

**SANITARIO SECO PARA EL PROYECTO DEL “PUEBLITO ACUARELA”.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA**

ANGELA MARCELA QUINTERO SUÁREZ

EDISON URIEL RODRÍGUEZ CABEZA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÓNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2007

**SANITARIO SECO PARA EL PROYECTO DEL “PUEBLITO ACUARELA”.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA**

**ANGELA MARCELA QUINTERO SUÁREZ
EDISON URIEL RODRÍGUEZ CABEZA**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Diseño Industrial**

**Director de Proyecto
D.I. Asdrúbal Fajardo Vásquez**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2007

CONTENIDO

pág.

Introducción	1
1 Planteamiento y Descripción del problema	3
1.1 Título del Proyecto	3
1.2 Justificación	3
1.2.1 Ecoturismo.	4
1.2.2 Proyecto turístico en Santander.	5
1.3 Objetivos del Proyecto	8
1.3.1 Objetivo general	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 Alcance del Proyecto	8
1.5 Metodología Conceptual	9
1.5.1 Fase 1. Estructuración del problema	9
1.5.2 Fase 2. Generación y selección de alternativas	9
1.5.3 Fase 3. Diseño preliminar	9
1.5.4 Fase 4. Diseño detallado	9
1.5.5 Fase 5. Documentación	10
1.5.6 Fase 6. Construcción	10
2 Marco Teórico	11
2.1 Historia del Inodoro	11
2.2 Saneamiento	15
2.2.1 Agua y saneamiento	16
2.2.2 Consecuencias de la falta de saneamiento.	16
2.2.3 Ventajas de Mejorar el Saneamiento.	18
2.2.4 Clasificación de los sistemas de saneamiento.	18
2.3 Problemática del Sistema de Saneamiento Actual.	36
2.4 Saneamiento ecológico seco: Ecosan.	39
2.4.1 Principios del saneamiento ecológico.	39
2.5 Ecoaldeas	48
2.5.1 Características de las Ecoaldeas.	49
2.6 Riesgos Sanitarios y Eliminación de patógenos	52
2.6.1 Riesgos sanitarios	52

3	<i>Análisis del problema desde el Diseño</i>	59
3.1	Análisis del Estado Actual.	59
3.1.1	Análisis de Mercado a nivel local	65
3.1.2	Comparación entre saneamiento húmedo y saneamiento seco	67
3.1.3	Conclusiones de la información recolectada	68
3.1.4	Aspecto Humano	69
3.1.5	Aspecto Técnico	75
3.1.6	Aspecto Formal	76
3.1.7	Aspectos Culturales y psicológicos	79
3.2	Requerimientos y Restricciones	84
4	<i>Desarrollo del proceso Creativo</i>	86
4.1	División del problema en Subsistemas	86
4.1.1	Contenedores	88
4.1.2	Mecanismos	114
4.1.3	Separador de orina	126
4.1.4	Ventilación y Secado	129
4.2	Primer Modelo Funcional	130
4.2.1	Elaboración del modelo.	132
4.2.2	Desarrollo de la comprobación	135
4.2.3	Resultados de la comprobación	135
4.2.4	Conclusiones de la comprobación	140
5	<i>Descripción Alternativa final</i>	142
5.1	Evolución de los sistemas seleccionados	142
5.1.1	Contenedor	142
5.1.2	Mecanismos	144
5.1.3	Separador de orina	152
5.1.4	Mueble sanitario	152
5.1.5	Ventilación y secado	159
5.2	Descripción alternativa Final	160
5.2.1	Síntesis de uso	161
5.2.2	Síntesis funcional	161
5.2.3	Síntesis formal	162
5.2.4	Síntesis ergonómica	162
5.2.5	Síntesis de color	162
5.2.6	Comparación de costos	163
5.2.7	Factores psicológicos y culturales	164
5.2.8	Análisis de materiales y procesos	165
5.3	Sistema de Recolección y Disposición Final	167
5.3.1	Sistemas de compostaje	168
5.3.2	Diagrama de Proceso	180
6	<i>Conclusiones</i>	181

7	Observaciones	182
8	Recomendaciones	183
	Bibliografía	184
	Anexos	190

LISTA DE TABLAS

pág.

<i>Tabla 1. Tipos de W.C.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2 Tiempos típicos de supervivencia de patógenos a temperaturas entre 20° y 30°C en varios ambientes.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 3. Condiciones ambientales que estimulan la muerte de patógenos</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 4. Análisis W.C.</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5. Análisis Acuatron</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 6. Análisis sanitario seco Bogotá</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 7. Análisis sanitario Rotaloo</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 8. Análisis sanitario con recipiente portátil.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 9. Tipos de W.C. que se consiguen en el mercado local.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 10. Diferencias entre USS y USH</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 11. Definición de los usuarios directos del proyecto.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 12. Medidas de los inodoros.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 13. Principales medidas antropométricas. Percentil 5 y 95.</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 14. Principales medidas antropométricas. Percentil 5 y 95.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 15. Peso de la carga.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 16. Agarres de la carga</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 17. Principales materiales para la fabricación de inodoros.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 18. Requerimientos y restricciones.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 19. Subsistemas y sus criterios determinantes.</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 20. Requerimientos para el contenedor.</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 21. Lluvia de palabras contenedores.</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 22. Matriz de evaluación de ideas conceptuales para el contenedor.</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 23. Matriz de uso de los sanitarios.</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 24. Resultado uso de sanitarios.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 25. Matriz de resultados de llenado.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 26. Heces secas o frescas: Pros y CONTRAS.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 27. Matriz de evaluación de conveniencia.</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 28. Requerimientos para los mecanismos.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 30. Matriz de evaluación de alternativas.</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 31. Variables a evaluar en el modelo funcional.</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 32. Valor del consumo de agua por estrato.</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 33. Comparación costos sanitario convencional Vs Sanitario seco</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 34. Tipos de residuos.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 35. Residuos Pueblito Acuarela.</i>	<i>177</i>

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Inodoros Romanos	11
Figura 2. Sanitarios adornados	14
Figura 3. Letrina básica.....	19
Figura 4. Partes de un W.C.....	20
Figura 5. Tanque séptico	22
Figura 6. Sistema Acuatrón.....	25
Figura 7. Sanitario seco WM Ekologen.....	26
Figura 8. Tecpan	27
Figura 9. Sanitario seco de caída larga.	28
Figura 10. Sanitario seco de Ladakh, India.	29
Figura 11. Sanitario de composta Clivus Multrum	31
Figura 12. Sanitario de composta Carrusel o Rota-loo.....	32
Figura 13. Sanitario con recipiente portátil.	33
Figura 14. Sanitario CCD.	33
Figura 15. Arbol-loo.....	35
Figura 16. Proporción gasto de agua para la evacuación de heces y orina.....	36
Figura 17. Ciclo de nutrientes humanos roto.....	37
Figura 18. Porque separar las heces.	38
Figura 19. Ciclo de nutrientes humanos cerrado.	40
Figura 20. Tanque de orina en fibra de vidrio.	43
Figura 21. Tanque de almacenamiento subterráneo.....	43
Figura 22. Opciones para el manejo y uso de la orina separada.	44
Figura 24. Membrana atrapa olores.....	45
Figura 25. Barrera líquida de olores.	45
Figura 26. Orinal con tubo de pequeño diámetro.	46
Figura 27. Ejemplos de tuberías de ventilación	47
Figura 28. Sanitario con ventilador interno.	47
Figura 29. Diagrama Ano-mano-boca.....	53
Figura 30. Gráfica de destrucción de patógenos: temperatura Vs tiempo.	55
Figura 31. Posición de la carga con respecto al cuerpo.	73
Figura 32. Cuartos de baño empleando materiales naturales.....	76
Figura 33. Sanitarios en varios materiales.....	77
Figura 34. Conceptos excreta – agua.....	81
Figura 35. Cognición (qué conocemos nosotros)	81
Figura 36. Tendencias de comportamiento	82
Figura 37. Diagrama del problema.	88
Figura 38. Lluvia de ideas conceptuales contenedores.....	91
Figura 39. División esquemática de los contenedores.	93
Figura 40. Mezcla.....	94
Figura 41. Extrusión de material.	95
Figura 42. Montón resultante.	96
Figura 43. Volumen del montón.....	96

Figura 44. Lluvia de ideas formales.....	97
Figura 45. Llenado de contenedores.....	101
Figura 46. Propuesta un contenedor grande.....	102
Figura 47. Proporción altura- base del contenedor.....	103
Figura 48. Contenedor proporcionado.....	103
Figura 49. Diferencia de tamaños contenedores.....	104
Figura 50. Contenedores de base triangular.....	104
Figura 51. Propuestas de agrupación de los contenedores.....	105
Figura 52. Primera propuesta presentada.....	105
Figura 53. Rotación tipo carrusel.....	106
Figura 54. Base fija y contenedores móviles.....	107
Figura 55. Propuestas de disposición de contenedores.....	108
Figura 56. Propuestas formales para contenedor.....	110
Figura 57. Boca del contenedor circular o cuadrada.....	110
Figura 58. Evolución de propuesta formal.....	111
Figura 59. Propuesta seleccionada.....	111
Figura 60. Bolsa biodegradable.....	112
Figura 61. Contenedor con desagüe.....	113
Figura 62. Compuerta.....	113
Figura 63. Diagrama de los mecanismos del sistema.....	114
Figura 64. Lluvia de ideas elemento de descarga.....	116
Figura 65. Ideas sistema de descarga.....	116
Figura 68. Brain-storming mecanismo de ocultación.....	121
Figura 69. Mecanismo de aletas.....	121
Figura 70. Diafragma de 3 aspas.....	122
Figura 71. Diafragma de 6 aspas.....	123
Figura 72. Modelo de mecanismo de 6 aspas.....	123
Figura 73. Pruebas de ocultación.....	124
Figura 74. Propuesta separador de orina.....	127
Figura 75. Primer modelo separador de orina.....	127
Figura 76. Bocetos división de espacio.....	128
Figura 77. Fases de construcción separador de orina.....	129
Figura 78. Esquema de ventilación del sanitario.....	130
Figura 79. Proceso de construcción del modelo funcional.....	132
Figura 80. Modelo funcional terminado.....	134
Figura 81. Modificación a realizarle al separador de orina.....	136
Figura 82. Contenedor en uso.....	137
Figura 83. Acumulación de orina.....	137
Figura 84. Salida de agua en el separador.....	138
Figura 85. Vista superior del tanque.....	139
Figura 86. Acumulación de tierra.....	139
Figura 87. Cubrimiento de las heces con material de aporte.....	140
Figura 88. Riesgo biológico.....	143
Figura 89. Contenedor final.....	143
Figura 90. Problema detectado en el mecanismo.....	144
Figura 91. Esquema de fuerzas.....	144
Figura 92. Propuestas para solución.....	145
Figura 93. Modelado del mecanismo.....	145
Figura 94. Modelo en lámina para prueba.....	146
Figura 95. Modelado mecanismo con cambios.....	146
Figura 96. Piezas del modelo.....	147

<i>Figura 97. Mecanismo de giro</i>	<i>147</i>
<i>Figura 98. Mecanismo durante prueba</i>	<i>148</i>
<i>Figura 99. Diagrama del mecanismo de ocultación.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 100. Modelado del mecanismo.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 101. Movimiento de la polea.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 102. Mecanismo final de ocultamiento.</i>	<i>151</i>
<i>Figura 103. Vista superior e inferior escarabajo</i>	<i>153</i>
<i>Figura 104. Metamorfosis de los escarabajos</i>	<i>154</i>
<i>Figura 105. Escarabajo estercolero</i>	<i>155</i>
<i>Figura 106. Escarabajos con bolitas de estiércol</i>	<i>155</i>
<i>Figura 107. Características externas de un escarabajo</i>	<i>156</i>
<i>Figura 108. Geometrización escarabajos.</i>	<i>157</i>
<i>Figura 109. Proporcionalidad del cuerpo del escarabajo</i>	<i>158</i>
<i>Figura 110. Extractor tipo turbina.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 111. Ciclo de vida del compost.....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 112. Esquema previo del proceso</i>	<i>171</i>
<i>Figura 113. Distribución de una planta de compostaje.....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 114. Cama de compost.....</i>	<i>174</i>
<i>Figura 115. Pilas de compost.</i>	<i>175</i>
<i>Figura 116. Tamaño de las pilas.....</i>	<i>176</i>

LISTA DE ANEXOS

pág.

<i>ANEXO 1. Planos técnicos</i>	<i>191</i>
<i>ANEXO 2. Manual de uso</i>	<i>204</i>
<i>ANEXO 3. Tarifas Vigentes Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.....</i>	<i>210</i>
<i>ANEXO 4. Entrevista con Aseadoras y Observación directa de Baños Públicos</i>	<i>211</i>
<i>ANEXO 5. Características de los Materiales Plásticos.....</i>	<i>213</i>

GLOSARIO

AGUAS GRISES: también conocidas como aguas jabonosas, son producto de la limpieza personal, el lavado de alimentos y utensilios en la cocina.

AGUAS NEGRAS: agua utilizada para transportar los excrementos humanos.

AGUAS SUPERFICIALES: agua de ríos, arroyos, lagos y lagunas.

APARATO SANITARIO: también conocido como letrina o inodoro. Invento o instrumento que se utiliza para lograr un objetivo específico. En el caso de Eco-san se utiliza para sanear los excrementos humanos.

COMPOSTEO, COMPSTAR: proceso biológico por medio del cual cosas vivas (p.e. bacterias, hongos, lombrices de tierra, etc.) descomponen la materia orgánica para producir humus o **composta**.

CRIBAR: (Del lat. *cribrāre*). **1.** tr. Limpiar el trigo u otra semilla, por medio de la criba, del polvo, tierra, neguilla y demás impurezas. **2.** tr. Pasar una semilla, un mineral u otra materia por la criba para separar las partes menudas de las gruesas. **3.** tr. Seleccionar rigurosamente.

CULTURA COPROFÍLICA: cultura cuyas actitudes y creencias le permiten hablar de y aprovechar la excreta humana.

CULTURA COPROFÓBICA: cultura cuyas actitudes y creencias le impiden hablar de y manejar la excreta humana.

DEFECAR: acto por medio del cual se expulsan las materias fecales del organismo.

DESARROLLO SOSTENIBLE: término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, intentando evitar de ésta manera el inminente colapso del modelo económico basado en el capital.

DESARROLLO SUSTENTABLE: modelo que busca el equilibrio y la armonía entre el hombre y la naturaleza dejando de lado la visión antropocéntrica en donde la naturaleza es para el hombre, sino que el hombre es parte de ella como una planta o una roca. Es un modelo que a diferencia del modelo de desarrollo sostenible no busca paliativos al problema ambiental para mantener el desarrollo del capital, si no en el que el hombre convive en la naturaleza sin destruirla.

DESHIDRATAR: eliminar el líquido de una cosa; desecar.

