas y reactores anaeróbicos de biogás.

En cuanto a los reactores anaeróbicos, se puede seleccionar entre dos modelos de diseño. Un primer modelo en el que se utilizan los reactores de mezcla completa y otro en el que se usan los reactores UASB.

6.2.1.3 Fosa séptica

La fosa séptica es una cámara hermética destinada al almacenamiento y tratamiento de aguas negras y grises, por procesos de sedimentación y procesos anaeróbicos. Ambos procesos reducen los sólidos y los materiales orgánicos, siendo el resultado un tratamiento de los residuos moderado.

Las fosas sépticas son apropiadas para lugares en los que la conexión de medios de transporte sea factible, ya que, con el fin de desazolvarlas, los camiones de vaciado de los depósitos deben tener acceso a sus instalaciones para poder seguir con su función.

Las fosas sépticas consiguen una eliminación del 50% de los sólidos almacenados y un 40% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para climas fríos. En el caso de climas cálidos, el porcentaje de eliminación de sólidos podría alcanzar el 80%, al igual que el DBO de la

materia influente. La eliminación de estos residuos genera gases nocivos e inflamables, por lo que los usuarios deben de tener cuidado en caso de necesidad de abrirlas.

A continuación, la Ilustración 29, se muestra un esquema en el que se pueden observar las diferentes cámaras que constituyen una fosa séptica, su dinámica funcional y los elementos que encierra:

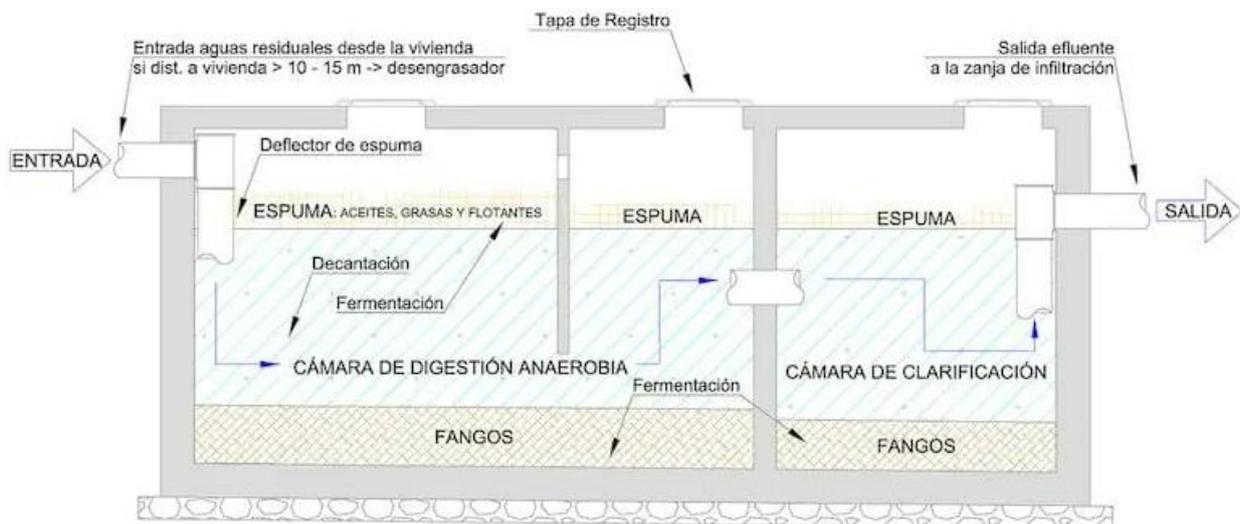


Ilustración 29. Esquema de modelo de fosa séptica. Life Rural Supplies.

Con el fin de desarrollar un diseño de fosa séptica, se van a emplear diferentes variables a tener en cuenta para las dimensiones de las diferentes cámaras que la componen.

Para obtener el volumen útil (V_u) en las fosas, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_u = 1,3 \cdot N (\text{usuarios}) \cdot (C \cdot T + 100 \cdot L_f)$$

Para las fosas sépticas de cámara doble, se requiere un volumen útil mínimo de 1650 L. Si utilizando la fórmula anterior, el volumen total calculado no alcanza el valor del volumen mínimo útil, se pasará a utilizar este mismo.

Se crea esta fórmula genérica para el diseño con la finalidad de poder diseñar diferentes modelos de fosas sépticas según los requerimientos de cada localidad en la que instalar los diferentes aseos.

Los parámetros que se utilizan en la fórmula del volumen útil son los siguientes:

- Vu: volumen útil de la fosa séptica diseñada (L).
- N: número de persona contribuyentes al sistema, número de usuarios (usuarios).
- C: contribución de residuos líquidos (L/persona/día).
- T: periodo de retención de los residuos (días).
- Lf: contribución de lodos frescos (L/persona·día).

Teniendo en cuenta las indicaciones del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), la relación entre el largo y el ancho de la fosa que se ha de seguir es $2 < L/A < 4$.

Otra regla que se puede utilizar es que la longitud de la primera cámara tiene que ser de $2/3$ de la longitud final de la fosa y la segunda cámara termina con una longitud de $1/3$ de la longitud total.

Además, de estas dos reglas de dimensionamiento, existen otros parámetros con valores mínimos para asegurar la funcionalidad de la cámara. A continuación, se muestran todas las restricciones de diseño de manera conjunta:

- Largo interno mínimo de 0,8 m.
- Profundidad útil mínima de 1,2 m.
- Relación de largo y ancho de $2 < L/A < 4$.
- El largo interno debe ser menor que el valor doble de su profundidad útil.
- La longitud de la primera cámara es de $2/3$ del valor de la longitud total de la fosa.
- La longitud de la segunda cámara es de $1/3$ del valor de la longitud total de la fosa.
- Los bordes inferiores de las aberturas de comunicación entre las cámaras se deben de colocarse a $2/3$ de la profundidad útil de la fosa.

- Los bordes superiores de las aberturas de comunicación entre cámaras deben de encontrarse a 0,3 m por debajo del nivel superior del líquido como mínimo.
- El área de las aberturas de comunicación ha de ser de entre el 5 y el 10% del área transversal de la fosa.

Para el caso de colegio en el que el número de niños escolarizados es de en torno a 40, los cálculos a realizar para obtener las medidas de diseño de la fosa séptica serán:

El volumen de agua estimado para el uso del inodoro y de lavado de manos es de entre 2 y 5 L. Tratándose de el caso de un colegio, en el que los usuarios son niños, se calcula un valor de 5 L por usuario al día, con la finalidad de nunca tener un volumen menor al necesario en caso de un mayor uso.

$$Vu = 1,3 \cdot 40 \cdot (5 \cdot 2 + 100 \cdot 1) = 5720 L$$

Una vez sacado el volumen total que requiere la fosa séptica, se procede a calcular las dimensiones de esta, siguiendo las restricciones pautadas anteriormente.

Un ejemplo de diseño con las dimensiones requeridas para el caso que se ha tratado anteriormente sería como muestran la Ilustración 30, Ilustración 31 e Ilustración 32:

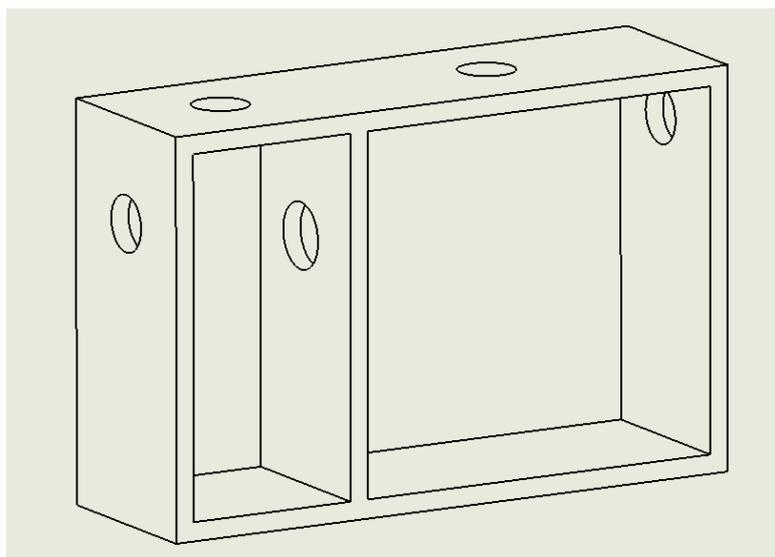


Ilustración 30. Vista 3D del ejemplo de la fosa séptica. Fuente: propia

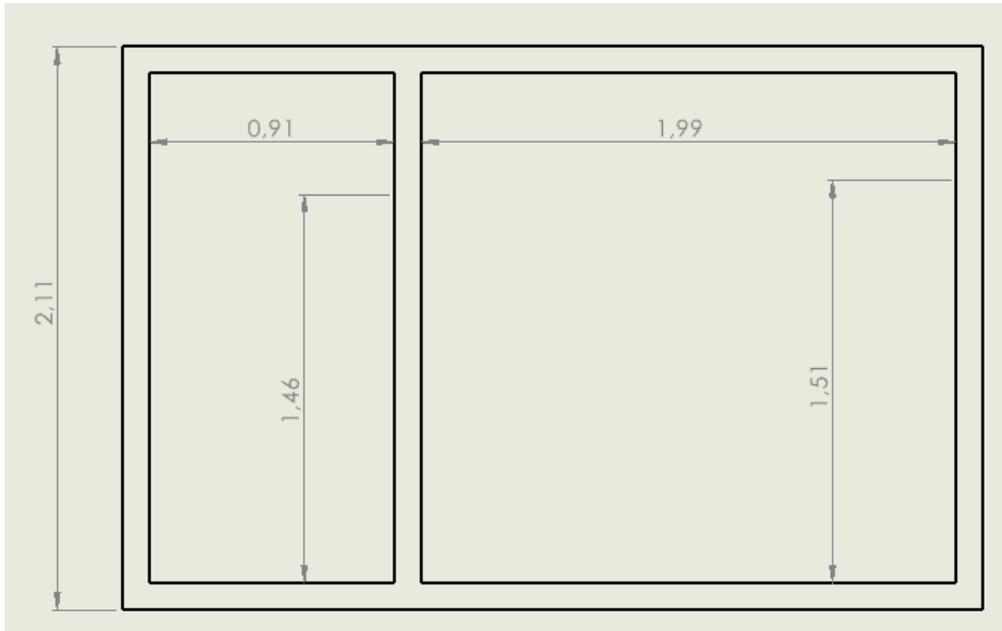


Ilustración 31. Vista lateral de la sección del ejemplo de fosa séptica. Fuente: Propia

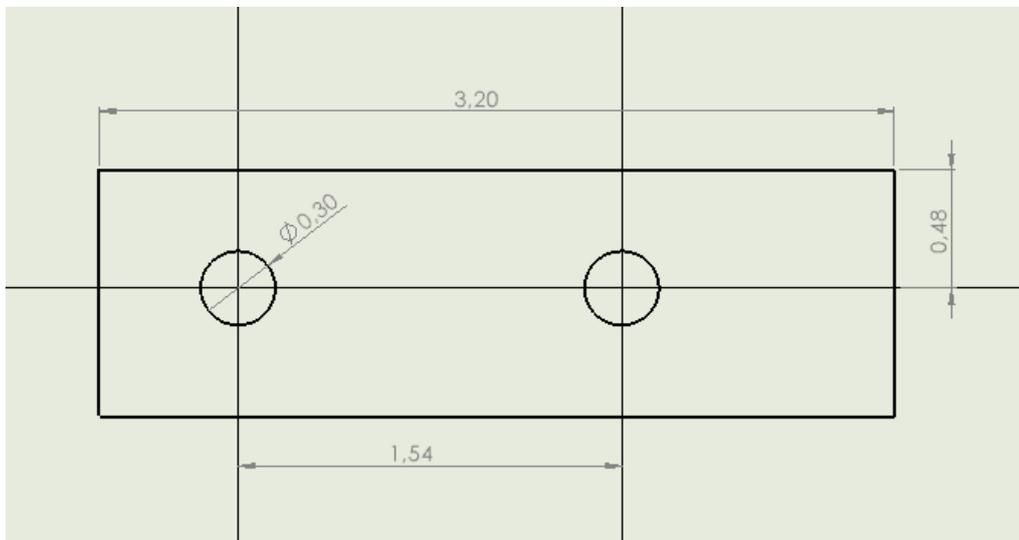


Ilustración 32. Vista cenital de la sección del ejemplo de la fosa séptica. Fuente: Propia

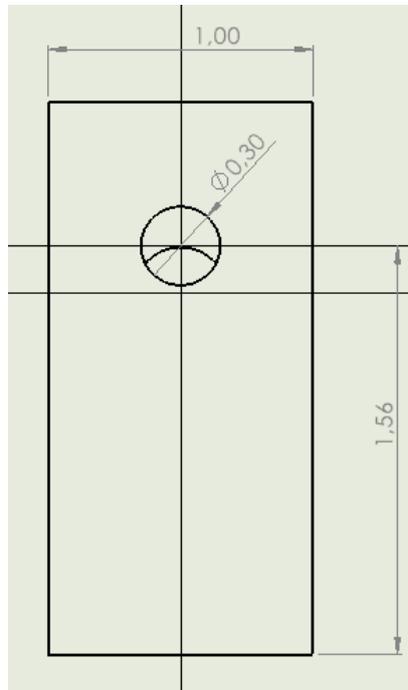


Ilustración 33. Vista frontal del ejemplo de la fosa séptica. Fuente: Propia

En caso de no disponer de los medios necesarios para la construcción de la fosa séptica mediante la mano de obra local, existe la posibilidad de comprar fosas sépticas prefabricadas a los sectores de la industria. Diferentes empresas a nivel global se dedican a la venta de fosas sépticas y tanques de almacenamiento para residuos, pudiendo escoger entre numerosos modelos existentes en sus catálogos. El modelo más genérico es el de la fosa séptica consiste en un tanque que poder manejar de manera que se pueda instalar sin mayores dificultades que realizar una excavación para su colocación.

