



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES
PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS
ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA
ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Autor: Esteban Andrés Tafur Poveda

Tutor: Ing. Galo Wilfrido Núñez Aldaz, Mg.

AMBATO - ECUADOR

Marzo – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Esteban Andrés Tafur Poveda, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1002786034, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

.....

Ing. Galo Wilfrido Núñez Aldas, Mg.
Tutor.

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, Esteban Andrés Tafur Poveda con CI:1002786034, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema “**ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias biobibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



.....
Esteban Andrés Tafur Poveda

C.I: 1002786034

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



.....
Esteban Andrés Tafur Poveda

C.I: 1002786034

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Esteban Andrés Tafur Poveda. de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Ambato, Marzo 2021.

Para constancia firman:

.....

Ing. Jorge Javier Guevara Robalino, Mg

Miembro Calificador

.....

Ing. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes, Mg

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico a mis padres, novia y en especial a mi hijo
por su incondicional apoyo en todo momento
para poder cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

Gracias a todos maestros pertenecientes a la carrera de Ingeniería Civil por enseñarme el verdadero valor de la vida, por guiarme para ser cada día mejor persona, gracias por ejercer tan bella profesión y sembrar siempre conocimiento, por compartir ante mí vivencias únicas y enseñanzas magníficas, quiero expresar mis más sinceros sentimientos de gratitud y mis infinitas gracias.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Antecedentes Investigativo	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	3
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	4
1.1.3.1. Técnica de separación de orina para un sistema de saneamiento seco	7
1.1.3.2. Tratamiento de la orina	9
1.1.3.3. Microorganismos patógenos	12
1.1.3.4. Cámara de deshidratación de heces.....	14
1.1.3.5. Tratamiento durante la recolección de heces.....	16
1.1.3.6. Técnicas Alternativas para tratar las heces	19
1.1.3.7. Teoría del secado	23
1.1.3.8. Descripción del sector de estudio	30
1.1.1 Hipótesis.....	34
1.2 Objetivos	34
1.2.1 Objetivo General.....	34
1.2.2 Objetivos Específicos	34
CAPÍTULO II.....	35
2.1 Materiales y Equipos	35
2.2 Métodos.....	36
2.2.1 Plan de Recolección de Datos	37
2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis información	38

2.2.2.1. Plan de procesamiento de información.....	38
2.2.2.2. Análisis de información.....	49
CAPITULO III.....	77
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	77
3.1.1 Calor latente de evaporación.....	77
3.1.2 Energía útil en el colector	78
3.1.3 Tiempo de secado	80
3.2 Verificación de hipótesis.....	91
CAPITULO IV	93
4.1 Conclusiones	93
4.2 Recomendaciones	94
MATERIALES DE REFERENCIA.....	95
Referencias bibliográficas	95
Anexos	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales.....	35
Tabla 2 Equipos.....	36
Tabla 3 Recaudación de información.....	38
Tabla 4 Fuentes de agua potable	40
Tabla 5 Valores a pagar de agua potable	42
Tabla 6 Partes del día que usan el inodoro.....	43
Tabla 7 Residuos depositados en el inodoro	44
Tabla 8 Destino de efluentes de descarga	46
Tabla 9 Volumen de descarga por un inodoro	47
Tabla 10 Volumen total descarga del inodoro	48
Tabla 11 Orientación del colector solar	53
Tabla 12 Ángulo de inclinación de un sistema fijo.....	54
Tabla 13 Resumen de selección según la función “captación de energía”	56
Tabla 14 Absorbencia de radiación solar y emisividad para diferentes materiales ...	60
Tabla 15 Parámetros de cálculo	78
Tabla 16 Propiedades del aire a 20 °c	79
Tabla 17 Resultados obtenidos del colector.....	79
Tabla 18 Variación de temperatura del colector	80
Tabla 19 Resultados obtenidos con viruta de madera como material de cobertura...	81
Tabla 20 Resultados obtenidos con cal como material de cobertura	83
Tabla 21 Resultados de tiempo de secado con viruta de madera.....	89
Tabla 22 Resultados de tiempo de secado con cal	91
Tabla 23 Variación de temperatura durante el tiempo	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico: 1 Rutas de transmisión de agentes patógenos.....	12
Gráfico: 2 Medidas seguras de un tratamiento seco.....	13
Gráfico: 3 BAño seco con separador de orina de doble cámara	15
Gráfico: 4 Zonas seguras de tratamiento de excretas.....	18
Gráfico: 5 Proceso de secado de un producto	24
Gráfico: 6 Curva de tiempo de secado	26
Gráfico: 7 Curva de velocidad de secado.....	27
Gráfico: 8 Sector de la parroquia de atahualpa	31
Gráfico: 9 Modelo de vivienda	32
Gráfico: 10 Modelo de vivienda en planta.....	33
Gráfico: 11 Tipos de fuente de agua	41
Gráfico: 12 Valor a pagar al mes de agua potable	42
Gráfico: 13 Partes del día que usan el inodoro	43
Gráfico: 14 Residuos depositados en el inodoro.....	44
Gráfico: 15 Cantidad de personas que usan el inodoro.....	45
Gráfico: 16 Cantidad de personas que usan el inodoro.....	45
Gráfico: 17 Destino de efluentes de descarga	46
Gráfico: 18 Llenado de tanque.....	47
Gráfico: 19 Marca de llenado.....	47
Gráfico: 20 Probeta	47
Gráfico: 21 Inodoro seco.....	50
Gráfico: 22 Diagrama de funciones principales y secundarias	52

Gráfico: 23 Esquema del panel solar donde se señalan los ángulos de inclinación y azimut.....	53
Gráfico: 24 Latitud norte y latitud sur.....	54
Gráfico: 25 Latitud en grados del sector de atahualpa.....	55
Gráfico: 26 Tipos de colectores según su rango de temperatura	56
Gráfico: 27 Esquema del colector solar	59
Gráfico: 28 Trasmisibilidad del vidrio.....	61
Gráfico: 29 Representación de perdida térmicas a través de resistencia para panel con una cubierta.....	62
Gráfico: 30 Representación grafica de panel con una cubierta y sus coeficientes de perdidas	62
Gráfico: 31 Representación de perdidas térmicas a través de resistencias para panel con dos cubiertas.....	64
Gráfico: 32 Parámetros de heces humanas.....	68
Gráfico: 33 Esquemas del prototipo.....	76
Gráfico: 34 Cálculo de transferencia de calor hacia el aire	79
Gráfico: 35 Humedad total vs tiempo en horas viruta de madera.....	82
Gráfico: 36 Humedad total vs tiempo en horas cal	83
Gráfico: 37 Humedad libre vs tiempo en hora de viruta de madera	84
Gráfico: 38 Humedad libre vs tiempo en hora de cal.....	85
Gráfico: 39 Velocidad de secado vs humedad libre de viruta de madera	86
Gráfico: 40 Velocidad de secado vs humedad libre de cal	86
Gráfico: 41 Humedad libre vs inverso de la velocidad de viruta de madera	88
Gráfico: 42 Humedad libre vs inverso de la velocidad con cal.....	90

Gráfico: 43 Comparación de velocidad de secado vs humedad libre de los dos
materiales de cobertura 92

RESUMEN

El presente trabajo experimental inició con la investigación de varias técnicas alternativas para el tratamiento de aguas grises provenientes del inodoro, entre las más viables fueron: la aplicación de humedales con micrófitos acuáticos, pozos de letrinas y por último un sistema de inodoro seco, la cual fue la escogida para desarrollar la investigación debido al escaso consumo de agua potable implicado en el tratamiento.

Esta técnica consistió en separar las heces y la orina desde su origen para poder tratarlas por separado, logrando así mantener un sistema ecológico y poco contaminante para los medios acuíferos. El tratamiento para disminuir significativamente los microorganismos patógenos presentes en las heces fue la deshidratación; el cual radicó en disminuir un 25 por ciento el contenido de humedad presente en ellas. Para mejorar la eficiencia del sistema se incorporó un colector tipo plano el cual ocupa la radiación solar con el fin de aumentar la temperatura en el interior, además se ocupó dos tipos de material de cobertura: la viruta de madera y la cal, consiguiendo aumentar la velocidad de secado.

Con respecto al tratamiento de la orina no fue necesario realizar un método avanzado, solo fue suficiente mantenerla almacenada por un periodo de tiempo, ya que la orina situada en la vejiga no posee agentes patógenos que puedan transmitir enfermedades.

Los resultados obtenidos en la investigación muestran que es posible implantar este tipo de sistemas en viviendas unifamiliares que tenga escases de agua potable, siempre y cuando los usuarios estén de acuerdo.

ABSTRACT

The present experimental work began with the investigation of several alternatives for the treatment of gray water from the toilet, among the most viable were: the application of wetlands with aquatic microphytes, latrine wells and finally a dry toilet system, which was chosen to carry out the research due to the low consumption of drinking water involved in the treatment.

This technique consists of separating feces and urine from their source to be able to treat them separately, thus maintaining an ecological and low-polluting system for aquifers. The treatment to significantly reduce the pathogenic microorganisms present in the feces was dehydration, which led to a 25 percent decrease in the moisture content present in them. To improve the efficiency of the system, a flat type collector was incorporated which occupies the solar radiation in order to increase the temperature inside, in addition, two types of covering material were used: wood shavings and lime, managing to increase the drying speed.

Regarding the treatment of urine, it was not necessary to carry out an advanced method, it was only enough to keep it stored for a period of time, since the urine located in the bladder does not have pathogens that can transmit diseases.

The results obtained in the research show that it is possible to implement this type of system in single-family homes that have shortages of drinking water, as long as the users agree.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativo

1.1.1 Antecedentes

Las tres terceras partes del planeta tierra están conformadas por agua, siendo accesibles para el uso de los seres humanos y todas las especies animales y plantas, esta cantidad representa el 1 % del agua encontrada en el planeta. El 97% de agua que se halla en el mundo es procedente de los océanos lo cual no es apta para el suministro, consumo y la aplicación en los diferentes propósitos que tiene el ser humano debido a su alta cantidad de sal que posee, el 2% de agua está distribuida en los témpanos de hielo, glaciares, atmosfera y mezclada en el suelo. [1]

Los seres humanos necesitan consumir al menos tres litros de agua potable al día y un promedio de veinte litros debido a sus ocupaciones antropogénicas. El Ecuador posee la extraordinaria ventaja de atesorar 22500 m³/hab/año de agua llevando una considerable diferencia con los datos presentados por la (OMS) Organización Mundial de la Salud de 1000 m³/hab/año y a su vez (PNUMA), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) con el 1700 m³/año/hab. [2]

El manejo de aguas residuales en espacios agrícolas viene desde los tiempos arcaicos en Atenas; pese a lo cual la mayor propagación de técnicas de aplicación de aguas residuales en el suelo sucedió durante la segunda mitad del siglo XIX, especialmente en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México y Polonia. [3]

Conforme a esta visión mercantilista el mal uso de los recursos hídricos ha llevado a la reflexionar acerca de la contaminación y desperdicio de agua potable procedente de países en vía de desarrollado. La realidad es que el agua utilizada para distritos fines llega a ser contaminada a diario, entorno que podríamos cambiarlo si se realiza procesos de descontaminación antes de que retorne a las fuentes hídricas. Existen diferentes tipos de procedimientos para remover los contaminantes. Se consigue mediante asequibles técnicas físicas como es la sedimentación, en la que los contaminantes se colocan en el fondo por medio de gravedad, hasta complicados procesos químicos, bilógicos o térmicos. [4]

Los cultivos producen una limitada cantidad de alimentos a causa de la evaporación del agua contenida en el suelo y la transpiración del agua contenida en las plantas, consumiendo gran cantidad agua especialmente en zonas semiáridas o áridas del planeta, es por ello que un litro de agua no llega a ser suficiente para poder ser reutilizada en forma de regadío.

El uso de aguas residuales domesticas en la agricultura es una de las maneras más rentables para reciclar el agua, debido a la reducción de costos de consumo logrando así disminuir el impacto ambiental, estimando que el 18% de las tierras son aptas para ser regadas.[5]

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y según con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), se consiguió disminuir a la mitad la cantidad de personas sin acceso al agua potable antes de 2015; es por ello que al menos el 11% de la población mundial no posee acceso al agua potable (OMS, 2012).[6]

Debido a estos parámetros la Constitución de la República de Ecuador 2008 y el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, certifican el uso y aprovechamiento del agua

para los seres vivos, manteniendo un pertinente cuidado para el manejo y explotación de éste recurso.[2]

1.1.2 Justificación

En los últimos años debido a la escasez de agua potable en los ámbitos de la industria, agricultura y salud debido a la contaminación de aguas dulce, sequias y el uso descontrolado del agua se implementó un sistema integrado de tratamiento de aguas residuales.[1] Se considera que el cúmulo de procesos dentro de la construcción civil es responsable del 50% del uso de recursos naturales, para minimizar el impacto ambiental producido por el hombre, se propone utilizar el agua residual en la agricultura teniendo en cuenta que un efluente domestico está compuesto por (99,9%) de mezcla de agua y de sólidos (0,1 %). Del 70% de los sólidos encontrados son orgánicos y el 30% son inorgánicos.[5] El primer impedimento para el uso de aguas residuales es la presencia de bacterias coliformes, derivadas de las heces de humanos y animales; y la existencia de helmintos cuya presencia origina riesgo para la salud de los productores, sus familias y a la población que consume cultivos irrigados.[7]

Para conocer la aceptación de la comunidad se empleó una serie de encuestas para establecer la aceptación que proveen las personas en su mayoría de edad adulta para reutilizar las aguas grises con una aceptación del 80% de personas dispuestas a reutilizarlas. [8] Se propuso un sistema de tratamiento por medio de un biofiltro y un sistema de humedal trabajando en serie, lo cual requiere de un área aproximada de 25m² para una familia de cinco integrantes. [6]

El aumento de la población en zonas rurales y urbanas produjo un agotamiento de los recursos naturales y el aumento de la contaminación hídrica, generada por las descargas de aguas residuales provenientes de los alcantarillados. Bajo la guía anterior, los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales son de alto costo y escasos para el aumento de la población urbana; conjuntamente en el sector rural la

cobertura de alcantarillado y sistemas de tratamiento es aún menor. Es prudente tomar acciones específicas, en que cada vivienda tanto urbana como rural intervienen en la purificación de la contaminación hídrica que generan. Por lo que este estudio plantea un sistema descentralizado integrado sostenible, eficaz y conveniente, para viviendas de cinco personas, el cual es el encargado de recolectar y tratar de una manera sencilla y ecológica las aguas residuales.[10]

Diversas investigaciones realizadas se llevaron a cabo con la intención de reducir las cargas contaminantes que se disponen en cuerpos receptores superficiales, subterráneas y en zonas costeras, para ello se busca una manera de aprovechar los recursos hídricos mejorando la calidad de aguas frescas para ser reutilizadas de manera eficiente como es en el caso de la agricultura, se debe tener enorme cuidado con el riego de aguas domésticas no tratadas puesto que conforman una importante fuente de agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos que originan infecciones gastrointestinales en los seres humanos.[1]

Actualmente, el problema medioambiental originado del vertido de aguas residuales ha endurecido las normativas legales a nivel mundial exigiendo que estas deben ser tratadas y controladas para ser utilizadas como alternativa de ahorro.[9] Debido a sus bajos costos de elaboración y mantenimiento, la implementación de humedales artificiales deben ser analizados bajo consideraciones hidráulicas y manteniendo una estabilización de materia orgánica.[10]

1.1.3 Fundamentación Teórica

Toda comunidad genera restos sólidos y líquidos a los que llamamos aguas residuales, el agua que proviene de la comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada, no es recomendable acumularla ni estancarla debido a la generación de gases mal olientes y presencia de numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades. Las aguas residuales

almacenadas en la comunidad son transportadas en última instancia, a cuerpos receptores o al mismo terreno. Pero se debe tener en cuenta qué contaminantes están presentes en el agua residual, y a qué nivel deben ser eliminados para proteger el entorno. Debido a esto el presente proyecto se basa principalmente en la reutilización del agua residual proveniente de viviendas unifamiliares con el propósito de reducir costos de consumo y consecuentemente disminuir el impacto ambiental a los componentes del agua.[5]

Una iniciativa realizable es el uso de humedales artificiales o contruidos con la finalidad de mejorar la calidad del agua empleando una tecnología que radique en un bajo costo y con un cómodo mantenimiento para su correcto funcionamiento. [11]

La tecnología se basa en el tratamiento de aguas residuales entre las que se incluyen las aguas servidas que radica en lagunas o canales poco profundos de menos de 1 m plantados con especies vegetales típicas de zonas húmedas. El tratamiento de las aguas servidas es la consecuencia de un proceso de fenómenos fisicoquímicos y biológicos. Actualmente, la aplicación de estos sistemas se encuentra en crecimiento en todo el mundo debido a sus bajos costos de inversión (0,0035 M\$/hab), consumo energético mínimo (0,1 Kw-h/m³), simplicidad de operación, ya que requieren un poco tiempo de trabajo de operario (0,6 h/d), baja generación de lodos y la provisión de hábitat para la vida silvestre. [12]

Debido a la destreza que poseen las macrófitas acuáticas para reaccionar hasta cierto punto, todos los constituyentes del agua considerandos como contaminantes, estas se han empleado en la detección y remoción de sustancias en efluentes de aguas residuales domesticas e industriales el uso de las plantas acuáticas en tratamientos secundarios y terciarios de aguas residuales, han demostrado ser eficientes en la remoción de una amplia gama de sustancias orgánicas, así como nutrientes y metales pesados. Estas especies, no soportan sus raíces sobre un sustrato y mantienen sus órganos asimiladores flotando sobre la superficie del agua. Han demostrado ser

eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio, a través de los diferentes procesos. Según la investigación bibliográfica alrededor del 33% de investigaciones abordan la utilización de plantas acuáticas en los humedales debido a la gran capacidad que tienen para asimilar hasta cierto punto todos los constituyentes considerando como contaminantes llevándolos a cabo mediante tratamientos primarios secundarios de aguas residuales.[8]

Por otro lado, en países en vía de desarrollo se han implementado pozos de letrina debido a su sencilla operación y bajo costo de fabricación. Si bien, esta solución no es del todo efectiva puesto que puede producir contaminación a los recursos acuíferos, especialmente en sectores urbanos y zonas expuestas a inundaciones. Además, por el surgimiento de malos olores y el mantenimiento se suele construir lejos y fuera de las viviendas.

Sin embargo, existen sistemas de tratamiento capaces de reemplazar los métodos convencionales relacionados directamente con los efluentes de descargas, los cuales son destinados hacia alcantarillas para ser tratados en una planta convencional. Los llamados baños ecológicos secos; son una gran alternativa para la disposición, aislamiento, almacenamiento y tratamiento de las excretas humanas. Esta idea surge especialmente para prevenir enfermedades y que sea amigable con el medio ambiente y la protección de nuestras fuentes acuíferas, adicionalmente puede cubrir la demanda que tiene los sectores en los cuales no existe servicios sanitarios, por esta razón es una técnica accesible, viable, económica y oportuna. Existe la probabilidad que culturalmente las personas tengan algún tipo de resistencia, para evitar esta inconveniente la capacitación técnica y la educación sanitaria deben ir de la mano para que este método pueda ser ejecutado correctamente.[13]

La gran mayoría de sistemas de saneamiento en la actualidad ocupan agua potable para el tratamiento de aguas residuales, a diferencia del baño seco que utiliza muy poca o

nada a lo largo del proceso, minimizando el impacto ambiental. En la mayor parte de sectores rurales no existe alcantarillado debido a sus altos costos de construcción e instalación, menos aún sin poseer acceso a la red pública de agua potable, lo cual hace que las personas busquen nuevas alternativas para adquirir estos servicios para mejorar sus condiciones de vida y contar con un saneamiento seguro. Para que esta técnica alternativa sea sustentable se debe poner énfasis en estimular la voluntad de los usuarios para cambiar hábitos y conductas, por ejemplo, la predisposición de los hombres al orinar sentados en caso de no haber mingitorios. El éxito de este tipo de baños consiste en concientizar a los beneficiarios en no mezclar los dos desechos humanos debido a que el mayor riesgo de enfermedades por manipulación de orina humana se produce cuando existe una contaminación cruzada con las heces fecales.

1.1.3.1. Técnica de separación de orina para un sistema de saneamiento seco

El inodoro seco es una técnica alternativa favorable con el medio ambiente y con los habitantes de sus viviendas, debido a que todos los desechos “heces y orina” que producen los seres humanos no llegan a mezclarse con el agua, ni tampoco con el suelo, antes de ser tratadas. Esta técnica se diferencia de las demás dado que el inodoro separa a las heces y orina para poder tratarlas por separado para llegar a ser reutilizadas en compostaje y en regadío, de este modo reducimos drásticamente el consumo de agua y nuestra economía.

Los excrementos humanos se depositan en contenedores o su vez pueden ser traspalados por tornillos transportadores metálicos con material secante, convirtiéndose en un periodo de tiempo en pre-abono o como material de compostaje, a su vez las aguas amarillas “orina” se transportan a un depósito por medio de tubería para después ser tratadas ya sea en la agricultura o para riego de árboles. [14]

Los baños secos son una técnica alternativa viable, accesible y oportuna para la protección del medio ambiente y del cuidado de nuestros acuíferos, además cubren la demanda en lugares en los cuales no exista servicios sanitarios transformando las heces humanas potencialmente nocivas en un material inofensivo para la salud, utilizando el ciclo biológico para su degradación. Su operación y construcción es de bajo costo ya que está basado principalmente en el reciclaje, a través del aprovechamiento y recuperación de los nutrientes de las heces y orina para su beneficio en la agricultura.

Mencionado lo anterior el propósito de esta técnica es mejorar las etapas de saneamiento ecológico, deshidratando las heces fecales mediante el secado lo cual aporta considerablemente con la disminución de agentes contaminantes y mejorando el tratamiento de excretas humanas. [15]

Sus componentes básicos son los siguientes:

El inodoro ecológico: Es un retrete similar a los convencionales, con la diferencia que tiene una división en su interior para separar los desechos humanos.

Cámara de secado: en cual se depositan las heces para llevar un proceso de deshidratados con la ayuda de algún material secante, se conoce como un tratamiento primario.

Tubo de ventilación: es un tubo que se coloca en el sistema para evitar malos olores y aporta a la ventilación de la cámara.

El recolector de orina: consiste en un recipiente o un bidón cerrado, que facilita a su almacenamiento para ser tratada.

Agregado o secante: Es la mezcla viruta de madera o tierra que se usa para cubrir las heces cada vez que se ocupe el sanitario.

Mingitorio: este aparato sanitario es comúnmente usado para la comodidad de los varones que conforman las familias y además evita el ingreso de líquidos en la cámara de heces cuando se usan el inodoro.

1.1.3.2.Tratamiento de la orina

El método propuesto sugiere separar la orina desde su origen a fin de ser reutilizada, este proceso es eficaz para tratar los agentes patógenos debido al poco consumo de instrumentos y energía, el objetivo de esta técnica es llegar a tener un fertilizante de alta calidad reduciendo su demanda.[15]

Para que la orina pueda ser usada en la agricultura la mejor opción es el almacenamiento en contenedores, ya que el tiempo de almacenamiento, el pH superior a 9, temperaturas mayores 20°C y concentración de amoníaco determinan la supervivencia de los agentes patógenos.

El tiempo de almacenamiento depende si la orina fue recolectada en hogares o en sistemas de mayor escala, si va a ser vendida como producto o si va a ser usada a escala familiar. Para la mayoría estas situaciones se recomienda los siguientes periodos de tiempo:

- Para sistemas caseros o mingitorios; se requiere una o dos semanas de almacenamiento si es destinado para el jardín local o para la producción únicamente de la familia.

- En sistemas de gran escala o para ser usados como fertilizante en cosechas consumidas previamente a la cocción, es recomendable que sea almacenada por un mes; por otro lado, si los alimentos son consumidos crudos se debe almacenar mínimo 6 meses.
- La orina fresca y sin almacenar nunca debe ser usada como fertilizante.

Mingitorio seco

Existen dos razones por el cual se debe implantar un mingitorio en una vivienda; el ahorro, debido a que un mingitorio convencional consume un promedio de 1.2 litros de agua por descarga y la recolección de orina pura para ser usada como fertilizante.

Este aparato sanitario específicamente está diseñado para ser usado de pie, a pesar de ocupar mayor espacio en el baño está destinado hacia la comodidad del género masculino.

Las cañerías semirrígidas son las más apropiadas para implementar en este tipo de sistemas de saneamiento teniendo en cuenta las siguientes referencias:

- El diámetro mínimo de la tubería de descarga debe tener 50mm.
- Inclinación adecuada es del 5%, con un decrecimiento de altura del 5cm, por cada metro.
- Los materiales de la tubería pueden ser de; el polietileno (PE), polipropileno (PP), cloro polivinílico (PVC) y PVC sin plastificar (uPVC)

Importancia de separar la orina

Estos son los factores más importantes que conlleva a los usuarios a separar la orina in situ, mediante una división en el inodoro:

- a. Minimizar los olores ya que la mezcla entre las heces y orina producen gran cantidad de pestilencia.
- b. Ayuda a que material fecal se seque rápidamente lo que implica un uso más simple e higiénico.
- c. Reduce el impacto ambiental.
- d. Recolectar la orina para ser usada como fertilizante.
- e. Disminuir completamente las bacterias patógenas que causan enfermedades infecciosas.

El volumen de heces que producen los seres humanos al año es de cinco veces menos que la orina, estimando que los 550 litros excretados en su totalidad por una persona, 50 son de material fecal y 500 son de orina. [14]

Este diseño coopera con la anatomía de los individuos, que evacuan las heces y orina de forma separada. La orina se drena por un orificio frontal que va conectada a una tubería de PVC o de plástico, mientras que el material fecal desciende por un conducto más grande por la parte posterior de la tasa del baño.

1.1.3.3. Microorganismos patógenos

Las enfermedades infecciosas que pueden ser transmitidas por el medio ambiente están asociadas a cuatro grupos de microorganismo patógenos: helmintos, protozoos, virus y bacterias. De igual modo, algunos hongos parasitarios pueden causar enfermedades a humanos. Existen dos formas en las cuales puede ocurrir un modo de contagio, la primera es de forma directa entre persona a persona incluyendo la vía aérea a corta distancia; o la indirecta que puede ser transmitida vía aérea a larga distancia.

El siguiente cuadro muestra las rutas de transmisión secundaria referente a la categoría fecal-oral, ya que implican la inhalación o ingestiones de patógenos.

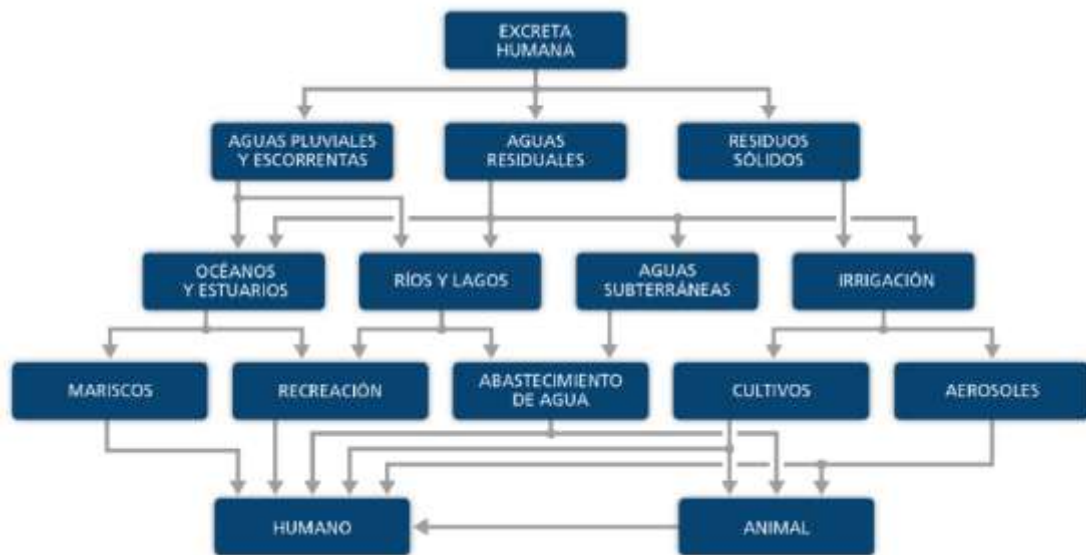


Gráfico: 1 Rutas de transmisión de agentes patógenos
Fuente: Federico Augusto Dabbah [14]

El uso de agua residual descargadas en áreas cultivables sin tratamiento, ha causado una importante ruta de transmisión en los sistemas de saneamiento. Es por ello, que un sistema de saneamiento seco tiene menos posibilidades de afectar las aguas subterráneas o superficiales.

En sectores en los cuales existen niveles freáticos altos las letrinas de fosas, como las letrinas excavadas no son una solución favorable para medio ambiente, en vista que determinados tipos de suelo pueden favorecer al transporte microbiano.

En el siguiente grafico se muestran algunas medidas para evitar la exposición y transmisión afines al inodoro seco.