DISEÑO INDUSTRIAL: es una actividad de proyectar y creadora que consiste en determinar las propiedades formales de los objetos producidos industrialmente de manera óptima a las necesidades materiales y espirituales del hombre. Siendo estas propiedades las características exteriores e interiores, las relaciones funcionales, prácticas y estructurales que hacen que un objeto tenga una unidad coherente desde el punto de vista tanto del productor como del usuario.

ECOALDEA: es un asentamiento sostenible, en el campo o en la ciudad, que respeta y restaura los sistemas circulatorios de los 4 elementos: tierra, agua, fuego y aire, en la naturaleza y en la gente. Comprende todos los aspectos para la vida humana: estructuras físicas (tierra), infraestructura (agua), estructuras sociales (fuego) y cultura (aire)". Hildur Jackson.

Una ecoaldea es ante todo un renovado intento de la humanidad por vivir en armonía con la naturaleza y con el prójimo, siendo la punta de lanza en el movimiento hacia el desarrollo de asentamientos humanos sostenibles. Por ello, las ecoaldeas suponen el terreno ideal para experimentar empíricamente con nuevas ideas, técnicas y tecnologías, que podrán ser integradas en el futuro en el grueso de la población mundial.

Las eco-aldeas entonces se desarrollan bajo criterios científicos y culturales de sustentabilidad, que puedan ser utilizados para evaluar su propio progreso hacia la sostenibilidad.

ECO-SAN: *ecological sanitation*. Saneamiento ecológico.

ERGONOMÍA: es el campo de conocimientos multidisciplinarios que estudia las características, necesidades, capacidades, habilidades de los seres humanos analizando aquellos aspectos que afectan el diseño de productos o de procesos de producción. En todas las aplicaciones su objetivo común es: adecuar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas de manera que mejore la eficiencia, la seguridad y el bienestar de los consumidores, usuarios o trabajador

EVAPO-TRANSPIRACIÓN: proceso mediante el cual el agua se pierde en el aire a través de las hojas de las plantas, el suelo y la superficie del agua.

ESQUISTOSOMIASIS: infestación de diversos tipos de helmintos (lombrices) del género *Schistosoma*.

FLUXÓMETRO: es un grifo que produce una gran descarga en un inodoro sin necesidad de cisterna. Para que funcione correctamente, necesita una red con más caudal que el habitual.

GTZ.: *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.* Agencia Alemana de Cooperación Técnica.

HECES: material sin digerir que se descarga por el ano.

HELMINTOS: lombrices parásitas del género Schistosoma.

HPG.: huevecillos por gramo de Ascaris Lumbricoides.

HUMUS: materia orgánica presente en los suelos que se ha descompuesto a tal punto que ha perdido toda su estructura original.

IWA.: *Internacional Water Asociation.* Asociación Internacional del agua.

LASF: Letrina Abonera Seca Familiar (versión del sanitario vietnamita en América Central).

MANTOS FREÁTICOS: aguas no superficiales y que se encuentran a distintas profundidades.

MATERIAL SECANTE ORGÁNICO: material rico en carbón o especialmente absorbente que se echa al sanitario seco después de defecar.

NUTRIENTE: cualquier sustancia que proporcione nutrimento.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONG: Organización no Gubernamental.

PARÁSITO: organismo que vive en o sobre otro y se beneficia de ello; p.e. las lombrices intestinales.

PATÓGENO: agente que produce enfermedades.

PEDESTAL, TAZA DE: base donde se coloca o incorpora el asiento de la taza en un cuarto de baño. Se utiliza en las culturas donde la gente se sienta a defecar.

PERMACULTURA: es un concepto práctico para diseñar Sistemas de Vida Sustentable, que se basa en la integración de investigaciones de grupos de base, la sabiduría ancestral, y la ciencia ecológica moderna. Sus principios nos estimulan a establecer ambientes altamente productivos, provisión de alimentos,

sistemas de energía, vivienda y otras necesidades materiales y no materiales que incluyen infraestructura social y económica. El término Permacultura es la contracción de "permanente agricultura" y "permanente cultura". El concepto fue desarrollado en los años '70 por Bill Mollison y David Holmgren en Australia. La Permacultura diseña y nutre ecosistemas productivos que tienen la estabilidad, diversidad y flexibilidad de los ecosistemas naturales.

PERMEABILIDAD: propiedad del suelo para dejar pasar líquidos.

PRODUCTO: resultado del proceso de transformación conocido por producción.

PROTOZOARIO: seres vivos microscópicos compuestos por una sola célula.

RECUPERAR: actividad de extraer elementos de los residuos sólidos que pueden tener un nuevo uso o mediante un proceso se pueden transformar en nuevos elementos.

RENOVABLE: característica dada a elementos que pueden nuevamente ser generados, Ej. Flora, fauna.

NO RENOVABLE: contrario a renovable.

RESIDUOS SÓLIDOS: desechos generados de un proceso los cuales tiene como característica ser sólidos, Ej. De la convivencia en un hogar surgen residuos sólidos (Basura).

REUTILIZAR: dar uso a un elemento ya desechado en una actividad distinta para la cual fue diseñado.

SANEADO DE LOS EXCREMENTOS HUMANOS Y RESIDUOS ORGÁNICOS: el buen saneamiento es un estado de limpieza y un ambiente saludable y libre de contaminantes. El saneamiento es el proceso que logra y mantiene dicho estado ambiental. (OMS-Collaborative Council Working Group on Sanitation Promotion, 1995).

SANEAR: acción de limpiar (hacer higiénico) algo hasta el punto que no es fuente de enfermedad.

SISTEMAS DE DRENAJE CONVENCIONALES: sistemas centralizados para recolectar y transportar las aguas negras, grises y pluviales con o sin sistema de tratamiento. Estos sistemas generalmente funcionan por gravedad.

TROMEL: equipo accionado por un motor de potencia para tamizar y eliminar elementos indeseables como plásticos, piedras etc. Y dar una granulometría más fina al producto.

RESUMEN

TITULO

SANITARIO SECO PARA EL PROYECTO DEL “PUEBLITO ACUARELA”.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.*

AUTORES

ANGELA MARCELA QUINTERO SUÁREZ
EDISON URIEL RODRÍGUEZ CABEZA**

PALABRAS CLAVES

Saneamiento seco, contaminación, agua, medio ambiente, diseño, producto.

DESCRIPCIÓN

Este proyecto presenta el diseño de un sistema de saneamiento seco como solución a la necesidad presentada en la propuesta de construcción de un pueblo ecológico de carácter experimental ubicado en la Mesa de los Santos. El sistema se elaboró bajo los principios del Saneamiento Ecológico que plantea el manejo de un ciclo cerrado que devuelva al suelo los nutrientes que se encuentran en los excrementos humanos y que no contamine el agua.

Se propone un sistema alternativo al saneamiento de flujo y descarga empleado actualmente, que está ocasionando graves problemas de contaminación a nivel mundial por la cantidad de agua que requiere durante su uso, haciéndolo ecológicamente insostenible. Además incluye una propuesta para el tratamiento y disposición final de las heces hasta ser convertidas en abono orgánico.

El sistema fue desarrollado aplicando un proceso metodológico para el diseño de productos en donde se aprovechó al objeto como canal de comunicación entre el usuario y el concepto de saneamiento ecológico y como herramienta para el cambio de los paradigmas originados por el uso del sistema convencional.

El sistema se diseñó para usuarios de estrato 4 y 5 con inquietudes ambientales, pero también puede ser una solución viable para una mayor cobertura de las necesidades de saneamiento en zonas rurales.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías físico Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial, Asdrúbal Fajardo Vásquez

SUMMARY

TITLE

DRY SANITARY TO THE PROJECT OF THE “AQUARELA TOWN”. DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE SYSTEM. *

AUTHORS

ANGELA MARCELA QUINTERO SUÁREZ

EDISON URIEL RODRÍGUEZ CABEZA**

KEY WORDS

Dry Sanitation, pollution, water, environment, design, product.

DESCRIPTION

This Project presents the design of a dry sanitation system as a solution to the necessity exposed in the construction of an ecological town with an experimental character, placed in the area known as “La Mesa de los Santos”. The system was created under the principles of Ecological Sanitation, proposing the management of a closed cycle that returns to the soil the nutrients in the human excrements avoiding the contamination of the water.

An alternative system is proposed in contrast to the “flow-discharge” sanitation system, applied nowadays, this one is generating serious contamination’s problems all around the world, because of the quantity of water required during its usage; making of it an unsustainable system from the ecological point of view. Besides, this document includes a proposal to the treatment and final disposition of the feces, until their transformation in organic manure.

The system was developed applying a methodological process to design products where the communication channel between the user and the ecological sanitation was used as a tool to change paradigms, having their origins in the current system.

This system was designed to be used by people in the four and five stratus with environmental worries, but it also can be used as a solution to the sanitation necessities in the rural areas.

* Thesis

** Faculty of Physical-Mechanical.Engineering, School of Industrial Design, Asdrúbal Fajardo Vásquez.

INTRODUCCIÓN

Al ritmo de contaminación actual, en dos décadas solo habrá disponible el 20% del líquido total existente en este momento. El agua es un recurso vital no renovable que es objeto de un proceso de destrucción causado en gran medida por el uso de sistemas lineales de saneamiento adoptados por la mayoría de las culturas.

Una alternativa viable para evitar el agotamiento del agua es el saneamiento ecológico “EcoSan” que es un sistema cíclico que previene la contaminación y las enfermedades, promueve la salud, protege los nutrientes del suelo y el medio ambiente. El EcoSan ha tenido avances en la reducción de los problemas de contaminación de fuentes hídricas en las últimas décadas a nivel mundial, sobre todo en las comunidades menos favorecidas que carecen de agua o acueductos y presentan déficit de saneamiento. Estos problemas se encuentran plasmados en los objetivos del milenio de la ONU, que deben ser considerados por todos los países, y donde los estados miembros han firmado acuerdos comprometiéndose a solucionarlos.

Los problemas para la adopción de los sistemas de saneamiento seco son la coprofobia, los paradigmas culturales generados por el WC como la desaparición de excrementos, la sensación de “higiene” y limpieza, el desentendimiento del usuario en la responsabilidad de la disposición final de sus excrementos, y que muchos sistemas de saneamiento han sido soluciones de emergencia, por tanto asociadas a la pobreza y desaseo. Una de las grandes metas del saneamiento es generar un cambio de paradigmas, lograr que muchas personas lo adopten y lo asuman como una alternativa eficaz para solucionar los graves problemas de contaminación del agua.

La mayoría de casos de implementación de sanitarios secos son para la atención de emergencias sanitarias y emplean materiales que no son los adecuados, o son soluciones únicamente funcionales que no tienen en cuenta la estética y la comodidad del usuario. En países como Suecia y Noruega se han desarrollado una serie de propuestas estéticamente agradables pero costosas debido a la tecnología aplicada o porque requieren grandes espacios dentro de la vivienda para su instalación.

El diseño industrial ofrece posibilidades para lograr la masificación del EcoSan convirtiéndola en una propuesta atractiva, adaptada al entorno, centrada en el usuario, estéticamente agradable, económica y productivamente viable, capaz de transformar los paradigmas, usos y costumbres de saneamiento tradicional.

La propuesta de diseñar un sistema de saneamiento seco en la Mesa de los Santos surge con el proyecto de construcción de un pueblo ecológico en una zona donde el agua escasea y crece la necesidad de cuidar las fuentes naturales. Dado que el turismo es una actividad económica en pleno desarrollo, el pueblo ecológico ofrece la oportunidad de difundir ideas de sustentabilidad ambiental para concientizar e involucrar a la gente en la solución del problema.

Se propone generar una solución sencilla, hecha con tecnología y mano de obra Colombiana que además sirva para adaptarla a entornos urbanos donde el EcoSan ha tenido poca experiencia, presentando costos iguales o menores que el WC. Debe ser centrada en el usuario para que la adopte fácilmente y evitar el choque cultural.

Este es un primer paso en donde el diseño industrial se involucra con los sistemas de saneamiento seco y se espera que no sea el único. Aunque el alcance del proyecto llega hasta la elaboración de un prototipo funcional del sanitario y una propuesta virtual para la disposición final y tratamiento de los excrementos, se extiende una invitación para continuar su desarrollo hasta que su implementación se convierta en una realidad, constituyéndose en un aporte a la solución del problema de contaminación del agua y la cobertura de saneamiento básico.

1 PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

SANITARIO SECO PARA EL PROYECTO DEL “PUEBLITO ACUARELA”.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto obedece a la necesidad de proponer un sistema de saneamiento básico seco para el “Pueblito Acuarela” que sea capaz de competir con los sistemas de saneamiento: flujo y descarga, letrinas, pozos sépticos; además que esté en sintonía con los principios básicos de la sustentabilidad ambiental y el desarrollo humano propuestos por la permacultura y las ecoaldeas.

El saneamiento por flujo y descarga es uno de los más usados, pero a la vez el que conlleva mayores consecuencias desastrosas para el ambiente: “Una persona puede descargar en un año 15000 litros de agua pura, unos 400-500 litros de orina y unos 50 litros de heces”¹; a esta cantidad hay que agregar la corriente de aguas lluvia de calles y techos, y el agua proveniente de las industrias; entonces una pequeña cantidad de heces están libres para contaminar una cantidad de agua que por lo general desembocará en fuentes hídricas sin ninguna especie de tratamiento² destruyendo la fauna y la flora acuáticas.

Existen diferentes sistemas para el manejo de los excrementos a nivel domiciliario. Los sistemas de caída y depósito – letrinas, pozos sépticos - son los más comunes en el mundo por ser muy simples y relativamente baratos, estos sistemas necesitan acceso al suelo con el gran riesgo de contaminar las aguas subterráneas. Se ha comprobado que “los nutrientes y los patógenos que se filtran de los inodoros, letrinas convencionales y fosas sépticas, causan la contaminación de los mantos freáticos y aguas superficiales cercanas, en todo el mundo”³.

Muchas comunidades, científicos, ambientalistas y otros, han comprobado que el saneamiento seco es el sistema más efectivo conocido hasta el momento porque: “imita a la naturaleza al devolver la orina humana saneada y las heces al suelo. En vez de contaminar el medio ambiente, la orina humana y las heces se usan para mejorar la estructura de suelos, a la vez que los proveen de nutrientes”⁴. Además

¹ WINBLAD, Uno y OTROS. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999.

² Según el libro Saneamiento Ecológico el 98% de las aguas residuales en América Latina no cuentan con ningún tratamiento.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

mejora la calidad de vida, no contamina el agua, disminuye los riesgos en la salud, logra una mayor equidad social, es más económico que los sistemas sanitarios de flujo y descarga al no necesitar grandes infraestructuras de drenaje, transporte y también se ahorran los costos de tratamiento de aguas residuales. Las Unidades Sanitarias Secas (USS) – como todos los sistemas alternativos- presentan algunos problemas de adaptación cultural pero se resuelve con capacitación, seguimiento y participación de las comunidades.