Las fosas sépticas prefabricadas constan de las mismas cámaras que las mencionadas en los apartados anteriores, pero están hechas de materiales plásticos con la disposición de un tanque. A continuación, en la Ilustración 34, se muestra un esquema de una fosa séptica prefabricada:

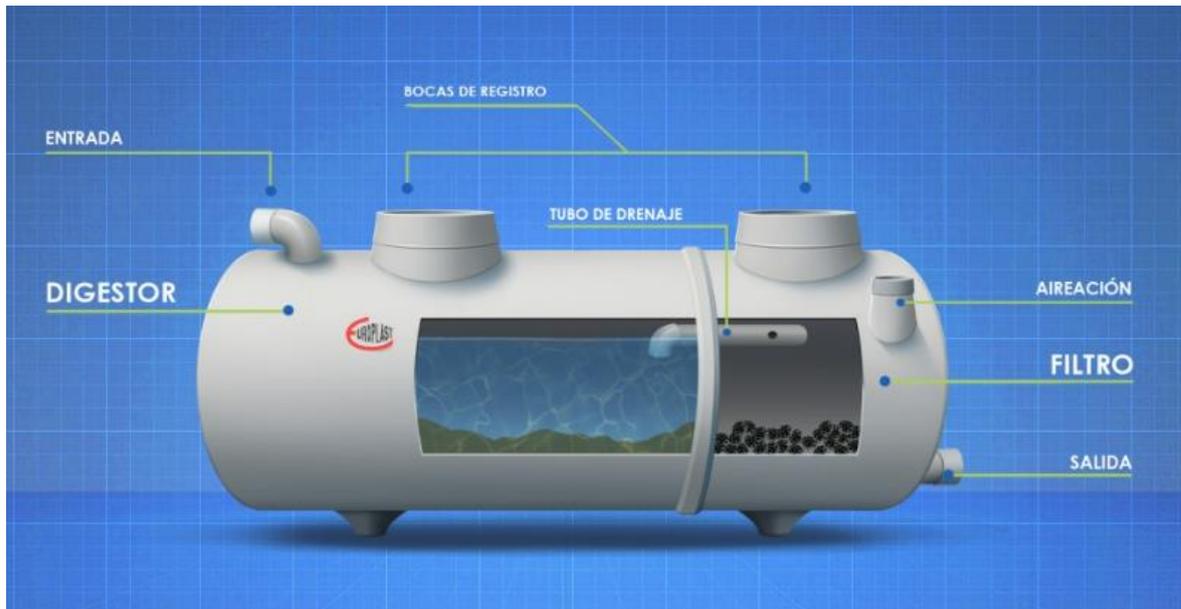


Ilustración 34. Esquema de una fosa séptica prefabricada. Fuente: Europlast

A pesar de no ser necesaria la construcción de la propia fosa séptica, sí que es necesario adecuar el sistema de tuberías que conecten los aseos con la fosa séptica. Hay que hacer llegar las excretas de los aseos a la entrada de la fosa, para que pase a la primera cámara, el digestor, y conectar la salida de la segunda cámara de la fosa con el sistema de postratamiento o sistema de gestión de los residuos elegido.

Además, se debe realizar una excavación con la finalidad de mantener la fosa fuera del alcance de cualquier individuo y llevar a cabo su función. La disposición del sistema de la fosa séptica debería quedar como muestra la siguiente Ilustración 35:



Ilustración 35. Disposición de la instalación de la fosa séptica. Fuente: Revista Ven América

6.2.1.4 Reactor Anaeróbico UASB

Los reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), reactores de flujo ascendente a través de manos de lodos, son el modelo de reactor con la construcción y operación más simple. Es un sistema capaz de tratar carga orgánica a altas velocidades, con unos costes de operación especialmente bajos. Su alta capacidad de tratamiento de los residuos se debe al uso de lodos granulares, con una alta actividad y velocidad de sedimentación. Esto, permite mantener los reactores con altas concentraciones de biomasa, sin ser necesarios posteriores fases de separación.

El reactor UASB consta de zona de digestión ubicada en la parte inferior, donde se haya un lecho de lodos, causante de la digestión anaerobia y una parte superior en la que se produce la sedimentación, el separador GSL. El agua residual generada en los baños ingresa por la parte de digestión, al fondo del reactor, y sigue una trayectoria ascendente, atravesando la zona de digestión, pasando una abertura del separador GSL y se introduce en la zona de

sedimentación. La materia orgánica se mezcla con el lodo anaerobio presente en la zona de digestión, generando la producción de gas y el aumento del lodo.

El líquido continúa ascendiendo hasta pasar por las aberturas del GSL. Teniendo en cuenta el diseño del separador, la zona disponible para la ascensión incrementa conforme el líquido se acerca a la superficie del agua, disminuyendo su velocidad. Así, los lodos que son arrastrados y pasan por las aberturas del GSL empiecen a decantar al encontrar una zona tranquila, con una velocidad de sedimentación mayor que la velocidad de arrastre alcanzada en estos puntos. A continuación, se muestra la Ilustración 36 del concepto del digesto UASB:

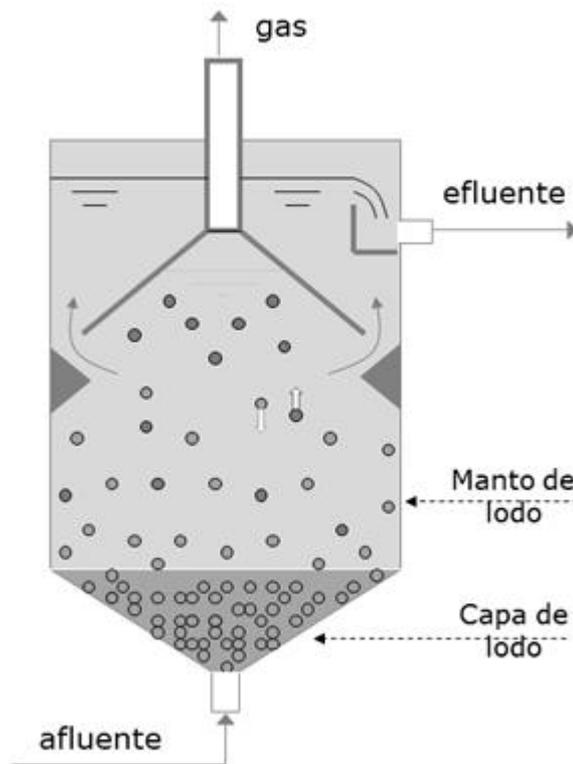


Ilustración 36. Esquema simplificado de un reactor UASB. Fuente: CYTED.

Una vez acumulada una gran cantidad de sólidos en láminas en la parte del separador GSL, el peso de la acumulación de los sólidos supera la fuerza de adherencia de estos y retorna a

la zona digestora de la parte inferior del UASB. Con esta dinámica se consigue formar una zona de sedimentación establecida en la parte superior del separador GSL que genera una retención de lodos, admitiendo así una zona de digestión cargada de una gran cantidad de masa mediante la descarga del efluente separado de los sólidos sedimentables.

Por último, los conjuntos de biogás formados en la zona de digestión se desplazan a la fase líquida en la que se topan con una interfase líquido-gas, en la parte inferior del separador. En este punto, las burbujas de biogás se desprenden, generando una fase gaseosa. Cabe la posibilidad de que los lodos comentados anteriormente, adheridos a las acumulaciones de biogás, comiencen a ascender a esta interfase, pero en cuanto se desprenden del gas vuelven al manto de lodo de donde habían salido y quedan de nuevo en la zona de digestión. Las burbujas de biogás que han ascendido y que se forman en la parte inferior del separador, requieren ser redirigidas para no introducirse en las aberturas de este, generando turbulencias en la zona de sedimentación. Para esto, se utilizan deflectores de gas en la zona inferior de las aberturas.

Esta alternativa se tiene en cuenta como una de las más fiables y económicas para las aguas residuales con cargas medias y altas. Para poder tenerla en cuenta, las aguas de tratamiento no deben de permanecer en estados muy diluidos, con un DQO mínimo de 1000 mg/L.

En el caso en el que las aguas residuales a tratar fuesen de baja concentración, se pasarían a tener en cuenta modelos como el EGSB (Expanded Granular Sludge Bed), que aumenta el contacto entre el agua residual a tratar y el lodo anaerobio. En este caso, los efluentes deberían tener un DQO mínimo de 2000 mg/L.

Para el diseño del reactor UASB, se asume que al tratar con aguas residuales de bajas cargas orgánicas ($DQO < 1500$ mg/L), el factor limitante es la carga hidráulica.

Para poder referenciar de manera aproximada la carga orgánica volumétrica (DQO) de las aguas residuales de cada localización donde instalarse, se utiliza la relación entre el DQO y la temperatura:

Temperatura (°C)	Carga Orgánica Volumétrica (mg DQO/ L)
40	1500-2500
30	1500-1000
20	800-1000
15	300-800
10	100-300

Tabla 6. Relación entre T y DQO.

Para el cálculo del volumen del reactor se utilizan los parámetros del TRH medio que se va a utilizar y el caudal medio que gestiona la planta. Finalmente, el volumen de reactor se calcula utilizando la fórmula:

$$\text{Volumen del reactor (m}^3\text{)} = \text{TRH medio (h)} \cdot \text{Caudal Medio (m}^3\text{/h)}$$

La altura del reactor se calcula teniendo en cuenta la velocidad media del líquido, que no debería sobrepasar el valor máximo de 1 m/h. Teniendo en cuenta esto y siguiendo un margen de seguridad, se estima en 0,5 m/h; para poder alcanzar una optimización de la eficiencia de este tratamiento.

La altura de diseño del UASB está relacionada con la velocidad ascensional de los líquidos mediante la ecuación:

$$V_L = \frac{Q_a}{A} = \frac{V_R}{TRH \cdot A} = \frac{H}{TRH}$$

En la parte final reactor, se produce la separación entre los gases, sólidos y líquidos. El dispositivo encargado de este proceso se denomina separador GSL y se encuentra en la parte superior de la estructura.

Una de las principales finalidades que tiene el separador es generar una zona de sedimentación. Esta parte depende de forma directa de la inclinación seleccionada a la hora de diseñar la campana, por lo que, para generar una zona amplia, se selecciona el ángulo mayor a utilizar de 60° . También existe otro criterio importante que tiene como parámetro de medida la velocidad de flujo máxima permitida entre las zonas del reactor y el separador, que no debe ser mayor de 6 m/h, siendo el valor ideal 4 m/h como velocidad promedio.

A continuación, se van a mostrar esquemas tipo para ejemplificar los diseños de las diferentes partes del reactor y el conjunto final. La primera imagen que se muestra, Ilustración 37, es la parte del esquema del separador GSL con las medidas en metros:

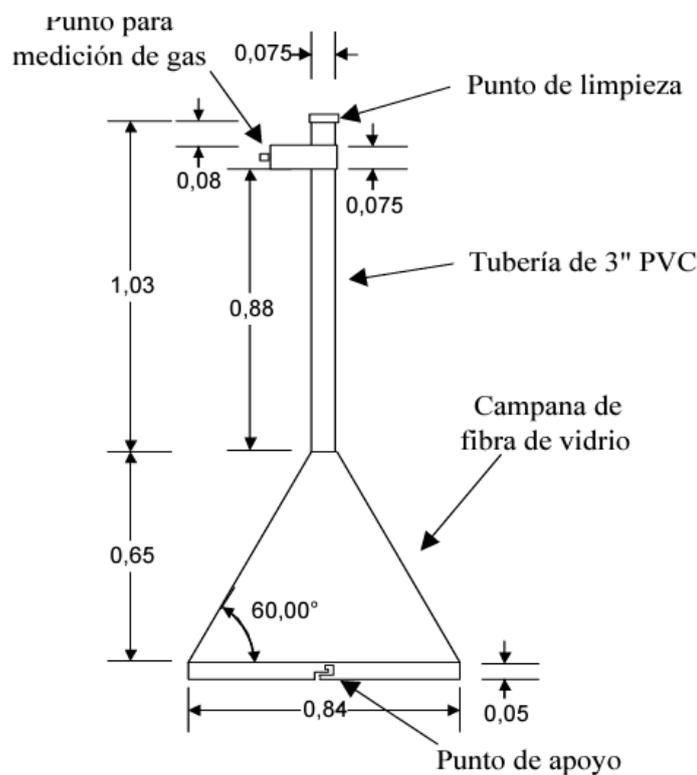


Ilustración 37. Esquema separador GSL. Fuente: upccommons

En la imagen anterior se muestran las diferentes medidas a utilizar para el separador GSL, colocándose en la parte superior del reactor UASB para decantar los restos biodegradables mediante el cambio de fase.