Área o procedimiento de lugar a la exposición de patógenos	Rutas de transmisión	Medidas técnicas	Medidas de comportamiento
Inodoro	Contacto directo, transporte a las aguas subterráneas, contaminación ambiental	Agua disponible para el lavado de manos, cámara de recolección elevada, cámaras de recolección impermeabilizadas	Lavado de manos, mantener el agua del inodoro limpia
Manejo primario Recolección y transporte	Contacto directo	Cenizas, cal u otro medio para reducir los microorganismos en el inodoro seco, personas informadas recolectan y transportan la excreta	Usar guantes, lavado de manos, adición de cenizas, cal u otro medio para reducir el contenido microbiano durante el uso
Tratamiento	Contacto directo, contaminación ambiental	Elección adecuada de la ubicación, tratamiento en sistemas cerrados, material informativo y señalización en el sitio	Usar guantes y ropa protectora, lavado de manos, evitar el contacto en las zonas de tratamiento
Manejo secundario aplicación, fertilización	Contacto directo	Agricultores informados reutilizan la excreta, equipo especial disponible	Usar guantes, lavado de manos, evitar el contacto en las zonas de tratamiento
Campo fertilizado	Contacto directo, transporte a las aguas superficiales o subterráneas	Trabajando con la excreta dentro de la tierra, material informativo y señalización	Evitar campos recién fertilizados
Cultivo fertilizado	Consumo, contaminación de la cocina	Elección del cultivo adecuado	Apropiada preparación y cocción de los productos alimenticios, limpieza de las superficies de la cocina y los utensilios

Gráfico: 2 Medidas seguras de un tratamiento seco
Fuente: Federico Augusto Dabbah [14]

Patógenos en heces

El rotavirus, adenovirus, entéricos, enterovirus y calicivirus son uno de los grupos más comunes de virus excretados por las heces. Cuando las normas de seguridad son bajas

y no existe control de los desechos, el agua contaminada destinada a los alimentos procedentes de la tierra produce contagios de hepatitis tipo A hacia los consumidores.

Entre las bacterias, la Salmonella, Campylobacter y la E. Coli enterohemorrágica (EHEC) son generalmente de importancia, tanto en países industrializados como en desarrollo, cuando se evalúan los riesgos microbianos de varios productos fertilizantes incluidas las heces, los lodos residuales y el estiércol animal.

Los protozoarios, Cryptosporidium parvum y Giardia lamblia intestinalis han sido estudiados intensamente debido a su alta resistencia ambiental y bajas dosis infecciosas, el Cryptosporidium por su asociación con algunos brotes grandes de enfermedades relacionadas con el agua, y la Giardia por su alta prevalencia como patógeno entérico. Entamoeba histolytica es también reconocida como una infección de cuidado en países en desarrollo. La importancia general de otros como la Cyclospora e Isospora está siendo debatida actualmente.[14]

Patógenos en la orina

En personas que se encuentre bien de salud, la orina situada en su vejiga no posee agentes patógenos que puedan transmitir enfermedades. A menos que, el destino de este fluido sea dirigido hacia la agricultura, la única enfermedad considerada riesgosa es el schistosoma heamatobium.

1.1.3.4.Cámara de deshidratación de heces

La función de las cámaras de secado es acumular las heces en bóvedas las cuales deben ser elaboradas de forma segura, sin estar en contacto con los miembros de la familia.

Para lo cual, se debe incluir una puerta en el diseño, o algún otro método que evite el contacto de animales, a la vez que sirva para acceder a la bóveda con el objetivo de vaciarla y limpiarla.

Para que exista un tratamiento adecuado en situ se recomienda diseñar dos cámaras de deshidratación, dado que proceso de almacenamiento debe cumplir un periodo de descanso entre seis y dieciocho meses en un ambiente sin humedad que no emita olores. Cuando se llene la primera cámara en el tiempo previamente señalado, la segunda cámara debe ser trasladada debajo del inodoro ecológico, para que cumpla con el mismo ciclo de la primera es decir la operación correcta del sistema consiste en una cámara activa y otra inactiva. Por esta razón el volumen de cada cámara debe diseñarse para un periodo de llenado entre seis meses y un año, y que reposen la misma cantidad de tiempo, cabe mencionar que este periodo de tiempo podrá variar dependiendo del tratamiento escogido.

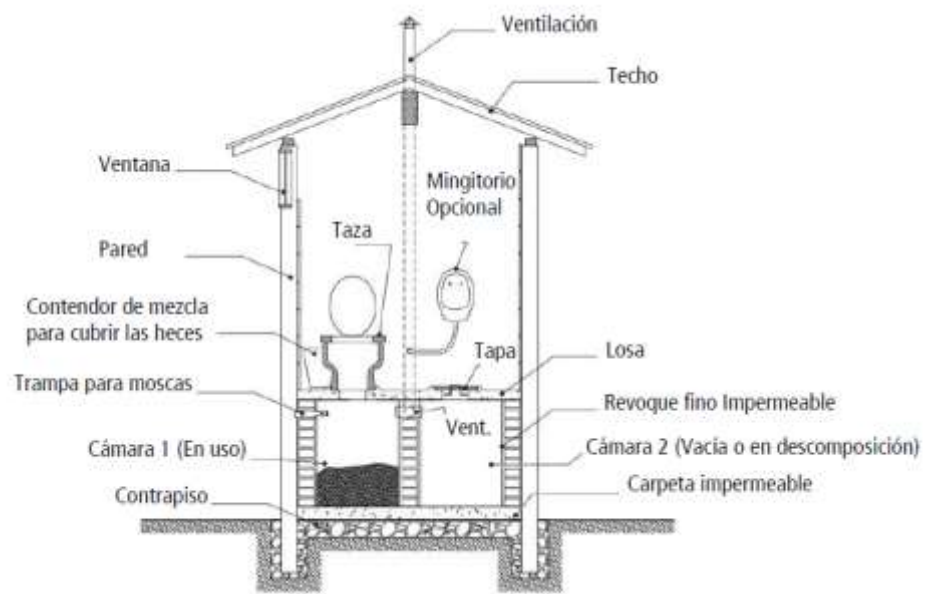


Gráfico: 3 Baño seco con separador de orina de doble cámara
Fuente: Federico Augusto Dabbah [14]

Almacenamiento de desperdicios

Todos los elementos de limpieza como periódicos u papel higiénico, deben ser separados totalmente del contacto humano siendo depositados en cámaras de almacenamiento sin llevar un proceso de separado ya que estos son contaminados con patógenos de las heces además el papel higiénico puede servir como material absorbente beneficiando al proceso de deshidratación.

Estudios realizados en Suecia estiman que la masa de papel higiénico usado al año por una persona es de 8.9 kg dependiendo de la demanda.[14] Este dato se debe incluir para el dimensionamiento de las bóvedas de almacenamiento.

Material de cobertura

Colocando una taza de material de cobertura después de cada deposición en el inodoro; promueve las condiciones de sequedad necesarias dentro de la bóveda, controla el olor inicial, previene la infestación de moscas y también crea una barrera visual para el próximo usuario. La cal es una opción para cubrir estos deshechos ya que además de secar ayudan a aumentar el pH favoreciendo la mortandad de patógenos por otro lado, si este material va ser usado como compostas es necesario utilizar aserrín o viruta que sirvan como aumento de volumen y permitan la aeración.

1.1.3.5. Tratamiento durante la recolección de heces

El tratamiento empieza en la recolección y continua con el almacenamiento enfocándose en cuatro factores importantes; el contenido de humedad, temperatura, duración, y el valor del Ph.

El contenido de humedad en heces frescas se encuentra en 80%, pero al aumentar la temperatura este porcentaje sigue disminuyendo a lo largo del proceso evacuándose el vapor de agua por los caños de ventilación. La mayor parte de agentes patógenos muere cuando la temperatura sigue creciendo, además el material de cobertura ayuda principalmente con la deshidratación del material. Para que exista un tratamiento adecuado la OMS recomienda que el contenido de húmeda debe ser menor al 25%, este nivel puede ser obtenido gracias a las dos cámaras diseñadas previamente.

Se considera un **saneamiento completo cuando el contenido de humedad de las heces llega al 5%** siempre y cuando las condiciones sean muy cálidas, áridas y tenga un tiempo prolongado de almacenamiento.

Tratamiento Alcalino

Mediante el tratamiento alcalino se consigue reducir la carga patógena. Esto se logra modificando el pH de la materia prima a tratar dado que la mayor parte de ellos optan por un pH de 7. Para alcanzar una rápida inactivación es conveniente un pH de 9 o superior y en tratamiento en los cuales se ocupan cal, por ejemplo, en los lodos residuales el pH buscado es de 11-12.

Posteriormente son mencionados algunos beneficios de agregar cal o cenizas a la muestra:

- Disminuye el contenido de humedad.
- Evita significadamente que se propague el mal olor.
- Al cubrir la materia la tratar evitamos la acumulación de insectos, mejorando así las condiciones estéticas.

En estudios realizados en Vietnam en sistemas de baños secos revelan que es posible eliminar los agentes paganos en un periodo de seis meses si se añade una o dos tazas

de ceniza después de cada excreción. Un estudio similar realizado en China, con cenizas vegetal mezcladas en proporciones de 1:3 provocaron el aumento del pH entre 9-10. Si el material a tratar va ser usado como compostaje no es recomendable añadir cenizas vegetales como material absorbente, puesto que puede existir una pérdida mayor de nitrógeno. [14]

Tratamiento térmico

El aumento de temperatura logra reducir de forma significativa la presencia de patógenos dado a su limitado rango para sobrevivir. La mayor parte de microorganismo son eliminados en temperaturas que oscilan a más de 40° o 50°C; por esta razón, en zonas de temperatura ambiente entre 4-20°C la tasa de mortalidad desciende.

La inactivación de los patógenos está relacionada en función del tiempo y temperatura la cual debe alcanzar todo el material para que las heces puedan ser manipuladas y usadas dentro de un margen de seguridad

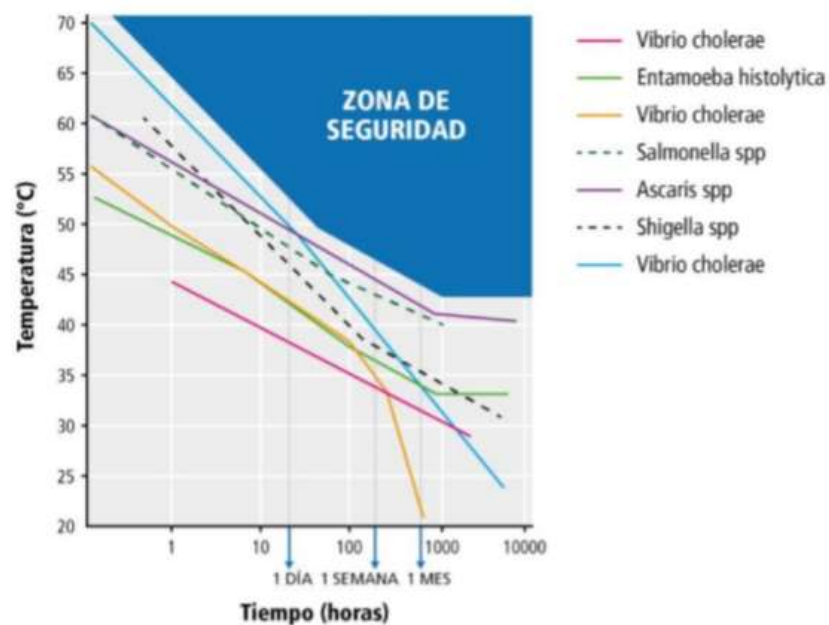


Gráfico: 4 Zonas seguras de tratamiento de excretas
Fuente: Federico Augusto Dabbah [14]

1.1.3.6. Técnicas Alternativas para tratar las heces

A continuación, se proponen algunas alternativas existentes para el tratamiento de heces en baños para su posterior comparación.

- Compostaje
- Lumbricultura
- Incineración
- Deshidratado y secado

Compostaje

Esta técnica consiste estabilizar y degradar las sustancias orgánicas naturales con la presencia de microorganismo como los hongos y las bacterias, para lograr sobrevivir estos necesitan ciertas condiciones adecuadas, entre las más importantes encontramos la temperatura, humedad, el oxígeno y la presencia de carbono y nitrógeno.

Dependiendo de la temperatura existe dos maneras de compostar, el compostaje mesofílico o baja temperatura y el compostaje termofílico o alta temperatura.

El compostaje mesofílico, es un proceso que generalmente se lo lleva a cabo durante mayor tiempo a una temperatura de 37°C, logrando eliminar en meses todos los agentes patógenos que perjudican al ser humano. El tratamiento a baja temperatura proporciona un ventajoso aditivo para la tierra usados huertos, horticultura y en jardines ornamentales.

De igual manera, existe el compostaje a alta temperatura o termofílico, la cual sucede a temperaturas de 50° a 60 ° Celsius por motivos biológicos. Los microorganismos termofílicos involucrados en este tratamiento son los hongos y las bacterias las cuales eliminan los patógenos transformándolos en “humabono”, convirtiéndose en humus de buen olor, seguro emplear en huertos.

Lumbricultura

A través distintas operaciones relacionadas con la producción y cría de lombrices se consigue tratar residuos orgánicos que puedan ser biodegradables para obtener en forma de proteínas y abono. La calidad de abono es muy buena y se lo conoce como lumbricompost o humus de lombriz, gracias a sus estupendas propiedades en la agricultura, los niveles de nitrógeno, calcio, fósforo y potasio son 5 veces superiores a los de la urea.

Es necesario la construcción de distintas cámaras con diferentes materias para la cría y reproducción de estos anélidos. Este procedimiento lo puede realizar cualquier tipo de personas ya sean adultos y/o niños, ya que no existe ningún grado de enfermedad. En cualquier etapa de tratamiento no existen presencia de malos olores y puede ser considerada un actividad autosustentable para ser implementada en la la producción agro ganadera.

Eisenia foetida es la lombriz utilizada o también conocida como lombriz roja de california, la cual posee un corto periodo de reproducción (4 veces por año), por lo tanto, poseen elevada frecuencia de apareamiento y alta tolerancia al confinamiento pudiendo coexistir entre 4000 a 5000 individuos por metro cuadrado.

En Chile existe un proceso denominado Toha diseñado por el Chileno Dr. José Toha, el cual maneja residuos entre 300 a 1000 personas de distintos sectores a lo largo del país, consta de cuatro fases; filtración, elevación, lombrifiltro y desinfección.

La primera etapa, la filtración se enfocada en eliminar los residuos que no son orgánicos y posiblemente que tenga mezcla con plásticos, metales u otros.

La segunda y tercera etapa consiste en elevar las aguas residuales hasta el lombrifiltro, el cual se filtran por varias capas que sirven para retener los residuos orgánicos siendo usados como alimento de lombrices para posteriormente ser excretados en forma de humus.

La cuarta etapa esta destinada a la desinfección realizada por una lámpara de cuarzo que en su interior tiene gas inerte, que irradia rayos UV al agua drenada. Después de todo el proceso de tratamiento esta puede ser usada para el riego o descargada sin ocasionar daños al medioambiente.

Las variables que se debe considerar para aplicar este método de saneamiento, son aquellas que afectan la funcionalidad del sistema, en especial en la etapa del lombrifiltro, es por ello que la humedad, temperatura, la cantidad de alimento y otras propiedades deben ser controladas rigurosamente.

Incineración

La incineración se lleva a cabo generalmente en hornos por medio de la combustión completa de residuos sólidos reduciendo hasta un 90% su volumen. La presencia de gases tóxicos cenizas, residuos cancerígenos y energía calórica pueden ser usados como energía eléctrica.

Este proceso se lo realiza a altas temperaturas sin necesidad de un tratamiento especial a las heces, las cenizas obtenidas pueden ser reutilizadas en el suelo gracias a su alto contenido de potasio y fósforo.

En la actualidad se puede encontrar inodoros que implementan este tipo de sistemas de tratamiento ya sean a gas o eléctricos.

Deshidratado y secado

Esta técnica principalmente fue usada diseñada para deshidratar verduras, frutas, tabaco y café, con la intención de minimizar el uso de combustibles fósiles y la aplicación hornos. La aceptación de este método en todo el mundo han sido objeto de diferentes investigaciones como por ejemplo las realizadas por la UNESCO, donde se ejecutó un guía completa para el uso correcto de secadores solares destinadas a las hortalizas, plantas medicinales frutas y carnes. Con el paso del tiempo este mecanismo se ha ido actualizado ya sea en el tipo de secado, los materiales que son elaborados, la forma sea de tipo plano o parabólico y por su convección artificial o natural.

El objetivo de este método es modificar las características iniciales a través de la reducción total o parcial de humedad, se puede aplicar mediante los siguientes tres procesos: El primero, con presencia de calor el cual permita evaporar el contenido de agua presente en el producto, conocido como secado térmico gracias al aire caliente, radiación solar, etc. El segundo, se lo realiza aplicando procesos físico-químicos como la osmosis, congelación y absorción. El tercer método, es aplicable si se implementa procesos de filtrado, presión, vibración, centrifugación etc.

La transferencia de un líquido hacia el exterior es uno de los procesos más comunes para separar un líquido de un material sólido, este mecanismo se basa en la transferencia de masa y energía. La transferencia de masa es la encargada de transferir

la humedad del material hacia la superficie y de allí al exterior y la transferencia de energía se encarga de secar el producto.

Lo que se busca en esta técnica es reducir los costos de transporte, almacenamiento, conservación y manipulación logrando un mejor desempeño en los equipos y maquinas utilizada de igual manera reduciendo el consumo de energías convencionales, combustibles y emisiones atmosféricas.

1.1.3.7. Teoría del secado

El secado de un producto cualquiera está determinado por la reducción de humedad, de tal forma que cambie las características iniciales. Se las puede realizar mediante:

- Evaporación y vaporización por la presencia de calor (secado térmico mediante aire caliente, radiación solar, etc)
- Procesos fisicoquímicos (ósmosis, absorción, liofilización congelación etc).
- Extracción de agua por motivos mecánicos (presión, vibración, filtrado, centrifugado).

Este proceso esta simplificado por la siguiente ilustración el cual muestra el procedimiento simultaneo de transferencia de masa y energía:



Gráfico: 5 Proceso de secado de un producto
Fuente: Rodríguez Zúñiga [13]

Contenido de humedad

El factor más influyente en la teoría del secado está dado por el contenido de humedad en el producto, los cuales pueden ser medidos de forma directa e indirecta.

El método indirecto está basado en el uso de equipo especializado, capas de interferir en las propiedades del material p.ej. conductividad eléctrica, obteniendo así una medición más rápida.

El método directo se requiere medir la masa de producto y la masa seca proporcionado por la evaporación de agua aplicando calor hasta llegar a un peso constante. La cantidad de humedad expresada en un material está representada como base húmeda o en base seca, e indicada como decimal o porcentaje. El contenido de humedad en base húmeda, definido como el peso del agua presente en el producto por unidad de peso del material sin secar, está dada por la ecuación M_{wb} . El contenido de humedad en base

seca, determinado como el peso de agua existente en el material por unidad de peso del material seco, se muestra en la ecuación.

$$M_{wb} = \frac{w_w}{w_o} = \frac{w_o - W_d}{W_o}$$

$$M_{db} = \frac{w_w}{w_d} = \frac{w_o - W_d}{W_d}$$

Donde:

M_{wb} : es la humedad en base húmeda [kg agua / kg producto húmedo]

M_{db} : es la humedad en base seca [kg agua / kg producto seco]

W_o : es el peso inicial de material sin secar [kg],

W_w : es la cantidad de agua en el producto húmedo [kg]

W_d : es el peso de la materia seca en el producto [kg].

Calor latente de evaporación

Se denomina calor latente de evaporación " L_w "; al procedimiento térmico para secar un material, representado por la cantidad de energía que tiene que absorber el producto para evaporar la humedad en un 1 [kg] de agua. Su valor depende específicamente de la temperatura la cual está representado por la siguiente ecuación:

$$L_w = \frac{R}{M_w} * (P_{S1} - P_{S2} * (T + 273.15))$$

Donde

L_w : calor latente de vaporización del agua pura en [kJ/kg]

R : constante de los gases (8314 [J/kmol K])

M_w : peso molecular del agua (18.01 [kg/kmol])

P_{S1} : constante de la ecuación con valor de 6547.1

P_{S2} : constante de la ecuación con valor 4.23

T : temperatura en [°C].

Al no existir presencia de agua libre, el calor latente de evaporación aumenta al igual que la temperatura y humedad. Dicho de otra manera, conforme incrementa la temperatura y la humedad va disminuyendo el calor latente de evaporación.

Por otra parte, se debe considerar la humedad relativa que se encuentra en el ambiente ya que al ser mayor a la humedad del producto esta puede llegar a ser absorbida por él. Esto quiere decir que no es suficiente con solo administrar calor al producto, sino hay que llevar un control que la humedad ambiental sea relativamente baja.

Curvas de secado del producto

Curva de secado

En el proceso de secado las curvas representan el contenido de humedad a través del tiempo.

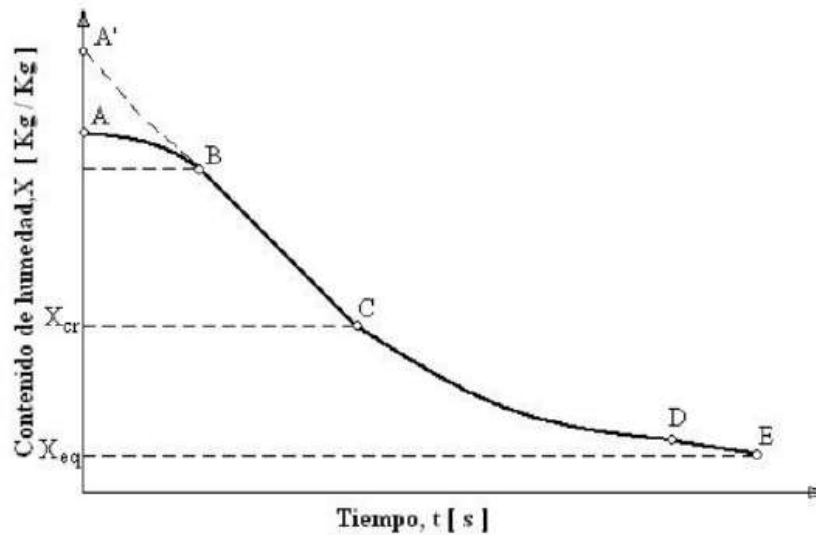


Gráfico: 6 Curva de tiempo de secado
Fuente: Rodríguez Zúñiga [13]

Curva de velocidad de secado



Gráfico: 7 Curva de velocidad de secado
Fuente: Rodríguez Zúñiga [13]

1. Tramo (A-B): Velocidad creciente de secado

En este periodo el producto se encuentra en la etapa inicial de secado, es decir el sólido se calienta en presencia de la temperatura ambiente, sin pérdidas significativas de humedad hasta alcanzar un balance entre el enfriamiento por evaporación y absorción de calor de gases.

2. Tramo (B-C): Velocidad de secado constante

En este tramo se considera la humedad que se encuentra en la superficie el material (humedad superficial) requiriendo primordialmente del estado del aire circundante en el producto. Las condiciones de saturación en el exterior se logran por presencia rápida de agua en la superficie, de esta forma se obtiene una temperatura constante y aproximadamente igual a la temperatura del bulbo húmedo.

3. Tramo (C-D): Velocidad de secado decreciente

Es un estado crítico del producto ya que finaliza el periodo constante de secado. El paso de humedad hacia el exterior se dificulta a causa de la resistencia que posee el material; al no presentar condiciones de saturación en la superficie se origina una expulsión de humedad desde el interior. De igual manera, es necesario considerar dos estados en este tramo; el primero consiste en secado de la superficie no saturada y el segundo la disfunción de humedad hacia la superficie se hace más lenta, considerando aquello, el contenido de humedad inicial del material es importante.

Los materiales higroscópicos se caracterizan por ser capaces de absorber humedad desde el ambiente y usualmente son usados como desecantes, ya que son capaces de absorber el agua de otros compuestos. Al contrario, los materiales no higroscópicos se caracterizan por presentar ligera cantidad de humedad en su interior, de manera que se encuentra “desligada” del producto a causa de ello, es posible disminuir los valores a cero.

Tiempo de secado

Para determinar el tiempo de secado en el material es necesario obtener datos experimentales, eso establece las características que poseerá curva de secado. El primer y segundo periodo de secado debe ser determinarlo por separado.

La siguiente ecuación establece la velocidad de secado, consiste en reacomodar los valores para conseguir el tiempo.

$$R = -\frac{W_S}{A} \left(\frac{dx}{dt} \right)$$
$$\int_0^t dt = -\frac{W_S}{A} \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{dx}{R} \right)$$

Donde X_1 y X_2 son valores de la humedad libre en el material desde un tiempo cero hasta el tiempo t .

Periodo constante

El periodo de secado en esta parte es constante, el valor de velocidad crítica delimita entre este periodo con respecto al periodo de caída de secado, es por ello que es necesario obtener el valor de R_c por medio de graficas.

$$t_1 = \int_{x_1}^{x_c} \left(\frac{dx}{R_c} \right)$$

Es preciso mencionar que los valores de X_2 y R_c son iguales, esto se debe a que el contenido de humedad al final del primer periodo.

Periodo de caída de secado

Este periodo es considerado como un caso de caída lineal, en esta parte la velocidad de secado depende exclusivamente del tiempo y se la puede determinar matemáticamente o gráficamente mediante el área bajo la curva entre $1/R$ vs humedad libre.

$$t_2 = -\frac{W_s}{A} \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{dx}{R} \right)$$

Se observa una dependencia entre los dos periodos de sacado la cual se puede representar de la siguiente forma.

$$t = \frac{W_S}{A} \left\{ \int_{x_2}^{x_1} \left(\frac{dx}{R} \right) + \int_{x_c}^{x_1} \left(\frac{dx}{Rc} \right) \right\}$$

Finalmente, el tiempo total de secado es la suma de los dos tiempos tomados por los dos periodos.

1.1.3.8. Descripción del sector de estudio

Parroquia Atahualpa

El 22 de enero de 1940 se proclamó como parroquia y en sus inicios su principal ingreso económico fueron por la agricultura, sus grandes extensiones de cultivos de papa, alfalfa y tomate de árbol eran cultivadas por manos hábiles que día y noche se preocupaban de sus cosechas.

Con el paso del tiempo, el sector fue desarrollándose adquiriendo nuevos servicios y tecnología los cuales incentivaron a hombres y mujeres en el diseño de proyectos de agua potable y la implementación de un sistema de saneamiento adecuado que ayude a prevenir enfermedades infecciosas protegiendo la salud de los moradores.

A pesar de aquello, los servicios básicos no se han cubierto en su totalidad debido a la disminución de recursos por el progresivo aumento de población, la irrigación agrícola y las necesidades de la industria que se han ubicado en el sector. La creciente preocupación por el problema de escases de agua se debe principalmente al agotamiento de los acuíferos y altos costos de diseño y construcción para poder ser transportada y tratada, esto llevó a los oriundos de esta parroquia a tener conciencia sobre el consumo de agua. Según el sistema de agua potable de la provincia de

Tungurahua una persona promedio consume 200 litros de agua al día, lo que representa un 200% más de lo que recomienda, que es de 96 litros.

Atahualpa es una parroquia rural que pertenece al cantón Ambato de la provincia de Tungurahua; localizada A 20 minutos del centro de la ciudad en sentido hacia el panamericano norte, a 2500msnm. Su área territorial es de 9.60 km² y su sector limita con el norte de la parroquia Unamuncho, al sur la península-Pishilata, al este con la parroquia Izamba, y al este con la parroquia Augusto n. Martinez.

Su división política Está conformada por su cabecera parroquial y los barrios El Progreso, Chisalata, La Florida, San Miguel, Las Palmas, San Vicente, Vista Hermosa, La Esperanza, La Dolorosa, La Merced El Rosal. Además por los caseríos Santa Fe, Macasto, el Pisque y Corazón de Jesús. [16]

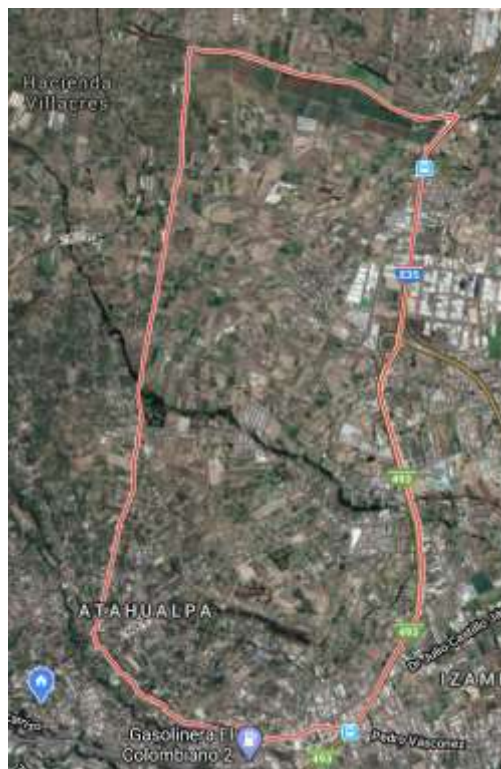


Gráfico: 8 Sector de la parroquia de Atahualpa
Fuente: Google Maps

El gráfico #8, se evidencia la zona rural perteneciente a la parroquia Atahualpa y la ubicación del sector de estudio.

Modelo de viviendas

El modelo de viviendas al cual se proyecta implementar el sistema de reutilización de agua residual, está basado específicamente en el diseño de edificaciones para 4 integrantes, con un área aproximada de 49m², producto de ello se limita la cantidad de personas que residen en este tipo de casas. Los domicilios están distribuidos en tres cuartos, una sala, un comedor, un baño y una cocina.