Frente a estas ventajas la Urbanizadora Acuarela se encuentra en disposición de implementar este sistema de saneamiento en su proyecto “Pueblito Acuarela”, que pretende ser una ecoaldea autosuficiente de carácter experimental para exponer una propuesta visionaria de lo que será el futuro del urbanismo y el saneamiento en Colombia y el mundo.

Instituciones como la OMS, la OPS, PROINAPSA, la secretaría de salud de Bogotá están interesadas en el avance de estas iniciativas y a la expectativa de que las universidades asuman un papel protagónico en este tipo de soluciones.

1.2.1 ECOTURISMO.

El Ecoturismo es aquella forma de turismo especializado y dirigido que se desarrolla en áreas con un atractivo natural especial y se enmarca dentro de los parámetros del desarrollo humano sostenible.

“El Ecoturismo busca recreación, el esparcimiento y la educación del visitante a través de la observación, el estudio y la admiración de los valores naturales y de los espacios culturales relacionados con ellos. Por lo tanto, el ecoturismo es una actividad controlada y dirigida que produce un mínimo impacto sobre los ecosistemas naturales, respeta el patrimonio cultural, educa y sensibiliza a los actores involucrados acerca de la importancia y beneficios destinados al apoyo y fomento de la conservación de las áreas naturales en las que se realiza y a las comunidades aledañas”⁵

El turismo en el contexto de la economía colombiana, teniendo en cuenta el aporte al volumen total de exportaciones, “ocupa el tercer lugar después del café y las transferencias e ingresos personales”⁶.

⁵ <http://www.parquesnacionales.gov.co/index.htm>

⁶ Ibid

1.2.2 PROYECTO TURÍSTICO EN SANTANDER.

En Santander se está desarrollando un mega-proyecto considerado en este momento uno de los más ambiciosos del país que busca convertir al departamento en una de las principales vitrinas turísticas, producto de una alianza entre los sectores público, privado y capital extranjero que generará más de 2.000 empleos directos e indirectos.

Sus principales objetivos son disminuir el tiempo de transporte desde Bogotá hasta Bucaramanga de 10 a 3 horas y media, la modernización de los aeropuertos de Bucaramanga y San Gil, la adecuación y protección del Parque Nacional del Chicamocha, en el Socorro, la conversión del Convento Capuchinos en hotel 5 estrellas, adecuación y realización de infraestructura de los municipios del área de influencia del proyecto: Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta, Girón, Lebrija, Los Santos, Cepitá, Jordán, Curití, Aratoca, San Gil, Socorro, Villanueva, Barichara, Páramo y el Valle de San José.

Igualmente, generará ingresos alternativos a sectores como la microempresa rural, artesanías, restaurantes, cadenas alimentarias, hoteles, hostales, transporte y empresas de turismo. Todo esto sobre la base de un potencial turístico de 26'427.945 visitantes hacia futuro.

ETAPAS DEL PROYECTO.

El proyecto tendrá las siguientes etapas:

Parque Nacional Chicamocha

Se encuentra en la vía que comunica a Bucaramanga con San Gil, en el punto denominado Ventanas, sector de Caucayá, área rural del municipio de Aratoca. A una distancia aproximada de 54 km de la capital del departamento, 39 km del municipio de San Gil y 12 km de la cabecera urbana del municipio de Aratoca.

Como parte inicial de proyecto se construyó el “monumento a la santandereanidad” de 57 metros de largo por 23 de ancho, el cual inmortaliza la Revolución de los Comuneros con 35 figuras en bronce y una gigantesca hoja de tabaco que le sirve de base. La obra, que se construyó en una superficie de 8.750 hectáreas, tuvo un costo de \$4.300 millones.⁷

El proyecto se realizará a lo largo y ancho del Cañón del Chicamocha, aprovechando sus riquezas naturales e históricas y adecuando una serie de zonas para el esparcimiento y los deportes de aventura. Además, se recuperarán los senderos guanes, tendrá zonas de cabañas y para camping, sitios para practicar

⁷ <http://www.gobernaciondesantander.gov.co/>

canotaje, pesca, cabalgatas, spa, parapentismo, caminatas, rafting, montañismo, ciclomontañismo y algo más increíble: paseo en globo.⁸

Teleférico del Cañón

La otra etapa del proyecto se ubica en la construcción de un teleférico para cruzar el Cañón del Chicamocha, que ofrece una invaluable riqueza paisajista. De esta forma, Santander está abriendo sus puertas a nuevos proyectos de envergadura.

El teleférico, de acuerdo con los estudios técnicos de Ecosing Europa, tendrá un recorrido de 6.3 kilómetros, en dos tramos. El primero parte del Parque Monumento de la Santandereanidad (Caucayá) a la Estación Central, en orillas del río Chicamocha, con una altura máxima de 1.325 metros y una duración de 7 minutos. Para luego ir hasta la Mesa de los Santos, en un recorrido en el que se invertirán 13 minutos.

Los trazados se realizarán con 45 cabinas, cada una con capacidad para 8 personas, las cuales se movilizarán a una velocidad de 1,5 metros por segundo, apropiada para contemplar el espectáculo paisajístico que ofrece el Cañón del Chicamocha. El teleférico tendría una demanda potencial efectiva de 397.529 visitantes en el primer año de funcionamiento; cifra arrojada por un estudio de mercado que se realizó en el área metropolitana de Bucaramanga, los departamentos de Santander, Norte de Santander, Cesar y Boyacá, así como en el distrito capital.⁹

Todo este plan se integrará y fortalecerá con los proyectos que se están desarrollando en el departamento como la hotelería, el canotaje, rafting, espeleología, ciclomontañismo, parapentismo, etc.

Pueblito Acuarela

Aprovechando la coyuntura turística de Santander y la necesidad de un proyecto demostrativo de construcción de carácter ambiental surge la iniciativa de construir el “pueblito acuarela” en manos Leonidas Gómez, gerente y dueño del club del club náutico acuarela ubicado en el municipio de los santos, quien está interesado en dar un aporte social a la comunidad que se desarrolla alrededor del club náutico y dinamizar el ecoturismo en la región.

El pueblito acuarela quedará ubicado al lado del club náutico en un lote de aproximadamente 400 hectáreas. Será un pueblo ecológico y autosostenible que se basará en los principios de las ecoaldeas, el ecoturismo y la permacultura.

⁸ <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=353908> ambicioso proyecto turístico en Santander

⁹ <http://www.aciem.org>

Brindará vivienda a aproximadamente 300 familias que se encargaran de acoger a los visitantes del pueblo y vender sus propios productos, además las casas también estarán a la venta.

Las viviendas del pueblito serán construidas en materiales vernáculos mezclados con técnicas y materiales de construcción modernos. Quedarán divididas en tres espacios que serán: vivienda de las familias, local comercial y el de visitantes.

A nivel urbano se contará con amplias zonas verdes, espacios culturales y recreativos, zonas para escuela, colegio, universidad y templos; zona para personas de la tercera edad y pensionados, zonas de piscicultura, granjas, cultivos y protección de bosques; se le dará prioridad al tránsito peatonal y bicicletas dejando limitado el uso de automóviles a zonas específicas de parqueo.

El pueblo pretende ser autosostenible en un 60% de todas las necesidades del espacio físico y de sus habitantes, por lo tanto allí se producirán alimentos, vestidos, productos, energía, y se brindaran educación y servicios públicos, importando de la ciudad solo cosas imposibles de producir en el pueblo.

Saneamiento en la Mesa de los Santos.

La Mesa de los Santos es un municipio que sufre de abastecimiento de agua, por ser una meseta, por tener un crecimiento urbano acelerado y porque la industria avícola ha contaminado algunas afluentes importantes, además tiene un deficiente servicio de alcantarillado e implementar uno sería exageradamente costoso. Otra opción es implementar letrinas pero se ha comprobado que estas contaminan los mantos freáticos y las aguas subterráneas.

Necesidad de un sistema de saneamiento seco.

Para el desarrollo del “pueblito acuarela” es necesario implementar tecnologías de saneamiento que no utilicen sistema de alcantarillado, ni fosas sépticas, que no utilicen agua y que sean respetuosas con el medio ambiente y la mejor respuesta después de varias indagaciones, estudios y asesorías de profesionales son las unidades sanitarias secas, además que cumplen a cabalidad con las premisas fundamentales de las ecoaldeas, la permacultura y conservación del medio ambiente.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema urbano de saneamiento seco para implementarlo en el proyecto del “Pueblito Acuarela” que se construirá en la Mesa de los Santos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema sanitario que contribuya a resolver el problema de contaminación causado por la disposición de excretas humanas en fuentes hídricas.
- Diseñar una propuesta esquemática de aprovechamiento de los excrementos humanos para la producción de abono fértil.
- Elaborar un objeto que permita la dosificación de material de aporte y el cubrimiento de las heces.
- Minimizar los olores.
- Garantizar que no haya contacto de las heces con los usuarios.
- Presentar un manual de uso del sanitario.
- Diseñar un sanitario seco que no exceda los costos del sanitario convencional con sistema de alcantarillado.
- Desarrollar una propuesta esquemática para la disposición final de los excrementos humanos que permita la eliminación efectiva de patógenos y parásitos.
- Proponer una solución de sanitario doméstico para usuarios de estratos 4 y 5.
- Acelerar el proceso de deshidratación de las heces.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

Al finalizar este proyecto se debe entregar como resultado:

- Un modelo funcional del sistema sanitario seco a nivel residencial.

- Una propuesta esquemática (virtual) para la disposición final de los excrementos humanos que serán aprovechadas posteriormente como abono orgánico. La propuesta incluirá la recolección, transporte y tratamiento de los excrementos.
- Un manual de uso del sanitario.

1.5 METODOLOGÍA CONCEPTUAL

Para el desarrollo del proyecto se va a aplicar una metodología que se divide en fases y a su vez en etapas como se especifica a continuación:

1.5.1 FASE 1. ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA

En esta fase se traza la necesidad, aclaran los objetivos y establecen las limitantes de acuerdo a los actores que intervienen en el desarrollo del producto y el entorno del problema. Las etapas para su ejecución incluye: establecimiento del fenómeno a resolver, análisis de información y soluciones existentes por medio de una investigación técnica de los temas relacionados con el problema, análisis de mercado, definición de aspectos humano, técnicos, formales; subdivisión del problema y jerarquización, establecimiento de requerimientos de diseño.

1.5.2 FASE 2. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En esta fase se esbozan las posibles soluciones para los subproblemas definidos, evaluándolas y seleccionando una alternativa para cada subproblema y su posterior desarrollo. Contiene las siguientes etapas: generación de ideas y definición de concepto, examen y selección de alternativas.

1.5.3 FASE 3. DISEÑO PRELIMINAR

En esta fase se desarrollan las alternativas seleccionadas y se comprueban algunas hipótesis. Incluye las siguientes etapas: comprobación de viabilidad de alternativas por medio de pruebas y observaciones, localización de aspectos a evolucionar, desarrollo de alternativas.

1.5.4 FASE 4. DISEÑO DETALLADO

Es afinar y optimizar en forma detallada la alternativa final. Comprende: corrección y evolución de las soluciones planteadas a cada subproblema, Integración de los componentes desarrollados, definición formal, presentación de especificaciones del producto.

1.5.5 FASE 5. DOCUMENTACIÓN

Se desarrolla desde el inicio del proyecto y es dónde se consignan todo el desarrollo del proyecto, concluye en un informe final que incluye: elaboración del documento final, preparación del manual de usuario, desarrollo de la propuesta esquemática para la disposición final de excrementos.

1.5.6 FASE 6. CONSTRUCCIÓN

En esta fase se materializa la alternativa final. Incluye la fabricación del modelo funcional para su presentación y sustentación.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DEL INODORO

Inodoro, silencioso, excusado, retrete, water-closet o water-clo, muchas denominaciones distintas para una función común: la eliminación de los desechos.

Uno de los aspectos más desconocidos de la historia de la humanidad es la lentitud con la que higienistas, ingenieros y poderes públicos han intentado resolver un problema tan cotidiano como fundamental: la eliminación de los excrementos humanos. “Por su volumen, un litro y medio de orina y ciento cincuenta gramos de desechos sólidos diarios por habitante, representan un problema de importancia considerable”.¹⁰

Se cree que fue hacia el siglo III o II a. C. cuando los romanos inventaron el orinal (matula) que formaba parte del comedor de la casa romana, y que durante veintidós siglos sería un utensilio doméstico básico.

FIGURA 1. INODOROS ROMANOS



Fuente: <http://centros5.pntic.mec.es/ies.arzobispo.valdes.salas/alumnos/inventos/inodoro.html>

Desde el II milenio a. C. los creyentes disponían de cuartos especiales con sillas excretoras fijas, su instalación parece haber planteado problemas de infraestructura arquitectónica y municipal demasiado complejos para que el ejemplo fuera imitado. Hasta el siglo XVIII el orinal constituye el principal receptor de los excrementos, descontando evidentemente los rincones y lugares públicos de todo el mundo donde las gentes aligeraban sus vientres y vejigas. Estos contenedores se vaciaban en la calle, la mayoría de las veces directamente por la ventana, y más tarde, y en ciertos barrios, en el arroyo, para no manchar las fachadas. Casas, calles y palacios apestaban. Ciertas callejuelas oscuras de

¹⁰ <http://centros5.pntic.mec.es/ies.arzobispo.valdes.salas/alumnos/inventos/inodoro.html>

muchas ciudades francesas parecen haber sido especialmente favorecidas por gentes apuradas y llevan nombres tan evocados como "calle inmundada", "calleja de las agachapares" o callejón de los menesteres".¹¹

Aunque es cierto que algunos monarcas como Luis XI, eran lo bastante púdicos como para evacuar sus necesidades en la intimidad de una "silla excusada" protegida por cortinas, muchos villanos y no pocos burgueses satisfacían sus necesidades públicamente ofreciendo, como mínimo, al pudor. En Francia, durante el reinado de Carlos V, se intentó remediar la situación instando a todos los propietarios que poseían inmuebles en la villa y los suburbios de París a instalar en sus casas letrinas y privados suficientes. El decreto, de 1375, era tan solo un tímido primer paso hacia los cuartos de baño actuales.

"La invención del retrete, data de 1589 y es obra del inglés John Harrington. El diseño incluía una cisterna que también podía servir de pecera -según la descripción-, una reserva de agua en la taza y una manija para activar el mecanismo".¹²

Como la reina Isabel I de Inglaterra en persona era madrina de Sir Harrington, un retrete fue instalado en su palacio de Richmond. Harrington se haría con un "trono" propio en su casa la localidad de Somerset.

COSA INDECOROSA

El ahijado de Isabel I no fabricó más inodoros porque la reina le negó la patente, por una cuestión de "decoro", aunque entendidos señalan que el verdadero problema era la falta de un sistema de drenaje.