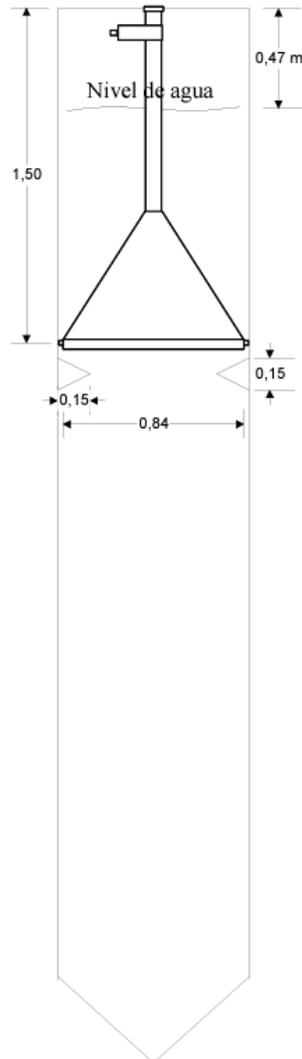


Ilustración 38. Esquema del separador GSL con deflectores sobre la excavación. Fuente: upcommons

En la ilustración anterior, Ilustración 38, se puede ver la colocación del separador GSL en la cúspide de la excavación para el reactor y la distancia a la que habría que colocar los deflectores.

El reactor UASB debe de tener una línea de tuberías de alimentación desde las instalaciones del aseo. Además, se añade una línea de tuberías para la comprobación del estado de las aguas que se están introduciendo en el reactor. A continuación, se muestran las ilustraciones anteriores para esquematizar ambos sistemas de tuberías:

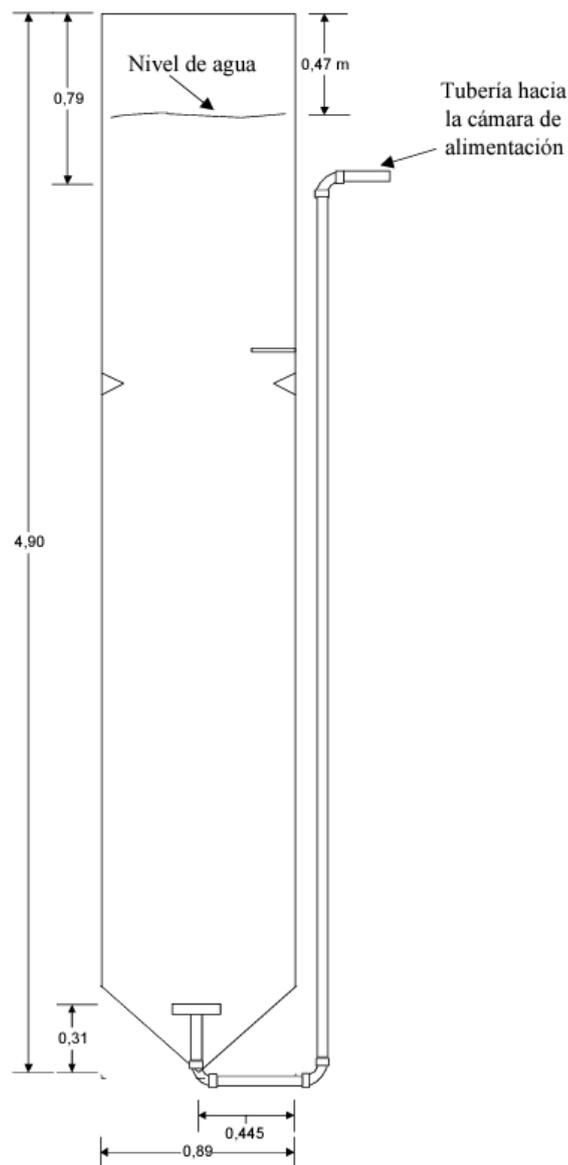


Ilustración 39. Esquema del sistema de tuberías de alimentación exterior del reactor. Fuente: upcommons

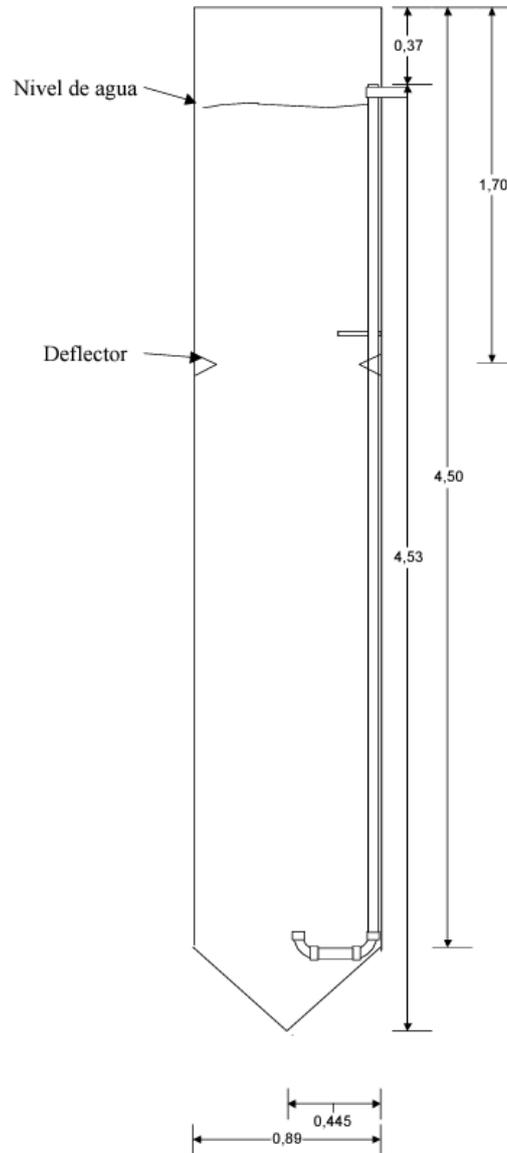


Ilustración 40. Esquema del sistema de tuberías de alimentación interior del reactor. Fuente: upcommons

El sistema de alimentación estaría constituido por tuberías de PVC sanitario e-40 de 2", con el fin de evitar la oxidación. El conjunto final del sistema de alimentación está formado por las dos líneas de alimentación (interna y externa). La línea de alimentación interna está conecta el reactor con la cámara de inspección del agua tratada que sale del reactor.

6.2.1.4.1 Cálculo energético

En este apartado se van a realizar los cálculos necesarios para evaluar las condiciones del centro que se dispone a utilizar el sistema del reactor UASB para el abastecimiento energético de los dispositivos sus electrónicos.

Concretamente, se va a estudiar la viabilidad de suministro energético para un frigorífico de vacunas con el que abastecer a los niños de la escuela de la prevención de enfermedades necesaria.

El modelo seleccionado es el refrigerador de farmacia bajo mostrador iPR105-GX. Se trata de un refrigerador profesional de grado médico. El refrigerado está diseñado para las necesidades críticas de atención médica, como el almacenamiento de medicamentos, vacunas y productos farmacéuticos. En la siguiente ilustración se reflejan las características de este modelo:

Application, Rating, & Electrical Data	
Application	High-performance storage of medical and scientific products
Storage Volume	5.3 cu ft (150 L)
Temperature Range	+2°C to +10°C
Set Point	+5°C
Electrical Power	115V 60Hz 220-240V 50/60Hz
Maximum Current	1.4A 0.85A
Facility Supply Rating	Branch circuit with earth ground, meeting plug/cord ratings as well as local electrical safety codes and requirements 110-120V AC: 15 A (minimum) 220-240V AC: 10 A (minimum)
Power Plug/Power Cord Length	NEMA 5-15 hospital-grade 115V 60Hz, 8 to 10 ft (2.4-3.0m) Inquire about additional plug/cord options
Certification/Agency Listing	QPS (Certified to UL and CSA Standards) IEC/UL61010-2-01: 2016 IEC 61010-1:2010, AMD1:2016 ETL certified to NSF/ANSI 456 Vaccine Storage Standard
Energy Star	Yes, ENERGY STAR® Certified High Performance Refrigerator
ADA Compliant	Yes, fits under standard 34" high ADA compliant countertop
Indoor/Outdoor Use	Indoor use only, non-residential
Application Environment	Non-corrosive, non-flammable, non-explosive
Ambient Operating Temperature	+15°C to +32°C +59°F to +90°F

Ilustración 41. Características del refrigerador iPR105-GX. Helmer scientific.

Para escoger el caso más restrictivo, se utiliza el valor de 240 V como la potencia eléctrica demandada por el dispositivo. Los cálculos se van a realizar para llegar al número de

personas mínimo con el que poder alimentar el reactor y así poder suministrar la energía necesaria al refrigerador de manera ininterrumpida.

La fórmula por desarrollar para calcular el número final de personas es:

$$\text{Residuos necesarios} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Potencia deseada (kW)}}{\text{Poder calorífico del biogás} \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \right) \cdot \text{Biogás} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \right)}$$

El poder calorífico del biogás depende de su procedimiento, variando entre un 4,56 y 6,81 kWh/m³. En casos en los que su generación sea a partir de residuos como los producidos en destilerías, puede llegar a niveles de 1,8 kWh/m³, pero en este caso se va a seleccionar un poder calorífico de 5 kWh/m³.

Para poder calcular el rendimiento del reactor para la producción de biogás es necesario conocer la carga orgánica volumétrica. Una vez determinado este parámetro, se multiplicará por el volumen de biogás producido por cantidad de materia orgánica. Como se ha mencionado en el apartado anterior, la carga orgánica volumétrica (DQO) de las excretas tiene un valor de 1500 mg DQO/L. El rendimiento de los reactores UASB para la generación de biogás suele estar entre 0,4 y 0,7 m³/Kg DQO.

Teniendo en cuenta todos estos valores y utilizando la fórmula anterior:

$$\text{Residuos necesarios} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \frac{1,44 \cdot 240V \text{ (kW)}}{5 \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \right) \cdot 0,6 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \right)} = 112 \text{ Kg/día}$$

Con el fin de considerar el número de usuarios necesarios para poder abastecer con la energía suficiente las neveras para vacunas, hay que aportar la cantidad de excretas y residuos orgánicos genera una persona promedio al día. Sumando la cantidad total de todos los desechos que derivan de un solo individuo, se alcanza una media de 2,3 Kg/día.

Una vez obtenido este valor, se puede proceder a calcular el número mínimo de usuarios para el abastecimiento energético de las neveras de vacunas:

$$\begin{aligned} \text{Número mínimo de usuarios} &= \frac{\text{Residuos necesarios } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right)}{\text{Carga aportada por usuario } \left(\text{Kg} \cdot \frac{\text{persona}}{\text{día}}\right)} \\ &= \frac{112 \text{ Kg/día}}{2,3 \text{ Kg} \cdot \text{persona/día}} = 48,5 \approx 49 \text{ usuarios} \end{aligned}$$

Con los cálculos desarrollados anteriormente, se llega a la conclusión de que, para poder estimar el modelo de reactor UASB como sistema de recolección, almacenamiento y tratamiento de los residuos, tendría que existir un número mínimo de 49 usuarios.

6.3 INFRAESTRUCTURA

En este apartado se muestra la infraestructura de los aseos a edificar en los colegios para que los niños puedan realizar sus necesidades primarias de forma higiénica y segura. Se enseña la vista general del diseño del conjunto de baños para niños y niñas, sus lavabos, y los dispositivos de abastecimiento en caso de que las condiciones meteorológicas de cada localización en la que instalarlo lo permitiesen.

El diseño cuenta con rampas de subida para favorecer el uso de todos los públicos, eliminando las posibles barreras de entrada; separación de los recintos de aseos entre niños y niñas, agarres para poder que los aseos sean utilizados de forma efectiva por todos los niños, lavabo para limpiarse las manos dentro y fuera del recinto, un tanque de recolección de las aguas pluviales y rejillas de ventilación para mantener limpio el aire interior mientras se evita la entrada de los diferentes insectos.