*Gráfico: 9 Modelo de Vivienda
Fuente: Ing. Galo Núñez*

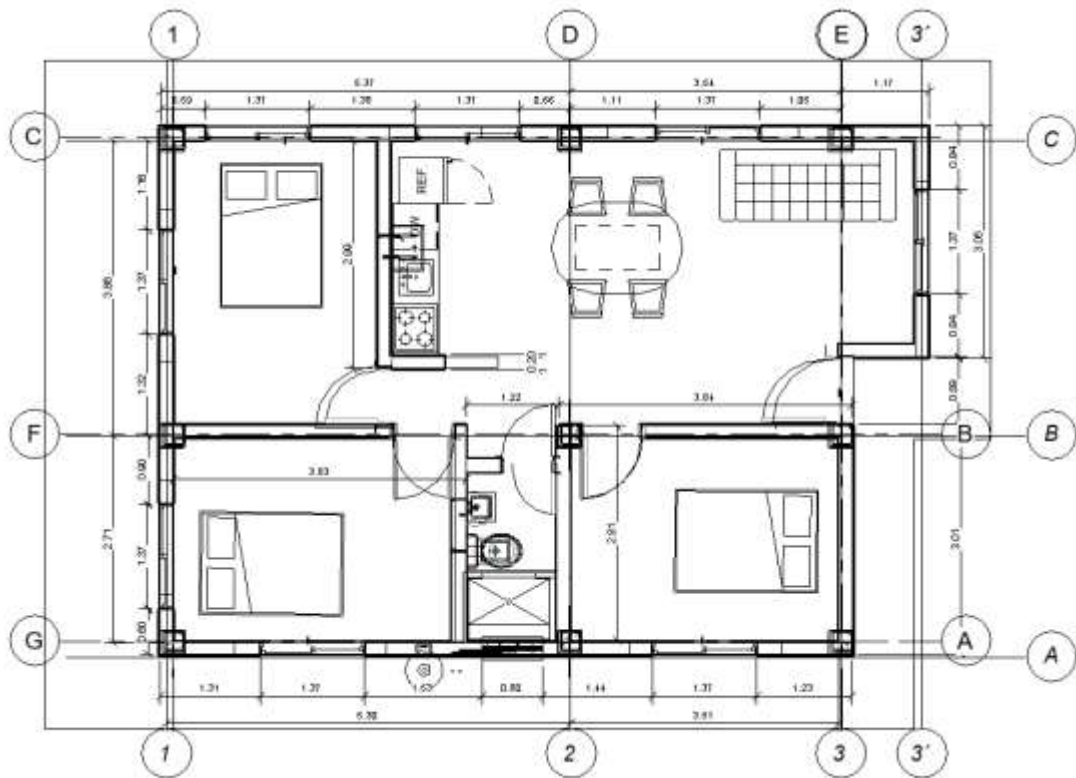


Gráfico: 10 Modelo de vivienda en planta
Fuente: Ing. Galo Núñez

El suministro de agua potable proviene de la red de distribución pública, su uso no solo es de forma doméstica ya que algunos propietarios dedicados a la agricultura poseen mayor área de terreno, que habitualmente riegan sus cultivos con el empleo de agua potable o acequias cercanas a la propiedad.

El agua residual que sale de la vivienda es evacuada mediante una red de desagüe por una serie de tuberías y acometidas llevando todos los desechos hasta la alcantarilla, que regularmente se localiza en el centro de la calle.

1.1.1 Hipótesis

Aplicación de técnicas alternativas para el tratamiento de aguas grises provenientes del inodoro en viviendas unifamiliares en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Examinar un sistema de tratamiento de aguas grises para una vivienda unifamiliar mediante el uso de técnicas alternativas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones actuales en las cuales se encuentra el agua proveniente de la batería sanitaria para ser reutilizada en aguas de regadío.
- Establecer el uso de técnicas alternativa para el tratamiento de aguas grises en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.
- Implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

MATERIALES		
TIPO	CANTIDAD	UNIDAD
Lamina de acero inoxidable	3.00	Unidad
Electrodo E308	1.00	Unidad
Silicona	4.00	Unidad
Marco de aluminio	4.00	m
Vidrio templado 4 líneas	1.00	m ²
Vidrio blanco 6 líneas	1.00	m ²
Lamina de zinc	1.00	m ²
Lamina de poliuretano	1.00	m ²
Madera triplex 4mm	1.00	m ²
Pintura negra	3.00	Unidad
Hojas de papel Bond	1.00	Unidad
Impresora	1.00	Unidad
Tapa de desagüe	1.00	Unidad
Tiras de caucho	4.50	m
Extractor de humedad	1.00	Unidad
Ventilador 110v	1.00	Unidad
Reducción de PVC 4" a 3"	1.00	Unidad
Codo 90° PVC 4"	1.00	Unidad
Cable de luz	4.50	m
Viruta de madera	5.60	kg
Cal	5.60	kg

*Tabla 1 Materiales
Fuente: El autor*

EQUIPOS		
TIPO	CANTIDAD	UNIDAD
Soldadora	1.00	Unidad
Cortadora de acero	1.00	Unidad
Dobladora de lámina de acero	1.00	Unidad
Moladora	1.00	Unidad

*Tabla 2 Equipos
Fuente: El autor*

2.2 Métodos

En el siguiente trabajo experimental se analizó distintas técnicas alternativas para el tratamiento de aguas grises procedentes del inodoro debido a lo cual se aplicó 3 tipos de investigación:

Investigación de Campo

Este modelo de investigación nos informara acerca del tipo efluente de descarga procedentes del inodoro en viviendas unifamiliares, mediante el cual se realizaron encuestas a distintos usuarios del sector de estudio.

Investigación Analítica

Posteriormente al haber recogido los datos de campo, se llevará a cabo el análisis de la información del sector, con el objetivo de conocer la factibilidad de implementar en el sector distintas alternativas de tratamiento de agua residual.

Investigación Descriptiva

La investigación aplicada procura encontrar una técnica alternativa para que los usuarios de bajos recursos económicos tenga un menor consumo de agua potable.

Población

La población que se utilizó para el desarrollo de la investigación en viviendas unifamiliares entregadas por las autoridades del MIDUVI mediante el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda anuncia que en la provincia de Tungurahua canto Ambato sector Atahualpa posee 33 casas edificadas encaminadas a servicio de los sectores más necesitados.

Muestra

La muestra es una fracción de la población, en este caso las muestras para la obtención de datos serán semejantes al de la población debido que en el sector de Atahualpa no existen lo suficientes viviendas unifamiliares para la obtención de un promedio mediante una variable cuantitativa.

2.2.1 Plan de Recolección de Datos

Para la recaudación de información en dicha investigación se manejaron técnicas e instrumentos las cuales están enmarcadas en las siguientes interrogantes.

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Qué evaluar?	El tipo de efluente de descarga procedente del inodoro.
4. ¿Sobre qué evaluar?	El número de veces que los usuarios usan el inodoro.
5. ¿Sobre qué aspectos?	Día y hora de mayor descarga de agua potable.
6. ¿Quién evalúa?	Esteban Andrés Tafur Poveda.
7. ¿A quiénes evalúa?	Miembros de las viviendas unifamiliares.
8. ¿Dónde evalúa?	A usuarios de habitan en el sector de Atahualpa.
9. ¿Cómo y con qué?	Visitando cada una de las viviendas unifamiliares del sector con el fin de recaudar información para la investigación, a través de encuestas realizadas a los propietarios de las edificaciones.

*Tabla 3 Recaudación de información
Fuente: El autor*

2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis información

2.2.2.1. Plan de procesamiento de información

- a) Ejecutar una investigación bibliográfica referente a un método apropiado para obtener información acerca de la mejor alternativa para la ejecución del tratamiento de las aguas residuales provenientes del inodoro.
- b) Plantear una metodología de registro la cantidad de volumen de agua potable ocupado en el tanque del inodoro por los miembros de la familia y un cuestionario (encuestas) eficaz que nos facilite recopilar información acerca del tipo de viviendas, valor a pagar al mes, el número de aparatos sanitarios instalados y la cantidad de habitantes de cada propiedad, etc.
- c) Tabular y constatar los datos conseguidos.
- d) Relacionar los datos obtenidos en función del tipo de uso y la cantidad de consumo de agua potable, el modelo de vivienda, el valor a pagar y el número de veces que los miembros de la familia usan el inodoro.

Con el propósito de recolectar información importante acerca del consumo de agua potable en viviendas unifamiliares se llevó a cabo una serie de encuestas al número de viviendas correspondientes a la muestra en un periodo de 4 días consecutivos, desde el 14 de enero hasta el 17 de enero del 2020. La encuesta ejecutada se basa en los siguientes componentes:

a. Información de la vivienda

I. Características de la vivienda

En esta sección se especifica el área de construcción de la vivienda unifamiliar, sector en el cual está situada su edificación y la fecha de la entrevista.

II. Número de individuos por vivienda

En esta parte se detalla la cantidad de personas que residen en una vivienda unifamiliar ya sea durante el día o durante la noche.

b. Servicios y valores a pagar de consumo de agua potable

I. Tipos de fuentes de agua

En este grupo se puntualiza acerca del tipo de fuente de agua que llega a los domicilios para posteriormente ser usada en la descarga del aparato sanitario “inodoro”.

II. Valores de consumo

Aquí se define el valor a pagar en dólares mensualmente debido al consumo diario de agua potable, producto del uso cotidiano de los miembros de la vivienda.

c. Reconocimiento del problema

I. Numero de descargas al día

En este punto captamos información significativa, puesto que nos muestra la cantidad de veces que los miembros de la vivienda usan el inodoro.

II. Tipo del efluente de descarga

En este lugar se describe el lugar al que llega el agua residual de la vivienda.

En la sección de los anexos, se muestra la encuesta elaborada con las especificaciones descritas previamente, en los cuales se recaudó información para escoger una técnica adecuada que ayude a minimizar el consumo de agua.

Tabulación de resultados

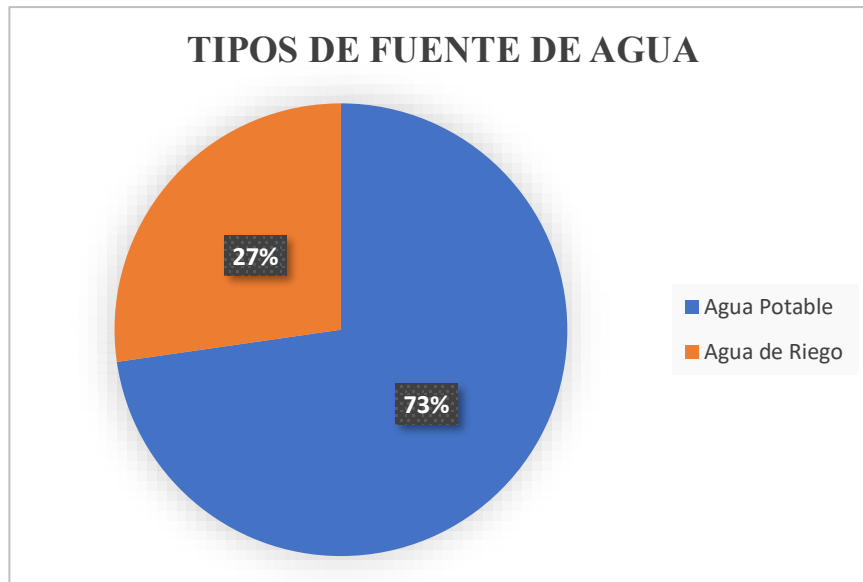
En la presente encuesta tienen como objetivo recoger datos relevantes que sirvan para ejecutar un método adecuado que ayude a reducir el consumo de agua potable utilizada en el efluente de descarga procedente inodoro, como parte del desarrollo del trabajo de titulación previo a la obtención, del título de Ingeniero Civil, con el tema “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Tipos de fuentes de agua

De las 33 viviendas encuestadas en el sector de la parroquia Atahualpa, 24 son aquellas que usan agua potable y 9 utilizan agua de regadío.

TIPOS DE FUENTE DE AGUA	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Agua Potable	24	73.00%
Agua de Riego	9	27.00%

*Tabla 4 Fuentes de agua potable
Fuente: El autor*



*Gráfico: 11 Tipos de fuente de agua
Fuente: El autor*

Como se observa en la figura #11, la mayoría de viviendas usan agua potable lo que representa un 73% de la muestra a diferencia del 27% que ocupan agua de riego.

Valores a pagar por mes debido al consumo de agua potable

Los valores a pagar mensualmente en este sector rural oscilan en un rango de \$4.50 a \$14.50, esta cantidad fluctúan dependiendo el consumo, según los resultados de la encuesta 11 viviendas pagan alrededor de \$10.50 a \$12. 50, una vivienda consume \$4.50 y dos viviendas superan \$14.50.

RANGO	NÚMERO DE VIVIENDAS
Menor \$4.50	1
\$4.50-\$6.50	2
\$6.50-\$8.50	4
\$8.50-\$10.50	8
\$10.50-\$12.50	11
\$12.50-\$14.50	5
Mayor 14.50	2

Tabla 5 Valores a pagar de agua potable
Fuente: El autor

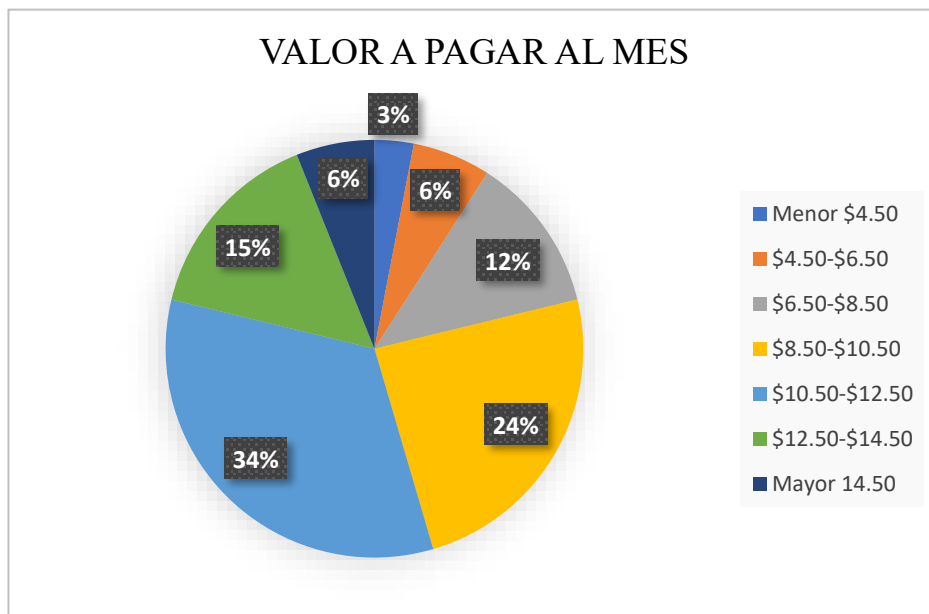


Gráfico: 12 Valor a pagar al mes de agua potable
Fuente: El autor

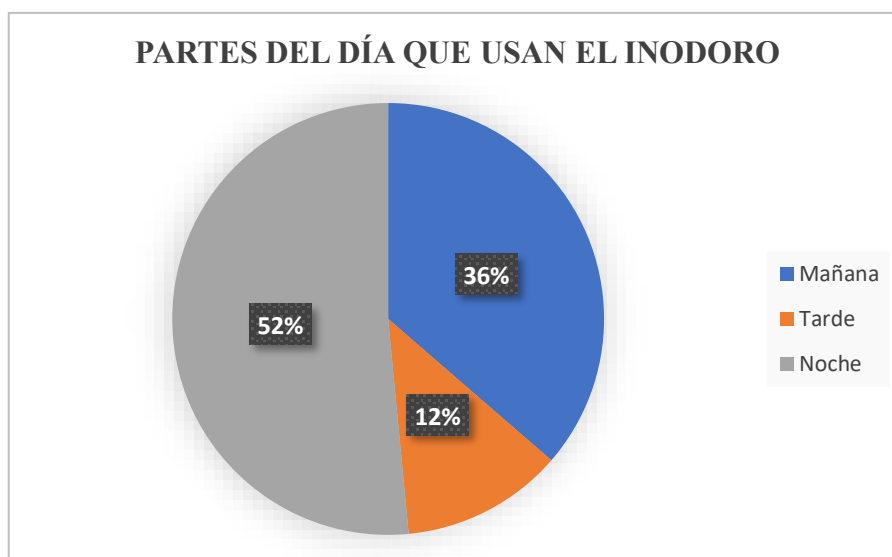
Según los resultados obtenidos se muestra que el 34% de edificaciones unifamiliares tiene un consumo de \$10.50 a \$12.50, el 3% cancela de \$4.50 o menos y el 6% paga \$14.50 o más.

Hora del día que los miembros de la familia usan el inodoro

Como se mencionó anterior mente la mayor parte de personas del sector trabajan en la agricultura o fuera de sus hogares, es por ello que 17 viviendas usan el inodoro en la noche, 12 en la mañana y 4 en la tarde.

PARTE DEL DIA	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Mañana	12	52.00%
Tarde	4	36.00%
Noche	17	12.00%

*Tabla 6 Partes del día que usan el inodoro
Fuente: El autor*



*Gráfico: 13 Partes del día que usan el inodoro
Fuente: El autor*

Se concluyo que el 52% de viviendas usan el inodoro en la noche representado la mayor cantidad, el 36% en la mañana y el 12% en la noche debido a las labores cotidianas que tienen los miembros de la familia que residen en una vivienda unifamiliar.

Tipos de Residuos que son depositados en su inodoro

La mayor parte de heces y orina son evacuados por el inodoro lo cual son representados por 28 viviendas, 2 ocupan el inodoro para arrojar residuos orgánicos y 3 para inorgánicos.

TIPOS DE RESIDUOS	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Desechos Fecales y Orina	28	84.00%
Residuos Orgánicos	2	11.00%
Residuos Inorgánicos	3	5.00%

Tabla 7 Residuos depositados en el inodoro
Fuente: El autor

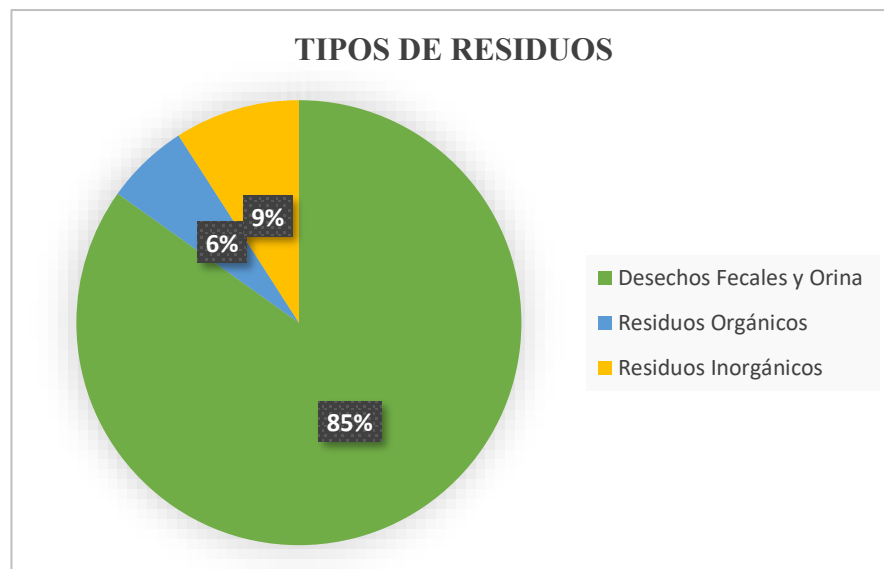


Gráfico: 14 Residuos depositados en el inodoro
Fuente: El autor

De ello resulta decir que el 85% personas pertenecientes a las viviendas ocupan el inodoro solo para evacuar excrementos y orina, el 9% arroja residuos orgánicos y 6% residuos inorgánicos.

Cantidad de veces al día que los miembros de familia ocupan el inodoro

Dado el resultado tomado por las encuestas realizadas a las 33 viviendas, 10 fueron aquellas que ocuparon la cantidad de cinco veces al día el inodoro por persona, representado el valor mayor en comparación con las demás.

CANTIDAD DE VECES AL DÍA	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Una	0	0.00%
Dos	3	9.00%
Tres	5	15.00%
Cuatro	8	21.00%
Cinco	10	31.00%
Seis	7	24.00%

Gráfico: 15 Cantidad de personas que usan el inodoro
Fuente: El autor

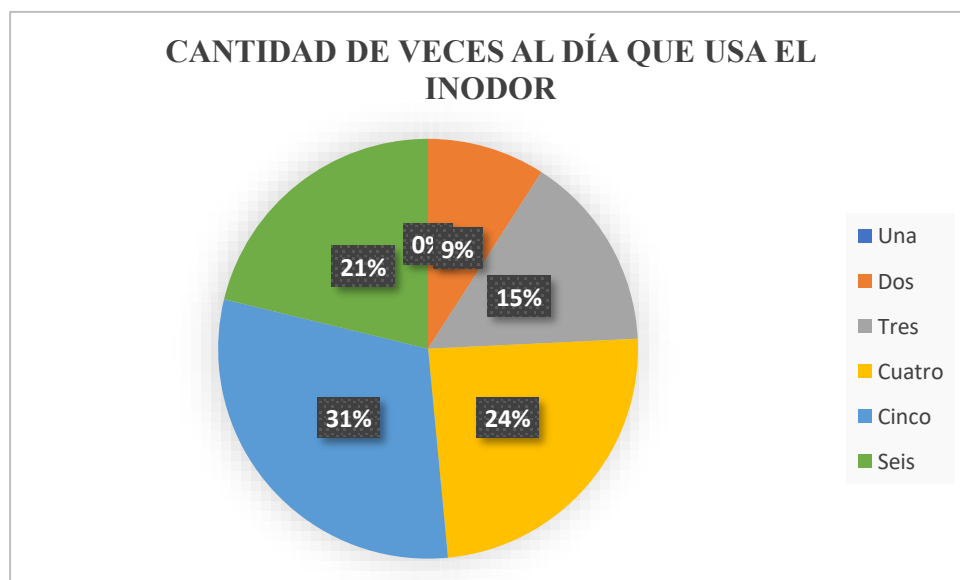


Gráfico: 16 Cantidad de personas que usan el inodoro
Fuente: Cantidad de personas que usan el inodoro

Las Cinco veces que las personas ocupan el inodoro representan el 31% de las 33 viviendas encuestadas ya que el 24% de ellas solo ocupan 4 veces y el 24% más de 6.

Destino de efluentes de descarga procedente de la vivienda

La cantidad de viviendas encuestadas que usan alcantarillado en el sector de Atahualpa fueron 31 y tan solo 2 ocuparon el sistema de tratamiento de aguas residuales llevado a cabo por letrina.

DESTINO DE LLEGADA DEL EFLUENTE	NÚMERO DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Letrinas	2	6.00%
Fosa Séptica	0	0.00%
Alcantarillado	31	94.00%

Tabla 8 Destino de efluentes de descarga
Fuente: El autor

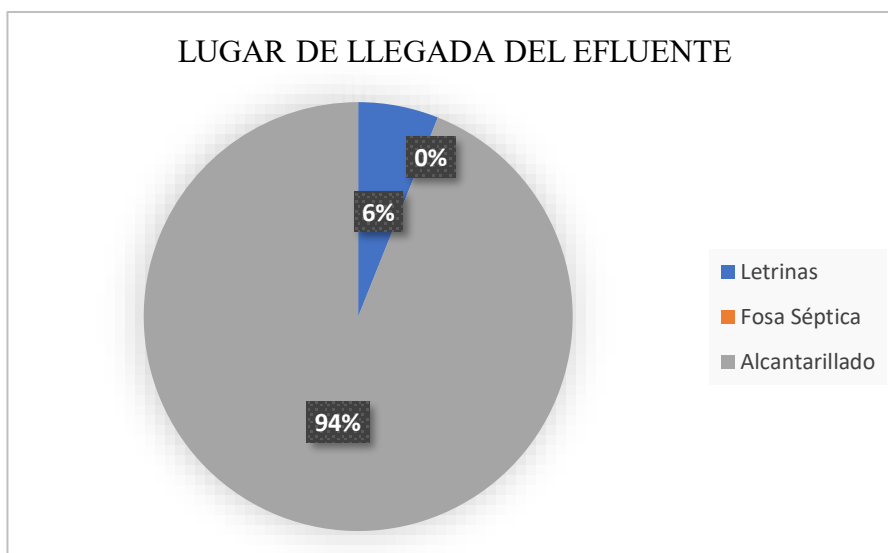


Gráfico: 17 Destino de efluentes de descarga
Fuente: El autor

La mayor cantidad de viviendas posee el servicio de alcantarillado en su sector, equivaliendo al 94% del total, por el contrario, el 6% viviendas usan aún letrinas debido a que no se encuentran cerca de calles principales para que puedan adquirir el servicio mencionado.

Medición del Volumen

Para medir el volumen de descarga del inodoro con el tanque parcialmente lleno se realizó una marca en el interior del mismo señalando el nivel de agua potable dentro del tanque, antes de que se cerró la llave de paso para evitar que se llene automáticamente después de que sea vaciado. Se procedió al llenado por medio de una probeta hasta que el agua llegue hasta la marca previamente señalada, este método será utilizado tanto para inodoros que tenga descarga corta como aquellos que posean descarga larga.



Gráfico: 20 Probeta
Fuente: El autor



Gráfico: 19 Marca de llenado
Fuente: El autor



Gráfico: 18 Llenado de tanque
Fuente: El autor

Volumen descargado por un inodoro
Volumen de descarga en litros
8

Tabla 9 Volumen de descarga por un inodoro
Fuente: El autor

Se muestra una Tabla con los volúmenes de descarga al día originados por el producto entre el volumen de descarga en litros por habitantes que conforman una vivienda unifamiliar, clasificados por la cantidad de veces que las personas ocupan dicho aparato sanitario, el número de viviendas y el promedio de habitantes por viviendas.

Volumen descargado según el número de viviendas del tanque del inodoro		
Volumen de descarga en litros		
Numero de descargas	Número de viviendas	Volumen
1	0	0
2	3	192
3	5	480
4	8	1024
5	10	1600
6	7	1344
Suma		4640

Tabla 10 Volumen total descarga del inodoro

Fuente: El autor

Cantidad de usuarios por vivienda

La cantidad de personas por vivienda es una variable impórtate para el análisis de consumo de agua potable descargado por el inodoro ya que nos permite saber el volumen de agua potable usada por cada miembro de la familia a la descarga el tanque. A continuación, se detalla la cantidad de personas por vivienda referente a una edificación unifamiliar.

El método empleado para sacar el promedio con respecto a la cantidad de personas que viven en una vivienda unifamiliar fue mediante la media aritmética.

- Número de viviendas encuestadas

33 viviendas

- Sumatoria de la cantidad de miembros que viven en cada vivienda
126 personas

- Promedio de personas que habitan una vivienda

$$\frac{\sum_{i=1}^n \text{Personas}}{N^{\circ} \text{ Viviendas}}$$

$$\frac{126}{33}$$

Promedio de persona por vivienda = 4

2.2.2.2. Análisis de información

- a) Realizar un estudio detallado de la información recaudada mediante el uso de un software, que permitirá obtener datos relevantes para el desarrollo de la investigación.
- b) Mediante la información bibliográfica investigada optar por un diseño eficaz para minimizar el uso de agua potable en el inodoro.
- c) Dar una solución para que los desechos provenientes de las viviendas unifamiliares sean reutilizados.
- d) Corroborar la hipótesis y plantear conclusiones y recomendaciones con respecto a los objetivos del trabajo de investigación.

Implantación del sistema de tratamiento seco

Sistema de Tratamiento de orina

Mencionado lo anterior, se hizo un bosquejo de una taza sanitaria utilizando medidas estándares las cuales fueron diseñadas en un software para posteriormente identificar los diferentes tipos mecanismos de separación, los cuales servirán para transportar los residuos de manera individual.

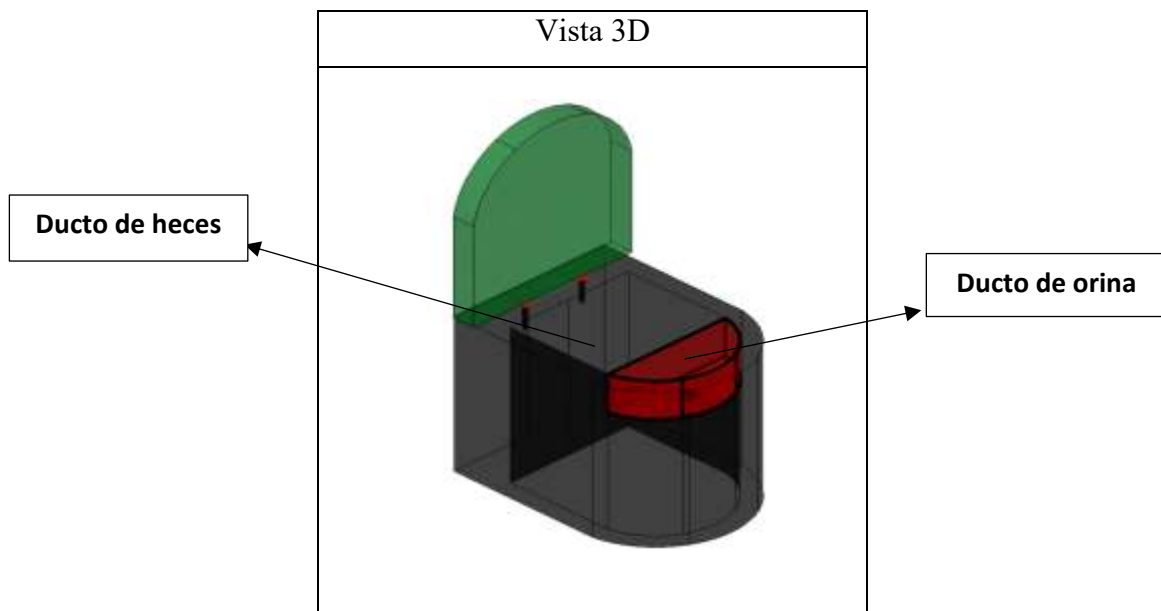


Gráfico: 21 Inodoro seco
Fuente: El autor

Para eliminar los patógenos presentes en la orina se debe almacenar en tanques por un tiempo prolongado ayudando a exterminar los helmintos intestinales, bacterias, parásitos protozoarios y virus dando como resultado, el aumentando del pH a 9 a causa de descomposición de la urea en amoníaco e hidratos de carbono para producir un efecto saneador. El tiempo que debe permanecer la orina va a variar dependiendo del nivel de amoníaco dado que si este fuese superior a 2 mgN/L requiere menor tiempo de almacenado, para que la orina pueda ser reutilizada debe estar al menos una semana almacenada.