Por otro lado, algunas fuentes señalan que Harrington fue ridiculizado por su estrafalaria invención y, al cabo, la abandonó. Cuando en 1596 Harrington publicó una sátira en la que describía con detalle su inodoro, la reina lo expulsó de la Corte. Al parecer, los franceses fueron más entusiastas acerca del *water-closet* que los ingleses.

De hecho, cuando en el siglo XVIII los magistrados parisinos intentaron prohibir la práctica de las calles-letrina, una delegación de burgueses se presentó en la casa de la Villa para protestar contra la medida. No se encontró otra solución para la evacuación de los excrementos que la creación de unos canales especiales, los "mierderos". En los castillos las deyecciones se depositaban en los fosos y en

¹¹ <http://centros5.pntic.mec.es/ies.arzobispo.valdes.salas/alumnos/inventos/inodoro.html>

¹² http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/newsid_3497000/3497555.stm

ciertos casos como en Coucy, un saledizo en el muro permitía despacharse directamente al aire libre, con destino a los fosos.¹³

La urbanización progresiva de las ciudades y el crecimiento demográfico hicieron la situación cada vez más insoportable. En el primer tercio del siglo pasado las inmundicias cubren las calles y llueven a traición desde las ventanas. Los servicios sanitarios y las prefecturas de policía protestan contra los peligros que esta situación entrañan para la población, y la degradación que infringe a los monumentos públicos e incluso a los lugares de culto. Pero la ley es impotente al no existir una solución técnica. En 1837, las catorce empresas de privados que se encargaban de vaciar las tinajas de los inmuebles burgueses de París, que eran transportadas en carretas, ya no daban abasto. Cada carreta podía transportar un máximo de treinta y dos tinajas por viaje.¹⁴

Hasta 1865, más o menos, no surgió la primera iniciativa oficial destinada a velar por el pudor público con la instalación de quioscos de necesidad y cabinas inodoras a cinco céntimos. Los médicos tuvieron su parte en el asunto, pues sospechaban que el mefitismo intervenía en la propagación de las epidemias. Entre 1865 y 1885 el vertido de materias fecales en los ríos, que era la solución adoptada en todas las ciudades europeas situadas en las proximidades de alguna corriente fluvial, creó un problema suplementario: los cursos de los ríos se convirtieron en auténticas cloacas a cielo abierto.

Mientras tanto se habían producido dos inventos sucesivos, que muy pronto se complementarían. El primero es un invento colectivo, anónimo, surgido de una institución conocida entonces como escuela monje, que luego se la conocería como el instituto Carnot de París: es la taza de retrete, muy parecida a la que se conoce actualmente, provista de una tapa horadada de manera que puede subirse y bajarse; la tapa en cuestión era entonces de chapa. Este modesto invento, pues de hecho no es más que una adaptación de la silla excretora, despertó sin embargo polémicas interminables. Los médicos discutieron largo y tendido, acaloradamente, sobre los peligros de este invento, que según alguno "contrariaba las leyes naturales y favorecía los contagios debido a la famosa tapa"¹⁵. Las perlas de argumentación derrochadas para repudiar este invento dejan bastante pensativo a quien vuelve a leerlas al cabo de un siglo.

Este retrete moderno se impuso finalmente al asociarse con otro invento, el de Alexander Cummings quien registró la primera patente de un inodoro en 1776, y cuyo diseño hizo importantes aportes, en Inglaterra, luego el inglés Thomas Crapper se dedicó a la comercialización entre 1861 y 1904, él registró también nueve patentes relacionadas con el artefacto, pero no fue quien lo inventó. Al

¹³ <http://centros5.pntic.mec.es/ies.arzobispo.valdes.salas/alumnos/inventos/inodoro.html>

¹⁴ Ibid

¹⁵ http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/specials/newsid_3497000/3497555.stm

parecer el invento de la cisterna de agua se da en 1886; la idea consistía en instalar encima de la taza, a cierta altura, un depósito con capacidad para diez litros de agua que por medio de un sistema de palanca liberase su contenido al tirar de la cadena. La función de la cisterna era por tanto expulsora y limpiadora, pero además favorecía una valiosa ventaja complementaria, y es que al diluir las materias fecales contribuía a que los vertidos finales sobre los ríos fueran mucho menos densos.

Crapper, por otra parte, modificó también el diseño de la taza incorporando el sifón, que garantizaba que siempre hubiese en el fondo de esta una pequeña cantidad de agua relativamente limpia que aislaba el bombillo del conducto de bajada. Su water-closet, el famoso inodoro, protegía por fin a la vivienda de emanaciones perniciosas.

La primera generación de inodoros estaba cargada de decoraciones. En 1883 Tomas Turifed vendió el retrete de porcelana¹⁶, que se convirtió en el material más popular. Los adornos eran parecidos a los de las vajillas, lo que hacían del retrete una pieza de auténtico lujo.

FIGURA 2. SANITARIOS ADORNADOS



Fuente: http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/newsid_3497000/3497555.stm

¹⁶ Ibid.

Sin embargo, éste invento sólo pudo triunfar una vez que se impusieron sistemas de alcantarillado público y se garantizó el suministro de agua corriente a las viviendas, algo que no se ha garantizado en todos los hogares.

2.2 SANEAMIENTO

“El saneamiento es más importante que la independencia”, dijo alguna vez Mahatma Gandhi. Se trata claramente de una cuestión vital, vinculada a la salud y dignidad del ser humano.

Recopilando distintas definiciones sobre saneamiento se encuentra que las que más se adaptan a los objetivos del proyecto son:

La OMS en 1986 definió el saneamiento como “los medios de recoger y eliminar los excrementos y las aguas residuales de la colectividad de una manera higiénica para no poner en peligro la salud de las personas y de la comunidad en su conjunto”¹⁷.

El libro Saneamiento Ecológico dice que “el criterio inicial y fundamental del saneamiento ecológico (y de muchos de los enfoques de saneamiento) es que el sistema forme una barrera en contra de la difusión de enfermedades causadas por agentes dañinos (patógenos) en los excrementos humanos”¹⁸.

“El saneamiento es el conjunto de técnicas y elementos destinados a fomentar las condiciones higiénicas en un edificio, de una comunidad o de una localidad”.¹⁹

“El conjunto de disposiciones legales y técnicas encaminadas a mejorar la calidad de la vida humana. Algunas de esas disposiciones son la eliminación de residuos urbanos e industriales, la construcción de la red de alcantarillado, remodelar viejos barrios, la erradicación de villas de emergencia, la mejora del trazado de las calles y el ascenso en las condiciones de habitabilidad, entre otros”.²⁰

Aquí se ven una serie de definiciones que se podrían resumir en el mejoramiento de la calidad de vida y prevención de enfermedades causadas por agentes dañinos presentes en los excrementos, los desechos de hogares y los desechos industriales; a través de la adopción de condiciones higiénicas, disposiciones legales, técnicas, infraestructura, capacitación etc.

¹⁷ FRANCEYS, R., PICKFORD J. Y REED R. Guía para el desarrollo del saneamiento *in situ*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1994, p.3.

¹⁸ WINBLAD, Uno y OTROS. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999. p.8.

¹⁹ http://www.enredate.org/enredate/actualidad/historico/que_es_el_saneamiento

²⁰ http://www.ambienteecologico.com/ediciones/diccionarioEcologico/diccionarioEcologico.php3?letra=S&numero=01&rango=SABANA_-_SEDANTE

Para que el saneamiento básico funcione se deben mejorar y la preservar las condiciones sanitarias óptimas de:

- Fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano.
- Disposición sanitaria de excrementos y orina.
- Manejo sanitario de los residuos sólidos, conocidos como basura.
- Control de la fauna nociva, como ratas, cucarachas, pulgas, etc.
- Mejoramiento de las condiciones sanitarias y limpieza de la vivienda.
- Manejo de los desechos industriales

2.2.1 AGUA Y SANEAMIENTO

Es difícil que existan sistemas de saneamiento adecuados en lugares donde no hay suministro de agua corriente, y es complicado mantener la potabilidad de las aguas en lugares donde no existe un sistema de eliminación de residuos. Sin embargo, la falta de agua potable y la precariedad del saneamiento son dos problemas diferentes que tanto unidos como por separado, frenan las posibilidades de desarrollo de millones de personas.²¹

2.2.2 CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE SANEAMIENTO.

- **Favorece la transmisión de enfermedades.** En poblaciones sin sistemas de saneamiento, los detritos no pueden ser canalizados a lugares donde no contaminen. Esto hace que en ocasiones se mezclen con el agua para el consumo o para el riego, contaminando los alimentos. Además, llevan consigo la proliferación de moscas, ratas y otros animales que pueden propagar enfermedades. Se calcula que 4.000 niños y niñas mueren cada día por las malas condiciones del agua y de los sistemas de saneamiento.
- **Frena los avances en salud.** La falta de saneamiento no sólo genera enfermedades, sino que empeora los problemas de salud ocurridos por otras causas. Por ejemplo: es recomendable lavarse una herida, pero si se hace con agua contaminada puede producirse una infección. En muchos lugares el no disponer de agua limpia para beber, para asearse o para

²¹ http://www.enredate.org/enredate/actualidad/historico/que_es_el_saneamiento/

higienizar el material clínico, hace que muchas personas convalecientes mueran por complicaciones en su enfermedad.

- **Bloquea avances sociales.** En las poblaciones donde no hay fuentes de agua potable cercana, la población tiene que desplazarse varios kilómetros cada día en busca de agua. Este trabajo suele recaer sobre las mujeres y las niñas, que pierden muchas horas de trabajo útil, estudio o descanso en esta tarea, lo que fomenta la desigualdad social y de género.
- **Impide a las niñas y niños ir a la escuela.** Aunque parezca increíble, la falta de baños en las escuelas hace que muchos niños no vayan a la escuela, principalmente las niñas.
- **Supone un obstáculo para muchas mujeres.** La intimidad es fundamental, y donde no hay baños, no existe. Esto hace que muchas mujeres en el mundo tengan serios problemas urinarios y gastrointestinales, porque suelen aguantar todo el día la necesidad de ir al baño para poder hacerlo por la noche, cuando no pueden ser vistas. En ocasiones intentan evitar comer y beber durante el día para lograrlo. Además, tienen que ir al campo, lejos de la seguridad de sus comunidades, donde corren el peligro de ser asaltadas y agredidas. La situación se complica para las mujeres embarazadas y que acaban de dar a luz, ya que muchas mueren tras el parto o pierden a sus bebés a causa de las malas condiciones higiénicas.
- **Impide el crecimiento económico.** Cada año se pierden millones de horas de trabajo a causa de la falta de sistemas de agua y saneamiento. Horas que se pierden recogiendo agua, buscando un lugar escondido, llevando detritos lejos de las casas o por culpa de enfermedades. Sólo en África se pierden más de 40.000 millones de horas de trabajo por la necesidad de buscar agua.²²

Si una población queda expuesta a los patógenos se incrementará la incidencia y severidad de las enfermedades, incrementándose el riesgo de desnutrición y muerte.

Las personas enferman cuando ingieren patógenos a través de dichos medios. Cuando las heces contaminan el ambiente se perpetúa el círculo vicioso de las personas que contaminan el ambiente, y a su vez, son infectadas por el ambiente contaminado.

Las enfermedades infecciosas causan una cuarta parte del total de enfermedades, y a la fecha son las que cobran más vidas de niños y adultos jóvenes en el mundo; con un total de 13 millones de muertes al año.

²² Ibid.

Una de cada dos personas en países pobres muere a temprana edad debido a enfermedades infecciosas.²³

2.2.3 VENTAJAS DE MEJORAR EL SANEAMIENTO.

“Mejorar el saneamiento está asociado con una mayor calidad en la salud y la alimentación nutritiva. La evidencia acumulada en los últimos veinticinco años indica que al mejorar el saneamiento se reduce sustancialmente la enfermedad y mortandad infantil y se mejora la calidad de la nutrición. En este sentido el saneamiento funciona como una barrera, ya que mantiene los excrementos alejados de las personas, que de lo contrario enfermarían al quedar expuestas a los patógenos contenidos en las heces”.²⁴

“Las evidencias sugieren que al mejorar el saneamiento se reduce la diarrea entre 35-40%, mientras que la mortandad infantil se reduce 50%. La desnutrición infantil puede reducirse en esa misma proporción”²⁵. Esta clasificación es la realizada por Ron Sawyer quien ha sido uno de los más reconocidos investigadores sobre saneamiento seco.

2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO.

FLUJO Y DESCARGA.

El saneamiento actual se basa en el agua como vehículo de transporte de todos los excrementos humanos. Está basado en la premisa de que los excrementos son un residuo que tiene que ser eliminado.

Letrinas

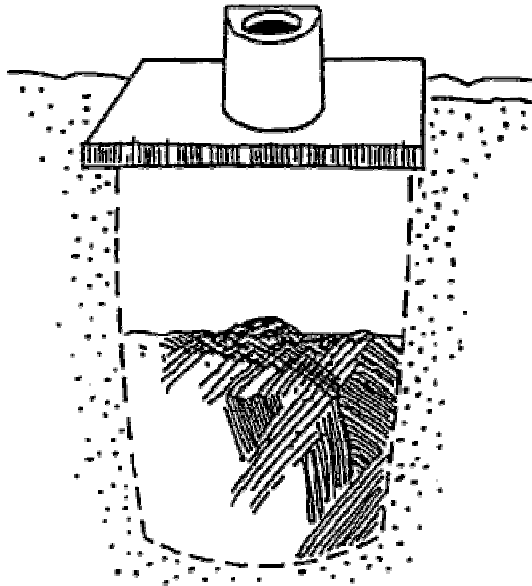
Este tipo de letrinas se compone de una losa colocada sobre un hueco o pozo cuya profundidad puede ser de 2 metros o más. La losa debe estar firmemente apoyada por todos los lados y elevada por encima del terreno circundante, de manera que las aguas superficiales no puedan penetrar en el pozo.

²³ ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON. Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. Segunda Edición. México: Swedish International Development Cooperation Agency, 2001, 94p.

²⁴ Ibid.

²⁵ Ibid

FIGURA 3. LETRINA BÁSICA



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

Los líquidos se infiltran en el suelo circundante y el material orgánico se descompone, produciendo gases que se escapan a la atmósfera o se dispersan en el suelo, produciendo líquidos que se infiltran en torno al área de influencia del pozo, y produciendo un residuo descompuesto (mineralizado) y compactado.

Tienen mal olor y atraen moscas, así como otros vectores de enfermedades que fácilmente se reproducen en los huecos o pozos, para resolver esos problemas, se puede construir la letrina mejorada de pozo ventilado, que se diferencia de la letrina tradicional simple por poseer un tubo vertical de ventilación, el cual posee una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de las moscas y a la vez ese tubo es la única entrada de luz que permite ser el punto apropiado para la atracción interna de las moscas.