En la siguiente imagen, Ilustración 42, se muestra el alzado de la infraestructura a utilizar por los niños. Se aprecia la puerta de entrada, separando la puerta de niños y la de niñas mediante un muro, las rampas de entrada al recinto y las rejillas de ventilación:

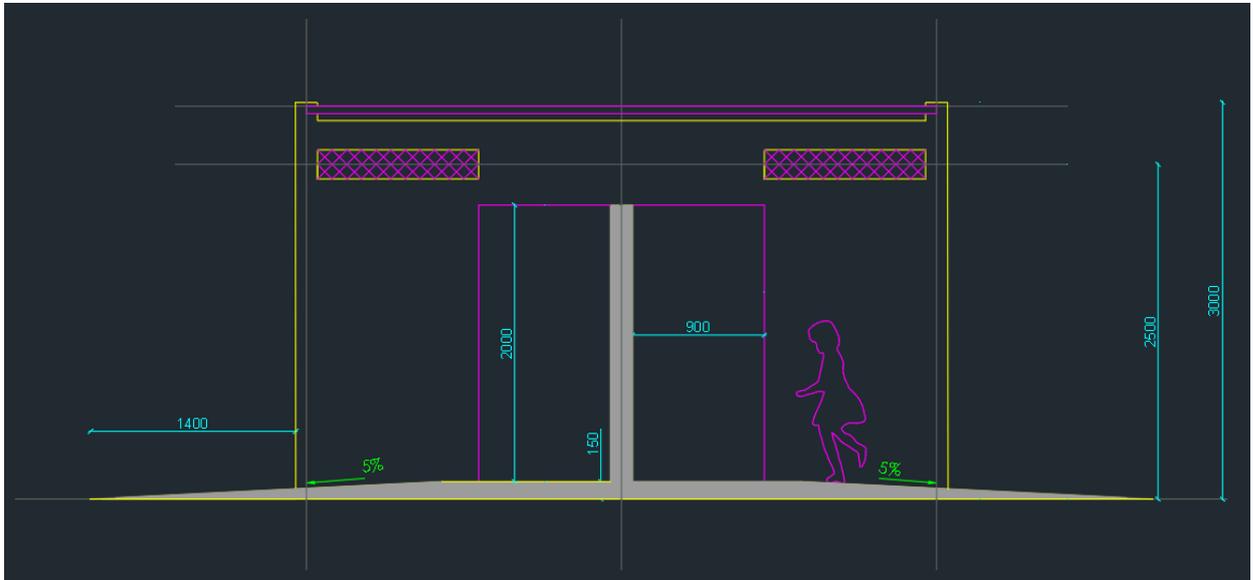


Ilustración 42. Alzado de la infraestructura de los aseos de colegios. Fuente: Propia

En la siguiente Ilustración 43, se enseña la disposición interior de cada uno de los aseos. Se puede ver el pasillo central antes de entrar a los aseos, las barandillas de seguridad en el interior, al lado de las losas; los lavabos interiores para mantener la higiene en las manos y el tanque de recolección con el lavadero exterior.

En cuanto al tanque de recolección del agua pluvial, se deja una altura de 1 metro como mínimo desde el suelo. Esto se debe a la necesidad de impulsión del agua para llegar a las diferentes bocas de salida en cada uno de los aseos y en la propia pila exterior. Para calcular la energía potencial del agua del tanque se utiliza la masa contenida, la fuerza gravitatoria terrestre y la cota de altura a la que se encuentra, obteniendo la siguiente fórmula:

$$E = V \cdot \rho \cdot g \cdot z = 1 \text{ kg/L} \cdot 250 \text{ L} \cdot 9,81 \cdot 1 = 2.452,5 \text{ J}$$

Teniendo una altura mínima de 1 metro, se considera suficiente la energía acumulada del tanque para el abastecimiento a los diferentes puntos.

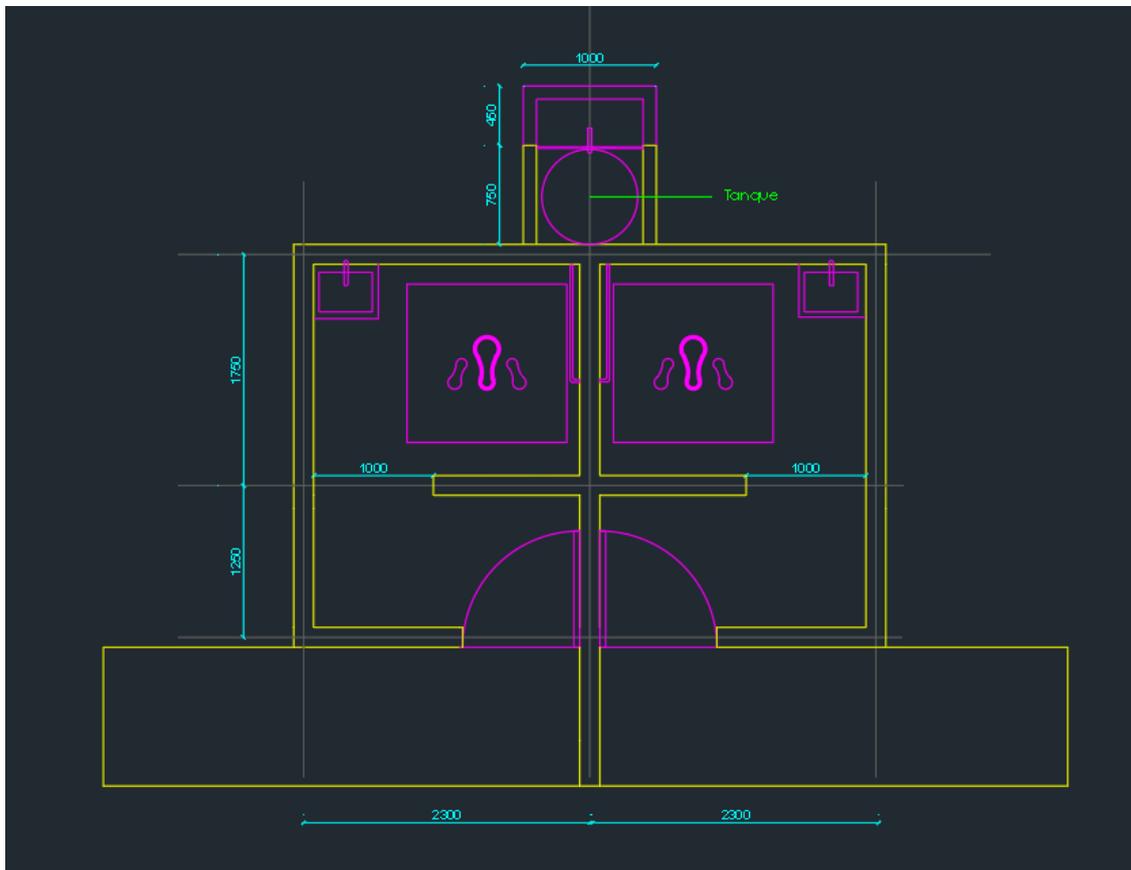


Ilustración 43. Planta de la infraestructura de los aseos de colegio. Fuente: Propia

A continuación, la Ilustración 44 se muestra el lateral de las instalaciones de los aseos del colegio. En este caso, se pueden apreciar desde otra perspectiva los lavabos interiores y exteriores, el muro de separación de los baños entre sexos, el techo inclinado para la recolección de aguas de precipitaciones y la tubería de llenado del tanque.

Además, se puede apreciar una salida de aguas en la parte inferior de la pared que da al exterior, la parte de la rampa, para poder evacuar el agua introducida en los aseos en caso de que la gran cantidad de precipitaciones que tienen que soportar algunas localizaciones generase inundaciones. Así, se pretende poder continuar con el uso de los aseos pese a las diferentes condiciones climatológicas.

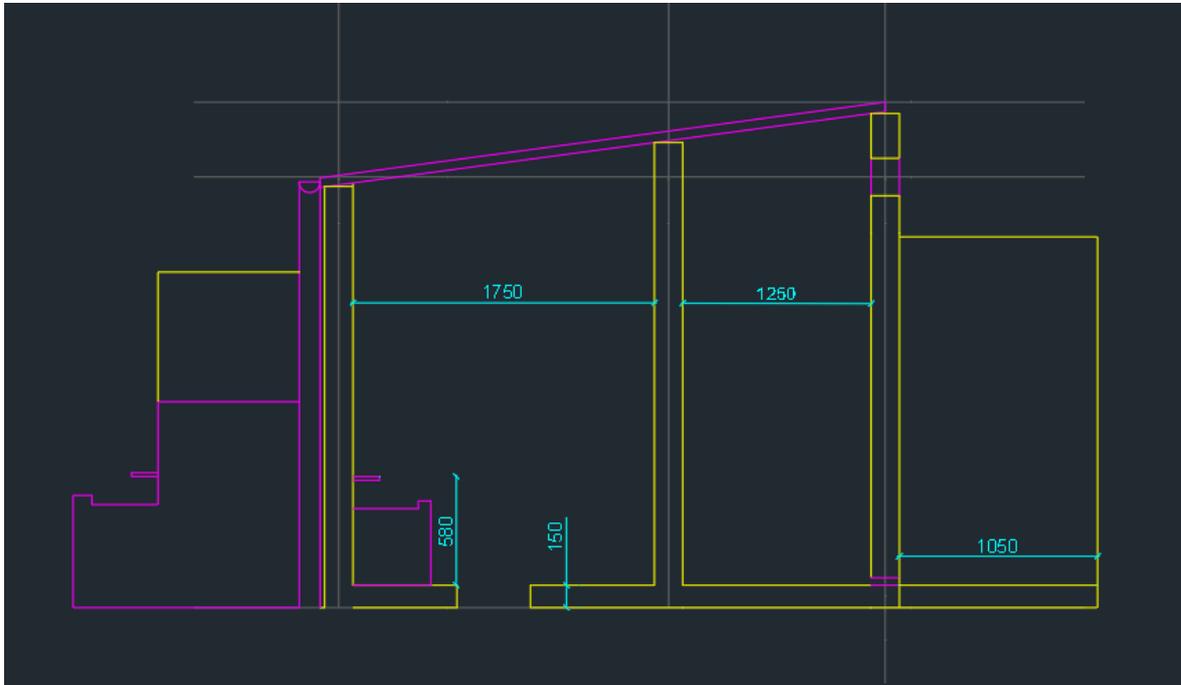


Ilustración 44. Perfil de las instalaciones de los aseos del colegio. Fuente: Propia

Además, este modelo se ha diseñado para poder ser escalable, pudiendo añadir nuevos módulos de aseos para la parte de niños y la parte de niñas. Se estima un máximo de 4 aseos destinado al uso de niños y otros 4 aseos destinado al uso para las niñas.

A continuación, se muestra el diseño de este mismo modelo de aseos de escuela con dos compartimentos para los niños y otros dos compartimentos para las niñas. Dejando claro el orden de ampliación de los habitáculos del aseo, siendo en el aumento de superficie en la dirección longitudinal. En caso de querer ampliar el tamaño del tanque de recolección del agua, simplemente habría que aumentar las dimensiones del mismo, ya sea la altura o el valor del diámetro.

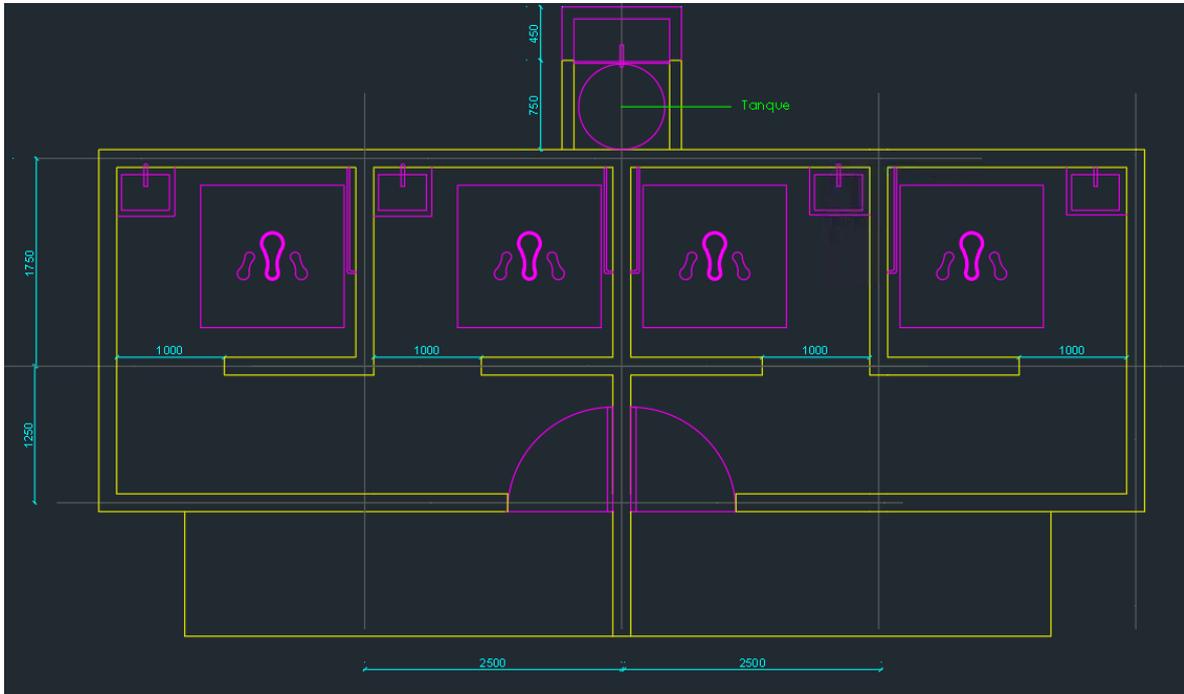


Ilustración 45. Planta del modelo de aseo para colegios escalado. Fuente: Propia

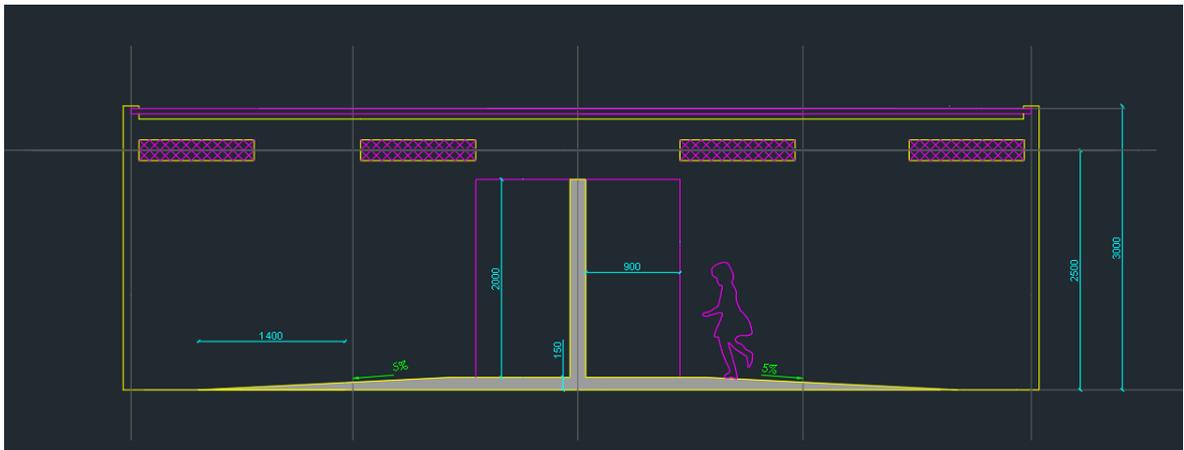


Ilustración 46. Alzado del modelo de aseo para colegios escalado. Fuente: Propia

6.4 CÁLCULOS DE ABASTECIMIENTO POR AGUAS PLUVIALES

En cuanto a las condiciones meteorológicas necesarias para poder abastecer a los niños con la cantidad de agua requerida, se van a realizar una serie de cálculos, con el fin de saber qué requisitos mínimos deben cumplir los lugares en los que instalarse para poder hacer uso de estas instalaciones de forma efectiva.