El volumen que desecha una persona en un periodo de 24 horas es de 1.5 lt, dependiendo principalmente de la cantidad de agua que consumen al día con fluctuaciones de 1 a 2.5 lt [15], para diseñar la geometría del tanque de almacenamiento se ocupó el número de personas que habitan por vivienda y la cantidad de veces que ocupan el inodoro, este último dato se obtuvo gracias a las encuestas realizadas en el sector de análisis.

$$\text{volumen tanque} = \# \text{personas} * \text{volumen descarga [24h]} * \# \text{descargas [24h]}$$

$$\text{volumen tanque} = 4 \text{ personas} * 1.5 \text{ lt} * 5$$

$$\text{volumen tanque} = 4 \text{ personas} * 1.5 \text{ lt} * 5$$

$$\text{volumen tanque} = 30 \text{ lt/vivienda}$$

A fin de garantizar un tratamiento sostenible, se procedió al diseño de un tanque unido por una tubería PVC de 110 mm en cual almacena orina por un periodo de una semana, tiempo que tarda la orina en descomponerse para llegar a eliminar los agentes patógenos, con la idea de ser llenado en 7 días. Para calcular la geometría del tanque se procedió a utilizar el volumen total por vivienda al día y los días que las personas permanecen en casa.

$$\text{volumen tanque} = 30 \frac{\text{lt}}{\text{vivienda}} * 7 \text{ días}$$

$$\text{volumen tanque} = 210 \frac{\text{lt}}{\text{vivienda}}$$

EL tanque debe estar ubicados afuera de la superestructura a una altura adecuada, permitiendo que el fluido sea transportado por gravedad con una pendiente del 1%.

Si los contenedores son ubicados en superficies subterráneas; en ese caso, los contenedores deben ser los bastantemente rígidos para resistir un sobrepeso adicional.

2.2.2.2.1 Sistema de tratamiento de heces

Esquematización de las funciones estructurales para el tratamiento de heces

Acorde con los requerimientos mostrados anteriormente se diseña la estructuración de las funciones en los cuales presentaran las posibles relaciones que se dan en las entradas y salidas del sistema.

En la presente ilustración se especifica el saneamiento del producto con sus debidas vías de ingreso (potencia solar y material sin tratar) y de salida (perdidas térmicas, material tratado), después está se subdivide en posibles mecanismos físicos involucrados, de tal manera que busque soluciones encaminadas a la elaboración de mejores propuestas que compensen de manera integral la función primordial planeada.

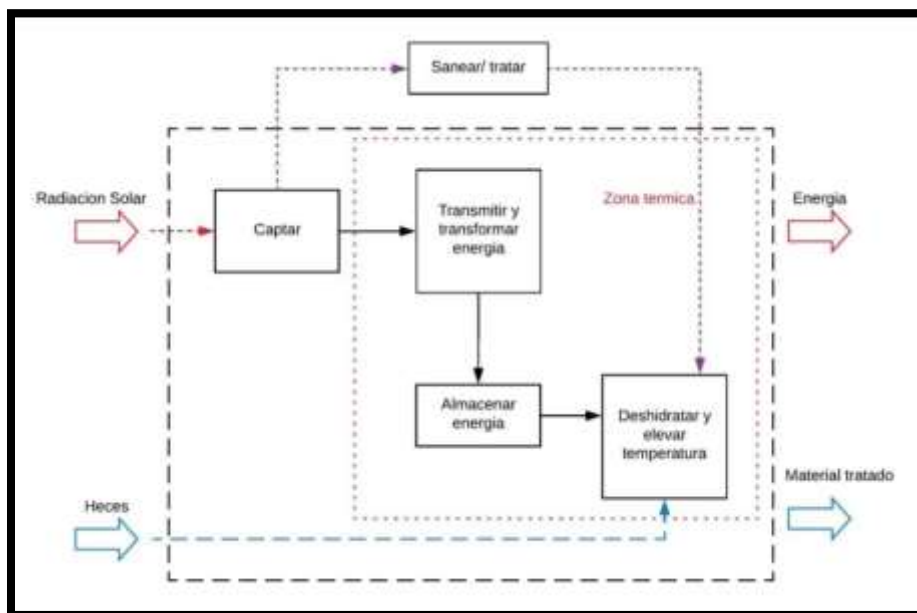


Gráfico: 22 Diagrama de funciones principales y secundarias
Fuente: Rodríguez Zúñiga [13]

Cada una de las subfunciones se explican a continuación :

Captar

Es necesario llevar un adecuado desempeño térmico, dado que la radiación solar puede llegar a ser factor crítico para recolectar energía a causa de las configuraciones geométricas, formas de la superficie y ubicación de la misma. La captación de energía está definida por aspectos especiales establecidos por las características de distribución

de energía según las zonas en las cuales se va a implementar la aplicación. Para llevarse a cabo la construcción del prototipo se enfocó en dos factores:

- Orientación e Inclinación
- Geometría

Orientación e inclinación

La ubicación del prototipo se representa en dos ángulos: el azimut (orientación) y la inclinación. El azimut está relacionado con el ángulo medido desde la posición Norte dirigido hacia el este, es decir:

Azimut (°)	Dirección
0	Norte
90	Este
180	Sur
270	Oeste

Tabla 11 Orientación del colector solar
Fuente: El autor

La Inclinación se refiere al ángulo de elevación el cual va ser ubicado el calefactor solar con respecto a un plano horizontal, es decir, si el quipo se localiza de forma horizontal le corresponde una inclinación de 0° sin embargo, si se ubicada de forma vertical le concierne una inclinación de 90° .

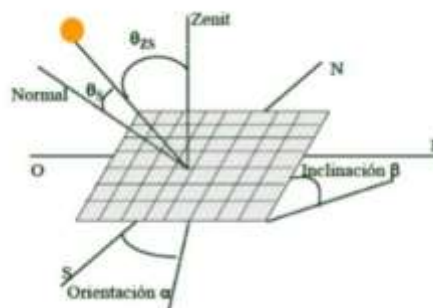


Gráfico: 23 Esquema del panel solar donde se señalan los ángulos de inclinación y azimut
Fuente: Inguil y Espinoza, 2014

Para conocer la ubicación del calentador solar es necesario saber las coordenadas en el cual se va a implementar el proyecto. Tanto el Norte como el Sur son puntos cardinales de referencia para localizarlo, dado al movimiento traslacional que posee la tierra con el sol. Este dispositivo es ubicado en relación a la línea ecuatorial puesto que, si el proyecto está localizado al Norte el calentador debe estar orientado hacia el Sur por otro lado, si se encuentra en el Sur este debe estar ubicado en dirección al Norte.

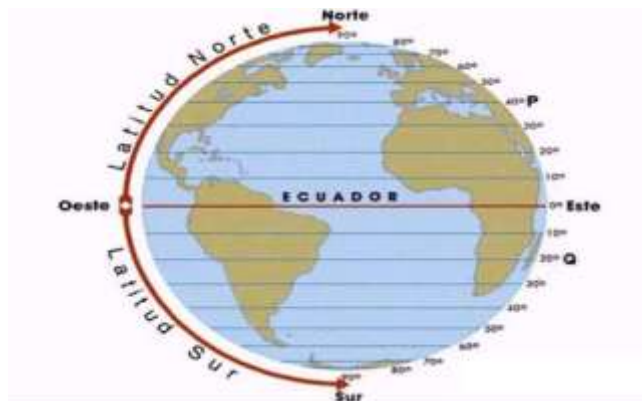


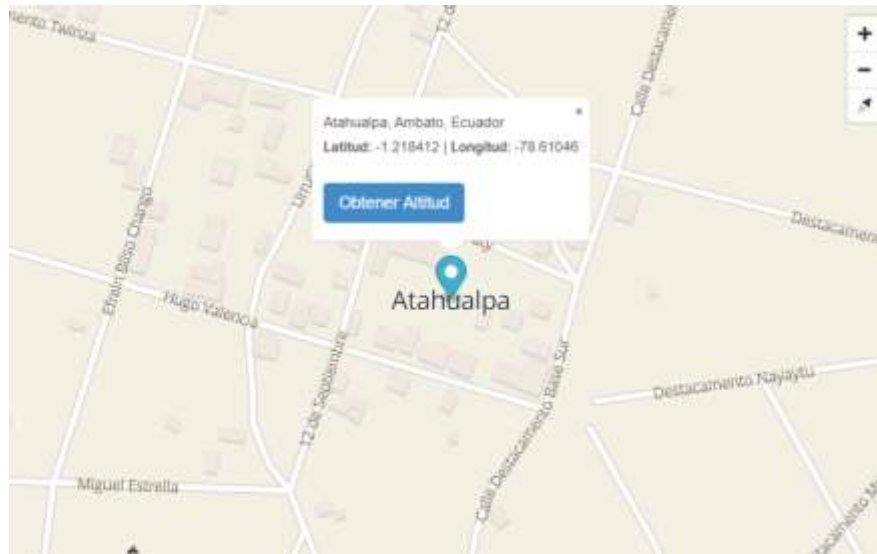
Gráfico: 24 Latitud Norte y latitud sur
Fuente: Energía fotovoltaica

El ángulo de inclinación está dado por el grado de latitud que se encuentra con relación a la tierra y será tomado por la siguiente Tabla:

Latitud de lugar (grados)	Angulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5°
30° a 35°	Latitud más 10°
35° a 40°	Latitud más 15°
40° a mas	Latitud más 20°

Tabla 12 Ángulo de inclinación de un sistema fijo
Fuente: Energía fotovoltaica

Con la ayuda de un software se logró localizar los grados decimales de la parroquia de Atahualpa perteneciente al canto Ambato:



*Gráfico: 25 Latitud en grados del sector de Atahualpa
Fuente: Google Maps*

Dado que el calefactor va ser usado todo el año, para el diseño se optó por un sistema fijo correspondiente a 1.218412 de latitud, según la Tabla #12 es recomendable ubicarlo a una inclinación de 25°.

La orientación escogida fue hacia el Sur, cabe mencionar que esta ubicación puede ser modificada dependiendo de las condiciones climáticas de la zona el cual en ciertos casos podrán variar.

Geometría del equipo

Según la siguiente Tabla se puede apreciar las geometrías de algunos paneles que son destinados para ser colocados de manera fija, se escogerá el adecuado dependiendo de sus distintos propósitos.

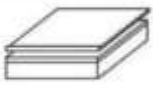





		Nombre	Croquis	Razón de concentración n °C"	Rango Temperatura alcanzada [C°]	
Estacionario	Absorbedor plano	Capataador plano de agua/aire		$C \leq 1$	$30 < T_f < 250$	
		Tubos de vacío		$C \leq 1$	$50 < T_f < 200$	
Seguidores	Seguimiento a un eje	Colector Parabólico Compuesto CPC		$1 < C < 15$	$70 < T_f < 300$	
		Colector Cilíndrico Parabólico CCP		$15 < C < 40$	$70 < T_f < 350$	
	Seguimiento a dos ejes	Absorbedores puntuales	DíscO Parabólico		$100 < C < 1000$	$70 < T_f < 1500$
			Torre Central		$100 < C < 1500$	$150 < T_f < 1500$

Gráfico: 26 Tipos de colectores según su rango de temperatura
Fuente: Rodríguez Zúñiga [13]

Según el propósito de la investigación se escogió el de tipo plano de geometría rectangular dado que el rango de temperatura para eliminar los agentes patógenos es de 50°C entonces resulta perfecta para ser usada a temperaturas que oscilan entre 30 [°C] y 250[°C].

Inclinación	25°
Orientación	Sur
Geometría	Colector Plano

Tabla 13 Resumen de selección según la función "Captación de energía"
Fuente: El autor

Trasmisión y transformación

Habiendo conocido el concepto de captación energía en términos de configuraciones espaciales, la trasmisión busca dirigir la energía de manera eficiente, disminuyendo en su totalidad la perdida y dirigiendo a un destino específico para su transformación.

La transformación de energía se relaciona directamente con la radiación derivada del sol dando como resultado la producción de energía térmica.

Como alternativas encontramos:

- **Reflexión:** Radica en aprovechar la energía solar mediante la reflectividad de algunos materiales, los cuales reúnen los rayos del sol en varios puntos o en uno. Por este medio es posible lograr aprovechar al máximo el incremento rápido de temperatura solo si se asume la inexistencia de nubes en el sector, en caso de haberlas el sistema no es capaz de funcionar.

- **Absorción:** Reside en absorber energía mediante materiales de color negro los cuales tienen un alto coeficiente de absorción, en comparación con los materiales reflectivos estos tardan más tiempo en llegar a temperaturas elevadas. La ventaja de aquello es que a pesar de existir nubes que interrumpen la dirección de los rayos del sol la temperatura se coacerva relativamente puesto que, el material de cuerpo negro logra descender la temperatura lentamente.

- **Mixta:** Esta opción corresponde la unión de las dos alternativas. Lo gratificante de usar las dos técnicas es alcanzar mayores temperaturas para lograr deshidratar las heces de forma rápida,

Conociendo estas tres técnicas de tratamiento mencionadas anteriormente, la mejor opción es la mixta debido a lo eficiente que resulta transformar y transmitir energía dentro de las cámaras de secado.

Almacenamiento de energía

Con el objetivo de alcanzar una mayor temperatura en las cámaras de tratamiento, la energía necesita ser almacenada para alcanzar mayores velocidades de calentamiento. De tal modo, es preciso mantener las condiciones térmicas del sistema sin existir pérdidas de energía hacia el ambiente externo, siendo aprovechada al máximo.

Para considerar esta función es necesario desarrollar un análisis térmico de la placa plana, se debe considerar la cantidad de energía que incide en el panel y las pérdidas térmicas. Debido a aquello es necesario realizar un control del volumen para generar las ecuaciones.

A continuación, se muestra la ecuación que rige la transferencia de calor en el panel, considerando la cantidad de calor que ingresa, el calor útil y la cantidad de pérdidas:

$$Q_U = A_S * G_t * (\alpha * \tau) - \text{Pérdidas} = m * C_p * (T_o - T_i)$$

Donde:

Q_U : Cantidad de energía transferida al fluido [W]

A_S : Área de incidencia solar [m^2]

G_t : Radiación [$\frac{w}{m^2}$]

τ : Transmisividad

α : Absorción de placa

m : Flujo másico del aire que pasa por el panel [$\frac{Kg}{s}$]

C_p : Calor específico del fluido [$\frac{Joule}{Kg * K}$]

T_o : Temperatura de salida del aire del panel [$^{\circ}\text{C}$]

T_i : Temperatura de entrada del aire del panel [$^{\circ}\text{C}$]

Determinación de la cantidad de energía

La radiación proveniente del sol se usa como fuente de energía, consiguiendo que las cámaras de almacenamiento se mantengan calientes. Sin embargo, solo una porción de energía es utilizada ya que parte de la energía rebota cuando la radiación se pone en contacto con el panel, parte de la energía es absorbida y otra ingresa por la cubierta. La porción admitida es determinada con la transmittividad (τ) del material. En su momento, la placa de color negro tiene la capacidad de absorber energía (α) y el resto se queda atrapada entre la tapa y la cubierta.

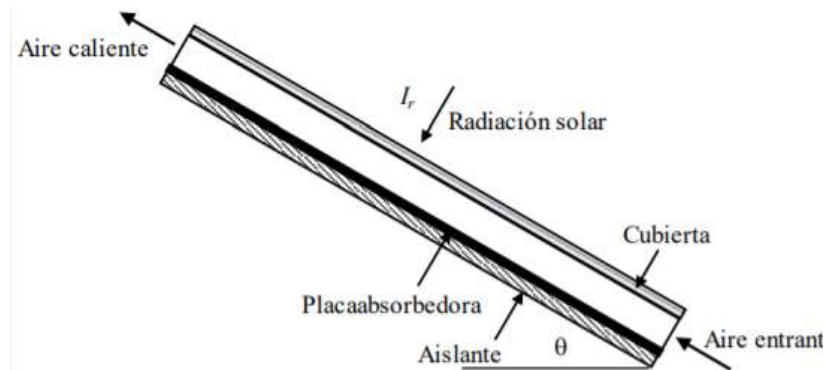


Gráfico: 27 Esquema del colector solar
Fuente: Juan José González Bayón [17]

Se puede presenciar en la ilustración anterior que la radiación logra atravesar la cubierta consiguiendo transferir una fracción de la energía a la placa. Cuando la placa logra aumentar su temperatura esta empieza a irradiar calor para después ser transmitido por convección al aire que circula con un flujo contantes dentro del panel. No obstante, se observa las distintas perdidas de energía tanto en la cubierta inferior como en la cubierta superior.

Por la primera ley de termodinámica se tiene:

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

α : Absorbencia: fracción de energía absorbida

τ : Transmisividad: fracción de energía transmitida

ρ : Reflexividad: Fracción de energía reflejada

La energía presente en el panel está definida por la radiación que alcanza multiplicado por un factor de pérdida, los cuales son la absorción de la placa; y la transmitividad del policarbonato o vidrio.

$$s_t = * G_t * (\alpha * \tau)$$

Donde

s_t : corresponde al flujo radiactivo absorbido por el colector por unidad de área.

A continuación, se presentan valores típicos para α y τ , según literatura:

Material	$\alpha(-)$	$\epsilon (-)$
Nieve	0.13	0.82
Ladrillo	0.55	0.92
Concreto	0.6	0.88
Alquitrán	0.93	0.93
Pintura negra	0.94	0.88

Tabla 14 Absorbencia de radiación solar y emisividad para diferentes materiales
Fuente: Michael Stuart

Material	$\tau(-)$
Vidrio común de 3 a 5 [mm] de espesor	0.9
Vidrio Esmerilado	0.4 – 0.6
Plástico transparente nuevo	0.9
Plástico transparente después de un año	0.7
Doble vidrio	0.8

*Gráfico: 28 Trasmisibilidad del vidrio
Fuente: Daniel Pascual*

Factor para calcular el flujo radiactivo absorbido por el panel

$$(\alpha * \tau) = 0.94 * 0.8 = 0.75$$

Ganancia de energía

La energía operada en el colector estará definitiva por el calor específico del aire, la cantidad de masa dentro de este y la diferencia de temperaturas entre el aire de entrada y de salida.

$$Q_u = m * C_p * (T_0 - T_i)$$

Perdidas térmicas

Mediante una serie de resistencias se puede representar las pérdidas térmicas del colector:

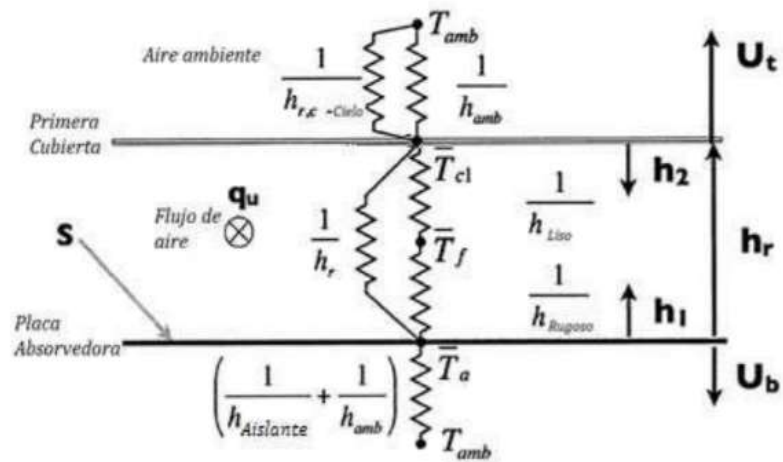


Gráfico: 29 Representación de pérdida térmica a través de resistencia para panel con una cubierta
 Fuente: John A. Duffie, William A. Beckman(auth.)-Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition (2013) [18]

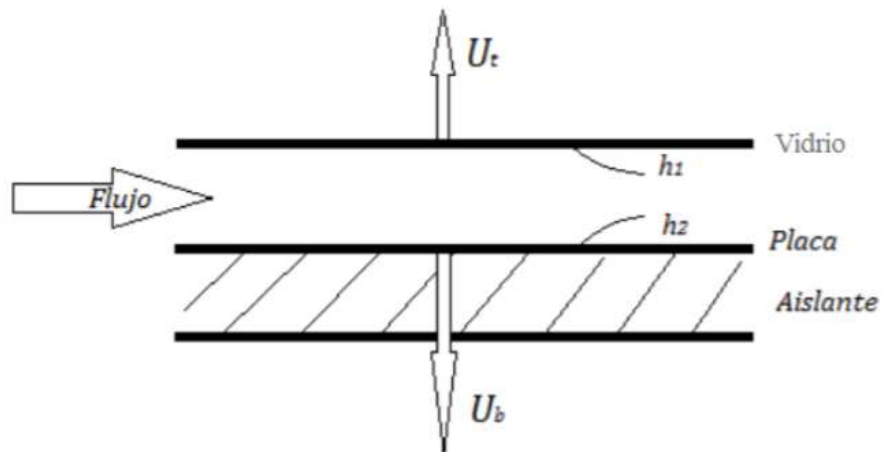


Gráfico: 30 Representación grafica de panel con una cubierta y sus coeficientes de pérdidas
 Fuente: John A. Duffie, William A. Beckman(auth.)-Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition (2013) [18]

Después se toman en cuenta los volúmenes de Control: cubierta, la placa y el fluido, que se correlacionan respectivamente con las siguientes ecuaciones.

$$U_t * (T_a - T_c) + h_r * (T_p - T_c) + h_1 * (T_f - T_c) = 0$$

$$S + h_b * (T_a - T_p) + h_2 * (T_f - T_p) + h_r * (T_c - T_p) = 0$$

$$h_1 * (T_c - T_f) + h_2 * (T_p - T_f) = qu$$

Considerando todas las pérdidas, y resolviendo el sistema de ecuaciones, (Resolución con referencia en el libro “Solar engineering of thermal processes”, de “John duffie and William Beckman”) se obtiene:

$$qu = F' * (S - U_L * (T_f - T_a))$$

$$U_L = \frac{(U_t + U_b) * (h_1 * h_2 + h_1 * h_r + h_2 * h_r) + U_b * U_t * (h_1 + h_2)}{h_1 * h_r + h_2 * U_t + h_2 * h_r + h_1 * h_2}$$

$$F' = \frac{h_1 * h_r + h_2 * U_t + h_2 * h_r + h_1 * h_2}{(U_t + h_r + h_1) * (U_b + h_2 + h_r) - h_r}$$

Donde:

U_L : coeficiente Global de transferencia de calor $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

F' : factor de remoción de calor local [-]

U_t : coeficiente de pérdida de la parte superior $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

U_b : Coeficiente de pérdida de energía a través de la parte inferior del colector $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

$h_1; h_2; h$: coeficiente de transferencia de calor por convección al aire $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

h_r : coeficiente de transferencia de calor por radiación $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

Sin embargo, si se va a implementar más de una cubierta (policarbonato o vidrio) se muestra la siguiente ilustración:

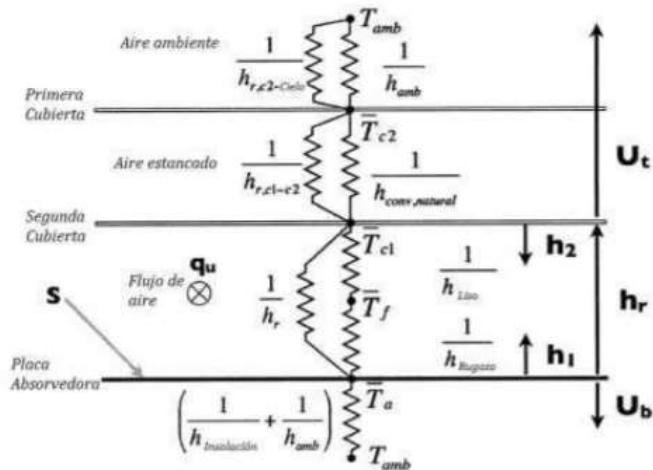


Gráfico: 31 Representación de pérdidas térmicas a través de resistencias para panel con dos cubiertas
 Fuente: John A. Duffie, William A. Beckman(auth.)-Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition (2013) [18]

Debido a las ecuaciones que rigen los volúmenes de control, se puede conseguir los valores de U_L y F' para modelos de más de una sola cubierta:

$$U_L = U_t + U_b$$

$$F' = \frac{1}{1 + \frac{U_L}{h_1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_r}} \right)}}$$

Para obtener el coeficiente de transferencia de calor U_L , primero se necesita obtener los valores teóricos de U_t , U_b , h y h_r .

Se puede calcular por medio de las resistencias el valor de U_t conllevando un análisis arduo paralelo de un extenso trabajo. Por esta razón, se usará la ecuación empírica por Klein desarrollada 1979 la cual consiste en un ajuste de las curvas para el interfaz de usuario, en un rango de temperatura medidas en la placa entre la temperatura ambiente y 200°C con un error de ± 0.3 [W/m² °C].

Esta relación está localizada en el libro “Solar engineering of thermal processes”, de “John duffie and William Beckman”. [18]

$$U_t = \left(\frac{N}{\left(\frac{c}{T_p}\right) \left[\frac{T_p - T_a}{N + f}\right]^e + \frac{1}{h_w}} \right)^{-1} + \frac{\alpha * (T_p + T_a) * (T_p^2 + T_a^2)}{(\varepsilon_p + 0.00591 * N * h_w)^{-1} + \frac{c * N + f - 1 + 0.133 * \varepsilon_p - N}{\varepsilon_g}}$$

Donde:

N = número de cubiertas que tiene el panel

$$f = (1 + 0.089 * h_w - 0.1166 * h_w * \varepsilon_p) * (1 - 0.07866 * \beta^2)$$

$$C = 520 * (1 - 0.00005 * \beta^2) ; \text{ para } 0^\circ < \beta < 70^\circ$$

β : Angulo de inclinación en grados

$$e = 0.430 * \left(1 - \frac{100}{T_p}\right)$$

ε_g : Emisividad de vidrio

ε_p : Emisividad de la placa

T_a : Temperatura ambiente [°C]

T_p : Temperatura de la placa [°C]

h_w : Coeficiente de transferencia de calor hacia el aire $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

α : Constante de Boltzmann $\left[\frac{w}{m^2k}\right]$

Para obtener el coeficiente de transferencia de calor hacia el aire:

$$h_w = \frac{8.6 * V^{0.6}}{L_V^{0.4}} \left[\frac{w}{m^2k} \right]$$

Donde:

V = velocidad del aire [m/s]

L_V = Raíz cubica del volumen del panel [m]

Posteriormente se debe calcular el coeficiente de perdidas presentantes en la parte inferior del colector.

$$U_b = \frac{k}{L_a} \left[\frac{w}{m^2k} \right]$$

Donde:

k = Conductividad térmica del material aislante $\left[\frac{w}{m^2k} \right]$

L_a = Ancho del aislante [m]

Después es necesario obtener el coeficiente de transferencia de calor por convección al fluido de trabajo h :

$$h = N_u * \frac{k}{D_h}$$

k : conductividad térmica del aire a 50°C (0.02699 $\left[\frac{w}{m^2k} \right]$)

D_h : Diámetro equivalente [m] $D_h = \frac{4*S}{P}$ S = Sección; P = Perímetro

N_u : : Número de Nusselt, que para este caso se considerará un flujo turbulento,

con: $0.5 \geq Pr \geq 2000$

$$N_u = \frac{\frac{f}{8} * (Re - 1000) * Pr}{1 + 12.7 * \left(\frac{f}{8} \right)^{0.5} * (Pr^{2/3} - 1)}$$

Donde:

$$f = (0.79 * \ln(Re) - 1.64)^{-2}$$

$$Pr = \frac{c_p * U}{k}$$

Por último, es necesario calcular el coeficiente de transferencia de calor por radiación:

$$h_r = \frac{\alpha * (T_p^3 + T_g^3) * (T_p + T_g)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_g} - 1}$$

Factor de remoción de calor

Para conseguir los valores del factor de remoción de calor F_R y el coeficiente global de transferencia U_L , a través de la siguiente ecuación:

$$Q_u = F_R * A * [S - U_L * (T_i + T_a)]$$

Ya sabe que:

$$Q_u = F' * [S - U_L * (T_f + T_a)]$$

Luego despejando se obtiene un factor F'' que esta dado por (desarrollo detallado en libro “Solar engineering of thermal processes”, de “John duffie and William Beckman” Pag. 277):[18]

$$F'' = \frac{F_R}{F'} = \frac{m * C_p}{A_c * U_L * F'} * \left[1 - \exp\left(\frac{-A_c * U_L * F'}{m * C_p}\right) \right]$$

Por lo tanto:

$$F_R = F'' * F'$$

Dimensionamiento del depósito de heces

Para dimensionar las cámaras dobles se determinan dos factores: el tiempo de tratamiento requerido y el volumen de material fecal. También deben coincidir con el área del sitio a implementarse sobre la bóveda.