W.C.

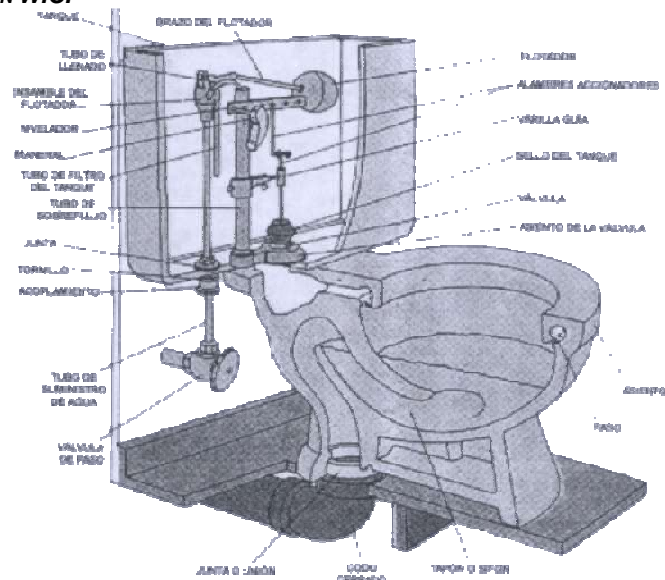
Las partes del sistema²⁶

Los actuales WC constan de dos partes principales:

- El **tanque**, que es el depósito de descarga.
- La **taza o inodoro**.

²⁶<http://www.sodimac.cl/HUM/HUM.nsf/CDUNID/CE1A9C90295F02BA85256CC600691E2D?OpenDocument&537QYK>

FIGURA 4. PARTES DE UN W.C.



Fuente: Libro elementos de instalaciones hidráulicas y sanitarias.

El tanque puede ser sustituido por una válvula especial llamada **fluxómetro**, que hace fluir directamente el agua en el inodoro a través de un pulsador o una llave que comanda el inicio y el final de la repartición según la necesidad. Esta válvula se puede utilizar sólo si la presión en la red es igual o mayor a 2.5 atmósferas, la llegada es de 35 a 40 litros por minuto y la sección de la tubería de al menos 1 pulgada o 1 ¼ pulgada.

El tanque

El tanque es el lugar donde se almacena el agua necesaria para limpiar y eliminar los desechos que se encuentren en la taza. Esta agua cae sobre la taza al accionar la palanca del fitting o el fluxómetro según corresponda.

TABLA 1. TIPOS DE W.C.

TIPO	DESCRIPCIÓN
WC CON TANQUE DE PARED	El tanque va fijo a la pared y sólo tiene contacto con la taza a través de una cañería, por donde cae el agua para la eliminación de los residuos que se encuentren en la taza.
WC TANQUE ATORNILLADO SOBRE EL INODORO	Éste producto es más silencioso que el de pared, y permite mayor armonía en el baño dado que existen modelos de diferentes estilos, según cada necesidad
WC ONE PIECE	Éste sanitario es de una pieza (taza y tanque), y su diseño permite reducir al máximo el ruido en el proceso de evacuación.
WC SUSPENDIDOS	No llevan la taza apoyada sobre el suelo como la mayoría, sino que van colgados del muro mediante una pieza metálica especial, empotrada a la pared. Su instalación exige una gran resistencia del muro sobre el cual va colgado y espacio suficiente detrás del muro, para empotrar la estructura metálica de soporte y para el estanque. Su gran ventaja, es que facilitan la limpieza alrededor del inodoro.

Fuente: Los autores

Alcantarillado

Los sistemas “modernos” de disposición de residuos por medio del agua son una tecnología relativamente reciente que sólo comenzó a difundirse en las ciudades europeas a finales del siglo diecinueve, cuando los sistemas entubados de suministro de agua llevaron a un aumento en el consumo de agua y consecuentemente a una mayor producción de aguas residuales.

El alcantarillado es el sistema deseado por la mayoría de las personas por la comodidad y el buen control higiénico que significa en los hogares. Su instalación está, sin embargo, condicionada por la disponibilidad de agua potable y un alto costo de instalación y de manutención, costo que posterga o imposibilita la factibilidad de alcantarillado en sectores de baja densidad poblacional y/o bajo nivel socioeconómico. Desde un punto de vista ecológico, la mayor parte de las aguas servidas -aguas básicamente contaminadas con excrementos- no reciben ningún tipo de tratamiento antes de ser entregados a cursos de agua abiertos, el alcantarillado es uno de los principales responsables de la contaminación bacteriológica de los esteros, ríos, lagos y litorales, con sus consecuentes daños y riesgos para la salud pública.

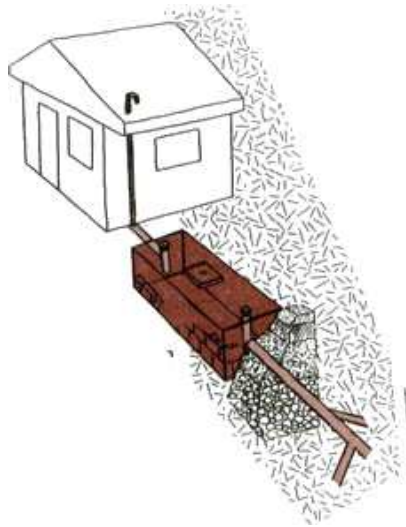
A causa de la contaminación extrema de los cuerpos de agua, se introdujeron plantas mecánicas de tratamiento de aguas residuales, tratamientos biológicos y tratamientos terciarios para remover los nutrientes (considerados actualmente

como la tecnología más avanzada en el tratamiento de aguas residuales) para reducir su eutrofización.²⁷

Los inconvenientes son el gran gasto de agua potable, los problemas del transporte (olores, ratas, desarrollo de enfermedades, contaminación de ríos y arroyos, contaminación de los acuíferos) y los problemas de la depuración.

Tanques o fosas sépticas

FIGURA 5. TANQUE SÉPTICO



Este sistema individual para el tratamiento de aguas residuales producidas por las personas que habitan en zonas residenciales poco pobladas y en zonas rurales, puede recibir tanto el agua con los excrementos humanos como aquella proveniente de cocinas y baños. Es también utilizado para el tratamiento de afluentes provenientes de instituciones como escuelas y hospitales de pequeñas comunidades.

Éste combina la comodidad e higiene de la taza con evacuación por agua (water closet), instalada en un "baño" al interior de la casa, con una instalación sencilla de disposición de las aguas servidas en el mismo terreno del usuario. Los problemas asociados a esta solución son los altos costos de construcción y de manutención (se requiere un vaciado periódico del lodo sedimentado con camiones y bombas especiales), problemas de manejo de los olores que salen de

²⁷ WERNER, Christine. ABDOULAYE, Papa. SCHLICK, Jana. Y OTROS. "Principios y razones del saneamiento ecológico)". Memorias del 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, Lübeck – Alemania, Abril 2003. PDF.

la fosa, y la contaminación masiva y directa del suelo y de la capa de agua subterránea, si ésta no se encuentra a gran profundidad

Su funcionamiento depende de: un tanque sedimentador y de terrenos donde se infiltre el agua. Es un sistema que utiliza la capacidad que tiene el suelo para absorber.

El material sedimentado (los sólidos) forma en el fondo del depósito una capa de lodos o fango, degradado biológicamente con el tiempo y que debe extraerse periódicamente.

CAÍDA Y DEPÓSITO.

Basados en la Deshidratación

Significa reducir el nivel de humedad del contenido de la cámara de tratamiento a menos de 25%, por medio de la evaporación o la adición de material secante como la ceniza, el aserrín o cascarillas. No debe agregarse agua o materia vegetal húmeda a la cámara de tratamiento.

El sanitario seco con doble cámara o letrina vietnamita

La letrina vietnamita consiste en un receptáculo dividido en dos cámaras, cada uno con volumen aproximado de 300 litros. La letrina se ubica en un piso sólido de concreto, ladrillo o barro. El piso se construye al menos 10 cm sobre la tierra para prevenir inundaciones.

La cámara es cubierta con una loza donde el usuario se pone en cuclillas, la cual tiene dos agujeros, descanso para los pies y un canal por donde sale la orina. Ambos agujeros tienen tapas. Atrás de las cámaras existen dos puertas para remover el abono maduro. Estas puertas son selladas hasta que se evacua una de las cámaras.

La gente defeca en una de las cámaras, pero antes de utilizarla por primera vez, los miembros de la familia le cubren el piso con una capa de tierra fina, una cama de hojas, pajas o viruta, con el fin de absorber la humedad de las heces y evitar que se peguen al piso. Después de defecar, se vierte ceniza sobre las heces para que absorban la humedad, neutralicen los olores y no atraigan moscas.

La orina es separada y recibida en la letrina en un contenedor. Así en la cámara hay solo heces, cenizas, tierra y papel higiénico, estando su contenido seco y

compacto. Básicamente el proceso que se desarrolla de acuerdo a fuentes vietnamitas es anaeróbico.

Una vez que se llenan las dos terceras partes, un miembro de la familia aplana el contenido con una vara; hecho esto, llena la cámara hasta el borde con tierra fina y seca, finalmente la sella. Todas las aberturas se sellan con mortero o barro. A partir de ese momento se utiliza la segunda cámara. Después de dos meses, cuando la segunda cámara está a punto de llenarse, un miembro de la familia abre y vacía la primera. Las heces deshidratadas, ahora desodorizadas, se utilizan como fertilizante.

Letrina abonera (alcalina) seca familiar "LASF"

Básicamente usa el mismo principio que la letrina vietnamita, presentando una diferencia: una taza especial que permite la separación de las heces de la orina. Este asiento es movable para poder trasladarlo una vez que la cámara se llena. Esta incorporación eleva el costo de la letrina, pero es necesaria por razones culturales.

Para conveniencia del hombre se puede instalar un orinal aparte, así no tendrá que sentarse para llevar a cabo esta función.

En cuanto al uso y mantenimiento, es similar a las vietnamitas, usando cenizas y/o cal como aditivos, lo cual alcaliniza la letrina y evitar la supervivencia de los agentes patógenos presentes en las heces.

Los lodos o material seco que de ellas se extrae pueden ser aplicados como abono o acondicionador de suelos.

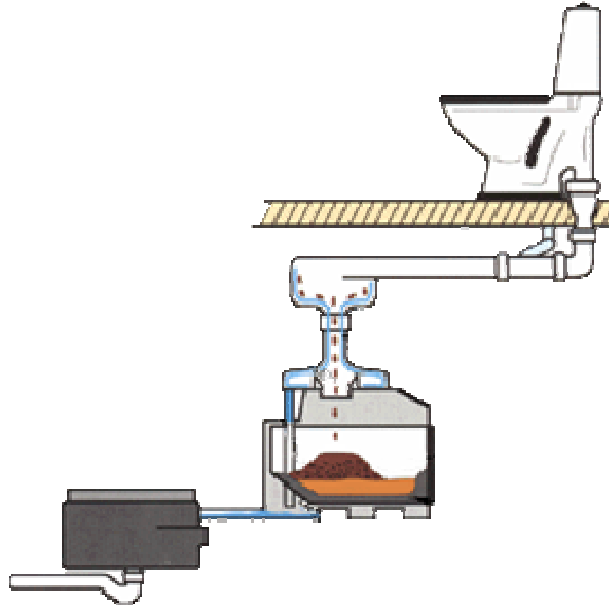
Cuando la primera cámara está casi llena, se le agrega tierra hasta el borde y se cierra la taza. En ese momento se habilita la segunda cámara. Un año después, o cuando la segunda cámara está casi llena, se abre la primera. Una familia de 5-6 miembros producirá anualmente casi medio metro cúbico de materia deshidratada desodorizada.

Acuatrón

Aquatron fue inventado en Suecia, funciona con inodoros convencionales (volumen de descarga de 3 a 6 litros) o con modelos separadores de orina que mecánicamente separan la orina y el agua de los desechos sólidos en la propia taza.

Cuando se descarga la cisterna del inodoro, el agua arrastra el contenido de la taza al Separador Aquatron, donde aproximadamente el 98% de la fracción líquida se separa por efecto del momento, la fuerza centrífuga y la gravedad.

FIGURA 6. SISTEMA ACUATRÓN



Fuente: <http://www.aquatron.se/start.es.html>

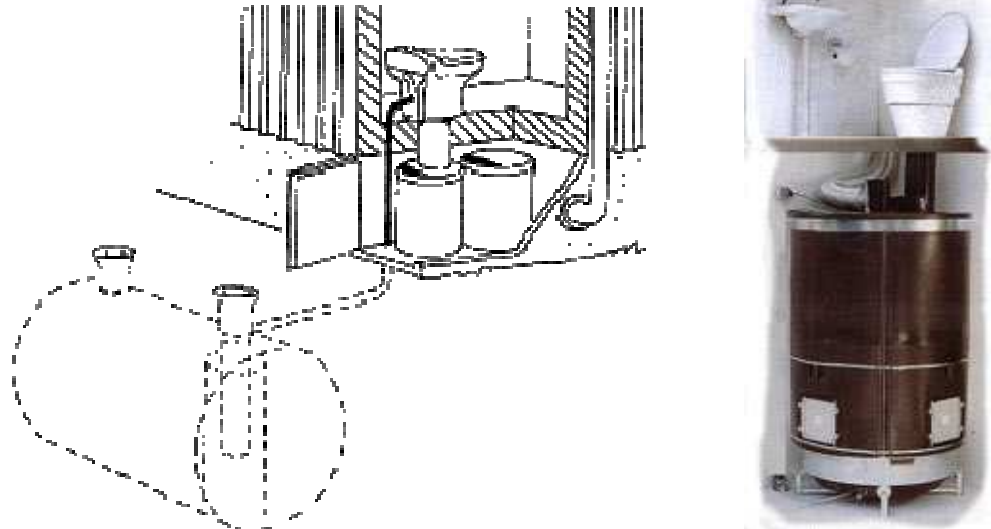
Los desechos sólidos (papel y heces) caen en la Biocámara, donde son consumidos y compostados por las bacterias y, si se desea, por las lombrices. Si se emplean lombrices, el volumen de residuos sólidos se reduce aproximadamente en un 90%. Por tanto, la necesidad de vaciado y de manipulación de los residuos se reduce al mínimo. Opcionalmente, tras instalar un Sistema Aquatron, se colocan unas 250-300 lombrices en la Biocámara. El número de lombrices necesarias para mantener el proceso de compostaje se ajusta automáticamente de modo natural. La temperatura óptima para el compostaje es 12-25 grados centígrados, una temperatura recomendada para viviendas permanentes. La congelación mata las lombrices. El proceso de compostaje no produce olores ni moscas puesto que la Biocámara se mantiene ventilada y la pequeña cantidad de líquido que llega a la Biocámara junto con el papel se extrae por el desagüe situado en su base. Cuando se procede al vaciado de los modelos Aquatron 90 y 400, los residuos deben todavía terminar de compostarse en el jardín junto con los desechos normales del jardín o huerto y la cocina. Los modelos 4x100, 4x200 y 4x300, sin embargo, no necesitan compostaje posterior.