Para calcular la cantidad de agua necesaria, lo primero es conocer el volumen de agua que utiliza una persona al día. El uso del agua como método de arrastre en los retretes difiere según el estilo de este. Los retretes de tanque de bajo consumo y los retretes hidráulicos que se han mencionado en el apartado 6.2.1, consumen una media general de 3L de agua por descarga.

Se va a realizar un ejemplo desarrollando los cálculos para un colegio que cuente con una cantidad final de 50 usuarios. Se estima una media de una visita diaria a los retretes en el caso de defecaciones y cuatro para orinar. En este ejemplo, se van a tener en cuenta las visitas para defecaciones, teniendo un consumo de agua diario de 150 L.

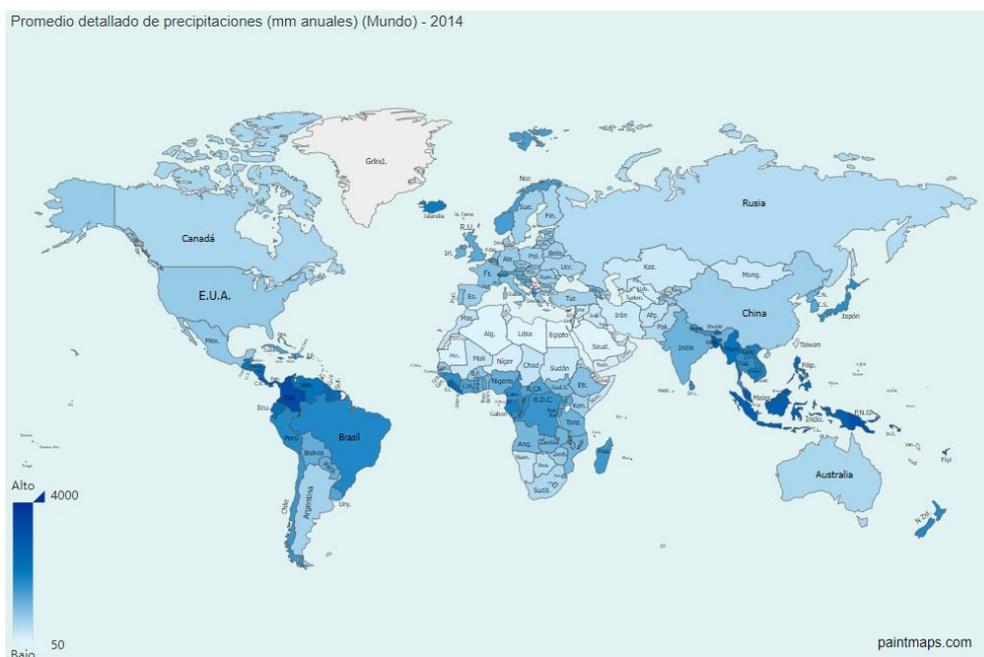


Ilustración 47. Promedio detallado de precipitaciones anuales global. Fuente: Paintmaps

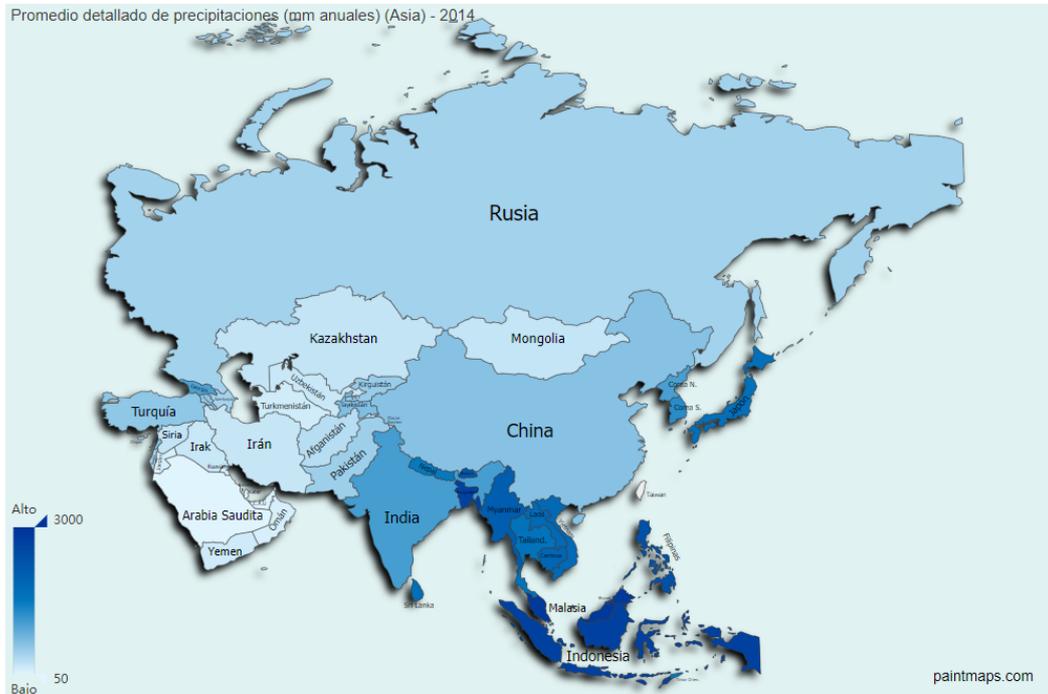


Ilustración 50. Promedio detallado de precipitaciones en Asia. Fuente: Paintmaps

Para poder saber si, finalmente, el sistema de recolección de aguas pluviales es funcional en la localidad en la que construir las instalaciones, hay que calcular el volumen de agua que se puede recolectar. Para calcular este valor, se tiene que multiplicar la precipitación promedio del área local en que instalarse (mm) por el área que abarca la superficie de recolección del agua, el techo en este caso. El resultado de esta ecuación será el valor estimado de la cantidad de litros de agua que se puede recolectar.

El cálculo para poder abastecer el ejemplo de la escuela constituida por 50 alumnos y docentes se realizaría de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de agua estimado (L)} \\ = \text{Promedio de precipitaciones (mm)} \cdot \text{Superficie (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

La superficie del sistema de recolecta de las aguas se saca de los diseños de la infraestructura de los modelos de aseo escolar.

$$\begin{aligned} \text{Superficie (m}^2\text{)} &= \text{Ancho techo (m)} \cdot \text{Largo techo (m)} = (1,75 + 1,25) \cdot 4 \cdot 2,5 \\ &= 30 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Para sacar el valor mínimo de promedio de precipitaciones recogido anualmente por las instalaciones de recolecta, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio de precipitaciones mínimo (mm)} = \frac{\text{Volumen de agua estimado (L)}}{\text{Superficie (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Promedio de precipitaciones mínimo (mm)} = \frac{150 \cdot 30 \cdot 12 \text{ (L)}}{30 \text{ (m}^2\text{)}} = 1800 \text{ mm}$$

Finalmente, se establece el valor mínimo de precipitaciones promedio para abastecer el consumo de agua de los aseos en 1800 mm. Si no fuese posible el abastecimiento total, siempre aportará una cantidad adicional de agua, por lo que también será interesante la instalación de este sistema de recolección.

En caso de querer aumentar el volumen de agua que recolectar, puede estudiarse la posibilidad de añadir conductos de comunicación entre los diferentes edificios que compongan el colegio y el tanque de agua. Al aumentar la superficie de recolección, aumenta considerablemente el volumen de agua a recolectar.

En la siguiente gráfica, Ilustración 51, se muestran los 50 países con mayor promedio de precipitaciones. Teniendo en cuenta el gráfico se aprecian los países más interesantes en los que poder instalar los sistemas de recogida de aguas pluviales.

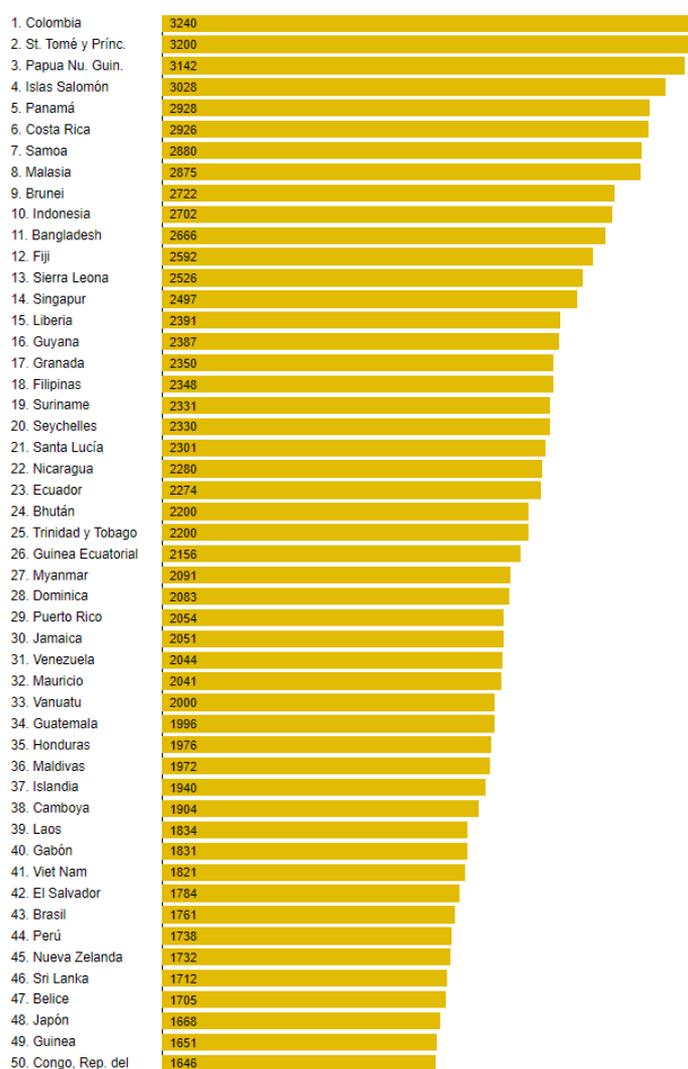


Ilustración 51. Gráfica de los 50 países con mayores precipitaciones. Fuente: theglobaleconomy

6.5 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

A continuación, se trata de cómo se pueden gestionar los residuos generados, una vez finalizada su etapa en los dispositivos de recolección, almacenamiento y tratamiento. Para cada una de las tecnologías desarrolladas existen diferentes modelos que poder implementar para llevar a cabo este papel.

FOSA SÉPTICA

Generalmente una fosa séptica alcanza la eliminación de los sólidos en suspensión de un 50% y entre un 30 y un 40% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Por esto, es conveniente que un camión de vacío tenga acceso a las instalaciones para poder evacuar el efluente almacenado y terminar de tratarlo.

6.5.1.1 Vaciado por bomba motorizada

El vaciado por bomba motorizada trata de la recolección y el almacenamiento de los residuos que se quieren desechar por parte de un vehículo equipado con una bomba motorizada para la absorción y un tanque de almacenamiento para el transporte.

En estos casos, la bomba conectada a la manguera es bajada por las aberturas de la fosa séptica y se genera el bombeo de los lodos hasta el tanque del vehículo.