Parámetro	Unidad	Heces	
		Dieta con alto contenido proteico	Dieta con alto contenido de fibra
Masa húmeda	Kg/persona/día	0,12	0,4
	Kg/persona/año	44	146
Contenido de agua en la masa húmeda	%	80	80
Nitrógeno	g/persona/año	550	No disponible
Fósforo	g/persona/año	183	No disponible
Agua tras seis meses de deshidratación	%	25	25
Masa deshidratada	Kg/persona/año	20	66

Gráfico: 32 Parámetros de heces humanas
Fuente: Federico Augusto Dabbah [14]

Se estima que un adulto puede excretar al día de 0.12- 0.4 kg y de 44 a 146 kg al año, dependiente del tipo de dieta. Un niño excreta de 0.045-0.15 kg al día o 16-55 kg al año.[14]

En la presente investigación se provee diseñar dos cámaras de deshidratación destinadas a familias de 4 personas que habiten en viviendas unifamiliares y que lleven una dieta de alto contenido en fibra, con un almacenamiento de 7 días.

Para aquello se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones.

Material de cobertura: 0.10 kg/persona/día

Papel higiénico: 8.9 kg/persona /año

Densidad asumida de las heces: 1kg/lt

Almacenamiento: 6 meses

Producción del excremento

pe= peso del excremento

mh= masa húmeda

re= reducción estimada por ausencia de heces (15%)

Para obtener el peso de los heces es necesario conocer la cantidad de personas que habitan en la vivienda y la cantidad de masa húmeda producida por una familia.

$$\text{peso heces} = \# \text{personas} * \text{masa húmeda}$$

$$\text{peso heces} = 4 * 0.4 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{peso heces} = 1.6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{peso heces} = 1.6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Es preciso considerar una reducción estimada del 15 % de heces producto del discontinuo uso del inodoro antes del tratamiento.

Almacenamiento = peso heces – reducción estimada 15%

$$\text{Almacenamiento} = 1.36 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Papel Higiénico

$$\text{papel higienico} = 8.9 \frac{\text{kg}}{\text{año}} * 4 \text{ personas}$$

$$\text{papel higienico} = 35.6 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{papel higienico} = 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Material de cobertura

$$\text{material de cobertura} = 4 \text{ personas} * 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{material de cobertura} = 0.40 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Cantidad de heces

cantidad heces

= *perdida humeda* + *papel higienico*
+ *material cobertura*

$$\text{cantidad heces} = 1.36 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 0.40 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{cantidad heces} = 1.86 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Margen de seguridad 10%

$$\text{margen de seguridad} = 1.86 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 10\%$$

$$\text{margen de seguridad} = 2.04 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Volumen de contenedor

$$dh = \frac{mh}{vh}$$

$$vh = \frac{mh}{dh}$$

$$vh = \frac{2.04 \text{ kg}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}}$$

$$vh = 2.04 \text{ lt}$$

Para obtener el volumen de los contenedores se asumió un periodo de dos semanas de tratamiento. Sabiendo aquello 29lt serán llenados en un periodo 14 días.

Contesto operacional

Para el diseño final se tomará en cuenta algunos datos importantes. Ya que, existen variables que tienen directa relación en su funcionamiento. Estos datos son los siguientes.

1. Lugar: el lugar en el cual se hará la prueba del prototipo será en la parroquia de Atahualpa ubicado en el canto Ambato, Provincia de Tungurahua. Para llevar a cabo se tomaron los siguientes datos:
 - El dispositivo será diseñado para sectores rurales en el cual posean espacio en sus viviendas.
2. Capacidad del recolector de heces: según los datos recogidos anteriormente se determinó que el volumen estimado para el tratamiento de 14 días destinado a una vivienda familiar fue de 29 litros.
3. Cantidad de heces a tratar: Según los resultados obtenidos la cantidad de heces que una familia promedio defeca fue de 29 kg cada dos semanas. Se debe considerar en el diseño un contenedor adicional para su respectivo tratamiento de deshidratación.
4. Propiedades de las heces a tratar: Como se explicó anteriormente, las propiedades de las heces a tratar dependen específicamente de la dieta que lleve cada persona.

El contenido de humedad es la propiedad que se va a tratar, para efectos de cálculo se tomará como referencia el 80% de contenido de humedad.

Ahora bien, apoyándose en la ecuación 7.4.1.1 es necesario determinar la disminución del porcentaje de humedad con respecto a la humedad inicial en vista que, las heces fecales fueron mezcladas con material secante teniendo en cuenta que por cada kilogramo de heces a tratar existen 800 gramos de agua. El objetivo del tratamiento es conseguir 25% de humedad, es decir, que por cada kilogramo de material tratado se permitan 250 gramos de agua.

$$M_{wb} = \frac{w_w}{w_o} = \frac{w_o - W_d}{W_o}$$

Se calculó que una familia produce 0.96 kg/día de los cuales 0.4 kg corresponden a material secante.

Por lo tanto:

$$W_o = \text{heces} + \text{material secante}$$

$$W_o = 80\% \text{ agua} + 20\% \text{ heces secas}$$

Así:

$$W_o = 0.8 * 1.36 \frac{kg}{día} + 0.2 * 1.36 \frac{kg}{día} + 0.5 \frac{kg}{día}$$

$$W_o = 1.86 \frac{kg}{día}$$

Por lo tanto, se obtiene la siguiente ecuación $W_o = W_w + W_d$, donde W_d corresponde a todo material seco, y W_w a la cantidad de agua contenida en el material.

$$W_d = 0.2 * 1.36 \frac{kg}{medio \text{ año}} + 0.5 \frac{kg}{medio \text{ año}}$$

$$W_d = 0.77 \frac{kg}{medio \text{ año}}$$

$$W_w = 0.8 * 1.36 \frac{kg}{medio \text{ año}}$$

$$W_w = 1.088 \frac{kg}{medio \text{ año}}$$

Por lo tanto, la cantidad de humedad es $M_{wb} = \frac{1.008}{1.86} = 0.59 \left[\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ Material}} \right]$ esto quiere decir que existe en la materia un 59% de humedad.

Por otro lado, se conoce que para conseguir un tratamiento optimo, es preciso reducir el contenido de humedad un 25%. Es por ello que se debe conocer la cantidad de agua que se debe eliminar para cumplir el objetivo. Sabiendo que a cantidad de materia a tratar es de 29kg.

$$0.59 \left[\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ Material}} \right] = \frac{w_w}{w_o} \rightarrow W_w = 16.99; \quad W_d = 12.01$$

Final:

$$0.25 \left[\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ Material}} \right] = \frac{w_o - W_d}{W_o}$$

Después se calcula el nuevo peso total y la cantidad humedad final.

$$W_o = 16.01 [kg]$$

$$W_w = w_o - w_d$$

$$W_w = 16.01 [kg] - 12.01[kg]$$

$$W_w = 4.00 [kg]$$

Finalmente se calcula la cantidad de agua necesaria a eliminar restando la cantidad inicial y la final de agua.

$$16.99[kg] - 4[kg] = 12.99[kg]$$

Diseño preliminar

Requerimientos para el diseño de la cámara de secado

Es necesario cumplir con algunas especificaciones para diseñar un prototipo de la cámara de secado:

- Su estructuración debe ser accesible tal que posibilite su limpieza.
- Se debe considerar una salida para el aire húmedo.
- Los contenedores deben tener un dispositivo para remover las heces en su interior.
- El aire que ingresa a las cámaras de secado debe distribuirse de forma uniforme.
- Los materiales para su elaboración deben ser resistentes al calor y a la corrosión.
- El diseño debe ser de fácil construcción
- Se debe minimizar todas las pérdidas de calor hacia el exterior.
- Mantener los orificios de entrada de aire malladas para así prevenir la presencia de insectos, animales u otros agentes contaminantes.

Diseño esquemático

Teniendo en cuenta todas las consideraciones mencionadas anteriormente para el diseño de la cámara de secado se añadió un mecanismo de un horno convencional para su el fácil acceso.

Con la ayuda de un Software se diseñó un bosquejo que cumpla todas las condiciones analizadas anteriormente.

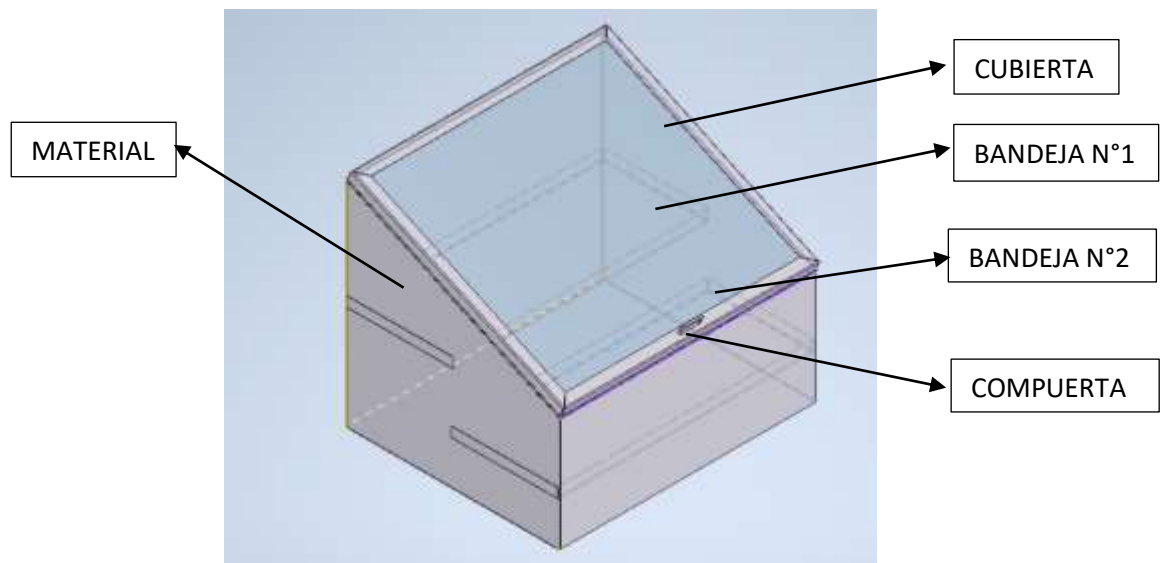


Gráfico: 33 Esquemas del prototipo
Fuente: El autor

El diseño se enfoca especialmente en un colector tipo plano, el cual debido al contexto operacional posee un ángulo de 25°. Está compuesto por dos cámaras de secado, las cuales disponen de bandejas metálicas que contiene el material a secar.

En la parte superior posee una compuerta que sirve como acceso hacia el interior de la cámara de secado, a su vez se utiliza como un sellador evitando fugas de calor.

El comportamiento esperado es el siguiente, debido a la irradiación del sol la placa negra esta incrementa su temperatura. Dicha placa emite energía y transmite calor hacia aire asimismo el aire que se encuentra en el interior del colector consigue aumentar la temperatura a causa de la transferencia de calor por convección desde la placa negra, disminuyendo la humedad relativa causando que aire tenga mayor capacidad de conservar humedad. Además, serán incorporados extractores el cual son los responsables de extraer el aire del colector, haciéndolos cruzar por todo el material a secar, con el propósito de aumentar la humedad relativa logrando retirar la humedad del material.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

Los resultados obtenidos se basan en información recopiladas y registros obtenidos en campo, en graficas posteriormente conseguidas, además sirven para comparar los datos alcanzados con los textos de referencia de la investigación.

El presente análisis permite tener información acerca del potencial de energía solar aprovechable en la ciudad de Ambato parroquia Atahualpa. De igual manera se busca evaluar la energía necesaria para el tratamiento de heces.

Las fórmulas efectuadas en esta investigación fueron adquiridas del diseño de un colector tipo plano, conjuntamente para el análisis e interpretación de resultados se aplicó la media armónica para el cálculo de valores promedio de temperatura y humedad relativa de cada día, información tomada por un termohigrómetro con intervalos de treinta minutos.

3.1.1 Calor latente de evaporación

La cantidad de energía necesaria para evaporar el agua presente en el materia se la obtuvo por medio de la ecuación del calor latente de evaporación . Considerando que la materia se encuentra a 20°C en estado inicial.

$$L_w = \frac{R}{M_w} * (P_{S1} - P_{S2} * (T + 273.15))$$

$$L_w = 2449.92 \text{ [kJ/kg]}$$

De acuerdo con la información mencionada en la sección 1.1.3.5 se asumió una temperatura de tratamiento mayor 40°C, es por ello que se necesita calcular la cantidad necesaria de energía para poder evaporar el agua en el material. Sabiendo que los contenedores de material fecal serán diseñados para 29kg del cual 16.99kg son agua.

$$L_w = \frac{R}{M_w} * (P_{s1} - P_{s2} * (T + 273.15))$$

$$L_w = 2408.891[\text{kJ/kg}]$$

$$Q = L * m$$

$$Q = 2408.891 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] * 18.21 [\text{kg}]$$

$$Q = 43865.9[\text{kJ}]$$

3.1.2 Energía útil en el colector

Tomando en cuenta los requerimientos citados en la sección 1.1.3.5, se procedió a escoger algunos parámetros de cálculo logrando así determinar energía útil del colector tipo plano.

PARAMETROS DE CÁLCULO	
N (número de cubiertas)	2
ϵ_p [-]	0.8
ϵ_g [-]	0.94
β [°]	25
C [-]	460.33
σ [w/m ² *k ⁴]	5.68E-08
k poliuretano [W/m*k]	0.028
Espesor poliuretano [m]	0.05
K aire [W/m*k]	0.02514
($\tau\alpha$) [-]	0.752

Tabla 15 Parámetros de cálculo
Fuente: El autor

Después se procedió calcular la transferencia de calor dirigida hacia el aire.

Lv [m]	V [m/s]	hw [w/m2k]	f
0.328	2.220	21.679	0.764

Gráfico: 34 Cálculo de transferencia de calor hacia el aire
Fuente: El autor

Adicionalmente, es necesario conocer las propiedades del aire a 20°C, que es la temperatura ambiente a tratar.

Propiedades del aire a 20 °C	
Densidad [kg/m ³]	1.204
Calor específico Cp [J /Kg K]	1007
Conductividad Térmica K [W/m K]	0.0251
Presión [Atm]	1
Viscosidad μ [kg/m s]	1.83E-06

Tabla 16 Propiedades del aire a 20 °C
Fuente: ÇENGEL, Yunus A. y John M. CIMBALA, "Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones", 1ª edición, McGraw-Hill, 2006.

Se procede a obtener los números adimensionales para la configuración para una velocidad, para luego hacer los cálculos correspondientes y obtener el U_L y F_R.

Área [m2]	1.175
Velocidad del ducto [m/s]	2.22
Sección transversal [m2]	0.03
Perímetro [m]	2.13
D hidráulico	0.06
Re	3.98E+03
Ut [w/m2k]	1.96
Ub [w/m2k]	0.56
Pr	0.73
Un	13.66
h	6.32
hr[w/m2k]	0.36
UL [w/m2k]	2.52
F'	1.90E-02
F''	1.00E+00
FR	1.90E-02

Tabla 17 Resultados obtenidos del colector
Fuente: El autor

Para determinar la energía útil del colector se utilizó la ecuación que está en función de la temperatura de entrada y de salida del colector, puesto que esta información fue tomada en campo.

$$Q_U = m * C_P * (T_o - T_i)$$

$$m = v' \left[\frac{m^3}{s} \right] * \rho \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

HORAS	Temperatura de Entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]	Flujo masico [Kg/S]	Qu [J/S]
11:00:00	23.90	42.13	0.107	1962.94
11:30:00	24.12	42.04	0.107	1932.31
12:00:00	24.47	41.28	0.108	1835.80
12:30:00	24.93	40.70	0.109	1737.23
13:00:00	24.76	40.19	0.110	1714.32
13:30:00	25.01	40.50	0.110	1712.76
14:00:00	24.83	40.03	0.111	1693.36

*Tabla 18 Variación de temperatura del colector
Fuente: El autor*

Por lo tanto, en un día de tratamiento es posible aportar la energía necesaria para eliminar la cantidad de agua solicitada.

3.1.3 Tiempo de secado

El tiempo de secado del material fecal varía dependiendo del material de cobertura y de la radiación solar, es por ello que se optó por el análisis de dos tipos de materiales de cobertura; la viruta de madera y la cal los cuales fueron mezclados con las heces

fecales siendo expuestas al calor durante un periodo de 14 días desde la fecha 12/10/2020 hasta el día 25/10/2020. De primera instancia es necesario partir del cálculo de la humedad del sólido en base seca con la siguiente expresión M_{db} , teniendo en cuenta que para ambos casos de tratamiento debe existir una reducción del 25% del contenido de humedad del solido como se menciona en el literal 1.1.3.5.

$$M_{db} = \frac{w_w}{w_d} = \frac{w_o - W_d}{W_d}$$

Tiempo horas	Masa húmeda kg	Humedad Total [X*] Kg agua/ Kg solido seco	Humedad libre [X] Kg agua/ Kg solido seco	Humedad libre promedio Kg agua/ Kg solido seco	$\Delta X/\Delta T$	Velocidad de secado R Kg agua/ m2 hr	1/R
0	29.00	1.414	1.079	1.053	-0.002	0.020	51.097
24	28.38	1.362	1.027	0.964	-0.005	0.048	20.980
48	26.87	1.237	0.901	0.838	-0.005	0.048	20.842
72	25.35	1.110	0.775	0.712	-0.005	0.048	20.980
96	23.84	0.984	0.649	0.586	-0.005	0.048	20.706
120	22.31	0.857	0.522	0.457	-0.005	0.049	20.439
144	20.76	0.728	0.393	0.342	-0.004	0.039	25.756
168	19.53	0.626	0.290	0.244	-0.004	0.035	28.541
192	18.42	0.533	0.198	0.160	-0.003	0.029	34.813
216	17.51	0.457	0.122	0.097	-0.002	0.020	51.097
240	16.89	0.406	0.071	0.049	-0.002	0.017	59.774
264	16.36	0.362	0.027	0.013	-0.001	0.010	99.000
288	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
312	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 19 Resultados obtenidos con viruta de madera como material de cobertura

Fuente: El autor

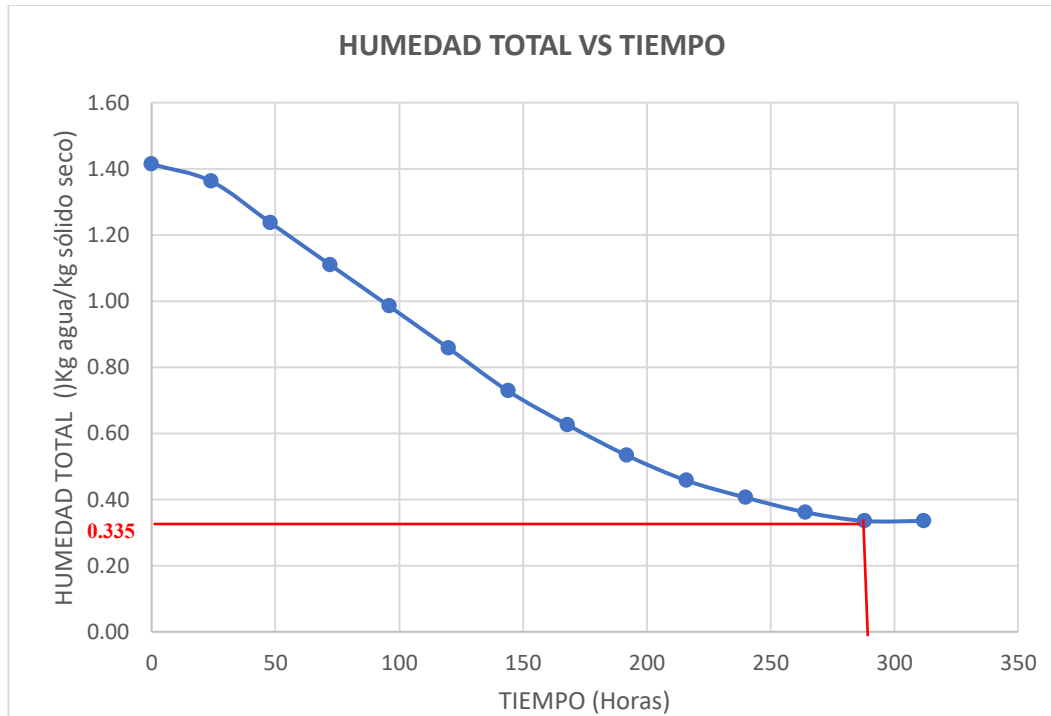


Gráfico: 35 Humedad total vs Tiempo en horas Viruta de madera
Fuente: el autor

Se logra apreciar en el gráfico #35 que para un tiempo de 288 horas la muestra humedad se estabiliza con 0.335 [Kg agua/ Kg solido seco].

Después, es preciso determinar la humedad en equilibrio con cal que llega el material a partir de un periodo de tiempo determinado.

Tiempo horas	Masa húmeda kg	Humedad Total [X*] Kg agua/ Kg solido seco	Humedad libre [kg] [X] Kg agua/ Kg solido seco	Humedad libre promedio Kg agua/ Kg solido seco	$\Delta X/\Delta T$	Velocidad de secado R Kg agua/ m2 hr	1/R
0	29.00	1.414	1.079	1.027	-0.004	0.039	25.344
24	27.75	1.310	0.975	0.886	-0.007	0.068	14.804
48	25.61	1.132	0.797	0.712	-0.007	0.064	15.683
72	23.59	0.964	0.628	0.543	-0.007	0.065	15.454
96	21.54	0.793	0.458	0.370	-0.007	0.066	15.086
120	19.44	0.618	0.283	0.230	-0.004	0.040	24.945
144	18.17	0.512	0.177	0.137	-0.003	0.031	32.660
168	17.20	0.432	0.097	0.067	-0.002	0.022	44.620
192	16.49	0.373	0.037	0.019	-0.002	0.014	70.400
216	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
240	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
264	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
288	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
312	16.04	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 20 Resultados obtenidos con Cal como material de cobertura
Fuente: El autor

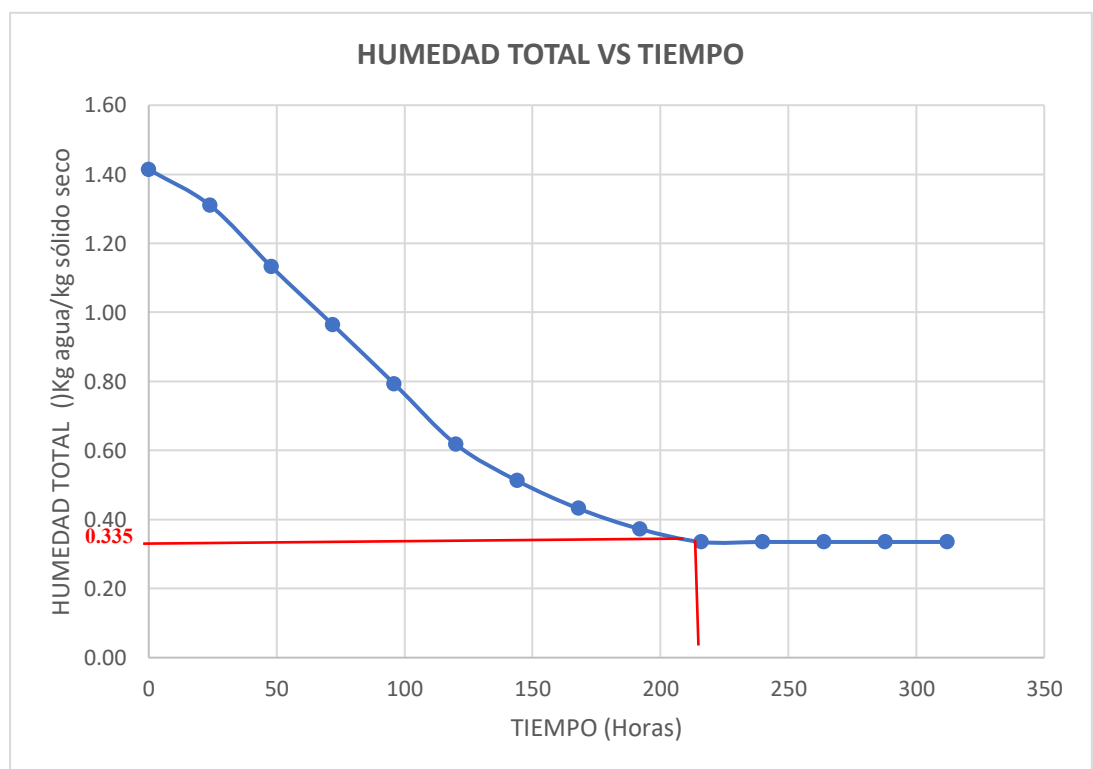


Gráfico: 36 Humedad total vs Tiempo en horas Cal
Fuente: el autor

Además, en el gráfico #36 se muestra que para un tiempo de 216 horas la muestra humedad se estabiliza con 0.335 [Kg agua/ Kg sólido seco].

Curva de secado

La gráfica de curva de secado está en función de humedad libre, lo cual es el resultado de la diferencia entre la humedad del sólido en base seca con respecto a la humedad en equilibrio este último valor será constantes para las dos muestras durante el tiempo.

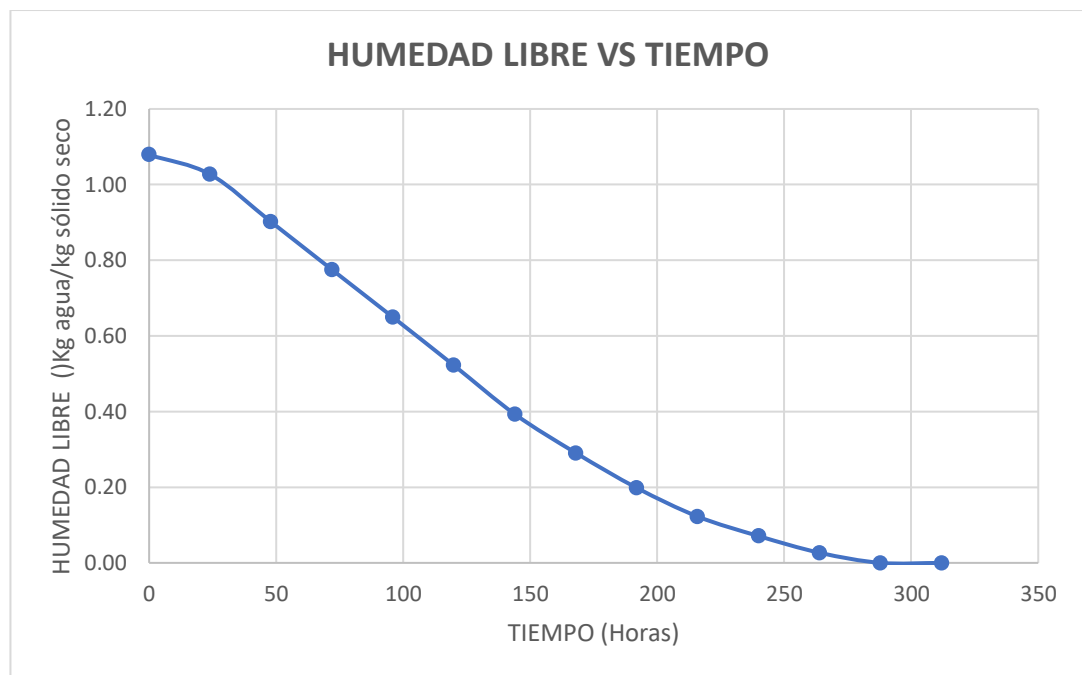


Gráfico: 37 Humedad libre vs Tiempo en hora de Viruta de madera
Fuente: el autor

Según la gráfica #37 se puede deducir que cuando transcurrió un tiempo de 288 horas el sólido alcanza un equilibrio con el aire de secado por esta razón la humedad libre alcanza una unidad de cero.

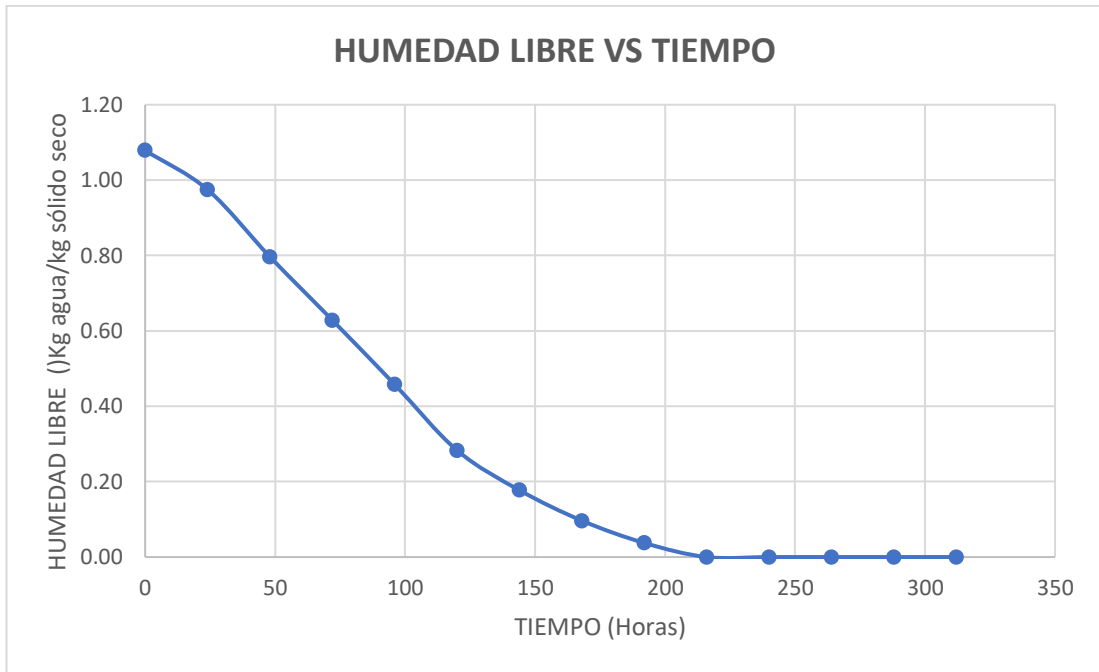


Gráfico: 38 Humedad libre vs Tiempo en hora de Cal
Fuente: el autor

Se dedujo en la gráfica #38 que cuando el tiempo transcurrió un periodo de 216 horas el sólido también alcanzó un equilibrio con respecto al aire de secado es por ello que la humedad libre alcanzó el valor de cero.