El líquido pasa por la unidad UV, en la que es expuesto a luz Ultravioleta que mata las bacterias y los virus. El líquido puede entonces tratarse como aguas grises (aguas de baño, fregadera y lavandería) lo que significa que esta agua de desecho puede infiltrarse en el suelo o en una arqueta o contenedor adecuado. Dado que la fracción líquida es separada de la sólida, los Sistemas Aquatron no se ven afectados por picos de gran utilización.

El sanitario seco WM Ekologen en Suecia

A principios de la década de 1980, el profesor Mats Wolgast del Karolinska Institutet en Estocolmo, Suecia, desarrolló el sistema *WM Ekologen*, tipo *ES*. Al igual que el sistema vietnamita, se basa en un proceso de deshidratación, diseñado para desviar la orina.

FIGURA 7. SANITARIO SECO WM EKOLOGEN



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

Se utiliza un litro de agua para que la orina fluya hacia un tanque subterráneo. El volumen del tanque está diseñado para contener 50 centímetros cúbicos por persona.

Las heces y el papel higiénico usado caen en un depósito plástico con una capacidad de ochenta litros. Una vez lleno el depósito (después de dos o tres meses) se deja a un lado y se coloca un depósito nuevo. El depósito lleno se deja en la cámara por un período de seis meses, aproximadamente. Después de ese tiempo, el contenido puede procesarse, como tratamiento secundario, en un

contenedor ventilado para composta; para que el papel higiénico se descomponga, o bien se incinere.

El sistema utiliza un extractor que saca el aire del sanitario, lo conduce hacia debajo de la taza, a la cámara de tratamiento, y luego hacia afuera por medio de un tubo de ventilación.

El "Tecpan" sanitario de una cámara con calentador solar

FIGURA 8. *TECPAN*



La humedad es el factor de riesgo más importante en un sistema sanitario basado en la deshidratación; pero con sólo agregar un calentador solar a la cámara de proceso se reduce dicho riesgo.

Los sanitarios se utilizan de la misma manera que los *LASF*. La materia en la cámara de tratamiento la constituye el excremento humano y las cenizas, y/o una mezcla de tierra y cal. La orina se canaliza hacia un pozo de absorción ubicado cerca del sanitario.

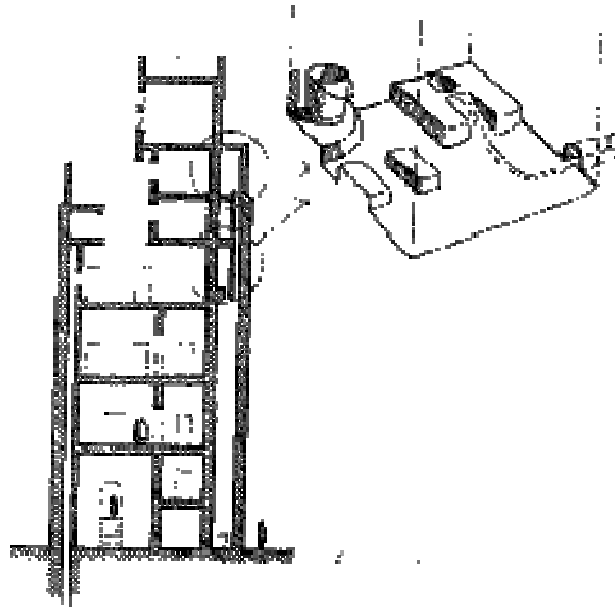
Cada una o dos semanas, se levanta la tapa del contenedor que hace de calentador solar y se empuja hacia atrás el cúmulo de heces, ceniza, cal y arena que se encuentra debajo de la taza del baño. Esta operación se realiza con un azadón o un rastrillo, herramientas que pueden guardarse en la cámara de

tratamiento. Cada dos o tres meses se retira el cúmulo de material seco desodorizado; se guarda en un costal y se almacena fuera del sanitario para su reciclaje.

Algunas unidades han sido equipadas con un empujador, el cual sirve para echar hacia el fondo de la cámara de tratamiento el material acumulado.

El sanitario seco de caída larga

FIGURA 9. SANITARIO SECO DE CAÍDA LARGA.



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

Se encuentra instalado al interior de las viviendas en Yemen. El último piso cuenta con uno o dos cuartos de baño, muy cerca de un pozo. (Un cañón vertical, largo y angosto).

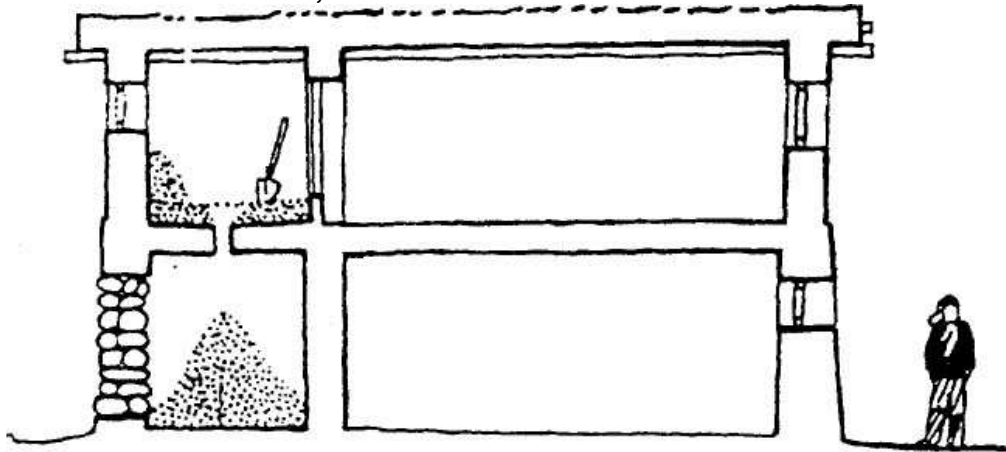
Cada cuarto de baño cuenta con una losa para acuciillarse; de ahí, la orina corre por un canal hecho en el piso de piedra hasta llegar a un orificio abierto en la pared de la vivienda y cae por un drenaje vertical ubicado en la fachada externa del edificio.

Generalmente estas superficies están decoradas elegantemente. La mayor parte de la orina se evapora en su caída por el drenaje, y el resto, si queda algo, cae en un pozo de absorción donde se seca.

Las heces caen hacia el pozo a través de un orificio en la losa para acuclillarse, depositándose en una cámara al nivel de la calle, de donde se recolectan periódicamente ya deshidratadas. Posteriormente, se ponen a desecar todavía más sobre el techo del sanitario público del barrio y, finalmente, se utilizan como combustible para calentar agua.

El sanitario seco instalado en Ladakh, India

FIGURA 10. SANITARIO SECO DE LADAKH, INDIA.



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

En un cuarto pequeño, contiguo a la cocina/sala, se coloca una capa gruesa de tierra traída del patio; un orificio en el piso permite el paso del excremento a un cuarto pequeño en el piso inferior, cuyo acceso se logra sólo desde el exterior. La gente defeca sobre la capa de tierra del cuarto superior, después empuja los excrementos hacia el agujero, mezclados con tierra y orina. De vez en cuando se agregan las cenizas que salen de la cocina. Cuando hace falta, los miembros de la familia acarrearán más tierra al cuarto.

Durante los inviernos prolongados se apila una reserva de tierra en un rincón del baño, donde también se guarda un azadón o una pala. Normalmente no hay aseo anal.

Durante la primavera y al final del verano se remueve el excremento descompuesto y se esparce sobre los campos.

Basados en la Descomposición

La composta es un proceso biológico aeróbico sujeto a condiciones controladas en el que las bacterias, las lombrices, hongos y otros organismos descomponen las sustancias orgánicas para producir humus; En un sanitario compostero se deposita el excremento humano y otros materiales orgánicos, por ejemplo pedazos de verduras, paja, turba, aserrín y cáscaras de coco. Es una cámara de tratamiento donde los microorganismos del suelo se encargan de descomponer los sólidos, como sucede finalmente en un ambiente natural con todos los materiales orgánicos. Para lograr condiciones óptimas para la composta, se debe controlar la temperatura, la circulación de aire, proveer algo de humedad, y procurar una buena combinación de materiales.

El humus que se produce en el proceso es un excelente acondicionador de suelos, libre de patógenos humanos, pero esto depende de lograr las condiciones adecuadas y que el material se almacene durante el tiempo necesario en la cámara.

En general, no se hace separación de orina, y un eventual exceso de nitrógeno se equilibra con el uso de materiales altos en carbón (aserrín, paja molida). Tampoco se tiene que separar el papel de baño, ya que es material orgánico y puede añadirse sin problemas.

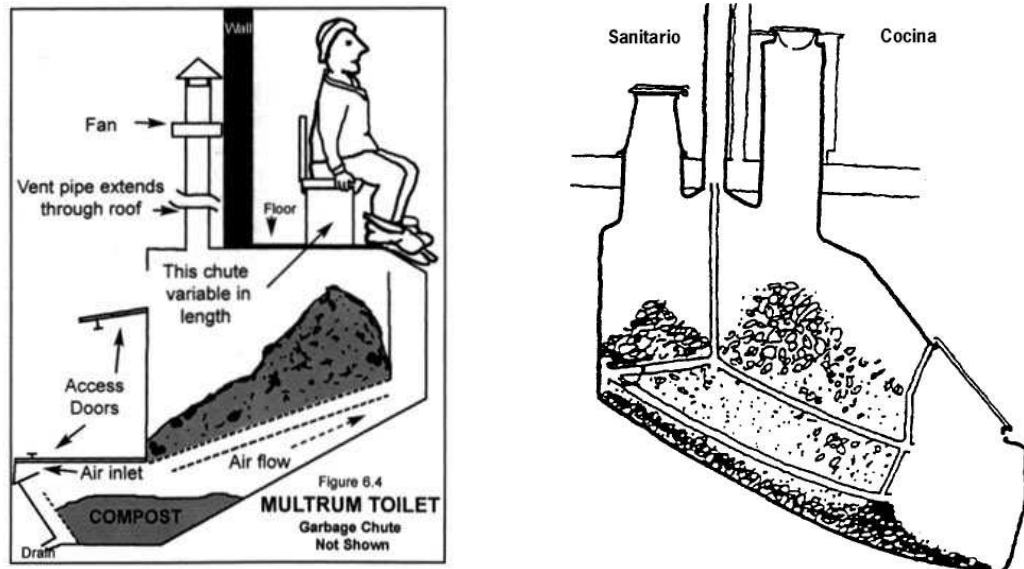
El sanitario de composta "Clivus Multrum"

Se trata de un sanitario de composta con una cámara donde se procesan orina, heces y los residuos orgánicos que produce la familia. Consta de una cámara de composta con piso inclinado, conductos de aire y, en el extremo más bajo, un área de almacenado. Un tubo conecta la taza de sanitario de pedestal con el receptáculo y, generalmente, cuenta con un conducto especial para los desperdicios de la cocina. Hay circulación de aire permanente gracias a la corriente natural que se origina en los conductos de aire de la cámara de composta. El aire sale por un respiradero.

Al *Multrum* no sólo llegan las heces, sino el papel higiénico y la orina, además de los residuos provenientes de la cocina: verdura y trozos de carne, cáscaras, huesos, cascarones de huevo, la basura que sale al barrer, servilletas de papel y el pasto cortado.

Debido a la pendiente con que cuenta el piso de la cámara del sanitario *Multrum*, el material fresco que cae resbala poco a poco, desde la parte donde se deposita, a la parte baja donde se va almacenando. El proceso de descomposición disminuye el volumen de la pila, reduciéndose 90%.

FIGURA 11. SANITARIO DE COMPOSTA CLIVUS MULTRUM



Fuente: JENKINS, Joseph. *The Humanure Handbook: a guide to composting human manure*. Jenkins Publishing. Segunda edición, 306p.

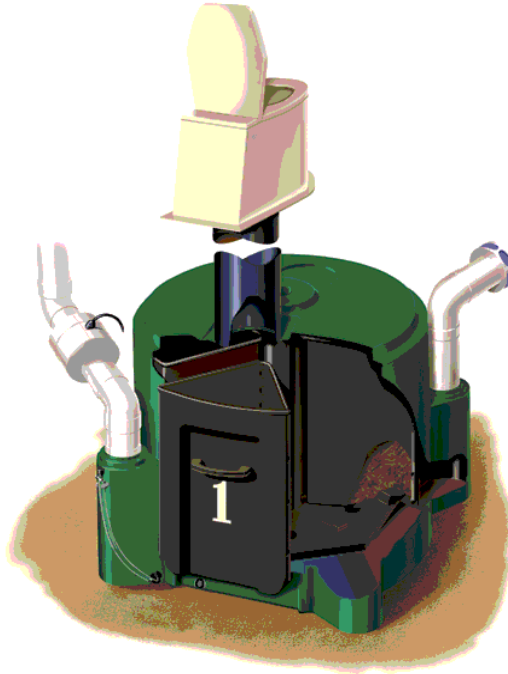
Poco a poco el material apilado se convierte en humus: una sustancia negra grumosa, similar a la buena composta para jardín. Puede que una familia tenga que sacar el humus, por primera ocasión, hasta después de cinco años. A partir de ese momento puede hacerlo una vez al año. El área mayor del receptáculo nunca queda vacía, sólo se remueve el material separado de la cámara de almacenado. La cantidad de humus que se produce varía de diez a treinta litros por persona al año.

El sanitario de composta Carrusel ó rota-loo, de varias cámaras

El diseño del *Carrusel* consta de una cámara subterránea de procesamiento en forma de tanque cilíndrico, dentro de la que hay otro tanque cilíndrico más pequeño que gira sobre un eje. Este segundo tanque está dividido en cuatro cámaras (seis, en otros modelos). La cámara en uso está justo debajo del conducto de caída de la taza de sanitario. Una vez que la cámara se llena, se hace girar el tanque de tal manera que la siguiente cámara quede en el lugar de la anterior; así, cada cámara se va llenando en secuencia.

El sistema está diseñado para que las cámaras se llenen a lo largo de un año, siempre y cuando se utilice de acuerdo con lo planificado. Ya que la última cámara está llena, el material más viejo se retira por una puerta de acceso; la primera cámara queda libre para continuar con la secuencia. Los líquidos se drenan por medio de unos orificios en la base del tanque giratorio, para hacerlos caer al tanque externo, donde se evaporan o se descargan a una cama de evapotranspiración.