Estos vehículos de vaciado y transporte pueden ser operados por agencias gestoras de las aguas de alcantarillado, en lugares donde cuenten con estas instalaciones, o por diferentes empresas privadas, la cuales cuentan con una gran variedad de precios y de servicios. A continuación, se muestra un esquema del vaciado con los vehículos de vaciado:

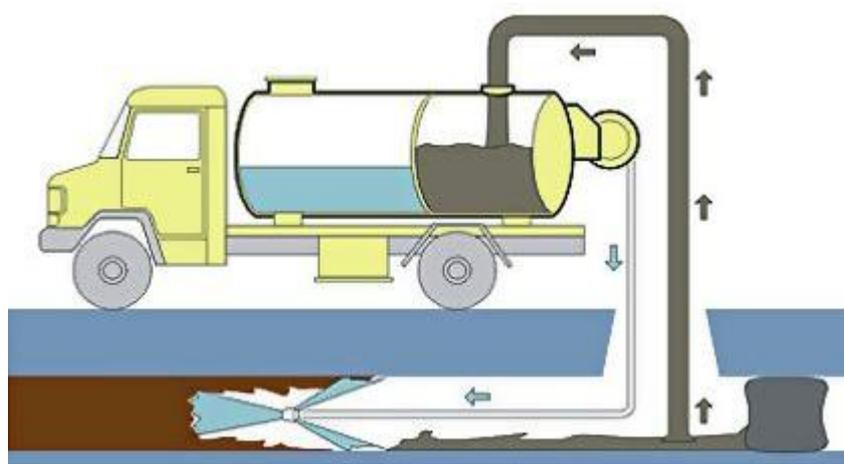


Ilustración 52. Esquema de vaciado con vehículo con bomba. Fuente: Limpiezas Senar

6.5.1.2 Campo de filtrado

El campo de drenaje consiste en una red de canales con tubos con perforaciones enterrados bajo tierra y rellenos de grava. El fin de los tubos con grava es disipar el efluente generado en la fosa séptica en el terreno.

Una vez que el efluente abandona la fosa séptica, es dirigido por una red de canales paralelos. Es necesario un sistema que proceda a realizar las dosificaciones entre 3 y 4 veces al día (un sistema dosificador con temporizador), para asegurar las condiciones aeróbicas en la totalidad del campo de filtrado para la recuperación del terreno entre vertido y vertido.

Cada uno de los tubos paralelos debe encontrarse a una profundidad mínima de 0,3 m y a una profundidad máxima de 1,5 m. Además, el ancho de cada trinchera deberá ser mayor de 0,3 m y menor de 1 m. la longitud máxima de cada una será de 20 m y constarán de una separación de entre 1 y 2 m.

Estos canales subterráneos deben de estar rellenos de piedras limpias, encima de las que se encontrarán ubicados los tubos perforados. Para maximizar el disipado de el sistema, las tuberías pueden ir recubiertas de piedras adicionales hasta quedar cubiertas por completo. Esta última capa de rocas debe ir recubierta por una tela geotextil para evitar que se taponen

los orificios de salida. A continuación, se muestra un esquema de la conexión de cada uno de los sistemas, terminando con el campo de filtrado, Ilustración 53:

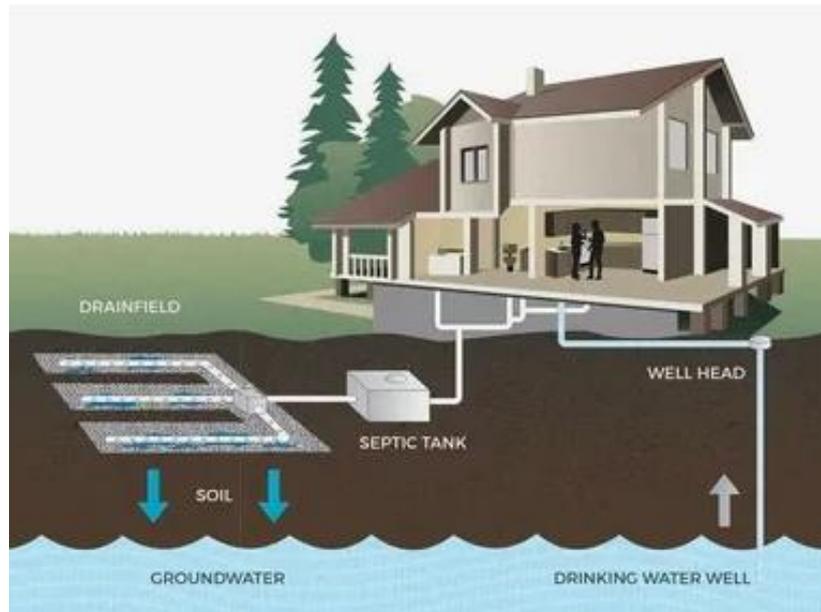


Ilustración 53. Sistema de campo de filtrado. Fuente: Expertosdelagua

Con el fin de evitar las contaminaciones de terrenos de cultivo o de aguas subterráneas, el campo de sedimentación debe encontrarse a una distancia mínima de 30 m de fuentes de agua potables. Además, en el área ocupada por el campo no debe haber vegetación como plantas o árboles.

Este sistema no requiere de un mantenimiento excesivo, pero en caso de no funcionar de forma eficiente, los canales deben ser limpiados o cambiar las partes necesarias.

REACTOR ANAEROBIO UASB

En el caso del reactor anaerobio UASB, la gestión de los residuos generados es una de las partes más importantes del proceso global, teniendo que manejar de forma adecuada todos los subproductos que se han generado en torno a la digestión anaerobia de estos. A continuación, se van a exponer los diferentes tratamientos a realizar según cada uno de los productos generados al finalizar el proceso de digestión en el reactor:

- Biogás: todo el proceso de digestión anaerobia de los desechos fecales de las instalaciones de los aseos se realizar con el fin de conseguir una fuente de energía limpia, por lo que el biogás que hay que tener un mayor cuidado por su alto valor. Este derivado se va a utilizar para la generación de electricidad o de calor. Para poder aprovechar esta fuente de energía, se necesita un sistema de recolección donde almacenar el producto generado y otro de purificación para el uso final de este. Algunos sistemas de almacenamiento posibles para el biogás son los tanques industriales, a continuación, se muestra un ejemplo:



Ilustración 54. Tanques de almacenamiento industrial. Fuente: NyF de Colombia

También, es posible almacenar el biogás generado en el reactor anaerobio en una cámara secundaria, parecida al propio reactor, en las que las dimensiones sean menores. A continuación, se muestra un esquema representativo:

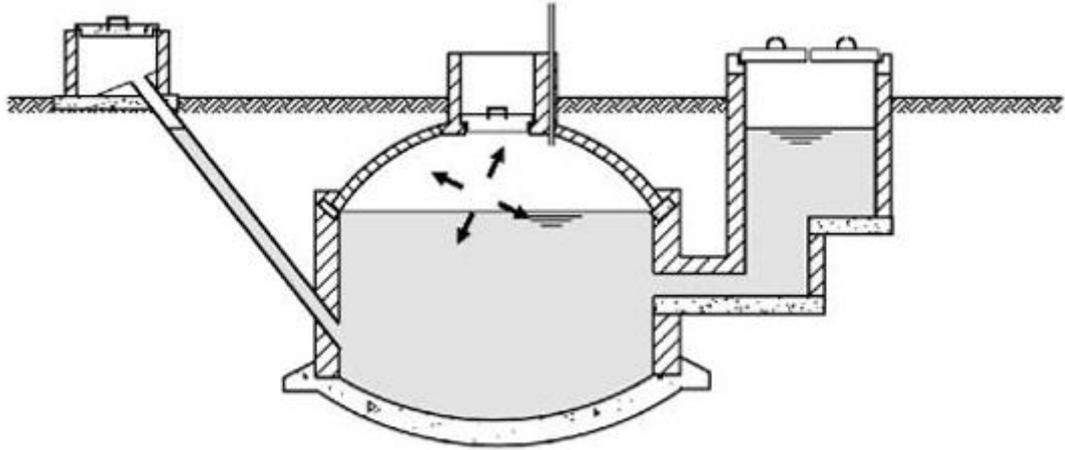


Ilustración 55. Cámara de almacenamiento de biogás. Fuente: Pirhua-UDEP

- Digestato: se entiende por digestato el conjunto de subproductos, tanto sólidos como líquidos, resultante del proceso de digestión anaerobia. Este producto es el mismo que se ha tratado en puntos anteriores como producto generado al final del proceso de almacenamiento y tratamiento para utilizar como fertilizante natural en los campos de cultivo, pero, en este caso, no se trata del producto derivado principal, sino de un secundario. La parte líquida del digestato acostumbra a almacenar altos niveles de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, siendo estos muy beneficiosos para la salud de la tierra de los campos de cultivo. Por otro lado, el digestato sólido puede ser utilizado como enmienda del suelo, corrigiendo la acidez del terreno y neutralizar los diferentes efectos tóxicos derivados de altas concentraciones de algunos elementos como el aluminio, el hierro o el manganeso. Para esta parte, es importante realizar un análisis de los productos para asegurarse de que los niveles de los nutrientes se encuentren en los márgenes establecidos para tratar adecuadamente los terrenos y no dañar el medio ambiente.

Finalmente, la gestión de los residuos que se generan al concluir el proceso de digestión anaerobia del reactor UASB tiene como objetivo la optimización máxima del

aprovechamiento del biogás y de los subproductos para los campos de la agricultura, asegurando el cumplimiento de las regulaciones ambientales y no ser perjudiciales para el entorno.

Para poder utilizar el biogás producido en el digestor, se necesita algún sistema de producción de energía eléctrica. Aunque se pueden utilizar diferentes modelos, un ejemplo de sistema útil sería un sistema de cogeneración.

El sistema de cogeneración tiene el biogás como combustible con el que producir tanto electricidad como calor a lo largo de un solo proceso, dependiendo de la utilidad final que se le quiera dar. Utiliza el biogás para funcionar, llevando a cabo la combustión de este mediante un motor de combustión interna, Ilustración 57, el cual impulsa un generador con el que se produce la electricidad. Este proceso genera un calor residual que puede ser recuperado y utilizado para calentar el propio digestor anaeróbico con el fin de alcanzar las temperaturas más adecuadas o para climatizar diferentes espacios.

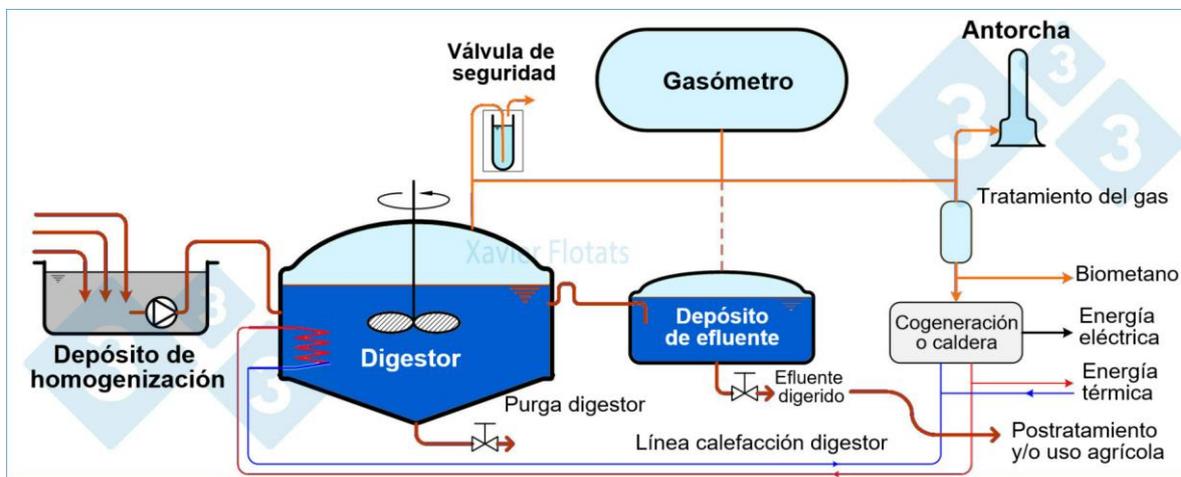


Ilustración 56. Esquema de sistema de producción de energía. Fuente: 3tres3

En la Ilustración 56, se muestra el esquema de los diferentes dispositivos que constituyen la planta de generación de biogás y de producción de la energía eléctrica mediante el uso del combustible producido en la planta anterior. El digestor con el que se produce el biogás

puede ser otro modelo diferente, así como el sistema de cogeneración también podría ser cambiado por otro modelo como puede ser una caldera, dependiendo del uso que se le quiera dar al combustible.

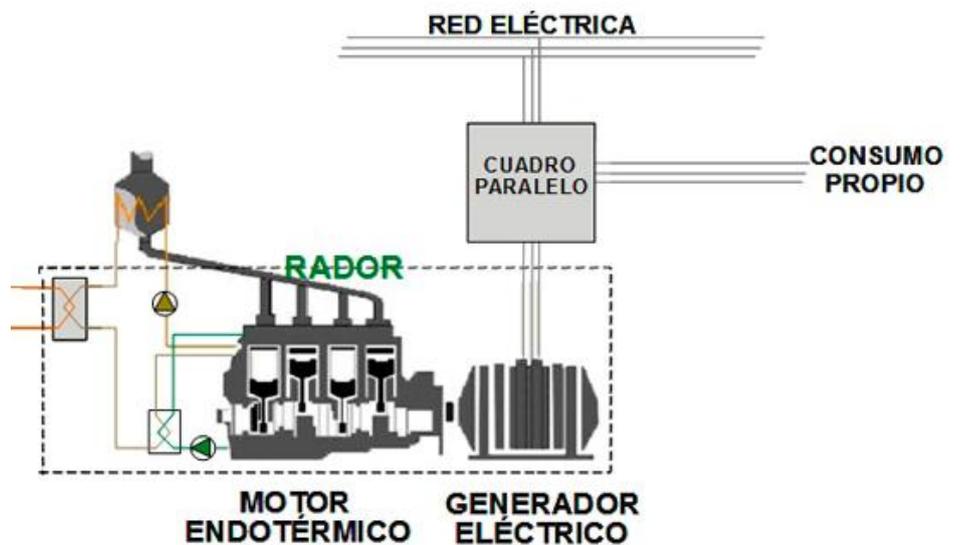


Ilustración 57. Esquema de motor de combustión interna y generador. Fuente: Absorsistem

Capítulo 7. RESULTADOS

En este capítulo se van a comentar los resultados más importantes obtenidos finalmente con el desarrollo del proyecto, realizando un análisis global del trabajo realizado y de los objetivos alcanzados.