Curva de velocidad de secado

La curva de velocidad de secado está demandada por la expresión “R” en cual el valor de masa de sólido seco y el área van a ser constantes durante todo el periodo de tiempo.

Para encontrar el valor de pendiente se utiliza una expresión aproximada es decir en vez de ocupar el valor de la derivada puntual se ocupa la variación de humedad libre con respecto a la variación del tiempo

$$R = -\frac{W_s}{A} \left(\frac{dx}{dt} \right) \approx -\frac{W_s}{A} \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)$$

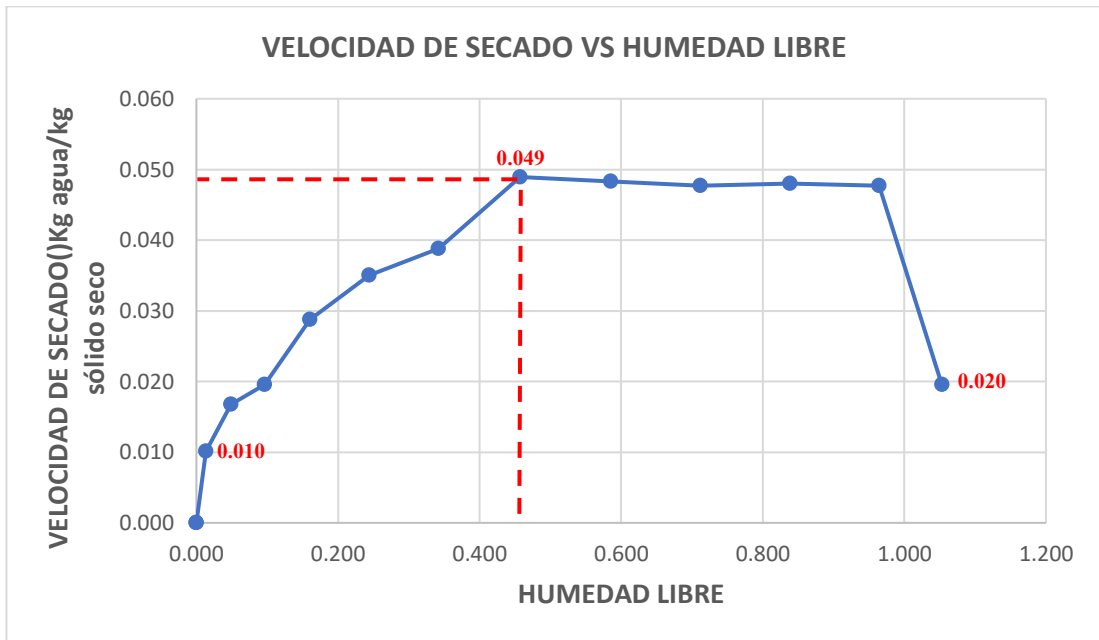


Gráfico: 39 Velocidad de secado vs Humedad libre de Viruta de madera
Fuente: el autor

La grafica nos muestra un comportamiento típico de velocidad de secado contra humedad libre, se puede observar en la gráfica 39# una región en el cual la velocidad de secado es constante entre los valores 0.020 al 0.049 y una velocidad de secado variable desde el valor 0.049 a 0.010.

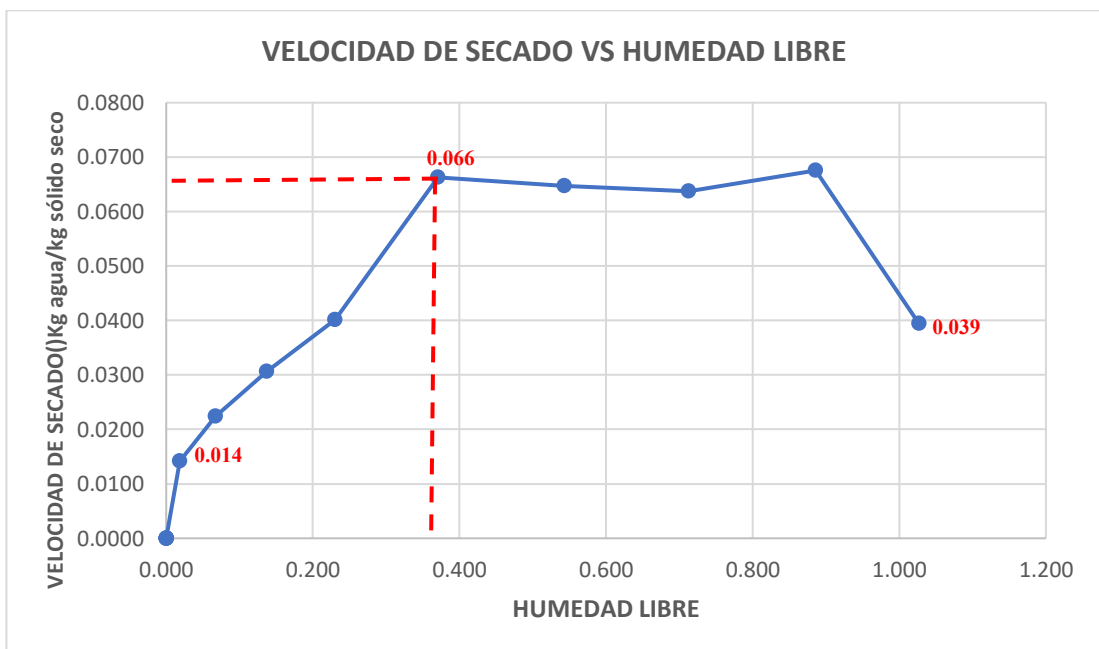


Gráfico: 40 Velocidad de secado vs Humedad libre de Cal
Fuente: el autor

Para la gráfica #40 se logra identificar la región de velocidad constante entre los valores 0.039 a 0.066 y una región de velocidad variable desde el valor 0.066 a 0.014.

Por último, para conocer el tiempo que se va a demorar las muestras en secarse se debe descomponer el tiempo total en dos variables. La primera se calculó mediante la velocidad de secado constante la cual está determinada por siguiente la expresión.

$$t_1 = \int_{X_c}^{x_1} \left(\frac{dx}{R_c} \right)$$

La segunda variable se la determino gráficamente debido que la humedad libre cambia por razón de una velocidad variable de secado en distinto tiempo, será determinada por la siguiente expresión.

$$t_2 = \frac{W_S}{A} \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{dx}{R} \right)$$

Tiempo de secado con viruta de madera

Velocidad constante de secado

Los valores de humedad libre que corresponden a X_c , X_1 son iguales a 0.457 y 1.053 respectivamente, el valor de la velocidad crítica “ R_c ” será igual a 0.049 puesto que es el punto de transición entre la velocidad constante hacia la velocidad variable.

$$t_1 = \left(\frac{1}{0.049} \right) \int_{0.457}^{1.053} (dx)$$

$$t_1 = 12.17 \text{ horas}$$

Velocidad variable

Como se observa en la gráfica 39 y 40 la función ya no es lineal es por esta razón que para obtener el tiempo secado se calculó el área bajo la curva correspondiente a los valores de velocidad variable.

$$t_2 = \frac{W_s}{A} \int_{0.013}^{0.457} \left(\frac{dx}{R} \right)$$

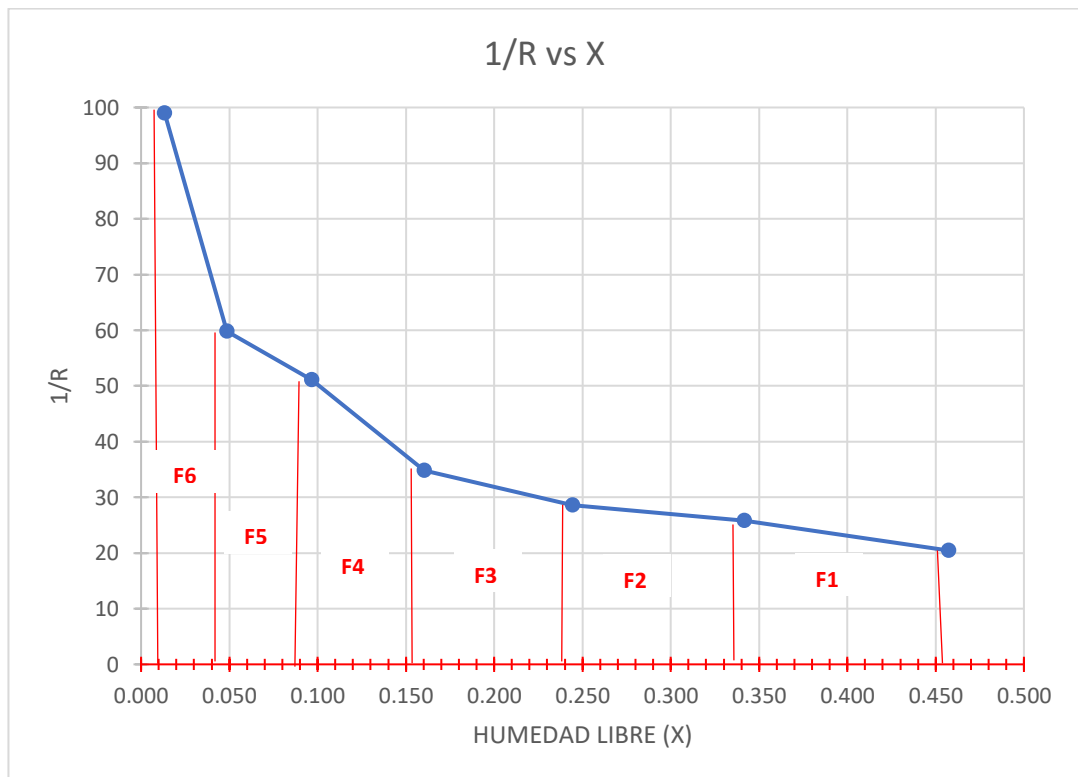


Gráfico: 41 Humedad libre vs inverso de la velocidad de viruta de madera
Fuente: el autor

FIGURA	BASE MENOR	BASE MAYOR	ALTURA	AREA
1	20.439	25.756	0.116	2.672
2	25.756	28.541	0.097	2.644
3	28.541	34.813	0.084	2.663
4	34.813	51.097	0.064	2.735
5	51.097	59.774	0.048	2.653
6	59.774	99.000	0.035	2.808
INTEGRAL VARIABLE				16.18
INTEGRAL CONSTANTE				12.17
TIEMPO				258.01
DIAS				10.75

Tabla 21 Resultados de tiempo de secado con viruta de madera
Fuente: el autor

$$t = t_2 + t_1$$

El tiempo que tardó la muestra de 29kg con viruta de madera para una reducción del 25% de contenido de humedad fue de 258.01 horas equivalente a 11 días.

Tiempo de secado con Cal

Los valores de humedad libre que corresponden a X_c , X_1 son iguales a 0.370 y 1.027 respectivamente, el valor de la velocidad crítica "Rc" será igual a 0.066 puesto que es el punto de transición entre la velocidad constantes hacia la velocidad variable.

$$t_1 = \left(\frac{1}{0.066} \right) \int_{0.370}^{1.027} (dx)$$

$$t_1 = 9.90 \text{ horas}$$

La segunda variable “R” se la determino gráficamente debido que la humedad libre cambia por razón de una velocidad de secado en distinto tiempo, será determinada por la siguiente expresión.

$$t_2 = \frac{W_S}{A} \int_{0.019}^{0.370} \left(\frac{dx}{R} \right)$$

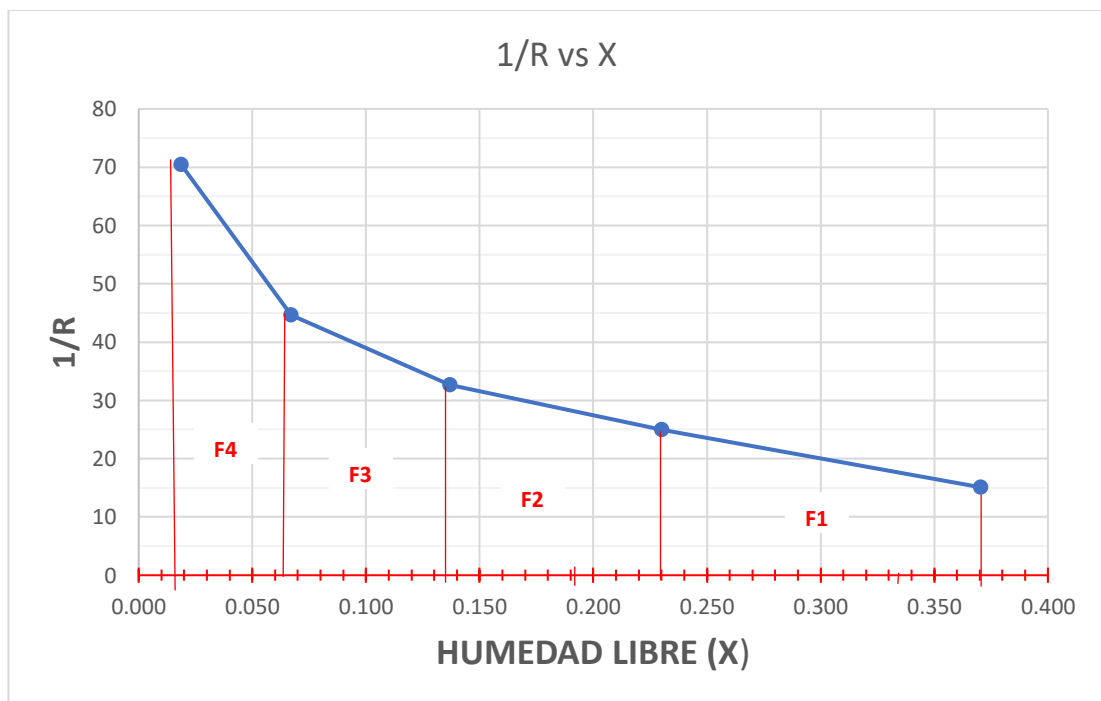


Gráfico: 42 Humedad libre vs inverso de la velocidad con Cal
Fuente: el autor

FIGURA	BASE MENOR	BASE MAYOR	ALTURA	AREA
1	15.086	24.945	0.173	3.457
2	24.945	32.660	0.140	4.040
3	32.660	44.620	0.093	3.602
4	44.620	70.400	0.070	4.021
INTEGRAL VARIABLE				15.12
INTEGRAL CONSTANTE				9.90
TIEMPO				227.73
DIAS				9.49

Tabla 22 Resultados de tiempo de secado con Cal
Fuente: el autor

El tiempo que tardó la muestra de 29kg con Cal para una reducción del 25% del contenido de humedad fue de 227.73 horas equivalente a 9 días.

3.2 Verificación de hipótesis

Según la hipótesis de trabajo y en base a los requerimientos sugeridos en la sección 1.1.3.5 se dedujo que es posible aplicar técnicas alternativas para el tratamiento de heces con la implementación un tratamiento térmico añadiendo los dos diferentes materiales de cobertura.

Horas	Temperatura de Entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]
11:00:00	23.90	42.13
11:30:00	24.12	42.04
12:00:00	24.47	41.28
12:30:00	24.93	40.70
13:00:00	24.76	40.19
13:30:00	25.01	40.50
14:00:00	24.83	40.03

Tabla 23 Variación de temperatura durante el tiempo
Fuente: el autor

Además, la Tabla #23 muestra horas del día en las cuales la temperatura aumento significativamente, superando los 40°C en el interior de la cámara de secado en un periodo tiempo de tres horas lo cual cumple con la exigencia propuestos en la investigación para conseguir que los agentes patógenos en el interior de las heces sean eliminados.

Con respecto a la relación que existe en del tiempo de secado de la cal y la viruta de madera con la perdida de humedad se procedió a realizar un gráfico en el cual muestra la variación que existe entre las pérdidas de humedad que tiene las heces en diferentes tiempos de secado.

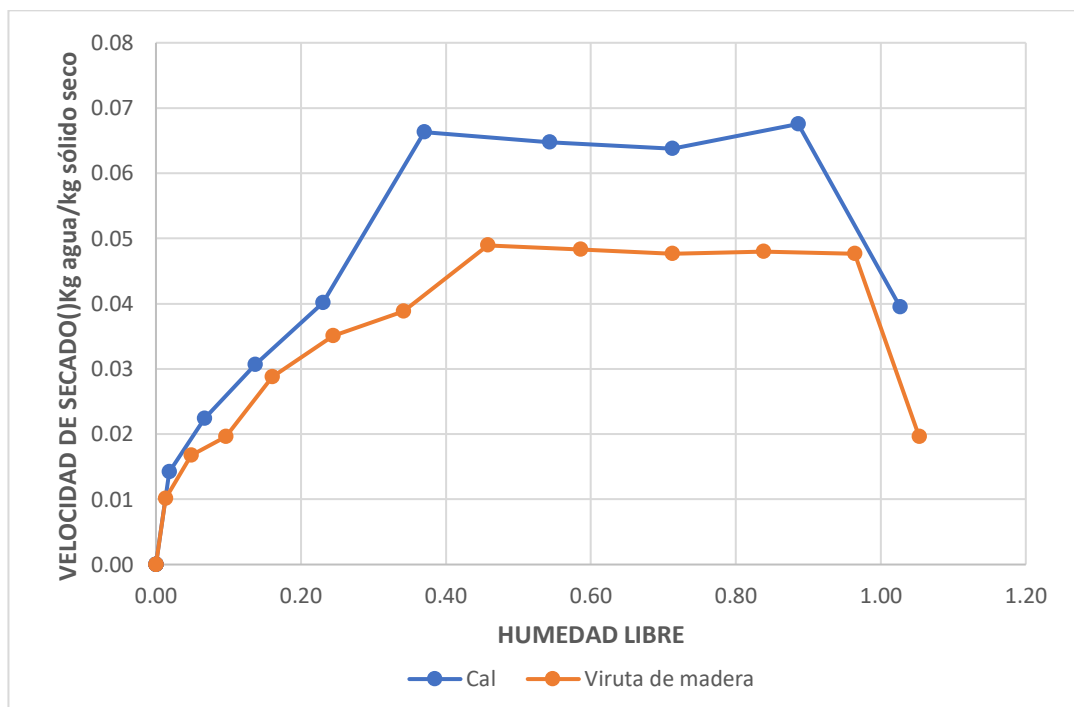


Gráfico: 43 Comparación de velocidad de secado vs Humedad libre de los dos materiales de cobertura
Fuente: el autor

Como se observa en el gráfico #43 se puede deducir que la velocidad de secado es constante en diferentes valores de humedad libre. La Cal ayuda con el aumento de velocidad de secado a diferencia de la viruta de madera que tarda más tiempo en secar el material.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

4.1 Conclusiones

- Fundamentándose en todos los requerimientos de la investigación para el diseño propuesto se concluye que el tratamiento térmico es una alternativa eficaz para eliminar los agentes patógenos presentes en las heces.
- Resumiendo, la información recaudada en campo y comparando con los resultados obtenidos, la aplicación de esta técnica logra reducir al 100% el consumo de agua potable en descargas del inodoro.
- Se concluye que al implementar en la mezcla la cal o viruta de madera la eficacia del sistema aumenta disminuyendo el tiempo de secado.
- En definitiva, el uso de cal en heces produce una disminución del 25% del contenido de humedad en un periodo aproximado de 9 días logrando disminuir considerablemente el tiempo de secado, en comparación al uso de viruta de madera que demora 11 días para alcanzar el peso de 16.04kg de masa humedad buscada en ambos tratamientos.
- De acuerdo con los valores conseguidos se puede deducir que para los dos materiales de cobertura la humedad en equilibrio alcanza un valor 0.335 [kg agua/kg solido seco] en diferentes periodos de tiempo ya que la viruta de madera logra reducir la humedad en 288 horas y la viruta de madera en 216 horas.

- Además, se concluye que es necesario contener la orina en un depósito de 30lt lo cual es volumen de llenado con respecto del tiempo de una semana de tratamiento para eliminar posibles agentes patógenos.
- Por último, se concluyó que estas alternativas de tratamientos son una excelente opción para implementarse en los sectores de Atahualpa por su alta efectividad de tratamiento, mínimo consumo de agua y su bajo índice de contaminación ambiental.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda medir la irradiación solar en la parroquia Atahualpa entre las 11:00 ya las 14:00 puesto que son los valores de mayor incidencia de temperatura en el colector.
- Para contar con datos más precisos de velocidad de secado es recomendable disminuir el intervalo de tiempo a 12 horas en las tomas muestra húmeda.
- Para estudios complementarios de obtención de energía útil del colector en función de sus pérdidas se seguirá medir la irradiación incidente en el colector puesto que esta fuera del alcance de este proyecto por no disponer un aparato foto radiómetro.
- Cualquier prueba que se realice al colector solar es adecuada hacerla sin presencia de lluvia y totalmente sellado para que no existe pérdidas de calor al ambiente.
- Por último, se recomienda implantar este tipo de alternativa en sectores en los cuales no cumplan con condiciones óptimas de manejo de residuos, incentivando a los usuarios el cuidado de los recursos ambientales.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- [1] E. Veliz, J. Llanes, L. Asela, and M. Bataller, “Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola.,” *Rev. CENIC Ciencias Biológicas*, vol. 40, no. 1, pp. 35–44, 2009.
- [2] R. Baque Mite, L. Simba Ochoa, B. Gonzalez Osorio, P. Suatunce, E. Diaz Ocampo, and L. Cadme Arevalo, “Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador,” *Cienc. Unemi*, vol. 9, no. 20, p. 109, 2016.
- [3] J. Silva and P. Torres, “Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura . Una revisión Domestic wastewater reuse in agriculture . A review,” vol. 26, no. 2, pp. 347–359, 2008.
- [4] E. Salamanca, “Tratamiento de aguas para el consumo humano,” *Módulo Arquít. CUC*, vol. 17, no. 1, pp. 29–48, 2017.
- [5] K. C. Passarini, F. M. C. Gamarra, R. M. Vanalle, and J. C. C. Santana, “Reutilización de las aguas residuales en la irrigación de plantas y en la recuperación de los suelos,” *Inf. Tecnol.*, vol. 23, no. 1, pp. 57–64, 2012.
- [6] H. Ramírez Arcila and J. Jaramillo Peralta, “Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua,” *Rev. Fac. Ciencias Básicas*, vol. 11, no. 2, p. 136, 2016.
- [7] E. Hernández-Acosta, E. E. Quiñones-Aguilar, D. Cristóbal-Acevedo, and J. E. Rubiños-Panta, “Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en tulancingo, Hidalgo, México,” *Rev. Chapingo, Ser. Ciencias For. y del Ambient.*, vol. 20, no. 1, pp. 89–100, 2014.
- [8] J. A. Meléndez-Pérez, M. M. C. Lemos-Lima, I. Dominguez, and E. R. Oviedo-Ocaña, “Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 18, no. 1, pp. 223–236, 2019.
- [9] J. Martelo and J. L. B. Lara Borrero, “Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte,” *Ing. y Cienc.*, vol. 8, no. 15, pp. 221–243, 2012.
- [10] J. P. Rodríguez-Miranda, E. Gómez, L. Garavito, and F. López, “Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 1, no. 1, pp. 59–68, 2010.

- [11] A. M. Carrera Sánchez, Silvia Margareth Florian Vargas, “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) con lenteja de agua’.,” *Univ. SurColombiana*, pp. 1–47, 2013.
- [12] H. Construidos, C. O. N. Plantas, O. Para, and E. L. Tratamiento, “Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas (Constructed wetlands with ornamental plants for removal of organic matter and nutrients contained in sewage),” *Theoria*, vol. 22, no. 1, pp. 33–46, 2015.
- [13] Z. Rodríguez and C. Armando, “Diseño de sistema prototipo para optimizar tratamiento y gestión de heces humanas en sistemas de saneamiento seco,” 2019.
- [14] H. E. Marina Fernandez, Curutchet Dominik Hock, Federico Dabbah, *Sistemas de saneamiento seco con separación de orina*, 1a ed. Argentina, Buenos Aires: San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial -, 2016.
- [15] M. Virginia *et al.*, “Uso de la orina humana como fertilizante en la producción de lechuga Waldmann green (*Lactuca sativa* L .) Use human urine as fertilizer in producing lettuce Waldmann green (*Lactuca sativa* L .) Introducción,” 2015.
- [16] Ing. MBA Raúl Villalba Miranda, “PROMOCION Y DIFUSION DE LAS ACTIVIDADES TURISTICAS Y GASTRONOMICAS DE LA PARROQUIA ATAHUALPA DEL CANTON AMBATO,” pp. 1–38, 2014.
- [17] A.- Koulibaly, “APLICACIÓN DE LA COMPUTACIÓN Modelación de un colector solar para calentamiento de aire Modelling of a solar collector for air heating,” vol. XXXVI, pp. 282–293, 2015.
- [18] J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Wiley: Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition - John A. Duffie, William A. Beckman*. 2013.