FIGURA 12. SANITARIO DE COMPOSTA CARRUSEL O ROTA-LOO

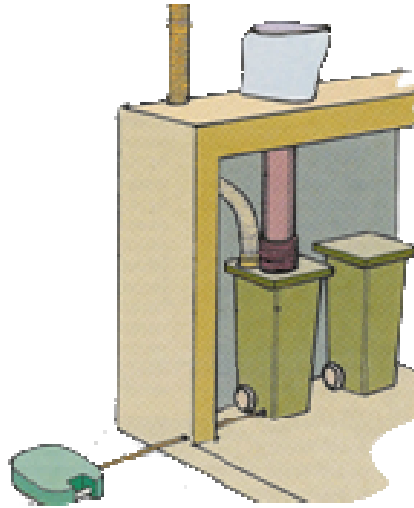


Fuente: <http://www.rotaloo.com>

El sanitario con recipiente portátil

Se utiliza, como cámara de composta, un recipiente de plástico para basura con capacidad para 240 litros. El recipiente tiene ruedas para transportarse. Cada contenedor cuenta con un piso falso hecho de malla, colocado a una distancia sobre la base del recipiente, que permite que los líquidos se cuelen hacia la base y de ahí fluyan por un tubo hacia una cámara sellada de evapotranspiración. Gracias a un respiradero ubicado muy cerca de la base, se genera una corriente de aire dentro del recipiente que entra en contacto con la base del material de composta a través del piso de malla. Además, el recipiente cuenta con orificios de ventilación dispuestos verticalmente a lo largo de sus paredes internas, lo que contribuye a que el contenido se airee.

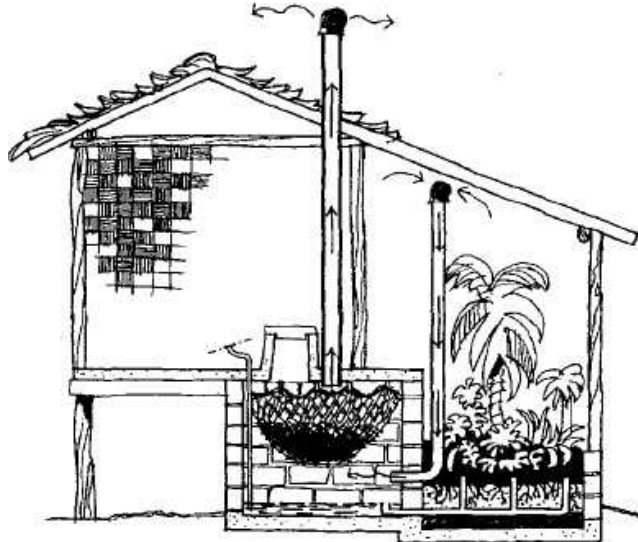
FIGURA 13. SANITARIO CON RECIPIENTE PORTÁTIL.



Se coloca uno de los recipientes debajo de la taza de sanitario, donde se deposita el excremento y se reemplaza con otro vacío cada vez que se llene el que se encuentra en uso.

El sanitario CCD en el Pacífico del Sur

FIGURA 14. SANITARIO CCD.



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

El sistema sanitario que diseñó David del Porto para *Greenpeace* y el *Centre for Clean Development* (Centro para el Desarrollo Limpio) destinado a los países de las pequeñas islas del Pacífico, hace hincapié en la cero descarga, más que en la separación y reciclado de orina.

El sanitario *CCD* tiene dos cámaras herméticas construidas sobre el nivel del piso. Al igual que en otros sanitarios con doble cámara, en este tipo el excremento se deposita en una de ellas. Para alargar el período de composta, las cámaras se utilizan de forma alternada y el humus que se retira sirve como acondicionador de suelo.

El excremento se deposita en un petate de hoja de palma, que a su vez descansa en una red para pescar hecha de hilo de nylon, suspendida dentro de la cámara de asimilación.

Este sistema separa todos los líquidos en donde y permite que el aire circule a través de todo el material. Periódicamente se agregan a través de la taza del sanitario de pedestal materia orgánica, como cáscaras de coco, viruta de madera, hojas o pedazos de verduras y alimentos. Esto se hace para proporcionar una fuente de carbón (energía) e incrementar la porosidad del material, facilitando con ello la circulación del aire en todo el montón.

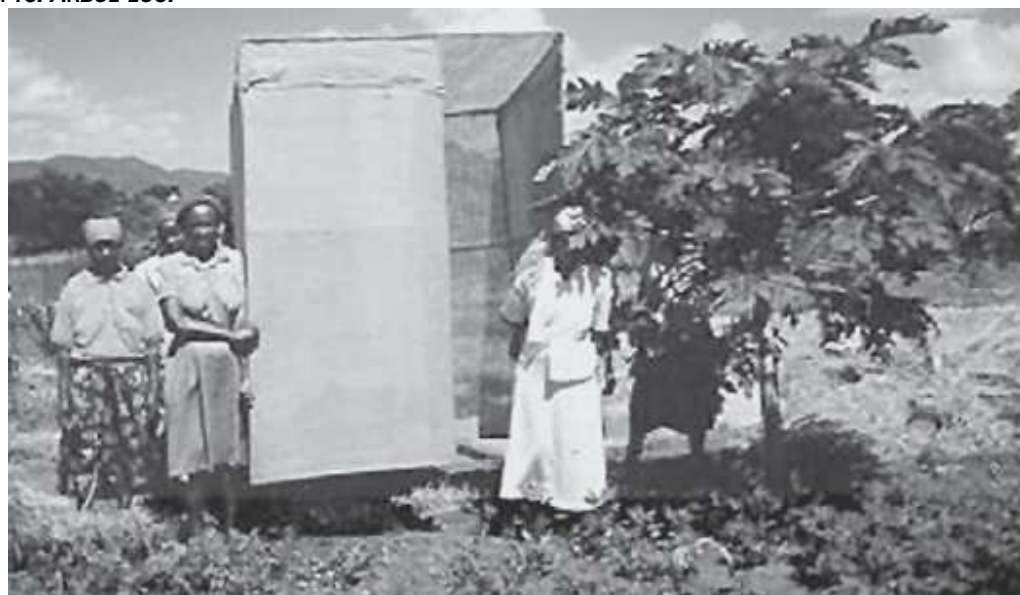
Un tubo grueso permite la entrada de aire hacia el material de composta. Hay una toma de aire por debajo de la red de pescar y corre a lo largo de la pared posterior de la cámara. Esta corriente de aire ayuda a la evaporación de los líquidos acumulados en el piso de la cámara de asimilación. La evaporación se hace más eficiente si se cuelgan pedazos retorcidos de poliéster o rayón (de ropa vieja) de la red de pescar, pues éstos absorben el líquido que se acumula en la base de la cámara e incrementan el área expuesta a la corriente de aire. Otra solución es el drenado del líquido hacia una cámara de evapotranspiración. Una vez que el material de composta alcanza una altitud apenas por debajo de la taza de sanitario, se cierra la cámara en uso y se cambia el asiento de la taza de sanitario, colocándola en el pedestal de la otra cámara. La cámara que queda expuesta se cierra colocando una tapa pesada de concreto.

Una vez que la segunda cámara se llena, se remueve la composta de la primera para utilizarla como acondicionador de suelo. Por medio de un acceso se saca la composta o toda la red. Además de la adición periódica de material orgánico y la limpieza de la taza con un poco de agua y jabón, ésta es la única operación de mantenimiento. De acuerdo con la experiencia a una familia de hasta diez personas, le toma más de un año llenar una cámara de asimilación.

Árbol-loo

Es un diseño simple de sanitario de composta; cuenta con losa, pedestal y estructura portátil. La cámara tiene poca profundidad (máximo un metro por debajo del nivel del suelo) y está protegida por un “anillo de amarre” a ras de suelo que la asegura y eleva la letrina ligeramente por encima del nivel del suelo. La poca profundidad de la cámara evita la posible contaminación de los mantos freáticos, en comparación con las fosas profundas. Después de cada uso se agrega ceniza y tierra, lo cual reduce olor y criadero de moscas. También pueden agregarse capas de materia orgánica, como hojas, para acelerar el proceso de compostaje. Cuando la cámara está llena en tres cuartas partes, se cambian de sitio la losa y estructura. La restante cuarta parte de la fosa se rellena con una capa de tierra fértil (por lo menos 15 cm) y se planta un árbol joven sobre el contenido de la fosa. La losa y estructura se montan nuevamente encima de otra cámara poco profunda y el ciclo se repite.

FIGURA 15. ARBOL-LOO.



Fuente: Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON.

Ya que el sanitario es portátil y puede desplazarse en un viaje sin fin, con el tiempo aparece una huerta o un pequeño bosque. Se ha ensayado con varias especies de árboles: guayaba, paw paw, mango, aguacate y morera. A la fecha se investiga con otras especies: cítricos y duraznos, así como árboles cuya madera se utiliza para la construcción y como combustible.

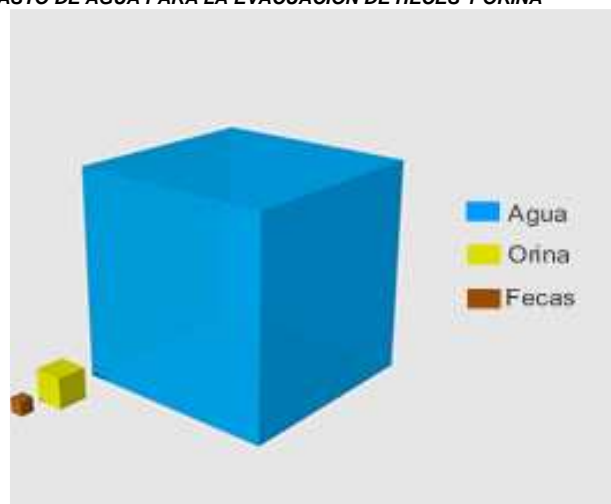
Con el *Arbol Loo* no se maneja el excremento y el riesgo de contaminación de mantos freáticos es poco, debido a la poca profundidad de la cámara y la rápida transformación de la excreta en humus (aproximadamente entre tres a cuatro meses). Ya que este concepto requiere de espacio disponible, se utiliza sobre todo en áreas rurales, sin embargo, puede adaptarse a zonas urbanas periféricas si se dispone de espacio.

2.3 PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO ACTUAL.

A mediados del siglo XIX, cuando apareció la remoción de excremento por medio de agua para alejar los materiales no deseados, comenzó una historia de saqueo y contaminación. Este sistema fue diseñado bajo la premisa de que los excrementos humanos son sólo un desperdicio y que el medio ambiente es capaz de asimilar este "desecho". El caso es que hace ya 150 años de aquello y todavía el drenaje no ha podido, ni podrá, solucionar las necesidades de saneamiento en el mundo. Resulta atractivo porque aleja los efectos de insalubridad de quienes los excretan, a costa de contaminar cantidades importantes de agua. Queda claro que los focos de contaminación no se evitan, es solo que se llevan a otros sitios, generando una problemática grave.

Los inconvenientes son: el gran gasto de agua potable, los problemas del transporte (olores, ratas, desarrollo de enfermedades, contaminación de ríos y arroyos, contaminación de los acuíferos) y los problemas de la depuración (construcción de estaciones depuradoras que no consiguen depurar el agua hasta dejarla otra vez potable; gran gasto de energía eléctrica, llegando a ser en 5 años igual al coste de la construcción de la propia depuradora).

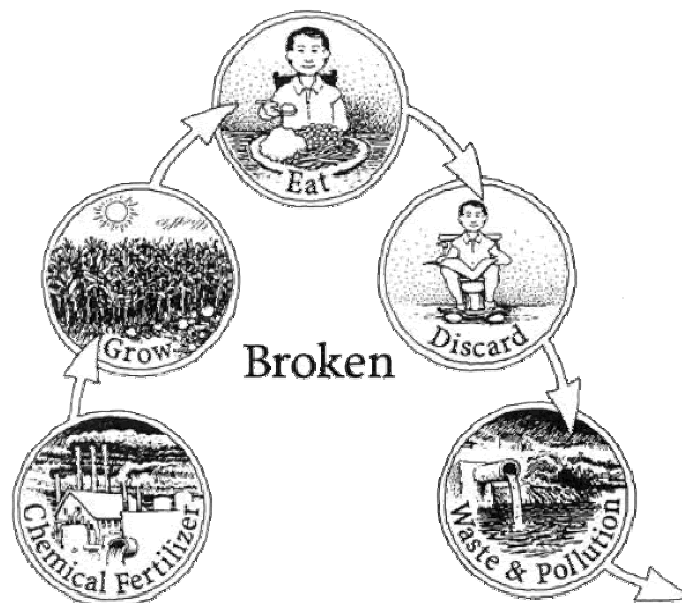
FIGURA 16. PROPORCIÓN GASTO DE AGUA PARA LA EVACUACIÓN DE HECES Y ORINA



Fuente: Los autores.

Es un sistema lineal, es decir, se generan los excrementos, se desechan depositándolos en el agua, y una estación depuradora que se encuentra lejos, se encarga de separarlos del agua. Los fangos se utilizan en la agricultura industrial como abonos. Al final, los ríos recogen el agua (la supuestamente depurada y la que nunca se depuró), y en su curso intentan acabar el trabajo de limpieza (solo hay que echar un vistazo a cualquier río cercano y observar) pero como es mucha la materia orgánica y además se va incorporando en todo su curso, al final, llega al mar sin depurar, contaminándolo.

FIGURA 17. CICLO DE NUTRIENTES HUMANOS ROTO



Fuente: JENKINS, Joseph. *The Humanure Handbook: a guide to composting human manure*. Jenkins Publishing. Segunda edición, 306p.

Es pues un sistema insostenible, tanto ecológica como económicamente. Menos de la mitad de la humanidad está conectada a una red de drenaje y aun así más del 95% de las aguas negras en los países en desarrollo se descargan sin tratamiento. Al contaminar los cuerpos de agua y el suelo se transmiten enfermedades infecciosas como diarreas, cólera, fiebres, amebiasis, gastroenteritis, hepatitis, tifoidea, etc., causando la muerte de tres millones de personas cada año.

Al combinar los excrementos con agua se hace una mezcla difícil de tratar y por lo tanto peligrosa. Potabilizar las aguas negras requiere un tratamiento costoso al que se somete sólo un volumen. Y ni siquiera esta agua tratada es segura para la salud. Metales pesados, farmacéuticos, hormonas y químicos tóxicos pueden estar todavía en el agua potable que se consume.

Las soluciones de “fin-de-tubería” (las plantas de tratamiento de aguas residuales) no han logrado subsanar este impedimento y es probable que nunca logren este resultado. Esto queda demostrado por el número creciente de problemas ocasionados por el flujo de excrementos: eutrofización, florecimiento de algas, agotamiento de los campos de cultivo, trastornos endocrinos en peces, contaminación del agua con residuos farmacológicos.

FIGURA 18. PORQUE SEPARAR LAS HECES.