En el caso del modelo de aseo destinado a viviendas unifamiliares, se ha llegado a un diseño adaptable a los lugares remotos de entorno rural, siendo las materias primas requeridas para su construcción y su correcto funcionamiento las mínimas posibles. Teniendo en cuenta los objetivos marcados para este modelo de aseo, se muestran cada una de las metas marcadas y si han sido alcanzadas o no:

Aseo para las viviendas unifamiliares:

- Funcionalidad en el entorno familiar: se consigue un diseño funcional tanto para hijos como para padres.
- Mantenimiento sencillo: el modelo no cuenta con dispositivos que requieran alto grado de mantenimiento, por lo que queda un sistema fácil y sencillo de utilizar y de mantener, sin ser necesarios grandes esfuerzos.
- Optimización del espacio: se ha llegado al uso mínimo del espacio que conlleva un aseo sin dejar de lado su parte funcional y sistemas de ventilación.
- Ahorro de agua: con el sistema seleccionado para la recolección, almacenamiento y tratamiento de los residuos generados, se llega a un punto en el que la necesidad del agua queda a parte.
- Adaptabilidad: al diseñarse el modelo a una misma altura, se adapta a las necesidades de entrada de todos los públicos.

Para el modelo de los aseos destinados a los colegios, se ha generado un diseño con capacidad de albergar a gran cantidad de alumnos, pudiendo gestionar los residuos de diferentes formas, en caso de tener los medios necesarios. También ha quedado un modelo escalable para aumentar o disminuir sus capacidades. Los objetivos propuestos para este modelo quedan finalmente de la siguiente manera:

Aseo para las escuelas:

- **Accesibilidad total:** uno de los puntos que se han tenido en mente a lo largo del desarrollo del modelo ha sido tener accesibilidad total a las instalaciones, colocando rampas a la entrada de los aseos y barras a la que poder agarrarse en el interior, dejando un espacio efectivo para todos los públicos y todas las necesidades.
- **Facilidad de limpieza y uso:** se ha llegado a un diseño final en el que no se han añadido grandes cantidades de dispositivos sofisticados, por lo que se acaba con un modelo fácil de mantener limpio y con un uso simple.
- **Concienciación y educación de los niños:** la adición de sistemas de lavado de manos en cada uno de los compartimentos de los aseos y la separación entre los niños y las niñas, generan un clima de concienciación con la higiene corporal propia y los pasos a seguir a la hora de ir al aseo.
- **Optimización del espacio:** se ha buscado el uso óptimo del espacio requerido para la construcción de los aseos a utilizar por todo el colegio, generando un modelo adaptable a las diferentes extensiones del terreno.

Larga durabilidad: con la cantidad de personas que van a utilizar los aseos, se ha quedado un diseño en el que el desgaste a lo largo del tiempo por los usuarios es mínimo, generando unas instalaciones de larga durabilidad siendo completamente funcional.

- Seguridad de uso: en este punto, se ha buscado un ambiente interior ventilado y libre de insectos. Además, las puertas dejan intimidad a los usuarios, añadiendo cierres de seguridad en las puertas en el caso de ser necesario.

Finalmente, se concluye el trabajo viendo cumplidos los requerimientos impuestos por las asociaciones con las que se ha colaborado a lo largo del proyecto, teniendo diferentes modelos que utilizar y diferentes dispositivos a instalar en cada una de las fases constituyentes de los aseos.

Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Una vez llegada la parte final del proyecto y habiendo terminado el desarrollo de todas las tareas, se puede concluir con una serie de ideas de puntos importantes a nivel global a los que se ha aportado a lo largo de este proyecto.

En primer lugar, ambos modelos de los aseos ecológicos son viables, presentando de esta manera una solución efectiva para combatir los problemas de saneamiento de las zonas remotas de los países en los que la higiene y la falta de recursos continúa siendo un gran problema.

Por otra parte, se ha visto la posibilidad de crear modelos de aseo a menor escala en el caso de las viviendas unifamiliares, y a mayor escala en el caso de los aseos de las escuelas, asequibles mediante el uso de materiales autóctonos, modelos de uso optimizados y el máximo aprovechamiento de los espacios y las materias generadas.

El impacto ecológico que tiene el uso reducido de un bien tan escaso como es el agua limpia con posibilidad de utilización y la capacidad de producir tanto compost como biogás, son puntos que ayudan a avanzar a las poblaciones desfavorecidas y produce mejoras en el medio ambiente.

Por último, en cuanto a las conclusiones del trabajo, la sanidad es uno de los puntos más importantes en la vida de las personas, globalmente, y el no tener lugares donde poder acudir a hacer las necesidades primarias y no tener lugares donde recolectar, almacenar y tratar los residuos generados genera un atraso abismal en aspectos higiénicos. El desarrollo de modelos fáciles de construir y asequibles, es un avance para los lugares en los que hay que desplazarse a zonas apartadas de las poblaciones, dejando de lado la integridad personal al ponerse en peligro.

En cuanto a posibles trabajos futuros, se quedan bastantes puntos que se pueden ver a lo largo del desarrollo del proyecto como son:

- Ampliación de los sistemas y prueba: sería muy interesante el poder poner a prueba los sistemas desarrollados y el poder ampliar los modelos para tener un mayor alcance.
- Avances en la tecnología: una vez desarrollados modelos utilizando dispositivos tecnológicos, sabiendo su funcionamiento y cómo se adaptan a las necesidades de los sistemas, se podría ampliar el uso de las tecnologías, generando grandes avances.
- Sigüientes pasos en la sensibilización: en vez se haya instaurado el uso de las instalaciones de los aseos y los niños se hayan concienciado de la importancia de su utilización y la limpieza de las manos para poder preservar la higiene, se puede avanzar en las facetas de cuidado de la salud y del medio ambiente.
- Integración de estas tecnologías en el día a día: al igual que la adaptación de los niños al uso de las instalaciones de los aseos, se puede empezar a integrar nuevas tecnologías en diferentes ámbitos en estas localidades. Sería el caso de sistemas de gestión de los residuos a nivel local, no individual, o sistemas de recogida de aguas de mayor magnitud y con abastecimiento a una mayor parte de la población.

Finalmente, estos modelos no sólo proporcionan servicios de saneamiento básicos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad medioambiental y la mejora de la salud pública en las zonas donde se implementan. Con desarrollos futuros y mejoras continuas, estos sistemas de aseos ecológicos tienen el potencial de cambiar significativamente las vidas de las personas en las zonas más necesitadas.

Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Elisabeth Tilley, Christoph Lüthi, Antonie Morel. Compendio sistemas y tecnologías saneamiento_2008.
- [2] Agua-Saneamiento-e-Higiene-para-las-Poblaciones-en-Riesgo-536-584
- [3] José A. Mancebo, María J. Rodríguez, Araceli Lozano. “Evaluación de sistemas aislados de tratamiento de aguas residuales”
- [4] Declaración Universal de los Derechos Humanos
- [5] Igma Pacheco-Ribas. “Cálculo y dimensionamiento de fosas sépticas de dos cámaras”. Febrero, 2017.
- [6] Francisco J. Caceido Messa. “Diseño, construcción y arranque de reactor UASB piloto”. <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3413/franciscojaviercaicedomessa.2006.pdf>
- [7] C.A. Lucho-Constantino, S.A Medina-Moreno. “Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta fosep”, Revista Mexicana de Ingeniería Química, Octubre 2015.

ANEXO I

El siguiente anexo relaciona el trabajo desarrollado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un total de 17 metas mundiales establecidas por las Naciones Unidas en 2015 como parte general de la Agenda 2030. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible engloban una amplia variedad de áreas en relación con la sociedad, con la economía y con el medio ambiente, con la finalidad de conseguir los acontecimientos más apremiantes que necesita el mundo para poder llegar y promover un futuro más sostenible, justo y equitativo. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos en el año 2015 son:

1. Fin de la pobreza.
2. Hambre cero.
3. Salud y bienestar.
4. Educación de calidad.
5. Igualdad de género.
6. Agua limpia y saneamiento.
7. Energía asequible y no contaminante.
8. Trabajo decente y crecimiento económico.
9. Industria, innovación e infraestructura.
10. Reducción de las desigualdades.
11. Ciudades y comunidades sostenibles.
12. Producción y consumo responsables.
13. Acción por el clima.
14. Vida submarina.
15. Vida de ecosistemas terrestres.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas.
17. Alianzas para lograr los objetivos.

A continuación, se muestra una imagen que engloba todos los ODS establecidos por las Naciones Unidas para cumplir con la Agenda 2030:



Ilustración 58. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: UN

ODS 1: Fin de la pobreza:

El principal objetivo de este ODS, Ilustración 59, es llegar a la eliminación total de todas las formas y dimensiones de la pobreza alrededor de todo el mundo. El diseño y la implantación de modelos de aseos ecológicos puede llegar a desempeñar un papel significativo en el alcance de este punto en países donde la pobreza continúa siendo un problema.

Este tipo de instalaciones promueve la gestión de los desechos humanos de una forma más segura, llevando a una reducción de la propagación de enfermedades transmitidas por la falta de saneamiento de las aguas negras, lo que lleva a una mejora en la salud y el bienestar de las poblaciones. También,

genera una menor necesidad de atención médica para estos casos, haciendo un uso más eficiente y optimizando los servicios sanitarios.



Ilustración 59. ODS Fin de la pobreza. Fuente: UN

La accesibilidad a servicios de saneamiento apropiados es vital para preservar el empoderamiento y la dignidad humana. La falta de este tipo de instalaciones de saneamiento, seguras y privadas, suelen desembocar en situaciones peligrosas e incómodas, lo que puede llevar a restringir y limitar el papel que desarrollan las mujeres tanto en la sociedad como en la economía. La construcción de aseos ecológicos genera un ambiente más respetuoso y seguro.

Por último, la carencia de accesibilidad a las instalaciones necesarias para un saneamiento adecuado suele ir acompañada de una repercusión negativa en la economía comunitaria. La mala salud y las diferentes enfermedades que derivan de la falta de saneamiento pueden llevar a ausencias laborales y a la disminución de la productividad. Con la mejora de la salud y el bienestar mediante la instalación de esta clase de aseos ecológicos, se sientan las bases para poder desarrollar un crecimiento económico más sólido y sostenible.

ODS 3: Salud y bienestar:

Este ODS, Ilustración 60, tiene un objetivo enfocado a garantizar una vida saludable para la población y promover el bienestar de todas las edades de la sociedad. Es por esto por lo que el

diseño de aseos ecológicos sostenibles y fáciles de construir ayudan de forma directa a alcanzar esta meta:

La construcción de aseos ecológicos promueve prácticas higiénicas y reducen la exposición de la población a los patógenos intrínsecos de los desechos generados por los humanos. La implementación de este tipo de prácticas disminuye el riesgo de enfermedades transmitidas a través del agua y el contacto directo con excretas contaminadas, contribuyendo así de forma directa a la mejora de la salud en las comunidades.



Ilustración 60. ODS Salud y bienestar. Fuente: UN

El acceso a estas instalaciones de saneamiento seguras fomenta el cumplimiento y la implementación de comportamientos higiénicos como el lavado de manos y la separación de las excretas, medidas preventivas muy importantes para evitar la transmisión de una gran cantidad de enfermedades. Los aseos ecológicos pueden proporcionar de forma adicional sistemas de lavado de manos, adecuando de una forma muy eficiente el desempeño de prácticas higiénicas, mejorando la salud preventiva.

En el caso concreto de las mujeres, el tener acceso a instalaciones ecológicas de aseos seguros y privados es primordial para poder mantener una mínima higiene menstrual y el cuidado reproductivo. Todo esto, tiene un impacto muy positivo en la salud y en la calidad de vida de las mujeres.

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento:

La meta principal de este ODS, Ilustración 61, es tanto la gestión sostenible y controlada del agua y el saneamiento de la población, como garantizar su disponibilidad. En muchos de los países en los que se pretende poder instalar los diseños desarrollados en este programa, la accesibilidad al saneamiento adecuado y al agua limpia es muy limitado, afectando de manera directa y grave a la integridad, salud y bienestar de las personas residentes en estas poblaciones. Con el diseño de modelos de aseo ecológicos con los que tratar las aguas residuales generadas en los diferentes núcleos de población, se pretende llevar una mejora de los servicios de saneamiento, para que, además de ser más asequibles y accesibles, sean seguros y sostenibles. Se trata de diseños sin necesidad de grandes infraestructuras de redes de alcantarillado, por lo que va dirigido a pequeñas áreas rurales o incluso comunidades no excesivamente grandes sin acceso a los sistemas de saneamiento convencionales.