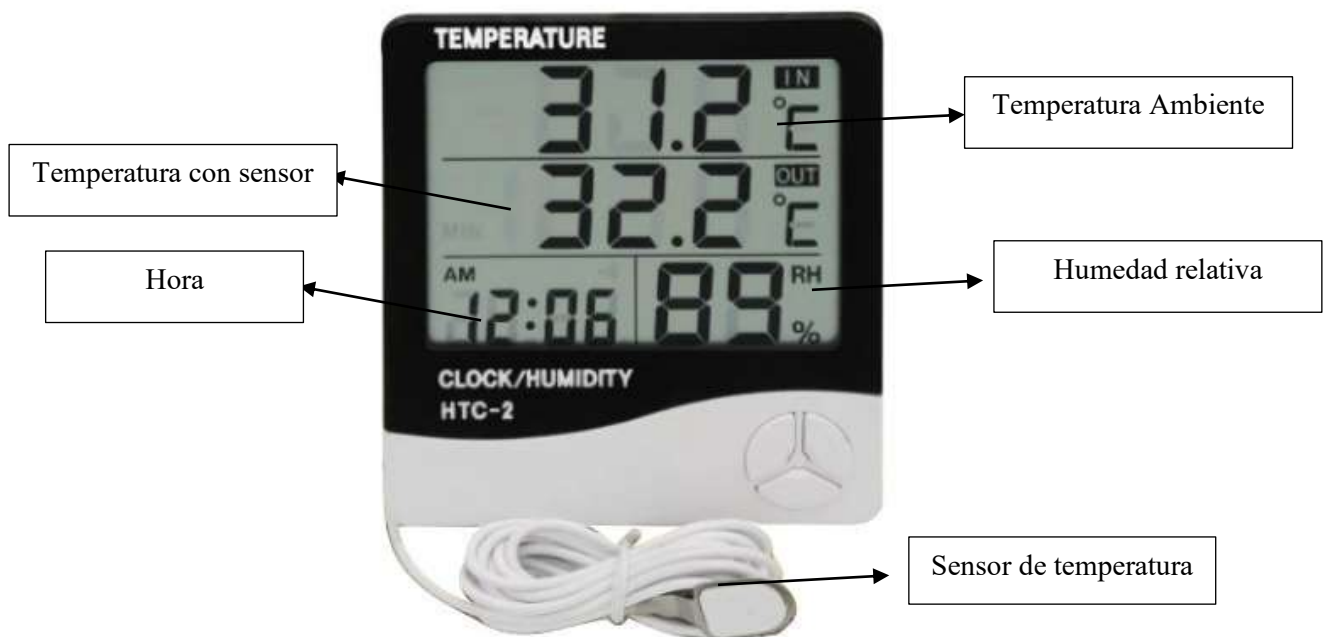
Anexos

Tablas 4.4: Propiedades de gases a presión atmosférica

Tabla 4.4.1: Propiedades del aire seco a presión atmosférica

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
-150	2.867	0.982	8.64	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.965	11.90	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.975	12.49	6.482	16.62	8.842	0.7330
-80	1.828	0.983	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.990	13.64	7.850	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.995	14.20	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.7440
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.30	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.80	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.80	0.7350
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.40	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268
40	1.117	1.007	19.18	17.02	26.62	23.45	0.7255

Termo hidrómetro digital





FOTOGRAFÍAS







Modelo de encuesta

 			
Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil			
Encuesta realizada a viviendas unifamiliares del sector Atahualpa			
a	1. Provincia:		
	2. Cantón:		
	3. Parroquia:		
	4. N° de personas que habitan en la vivienda:		
	5. m ² de vivienda:		
	6. Fecha de entrevista:		
b	7. ¿El agua que utiliza en el inodoro es agua potable o agua de riego?	8. ¿En qué rango considera usted que está ubicado su valor a pagar debido al consumo de agua potable por mes?	
	Agua Potable	Menor \$4.50	
		\$4.50-\$6.50	
	Agua de Riego	\$6.50-\$8.50	
		\$8.50-\$10.50	
		\$10.50-\$12.50	
		\$12.50-\$14.50	
	Mayor 14.50		
9. ¿Parte del día los miembros de la familia usan más el inodoro?	10. ¿Que tipo de Residuos son depositados en su inodoro para su debida descarga.?		
Mañana	Excrementos Fecales y Orina		
Tarde	Residuos Orgánicos		
Noche	Residuos Inorgánicos		
c	11. ¿Al redor de cuantas veces en el día los miembro de su familia ocupan el inodoro?		
	Una		
	Dos		
	Tres		
	Cuatro		
	Cinco		
	Seis		
12. ¿A qué lugar llega su efluente de descarga procedente de su vivienda?			
Letrinas			
Fosa Séptica			
Alcantarillado			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

	NOMBRE RESPONSABLE: ESTEBAN ANDRÉS TAFUR																
	FICHA DE CAMPO: TEMPERATURAS DE ENTRADA AL COLECTOR SOLAR								HORA DE INICIO:	6:00:00							
	FECHA DE PRACTICA: 12/10/2020 a 25/10/2020								HORA DE SALIDA:	18:00:00							
	LUGAR DE LA PRACTICA: SECTOR DE ATAHUALPA																
HORAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	MEDIA		
	12/10/2020	13/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	18/10/2020	19/10/2020	20/10/2020	21/10/2020	22/10/2020	23/10/2020	24/10/2020	25/10/2020	ARMONICA		
6:00:00	11.40	10.20	11.10	11.70	9.80	15.20	13.90	14.10	14.00	14.80	14.50	10.90	13.10	13.10	12.45		
6:30:00	11.90	13.60	11.60	13.70	10.10	15.80	14.40	15.70	15.80	15.70	14.90	11.00	13.30	13.90	13.41		
7:00:00	12.50	14.20	14.40	14.60	12.50	16.10	15.80	17.10	16.60	16.10	15.60	11.40	14.50	14.10	14.49		
7:30:00	13.30	17.60	14.70	14.80	13.80	16.60	16.60	19.10	19.90	17.30	16.40	12.10	14.60	14.90	15.55		
8:00:00	14.40	17.20	16.20	16.50	14.80	17.50	16.90	21.50	20.00	18.80	16.80	16.20	16.50	17.80	17.04		
8:30:00	15.60	17.10	16.20	17.20	17.50	18.20	18.10	21.50	20.40	20.20	17.70	16.70	17.70	17.90	17.87		
9:00:00	18.20	18.00	17.00	18.80	18.10	19.20	19.20	21.90	21.60	22.30	20.30	18.30	18.60	19.40	19.23		
9:30:00	19.40	19.10	18.20	20.10	19.50	22.60	23.00	22.00	24.50	23.20	22.10	20.00	19.80	20.20	20.83		
10:00:00	21.40	20.90	21.20	22.60	19.90	22.70	22.70	22.30	25.30	23.80	22.90	22.00	21.50	21.60	22.13		
10:30:00	22.30	21.80	22.00	22.80	21.10	22.80	23.30	24.30	24.70	24.80	23.50	24.00	23.70	23.20	23.11		
11:00:00	24.90	21.30	23.30	23.40	21.50	22.40	24.00	25.60	24.60	25.50	24.80	24.30	25.80	24.40	23.90		
11:30:00	24.50	21.50	23.10	23.80	21.40	23.10	24.20	26.40	25.20	23.20	25.20	24.70	26.40	26.50	24.12		
12:00:00	23.90	22.40	23.00	23.90	22.30	24.00	23.90	26.90	26.50	23.00	26.00	24.10	27.50	26.80	24.47		
12:30:00	24.10	21.50	24.10	25.80	22.00	24.50	24.20	27.30	27.60	25.90	26.00	23.40	27.60	27.20	24.93		
13:00:00	22.90	22.80	23.50	24.10	21.80	22.40	24.70	27.90	28.10	26.80	25.10	23.60	27.90	27.70	24.76		
13:30:00	22.60	23.50	23.50	25.10	22.90	24.30	25.60	27.40	28.50	25.60	23.10	23.80	28.80	27.70	25.01		
14:00:00	21.40	21.80	23.60	26.50	23.90	23.30	25.40	28.30	27.80	24.50	23.80	23.70	28.50	28.10	24.83		
14:30:00	22.40	22.20	22.50	25.80	22.20	23.10	25.60	27.80	27.10	23.60	24.70	23.70	27.10	28.40	24.55		
15:00:00	21.00	21.80	22.90	26.70	22.40	21.80	25.00	27.00	27.20	23.00	23.40	22.90	26.70	27.50	24.03		
15:30:00	19.80	22.50	23.80	26.90	21.90	21.00	24.90	26.60	27.30	22.70	21.00	22.20	25.40	25.70	23.46		
16:00:00	19.20	22.40	22.70	26.30	22.90	21.40	22.70	24.30	26.00	22.10	20.80	20.50	25.40	25.70	22.83		
16:30:00	18.30	22.20	21.40	24.00	21.30	20.80	22.80	22.60	25.10	21.60	19.80	19.80	26.40	26.30	22.07		
17:00:00	18.10	19.70	21.80	22.10	20.10	20.50	21.60	22.10	24.30	20.10	18.60	18.60	23.20	24.50	20.91		
17:30:00	17.60	19.40	24.60	19.70	19.80	20.70	19.40	21.10	22.50	19.50	18.10	18.00	21.80	22.90	20.18		
18:00:00	17.40	17.90	22.80	18.80	18.40	19.90	18.90	19.40	21.10	18.30	17.40	17.80	20.90	21.00	19.16		



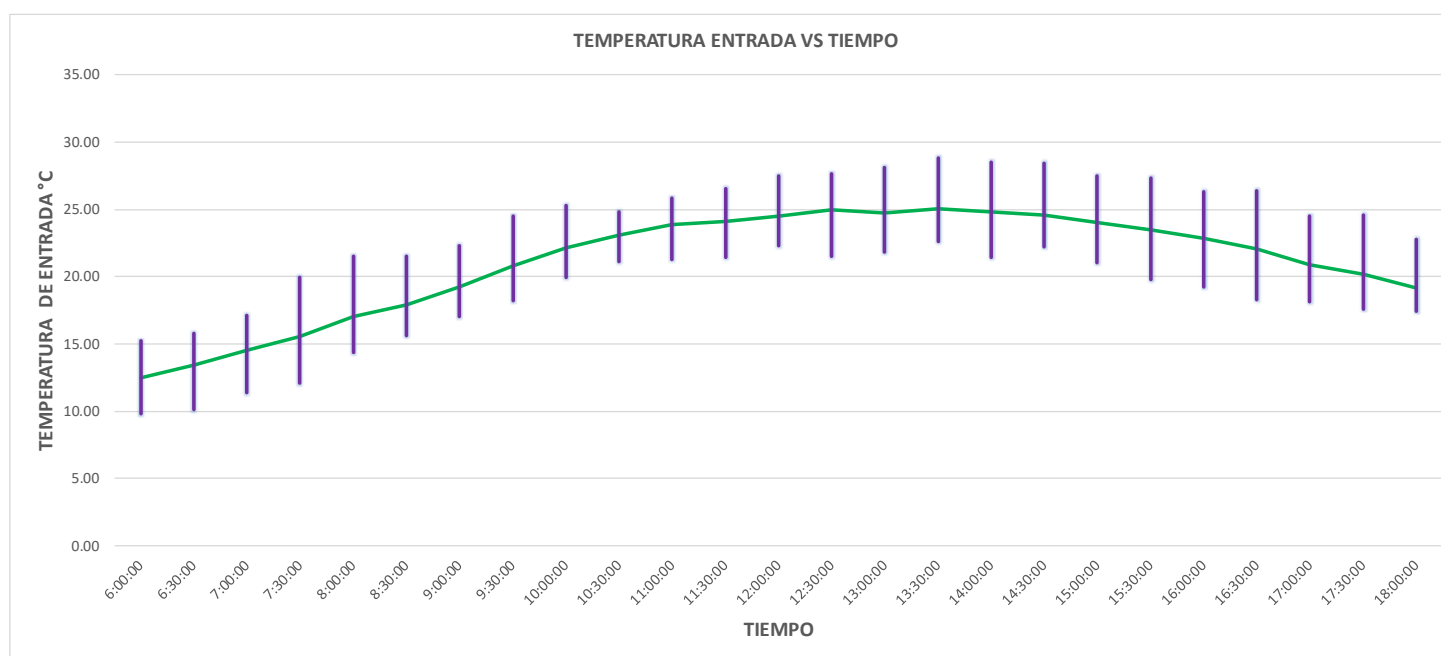
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



NOMBRE RESPONSABLE:	ESTEBAN ANDRÉS TAFUR	HORA DE INICIO:	6:00:00
FICHA DE CAMPO:	GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE ENTRADA AL COLECTOR SOLAR	HORA DE SALIDA:	18:00:00
FECHA DE PRACTICA:	12/10/2020 a 25/10/2020		
LUGAR DE LA PRACTICA:	SECTOR DE ATAHUALPA		





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



	NOMBRE RESPONSABLE: ESTEBAN ANDRÉS TAFUR															
	FICHA DE CAMPO: TEMPERATURAS DE SALIDA AL COLECTOR SOLAR								HORA DE INICIO:	6:00:00						
	FECHA DE PRACTICA: 12/10/2020 a 25/10/2020								HORA DE SALIDA:	18:00:00						
	LUGAR DE LA PRACTICA: SECTOR DE ATAHUALPA															
HORAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	MEDIA	
	12/10/2020	13/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	18/10/2020	19/10/2020	20/10/2020	21/10/2020	22/10/2020	23/10/2020	24/10/2020	25/10/2020	ARMONICA	
6:00:00	10.10	12.50	13.20	11.00	9.70	14.70	14.40	14.70	13.40	14.00	14.10	10.80	11.80	12.80	12.43	
6:30:00	10.30	13.90	13.80	12.80	10.10	15.40	15.00	15.70	15.20	15.10	14.80	11.00	12.00	13.20	13.16	
7:00:00	13.20	19.50	16.30	14.10	16.10	16.80	15.60	18.10	18.40	16.60	15.90	11.90	13.20	15.40	15.51	
7:30:00	15.60	21.20	16.80	18.60	18.70	18.20	17.40	21.50	22.80	22.50	20.60	13.40	14.80	15.70	17.96	
8:00:00	23.90	21.40	18.80	20.20	20.60	19.70	18.40	24.90	27.10	26.00	22.80	21.10	23.10	22.40	21.89	
8:30:00	26.80	21.60	20.20	21.90	20.90	22.20	21.10	30.70	31.20	29.00	26.60	29.30	28.80	28.40	25.01	
9:00:00	29.80	21.70	22.60	25.60	23.60	26.30	28.80	33.90	41.00	33.00	30.60	36.60	34.60	37.40	29.29	
9:30:00	31.90	25.10	24.30	30.50	25.10	31.40	34.50	41.80	46.10	39.20	38.80	40.60	38.90	41.10	33.54	
10:00:00	33.50	29.10	26.90	38.80	27.40	35.80	33.70	47.40	50.80	40.10	44.10	41.50	44.00	48.90	37.14	
10:30:00	35.80	34.00	29.80	37.80	29.60	36.80	35.50	52.70	53.10	43.20	46.00	42.10	46.00	54.70	39.67	
11:00:00	46.20	32.50	34.30	37.50	32.50	37.00	39.10	53.40	53.90	43.00	48.80	46.10	50.60	54.90	42.13	
11:30:00	45.90	31.40	34.90	36.90	34.30	37.40	39.40	53.50	54.80	40.00	51.70	44.40	48.80	55.30	42.04	
12:00:00	43.80	30.30	35.20	38.00	35.50	38.90	39.10	54.10	55.50	38.50	50.50	41.20	46.40	47.60	41.28	
12:30:00	40.10	29.20	36.70	45.20	34.20	40.30	37.70	54.60	56.30	42.70	47.80	38.00	48.90	36.10	40.70	
13:00:00	33.20	31.90	35.10	44.00	32.80	38.70	36.00	54.60	55.10	47.80	42.10	37.80	50.30	41.50	40.19	
13:30:00	32.80	33.00	34.60	50.00	33.20	34.90	39.30	52.60	54.30	46.80	39.70	37.10	54.60	44.40	40.50	
14:00:00	32.30	31.80	35.40	47.70	35.70	34.40	40.50	51.50	49.90	45.20	39.90	36.40	52.80	43.00	40.03	
14:30:00	31.70	30.70	34.50	47.00	35.50	34.80	41.40	48.00	46.00	39.00	40.40	34.90	49.70	43.30	38.86	
15:00:00	30.60	31.20	35.00	47.10	35.20	33.10	38.80	44.10	43.10	36.10	37.60	34.10	44.90	40.20	37.28	
15:30:00	29.40	32.00	35.40	44.20	35.10	30.90	34.70	37.40	39.00	32.90	32.00	33.50	39.70	34.20	34.64	
16:00:00	28.60	28.70	31.10	38.70	36.10	29.70	31.10	35.80	34.10	31.10	29.40	29.80	36.90	32.80	32.12	
16:30:00	27.20	27.90	28.40	33.50	32.30	28.80	29.80	33.90	32.30	29.80	28.40	28.60	34.10	31.40	30.29	
17:00:00	25.60	24.80	26.90	29.10	29.00	25.80	27.70	30.10	30.70	28.40	26.70	26.50	30.50	28.80	27.78	
17:30:00	24.70	23.10	24.60	24.40	24.10	25.20	26.10	27.70	28.00	26.40	25.30	25.70	26.30	25.50	25.44	
18:00:00	23.00	22.50	22.80	18.70	21.30	22.70	24.40	25.60	26.10	24.00	24.90	25.00	23.30	24.60	23.33	



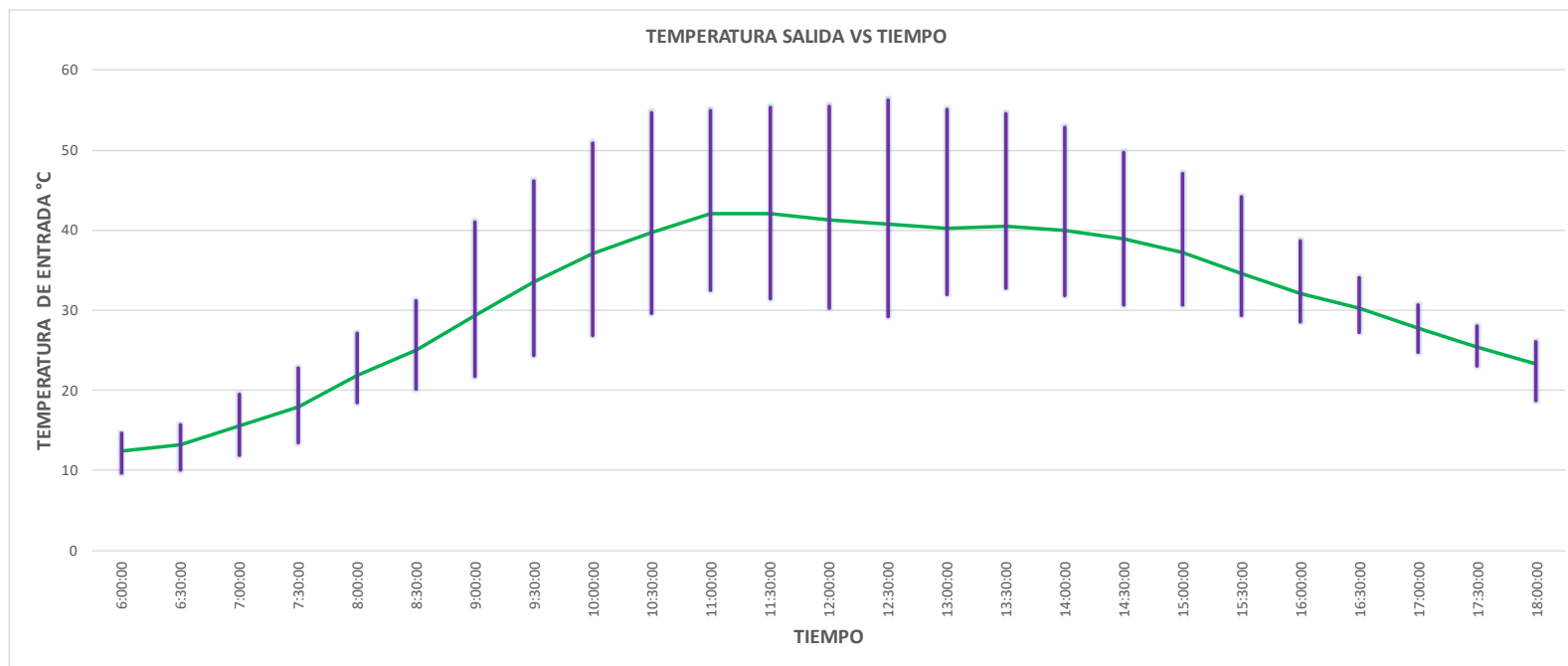
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



NOMBRE RESPONSABLE:	ESTEBAN ANDRÉS TAFUR	HORA DE INICIO:	6:00:00
FICHA DE CAMPO:	GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE SALIDA AL COLECTOR SOLAR	HORA DE SALIDA:	18:00:00
FECHA DE PRACTICA:	12/10/2020 a 25/10/2020		
LUGAR DE LA PRACTICA:	SECTOR DE ATAHUALPA		





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

	NOMBRE RESPONSABLE: ESTEBAN ANDRÉS TAFUR															
	FICHA DE CAMPO: HUMEDAD RELATIVA								HORA DE INICIO:	6:00:00						
	FECHA DE PRACTICA: 12/10/2020 a 25/10/2020								HORA DE SALIDA:	18:00:00						
	LUGAR DE LA PRACTICA: SECTOR DE ATAHUALPA															
HORAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	MEDIA	
	12/10/2020	13/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	18/10/2020	19/10/2020	20/10/2020	21/10/2020	22/10/2020	23/10/2020	24/10/2020	25/10/2020	ARMONICA	
6:00:00	88.00%	88.00%	99.00%	97.00%	99.00%	82.00%	99.00%	88.00%	78.00%	92.00%	81.00%	72.00%	88.00%	99.00%	88.45%	
6:30:00	66.00%	88.00%	99.00%	87.00%	99.00%	81.00%	99.00%	88.00%	78.00%	84.00%	81.00%	66.00%	83.00%	95.00%	83.92%	
7:00:00	52.00%	72.00%	94.00%	74.00%	99.00%	78.00%	86.00%	80.00%	74.00%	81.00%	74.00%	49.00%	68.00%	77.00%	72.99%	
7:30:00	36.00%	67.00%	97.00%	65.00%	99.00%	77.00%	82.00%	78.00%	53.00%	77.00%	72.00%	43.00%	59.00%	62.00%	64.05%	
8:00:00	48.00%	65.00%	80.00%	61.00%	81.00%	74.00%	79.00%	68.00%	59.00%	74.00%	70.00%	65.00%	68.00%	72.00%	67.61%	
8:30:00	50.00%	67.00%	79.00%	62.00%	80.00%	70.00%	73.00%	59.00%	59.00%	66.00%	68.00%	64.00%	62.00%	75.00%	65.72%	
9:00:00	51.00%	70.00%	75.00%	56.00%	76.00%	66.00%	68.00%	56.00%	54.00%	56.00%	61.00%	59.00%	55.00%	68.00%	61.25%	
9:30:00	52.00%	61.00%	71.00%	51.00%	73.00%	53.00%	55.00%	45.00%	44.00%	48.00%	53.00%	52.00%	48.00%	64.00%	53.76%	
10:00:00	52.00%	51.00%	55.00%	48.00%	69.00%	49.00%	53.00%	44.00%	44.00%	48.00%	48.00%	46.00%	48.00%	58.00%	50.97%	
10:30:00	48.00%	46.00%	53.00%	46.00%	61.00%	47.00%	52.00%	47.00%	45.00%	48.00%	44.00%	43.00%	43.00%	52.00%	47.80%	
11:00:00	42.00%	47.00%	48.00%	44.00%	55.00%	47.00%	52.00%	42.00%	41.00%	45.00%	41.00%	41.00%	37.00%	46.00%	44.40%	
11:30:00	42.00%	46.00%	47.00%	43.00%	55.00%	46.00%	50.00%	38.00%	40.00%	48.00%	39.00%	38.00%	37.00%	42.00%	43.08%	
12:00:00	40.00%	43.00%	47.00%	42.00%	47.00%	44.00%	48.00%	36.00%	38.00%	52.00%	37.00%	38.00%	34.00%	36.00%	40.93%	
12:30:00	40.00%	43.00%	44.00%	38.00%	44.00%	44.00%	47.00%	36.00%	36.00%	43.00%	38.00%	38.00%	32.00%	34.00%	39.31%	
13:00:00	44.00%	41.00%	43.00%	40.00%	52.00%	43.00%	45.00%	34.00%	34.00%	39.00%	39.00%	38.00%	31.00%	34.00%	39.09%	
13:30:00	48.00%	41.00%	44.00%	38.00%	52.00%	43.00%	40.00%	33.00%	34.00%	38.00%	42.00%	38.00%	26.00%	34.00%	38.27%	
14:00:00	42.00%	41.00%	43.00%	37.00%	49.00%	45.00%	40.00%	33.00%	35.00%	38.00%	42.00%	40.00%	29.00%	32.00%	38.27%	
14:30:00	43.00%	43.00%	45.00%	37.00%	49.00%	42.00%	40.00%	33.00%	35.00%	43.00%	41.00%	41.00%	31.00%	32.00%	38.95%	
15:00:00	44.00%	43.00%	44.00%	35.00%	51.00%	43.00%	41.00%	35.00%	34.00%	43.00%	43.00%	41.00%	33.00%	32.00%	39.44%	
15:30:00	45.00%	42.00%	43.00%	34.00%	52.00%	45.00%	42.00%	35.00%	34.00%	44.00%	47.00%	41.00%	33.00%	35.00%	40.09%	
16:00:00	47.00%	42.00%	45.00%	35.00%	52.00%	46.00%	42.00%	40.00%	34.00%	46.00%	48.00%	44.00%	33.00%	36.00%	41.36%	
16:30:00	48.00%	43.00%	46.00%	40.00%	54.00%	46.00%	44.00%	42.00%	34.00%	48.00%	48.00%	44.00%	32.00%	36.00%	42.37%	
17:00:00	54.00%	43.00%	45.00%	45.00%	54.00%	49.00%	46.00%	43.00%	39.00%	55.00%	49.00%	48.00%	40.00%	39.00%	45.77%	
17:30:00	54.00%	49.00%	46.00%	51.00%	56.00%	52.00%	47.00%	45.00%	44.00%	64.00%	51.00%	48.00%	45.00%	44.00%	49.19%	
18:00:00	61.00%	55.00%	49.00%	70.00%	56.00%	57.00%	47.00%	46.00%	48.00%	67.00%	52.00%	50.00%	48.00%	48.00%	52.96%	



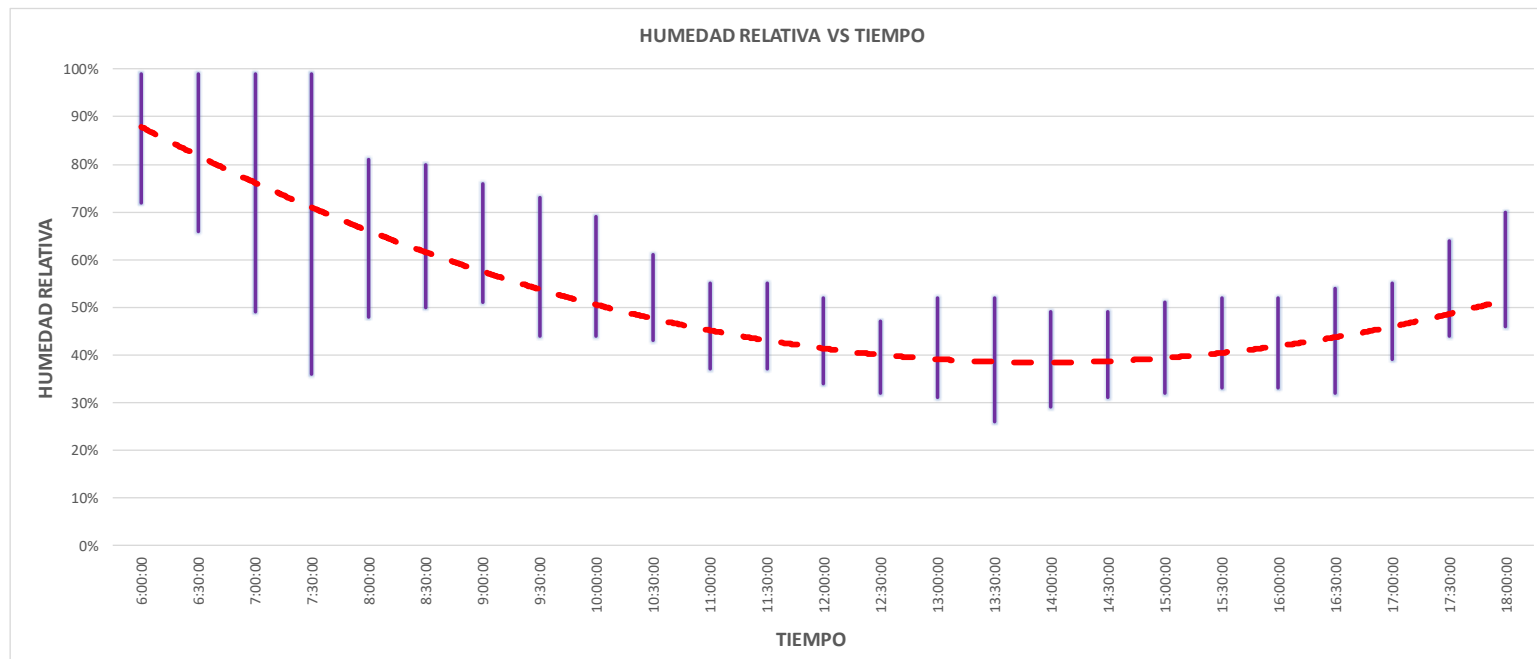
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

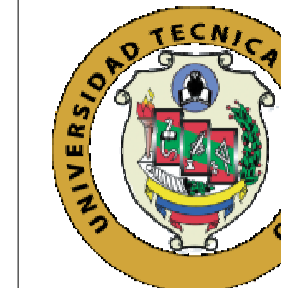
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NOMBRE RESPONSABLE:	ESTEBAN ANDRÉS TAFUR	HORA DE INICIO:	6:00:00
FICHA DE CAMPO:	GRAÁFICO DE HUMEDAD RELATIVA	HORA DE SALIDA:	18:00:00
FECHA DE PRACTICA:	12/10/2020 a 25/102020		
LUGAR DE LA PRACTICA:	SECTOR DE ATAHUALPA		





PROYECTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Código del Proyecto:
PFICM18