Ilustración 61. ODS Agua limpia y saneamiento. Fuente: UN

Para estos modelos de aseos ecológicos y sostenibles, se han seleccionado tecnologías capaces que hacer un menor gaste de los escasos recursos en comparación con los sistemas tradicionales más extendidos. Algunos de estos sistemas se caracterizan por su bajo consumo de agua e incluso su no requerimiento para su funcionalidad. Por eso, en las regiones que se pretende poder instalar estos modelos, donde este tipo de recursos es inmensamente más valioso por su escasez dada la difícil obtención, estos sistemas ayudan a tratar los residuos de manera segura y organizada, a reducir el riesgo de la contaminación de las fuentes de agua y las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua y un mal saneamiento.

ODS 12: Producción y consumo responsables:

La finalidad de este ODS, Ilustración 62, trata de generalizar nuevos patrones de consumo y producción sostenibles a largo plazo. El diseño y la implantación de los aseos ecológicos busca entre otras cosas la reducción de la huella ambiental relacionada con la eliminación y el tratamiento de los residuos generados por los humanos. Estos diseños buscan evitar o minimizar el uso de los recursos naturales, dejando de lado sistemas que requieren un abastecimiento insostenible y pudiendo minimizar así el impacto ambiental que tienen estos.



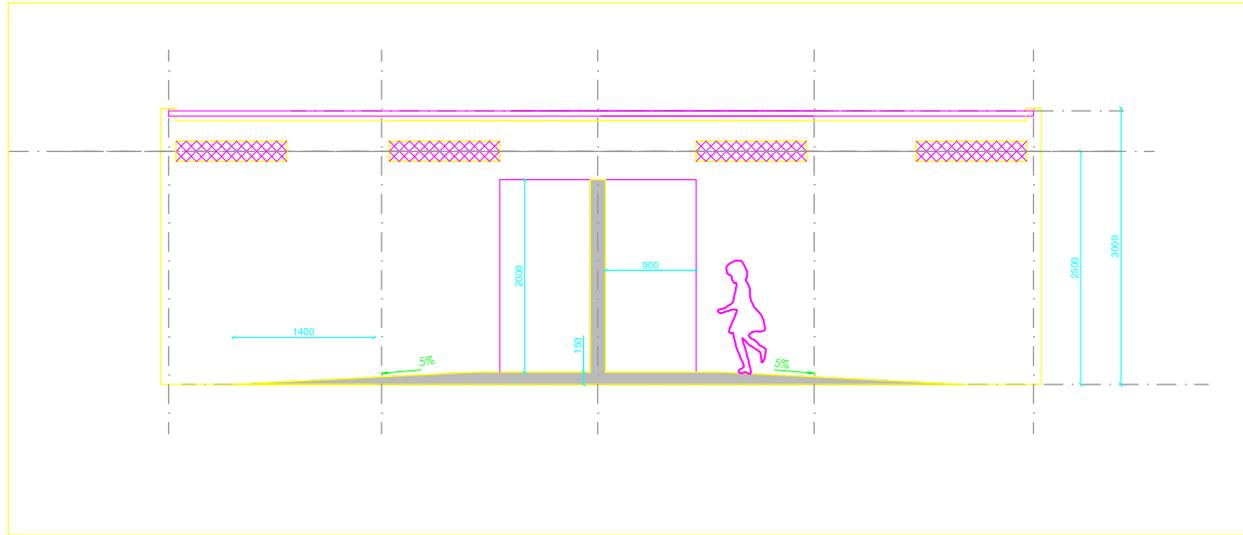
Ilustración 62. ODS Producción y consumo responsables. Fuente: UN

Los aseos ecológicos que se tratan en este proyecto están formados por tecnologías de tratamiento de los residuos biológicos generados por los usuarios capaces de reciclar los nutrientes y transformar la materia orgánica. Esto contribuye de forma directa a generar una economía circular mucho más sostenible y a la conservación de los recursos que resultan tan escasos en muchas de las poblaciones. Es el caso de los modelos desarrollados, capaces de generar fertilizantes orgánicos (Eco Hummus) utilizando el compost de los desechos, pudiendo ser utilizado en las plantas agrícolas cercanas a las instalaciones y promoviendo una mejora de la productividad del suelo; además de la producción de energía limpia para el abastecimiento de los dispositivos eléctricos más influyentes.

Todo esto ayuda a cerrar el ciclo de los residuos generados, reduce el consumo de fertilizantes químicos capaces de generar impactos negativos en las propiedades de las tierras y empeorar el medio ambiente, y reducir el consumo energético o generar una fuente de energía en localizaciones donde no tenían la posibilidad de usar esta clase de recurso.

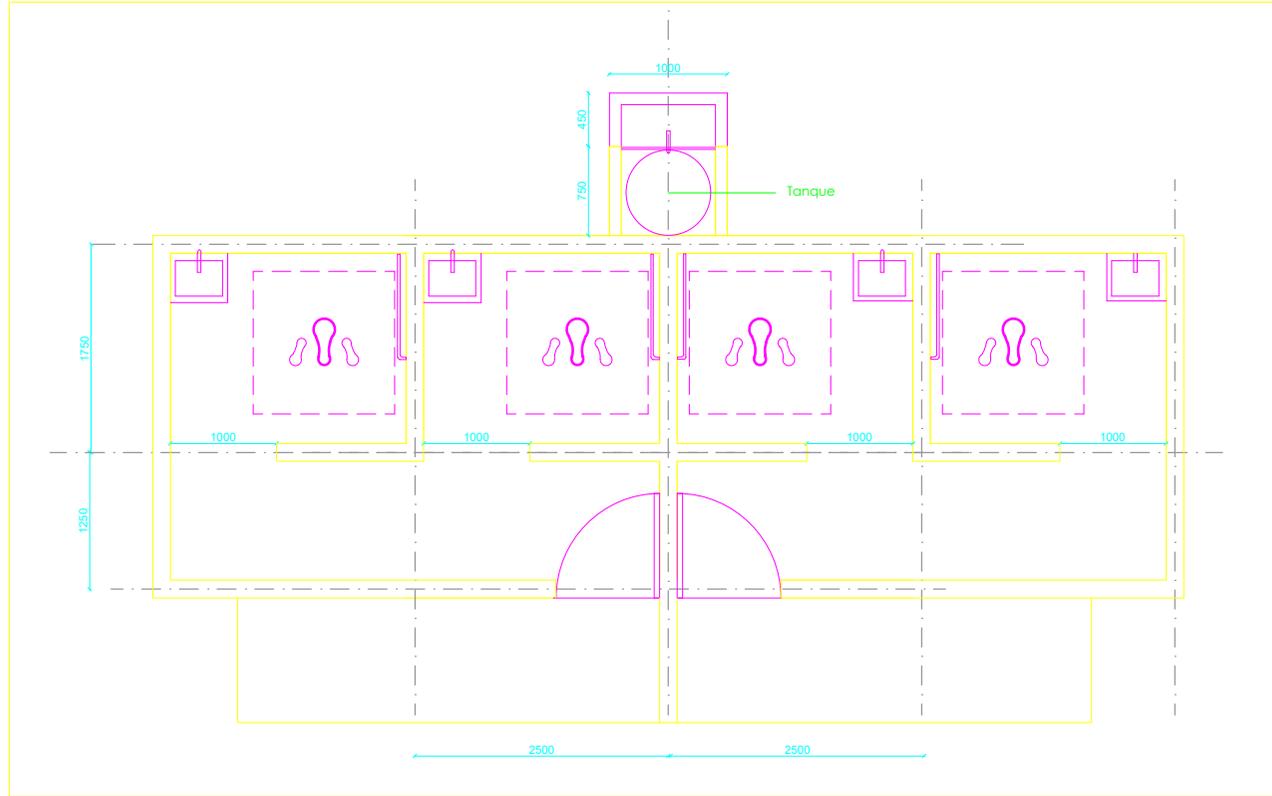
ANEXO II

En este anexo se muestran los planos de diseño del modelo de aseo destinado a las escuelas.



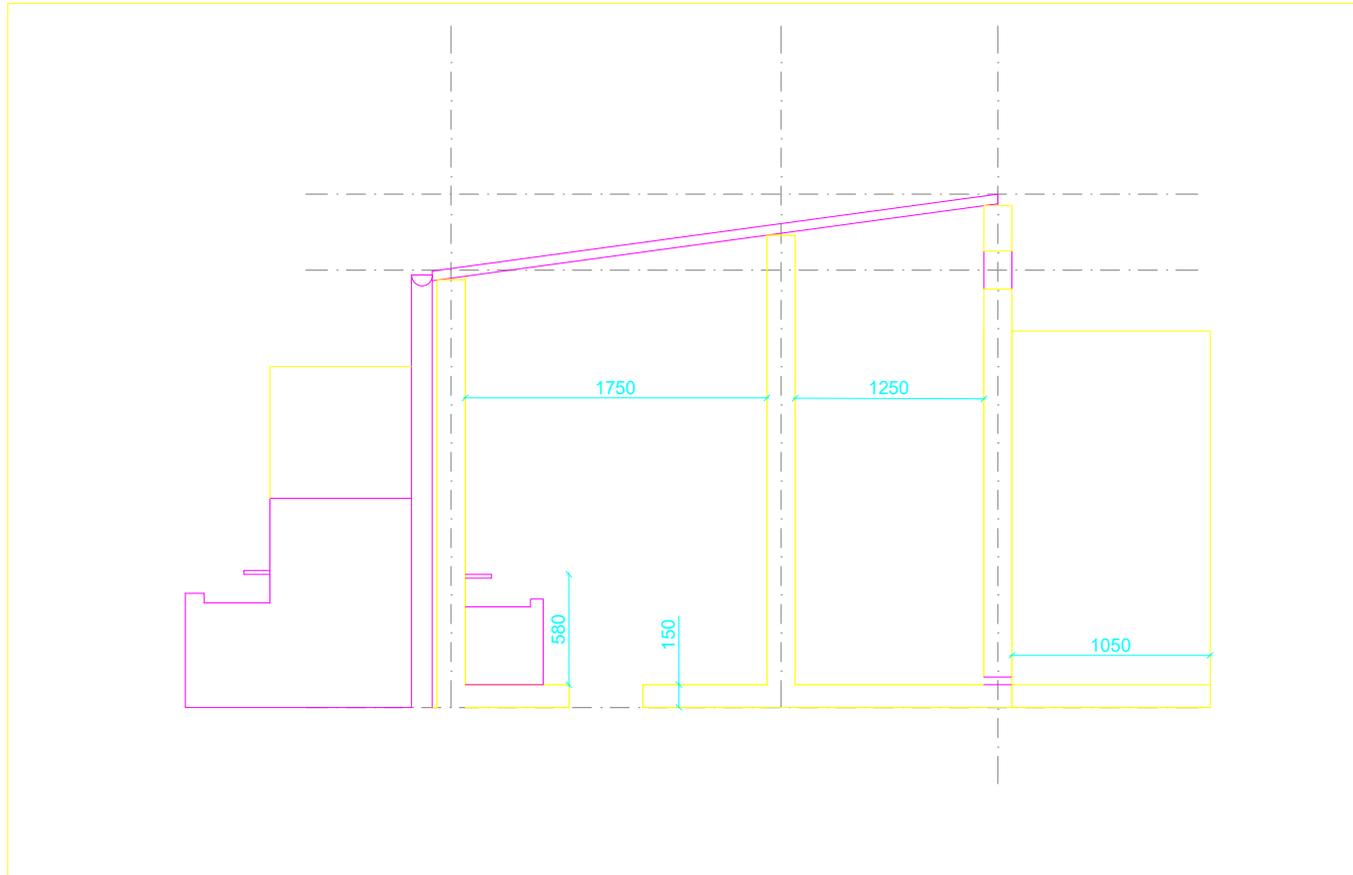
ALZADO

Diseño de un modelo de aseo ecológico, asequible y construable en lugares remotos <small>PROYECTO</small>	02 <small>N° DISEÑO</small>
Infraestructura de aseos escolares	INGENIERÍA
	<small>ESCALA/HOJA</small> 1/30 - A4
<small>DISEÑO</small>	<small>DATA</small> 06/08/2023
<small>DISEÑO</small> Alzado	rev 0



PLANTA

Diseño de un modelo de aseo ecológico, asequible y construible en lugares remotos <small>PROYECTO</small>	01 <small>Nº DISEÑO</small>
Infraestructura de aseos escolares	INGENIERÍA
	<small>ESCALA/HOJA</small> 1/30 - A4
<small>DISEÑO</small>	<small>FECHA</small> 06/08/2023
<small>Diseño</small> Planta	rev 0



PERFIL

Diseño de un modelo de aseo ecológico, asequible y construible en lugares remotos <small>PROYECTO</small>	03 <small>Nº DISEÑO</small>
Infraestructura de aseos escolares	INGENIERÍA <small>ESCALA/HOJA 1/30 - A4</small> <small>FECHA 06/08/2023</small>
<small>DISEÑO</small>	rev 0
<small>DISEÑO</small>	PERFIL