PLANO
HIDROSANITARIO

CASA TIPO

Área 66.27 m²

Fecha 2020

PLANO 1 DE 2

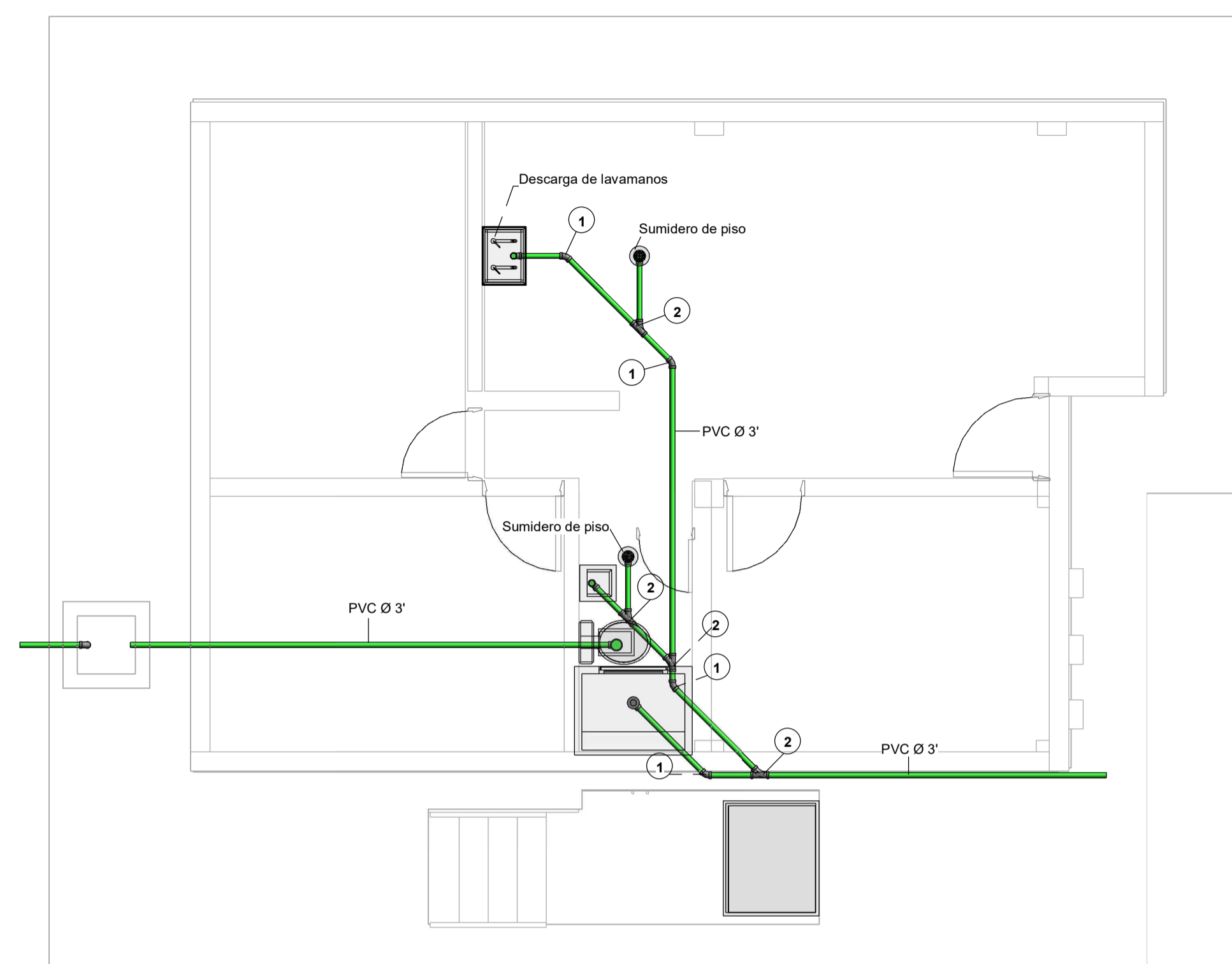
Escala: INDICADA

ACCESORIOS DE TUBERÍA

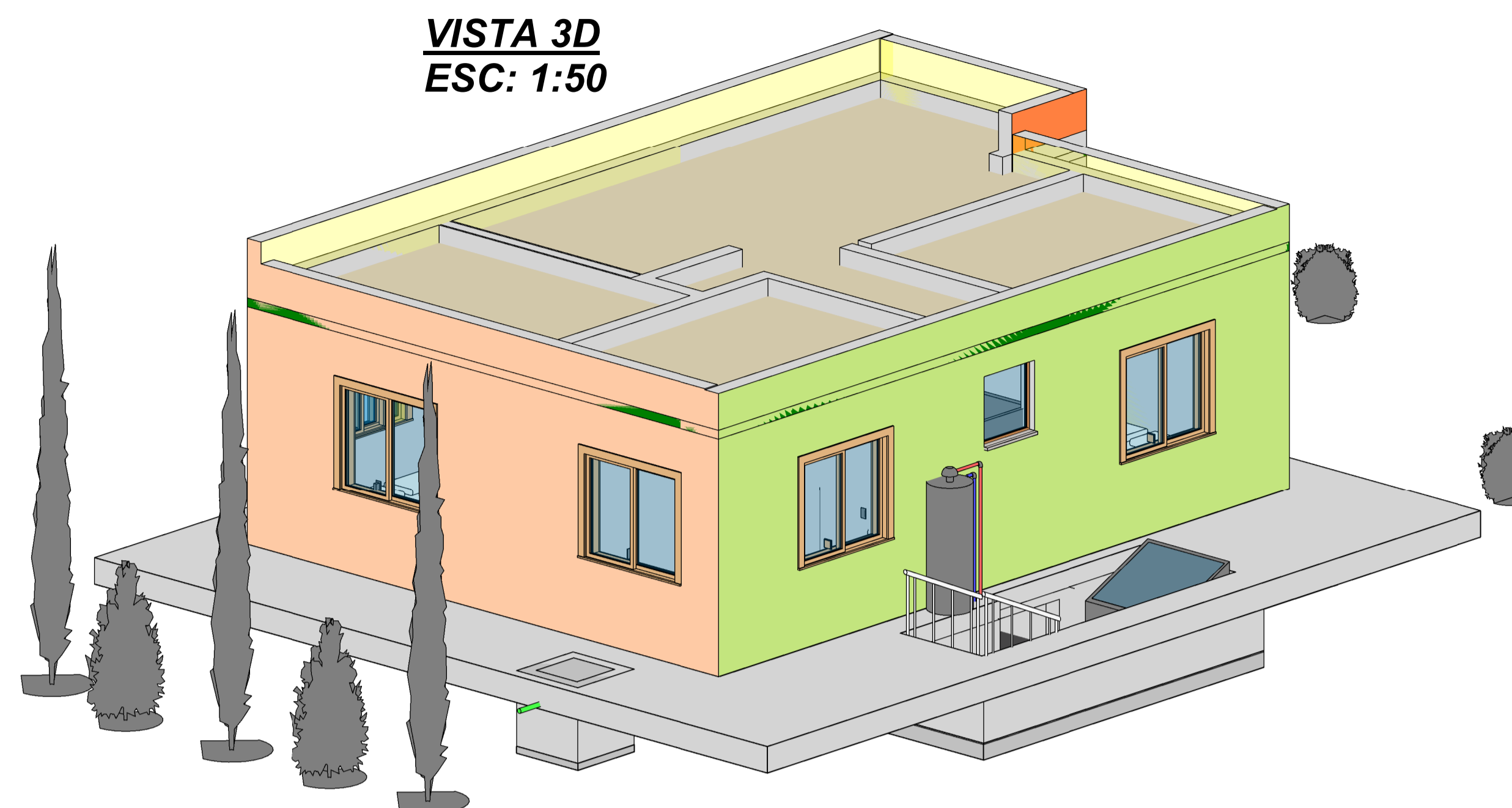
Nombre clave	Accesorios	Cantidad	Unidad
1	Codo 45°	4	U
2	Yee 45°	4	U
3	Codo 90°	7	U
4	Sumidero de piso	2	U
5	Tubería PVC Ø 3"	21	m

Grupo de investigación:
Ing.Mg. Jorge Javier Guevara Robalino
Ing.Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanez
Ing.Mg. Alex Gustavo López Arboleda
Ing.Mg. Galo Wilfrido Nuñez Aldáz

Sellos de abrobación

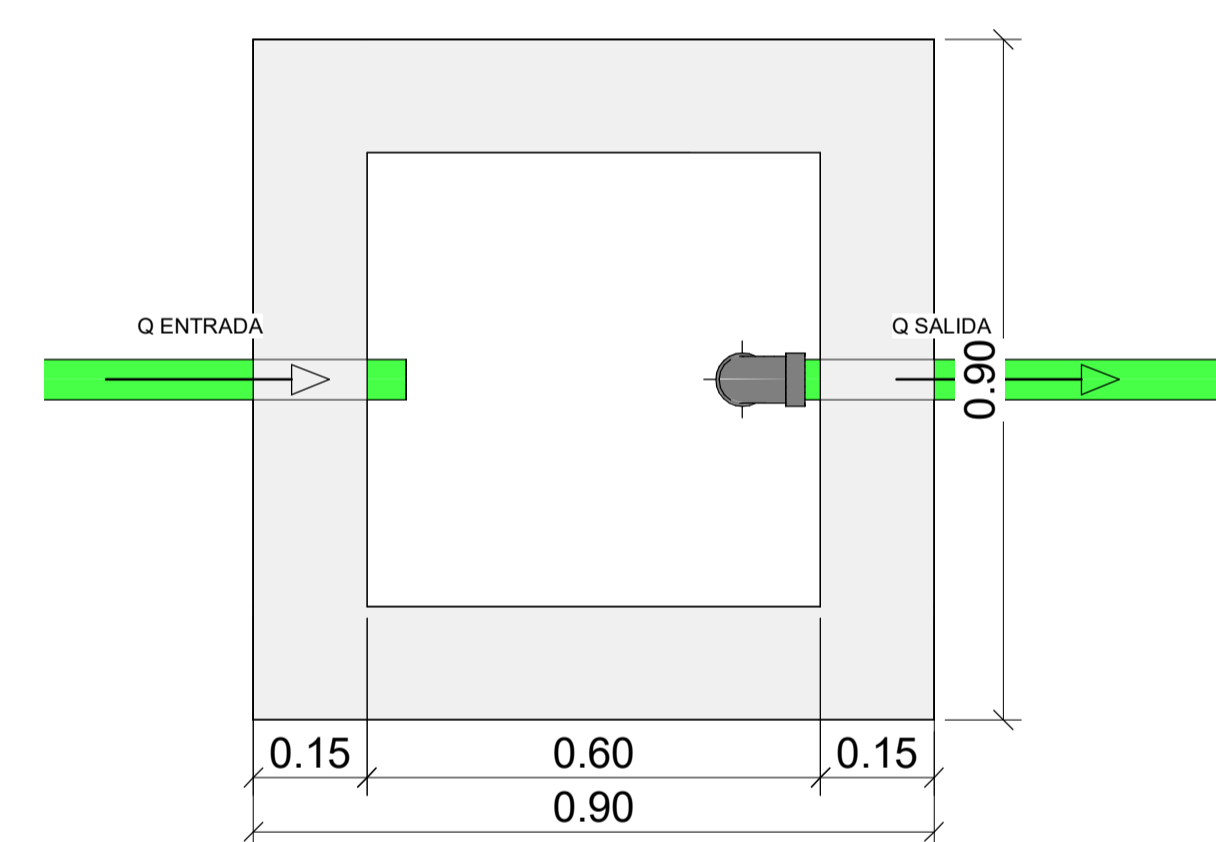


VISTA PLANTA
ESC: 1:50

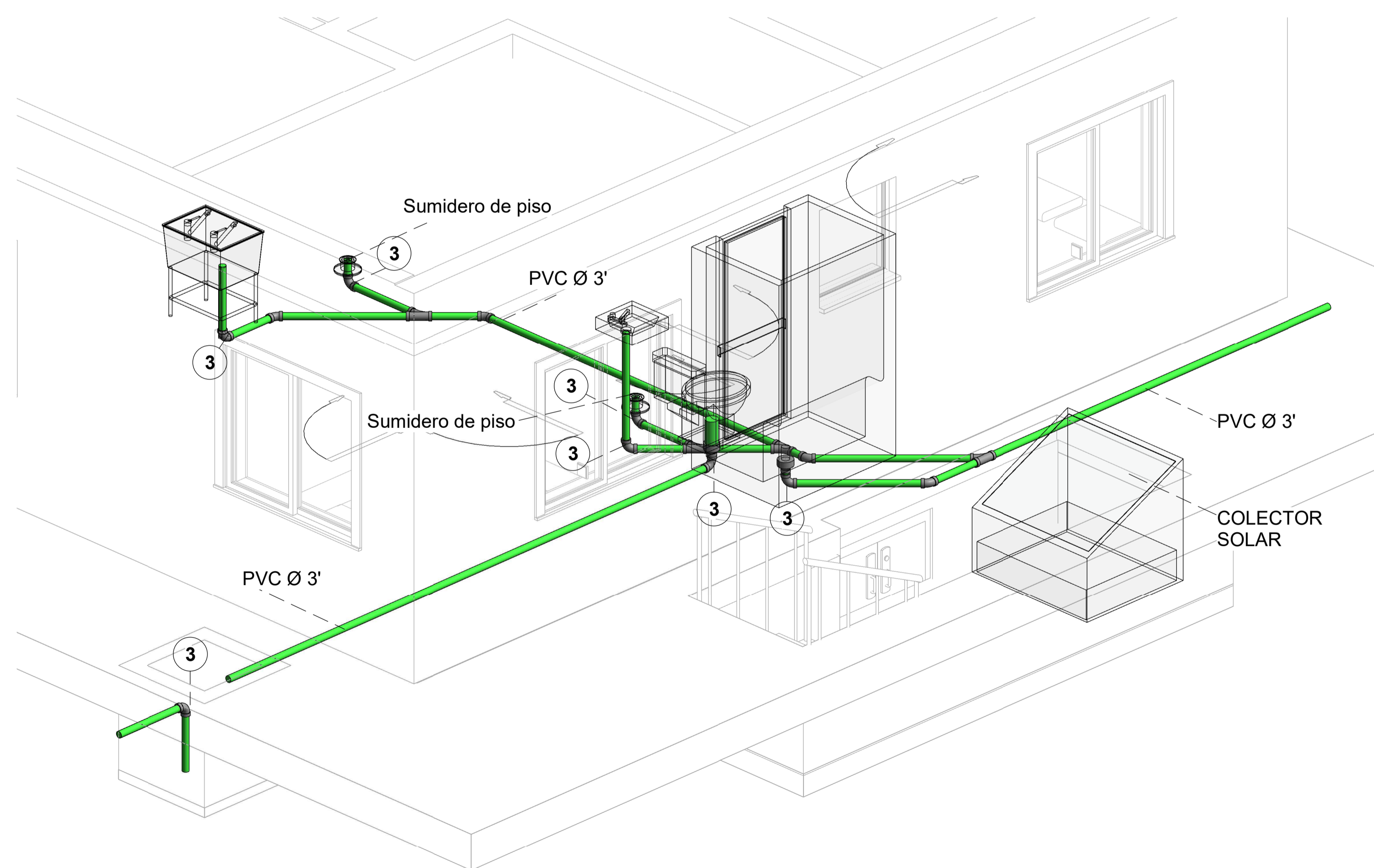
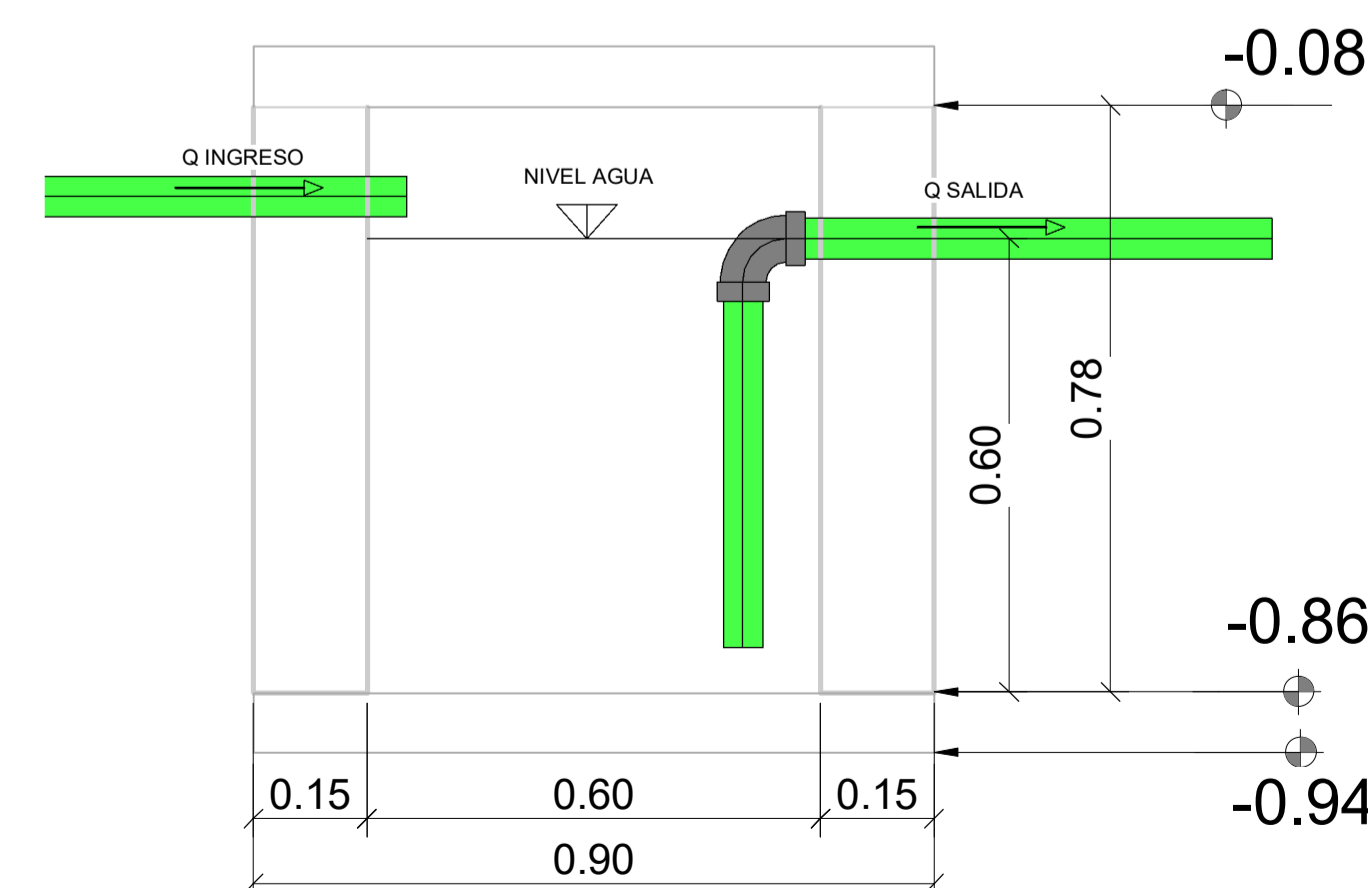


VISTA 3D
ESC: 1:50

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ORINA
VISTA PLANTA ESC: 1:10



TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ORINA
VISTA TRANSVERSAL ESC: 1:10



ISOMETRIA
ESC: 1:25



PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS PROCEDENTES DEL INODORO CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Código del Proyecto:
PFICM 18

PLANO DEL PANEL SOLAR Y COLECTOR

FECHA: 2020

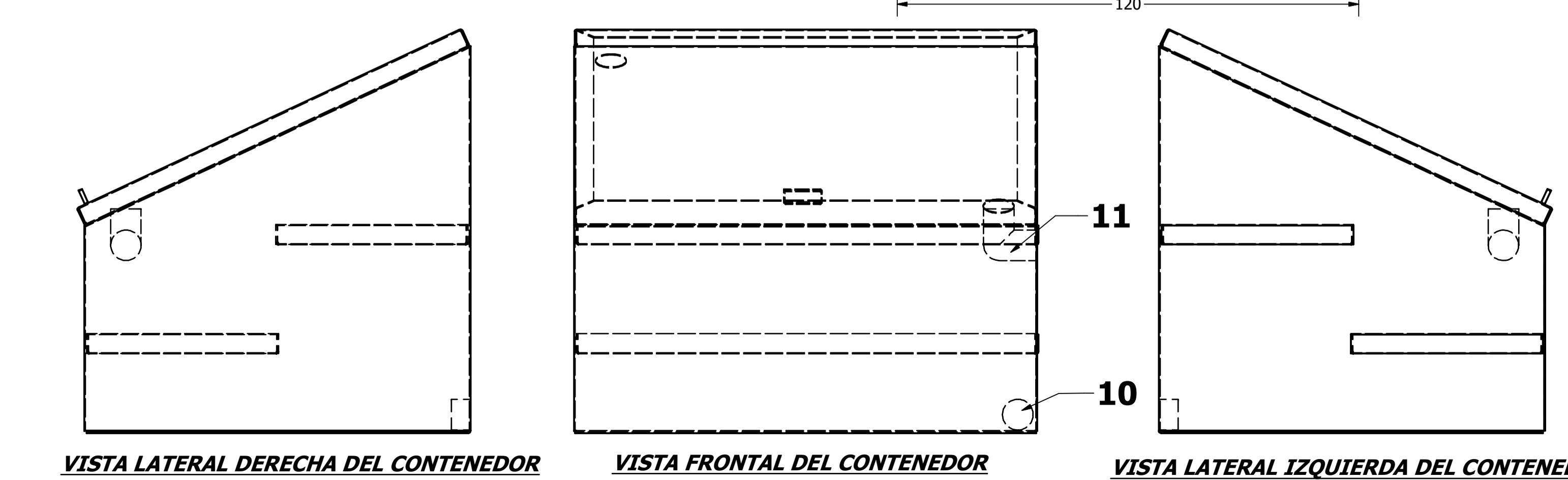
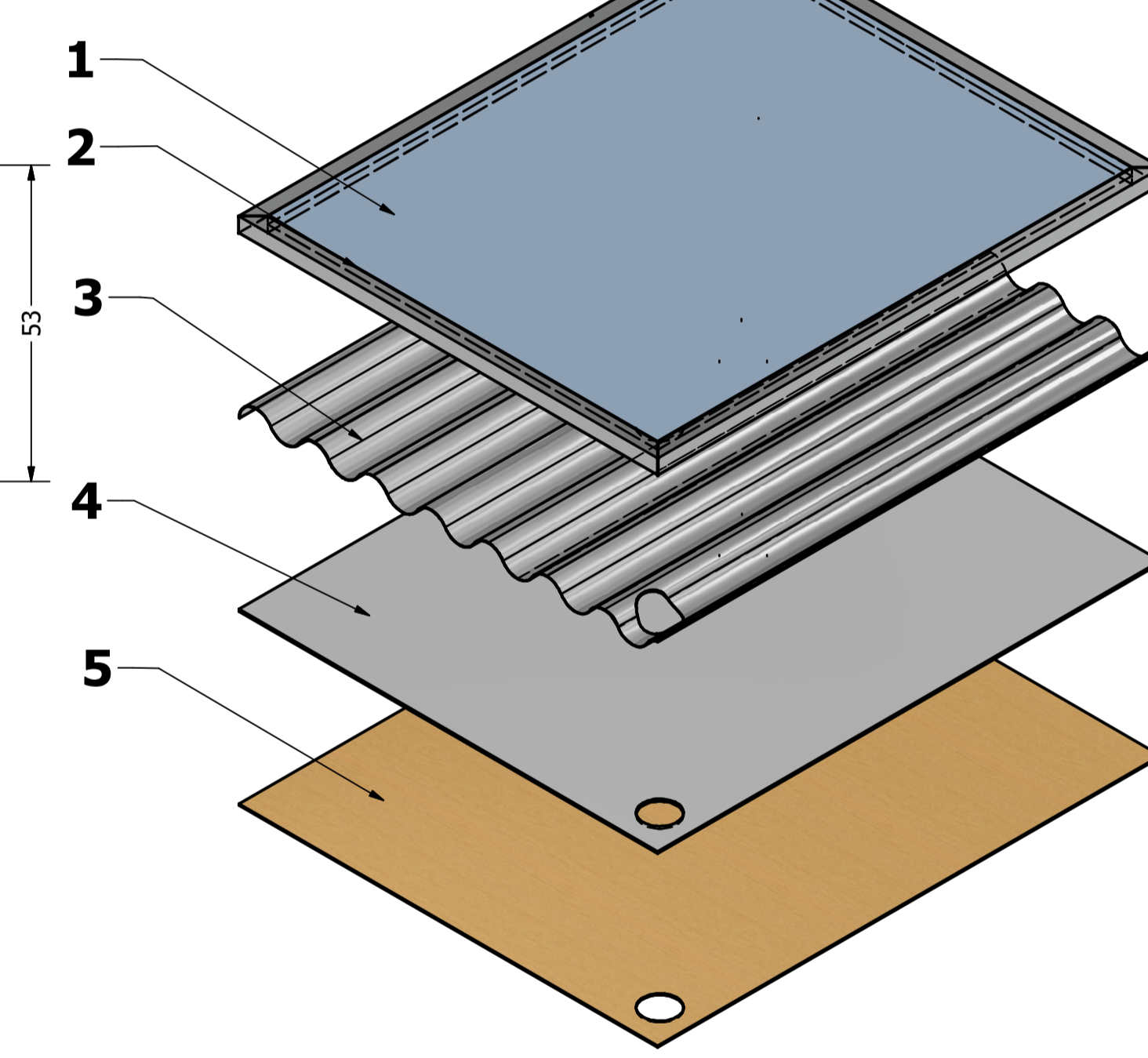
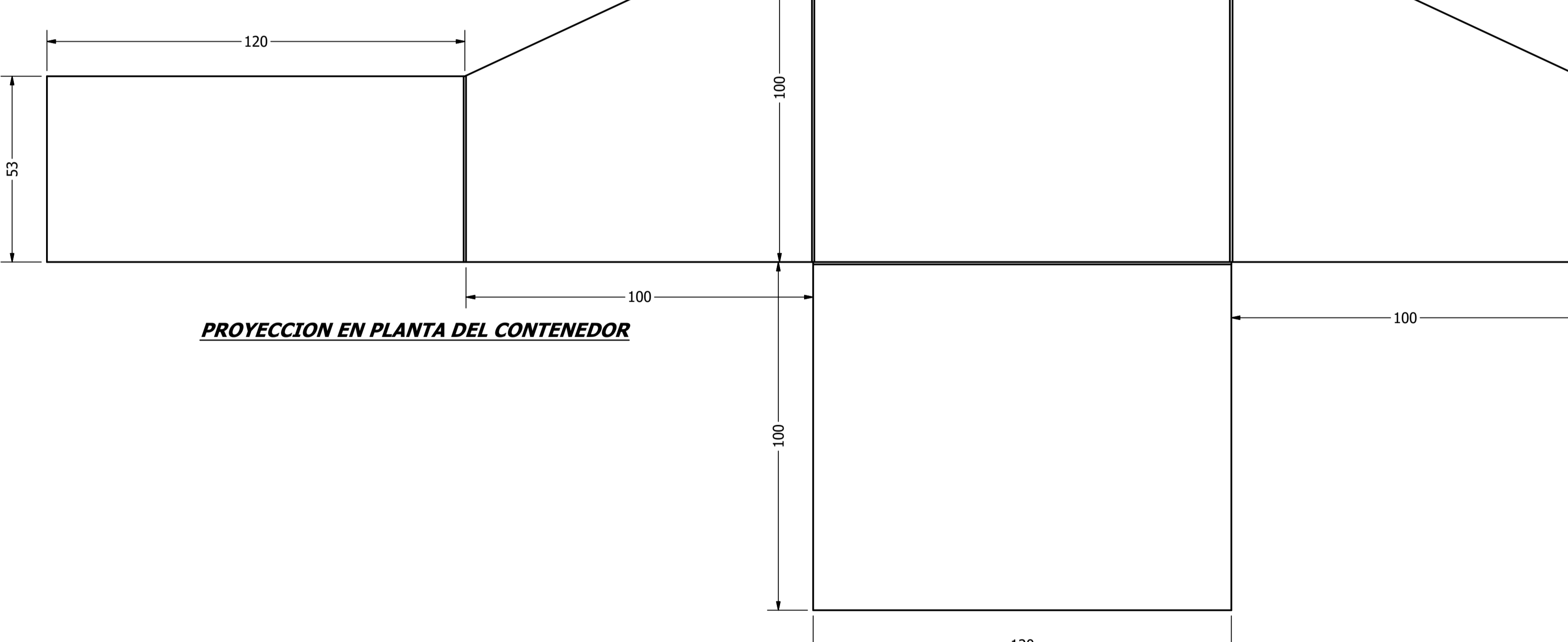
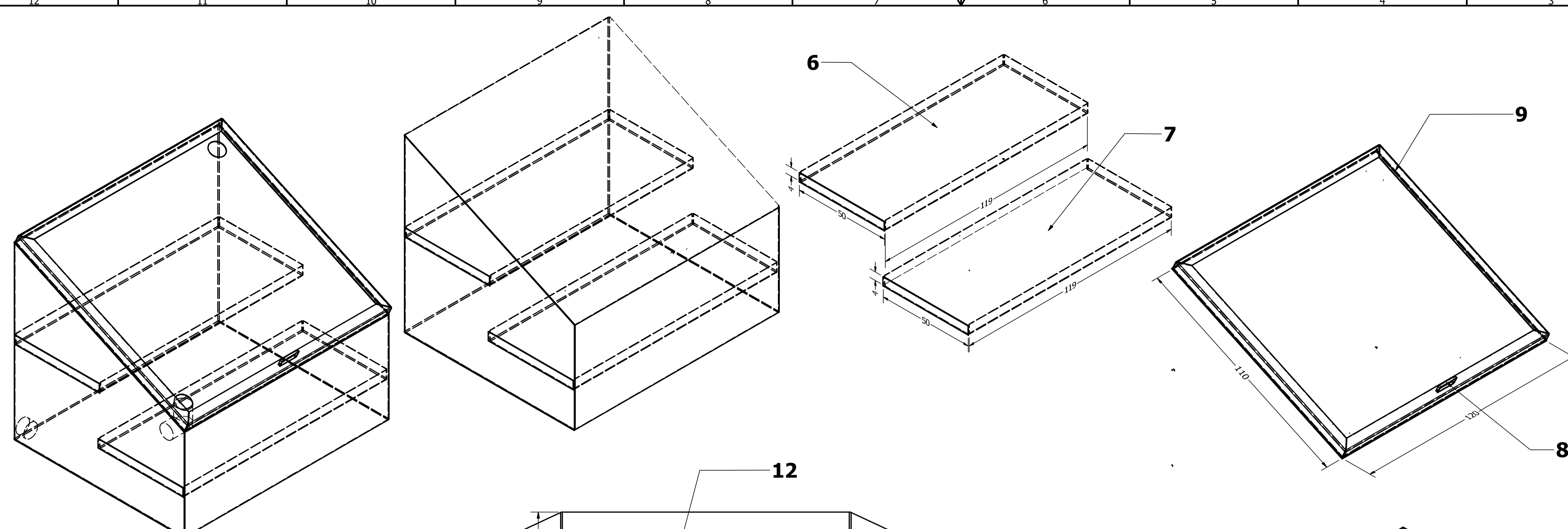
PLANO 2 DE 2

ESCALA: 1:10

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

Ing.Mg. Jorge Javier Guevara Robalino
Ing.Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanez
Ing.Mg. Alez Gustavo López Arboleda
Ing.Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldáz

SELLOS DE ABROBACIÓN



No Norma / Dibujo	DENOMINACIÓN	MATERIAL	No DE PIEZAS	No DEL MODELO/SEMIPRODUCTO	OBSERVACIONES
1	Vidrio templado	Vidrio	1	1050 X 1150 mm e= 4mm	
2	Vidrio negro	Vidrio	1	1050 x 1150 mm e=6 mm	
3	Plancha Negra	Zinc ASTM A 653	1	1200 X 1100 mm e=0.20 mm	
4	Aislante	Poliuretano	1	1200 X 1100 mm e= 50 mm	
5	Soporte	Madera	1	1200 X 1100 mm e= 30 mm	
6	Bandeja	Acero ASTM 500 galvanizado	1	1190 X 500 mm e= 0.30 mm	
7	Bandeja	Acero ASTM 500 galvanizado	1	1190 X 500 mm e= 0.30 mm	
8	Agarradera	Varios	1		
9	Marco	Aluminio	1	1200 X 1100 mm e= 50 mm	
10	Tubo de salida de aire	PVC	1	L=100 mm Ø 3"	
11	Tubo de entrada de aire	PVC	1	L=300 mm Ø 3"	
12	Plancha	Acero ASTM 500 galvanizado	3	1219.2 X 2438.4 mm e =0.30 mm	Debe ser cortada a medida de lo requerido en plano