Un GRAMO de heces fecales puede contener

- 10,000,000 Virus
- 1,000,000 Bacterias
- 1,000 Colonias de Parásitos
- 100 Huevos de Parásitos. (fuente: UNESCO, 2001)

5 MILLONES de personas mueren por agua contaminada cada año_(OMS)

**Higiene fácil y barata:
Separación de heces**

Fuente: OTTERPOHL, Ralf. Conceptos innovadores orientados al re-uso del agua opciones de alta, mediana y baja tecnología. Instituto de Manejo de Aguas Residuales. Technical University Hamburg- Harburg. 40 p. PDF.

En sectores rurales, en la mayoría de los casos, el costo para construir un sistema de alcantarillado es muy alto; el sistema usado comúnmente es el pozo negro (con las consecuencias negativas ya conocidas) y la fosa séptica muchas veces igual contamina el suelo y aguas subterráneas e implica cada cierto tiempo un gasto para limpiar los lodos generados en su interior.

Sin embargo, el problema fundamental de los sistemas convencionales de disposición de aguas residuales es que perjudican directamente la fertilidad del suelo, además de contaminar grandes cantidades de agua, debido a que los valiosos nutrientes y oligoelementos contenidos en los excrementos humanos no son re-canalizados hacia la agricultura cerrando el ciclo natural.

La humanidad necesita entender la economía política de la defecación. Entre más agua se use, mayor será la inversión necesaria para limpiarla. Se sabe que el

costo de disposición de residuos y drenaje puede ser 5-6 veces más alto que el del suministro de agua.

2.4 SANEAMIENTO ECOLÓGICO SECO: ECOSAN.

“La historia de dos ciudades: Roma y Edo La cultura del agua de la gente es un indicador importante de su nivel de civilización.

Consideren las dos antiguas ciudades de Roma y Edo, la cual se transformó en la actual megametrópolis de Tokio. La gente de Roma traía su agua potable con la ayuda de largos acueductos, los cuales son considerados hoy maravillas arquitectónicas de la antigua civilización romana. Pero la gente de Roma vivía a las orillas del río Tíber. Ellos no necesitaban traer agua desde lejos. Desgraciadamente, no sabían cómo disponer de los residuos humanos y, como la moderna civilización occidental, terminaron por contaminar el río, viéndose forzados a ir más lejos en busca de agua limpia. Esto hace de los acueductos romanos no sólo un símbolo de inteligencia sino también uno de gran estupidez ambiental.

Por otra parte, Edo, que también estaba situada cerca de varios afluentes, se aseguró de recolectar los residuos humanos y regresarlos a las tierras de cultivo. Los ríos vecinos se mantuvieron limpios y el poblado obtuvo su agua de ellos por medio de una extensa red de conductos.

Pero hoy en día todos somos hijos de Roma y no de Edo. Hemos dado la espalda a nuestros cuerpos de agua y sin el dinero para limpiar nuestra suciedad no tendremos más que aguas contaminadas.”²⁸

2.4.1 PRINCIPIOS DEL SANEAMIENTO ECOLÓGICO.

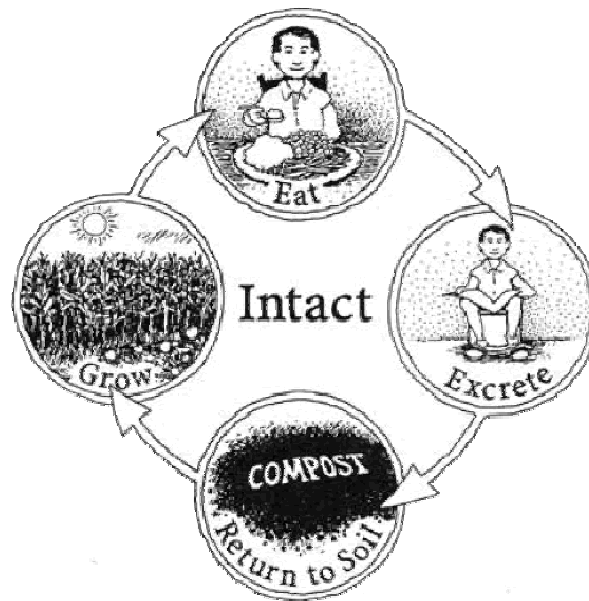
Los principios subyacentes del sistema *ecosan* no son novedosos. Desde hace cientos de años, en culturas diferentes se han utilizado sistemas sanitarios basados en principios ecológicos. Los sistemas *ecosan* aún se practican ampliamente en el este y sudeste asiáticos. En los países de occidente se abandonó esta opción en la medida en que el sistema de flujo y descarga se convirtió en una norma; sin embargo, recientemente se ha reavivado el interés por el saneamiento ecológico. El saneamiento seco es una adaptación moderna de la práctica antigua de manejar los excrementos humanos sin el uso de agua, y por lo tanto, sin drenaje.

“Se basa en una concepción integral de los flujos materiales como parte de los sistemas de gestión de aguas residuales ecológica y económicamente sustentables, adaptados a las necesidades locales. No tiene que ver con una tecnología en particular, sino que constituye una nueva filosofía en el manejo de

²⁸ **NURAIN, Sunita.** “Por qué el sanitario de flujo y descarga es ecológicamente impensable y por qué necesitamos un cambio de paradigma”. Memorias del 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, Lübeck – Alemania, Abril 2003. PDF.

sustancias que hasta el momento sólo eran consideradas como aguas residuales y residuos transportados por el agua que había que eliminar”.²⁹

FIGURA 19. CICLO DE NUTRIENTES HUMANOS CERRADO.



Fuente: JENKINS, Joseph. *The Humanure Handbook: a guide to composting human manure*. Jenkins Publishing. Segunda edición, 306p.

El saneamiento ecológico difiere de los enfoques convencionales en la forma como las personas piensan y actúan en relación con los excrementos humanos, quienes promueven y utilizan el saneamiento ecológico tienen un enfoque de ecosistema, pues consideran que la orina y las heces son recursos valiosos, con distintas cualidades que restablecen la fertilidad del suelo e incrementan la producción de alimentos.³⁰

A continuación se presentan algunas de las características principales del saneamiento ecológico:

- No utiliza agua, o muy poca, por lo que resulta una opción viable en áreas con escasez de dicho recurso, los hogares, y consecuentemente las ciudades, pueden ahorrar hasta un 40% del consumo doméstico de agua.

²⁹ WERNER, Christine. ABDOULAYE, Papa. SCHLICK, Jana. Y OTROS. "Principios y razones del saneamiento ecológico)". Memorias del 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, Lübeck – Alemania, Abril 2003. PDF.

³⁰ ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON. *Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria*. Segunda Edición. México: Swedish International Development Cooperation Agency, 2001, 94p.

Este ahorro de agua puede ser redirigido para la dotación de agua potable a una población urbana mayor (actual o futura), o bien puede dejarse en cuerpos de agua naturales para mantener el hábitat y servicios ambientales. “El saneamiento seco atiende problemáticas sociales del manejo del agua urbana comunes en países en desarrollo al proveer una forma digna y segura para la disposición y manejo de los excrementos en sectores sin acceso a alcantarillado y liberar agua usada en el transporte de excrementos para dotar de agua potable a sectores urbanos que no reciben este servicio público”.³¹

- Reduce significativamente la carga de nutrientes en las descargas de hogares y de ciudades, disminuyendo así la contaminación a cuerpos receptores de agua, o bien disminuyendo los montos de inversión en infraestructura para el tratamiento adecuado de las aguas residuales.
- Contribuye a la destrucción de patógenos cerca del lugar donde los excreta la persona, o si lo requiere, en otros lugares hasta dejarla libre de patógenos, haciéndola inofensiva. Esto hace que la excreta sea sanitariamente segura y de fácil manejo, en comparación con los sistemas de tratamiento de aguas. Las heces son saneadas (por medio de compostaje o deshidratación) cerca del lugar donde se producen, y la materia orgánica hecha composta se aplica a los suelos para mejorar su estructura, fertilidad y capacidad de retención de humedad, ayudando a la preservación de la fertilidad del suelo y mejorando la productividad agrícola, contribuyendo a la seguridad alimentaria .
- Proporciona servicios higiénicos adecuados con un costo mucho menor que los sistemas de saneamiento convencionales, por ello puede considerarse como una opción tanto para países en desarrollo como para países desarrollados”.³² La recolección de agua de lluvia y el tratamiento de los residuos orgánicos de la casa, el jardín y el estiércol animal puede integrarse a los conceptos ecosan.
- Permite ahorrar recursos públicos en la provisión de saneamiento ya que en la mayoría de los casos es más económico instrumentar un programa de saneamiento seco, que invertir en un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para el manejo de los excrementos humanos.

³¹ CORDOVA, Ana. Programas de Saneamiento Seco a Gran Escala –Observaciones y Recomendaciones Preliminares de Experiencias Urbanas en México. Informe de Campo de la Investigación Doctoral Actividades y Resultados de Agosto 1999 - Diciembre 2000. HDRU Series No. 01-6, 2001, 20p

³² ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON. Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. Segunda Edición. México: Swedish International Development Cooperation Agency, 2001, 94p.

- Posibilita integrar el saneamiento descentralizado en las casas, mejorando la comodidad de los usuarios y la seguridad de las niñas y mujeres.
- Tiene enfoque interdisciplinario que va más allá del suministro doméstico de agua y los aspectos tecnológicos, para incorporar en el desarrollo del sistema a la agricultura, la sociología, la higiene, la salud, la planeación urbana, la promoción de la economía y de las pequeñas empresas, la administración, etcétera.
- Los nuevos esquemas ecosan pueden incentivar a la creación de empresas de servicio y a la implementación de medidas que generen ingresos para la construcción y operación sencilla y segura de las instalaciones, así como la recolección, tratamiento, y venta de los elementos reciclados.

El saneamiento ecológico presenta algunos inconvenientes o desventajas:

“Los enfoques ecosan tienen un bajo nivel de aceptación por parte de las personas encargadas de la toma de decisiones. Los estándares actuales en la mayoría de los países no permiten la introducción de dichos enfoques. Además, los encargados de la toma de decisiones en los países en desarrollo tienen una preferencia marcada por los estándares y los conceptos de los proyectos que se aplican en los países industrializados.

- Tienen un bajo nivel de aceptación por parte de los clientes, ya que les representa un tiempo y/o costo de operación mayor en comparación con los sistemas convencionales. Esto se debe a que los sistemas ecosan son por definición sistemas descentralizados y exigen una mayor carga para el usuario final.
- Como la mayoría de las grandes ciudades cuentan con sistemas convencionales de saneamiento, como es el caso en los países en desarrollo, estos sistemas sólo pueden remplazarse gradualmente.
- Para poder introducir los sistemas ecosan a gran escala, todavía queda por poner a prueba su funcionamiento y aceptación.”³³
- Antes de comenzar un programa de saneamiento seco debe contemplarse y presupuestarse un programa de seguimiento a los usuarios (capacitación, resolución de dudas, asistencia técnica).

³³ KROH, Wolfgang. “Ecosan – experiencias y conclusiones desde la perspectiva del KfW, Wolfgang Kroh”. Memorias del 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, Lübeck – Alemania, Abril 2003. PDF.

- En Colombia no existe una legislación respecto a estos sistemas por lo tanto para un proyecto de gran envergadura podría existir inconvenientes durante su implementación.

SEPARACIÓN DE ORINA.

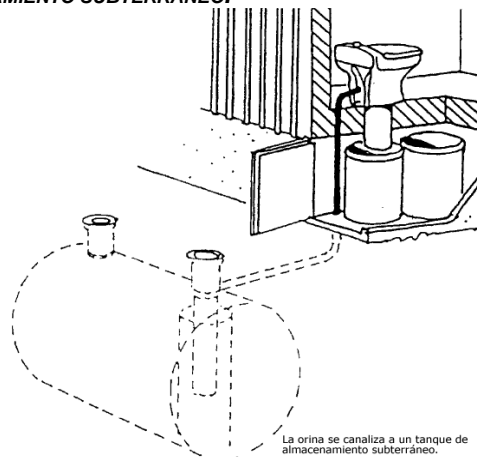
Es necesario separar la orina con el fin de no humedecer las heces y provocar la proliferación de patógenos y olores desagradables. La orina desviada se canaliza a un área de filtración, un depósito con aguas grises o bien a un almacén para usarla posteriormente como fertilizante.

FIGURA 20. TANQUE DE ORINA EN FIBRA DE VIDRIO.



Fuente: Conceptos innovadores orientados al re-uso del agua opciones de alta, mediana y baja tecnología OTTERPOHL, Ralf.

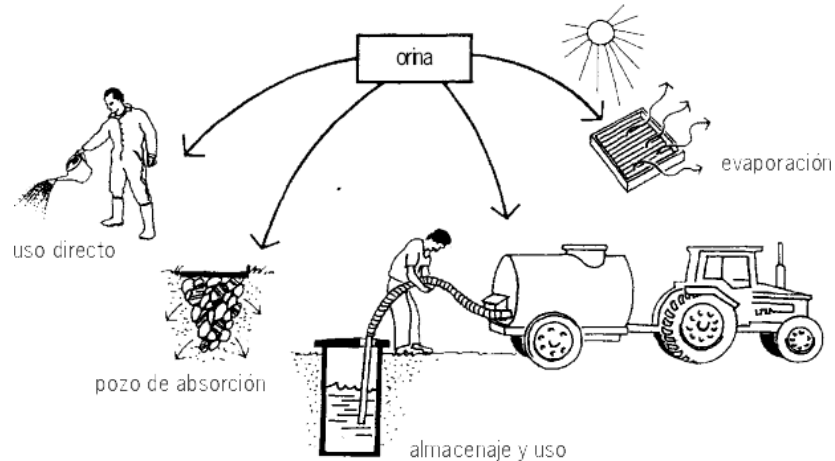
FIGURA 21. TANQUE DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO.



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

La orina puede ser aprovechada usándola mezclada con agua en proporciones 1:3 sobre los cultivos, ya sea directamente o después del almacenamiento en tanques. Si no existe manera de aprovecharla, se puede evaporar o se desvía directamente a las aguas grises que reciben un tratamiento de separación de grasas y pueden ser empleadas posteriormente.

FIGURA 22. OPCIONES PARA EL MANEJO Y USO DE LA ORINA SEPARADA.



Opciones para el manejo y uso de la orina separada.

Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. **Sanearno Ecológico.** Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

La desviación es sencilla, solamente se hace un mueble que divida las heces y un contenedor que reciba la orina y la desvíe.

Figura 23. Modelos de desviadores de orina.



Fuente: Design of dry ecosan systems, Aussie Austin, CSIR Building & Construction Technology. Pretoria

SISTEMAS PARA EL CONTROL DE OLORES.

- Membrana atrapa olores: Consiste en un tubo de caucho, la orina pasa a través de ésta membrana la cual cierra cuando la orina para de fluir sellando efectivamente el paso de la orina y previniendo la efusión de los olores.

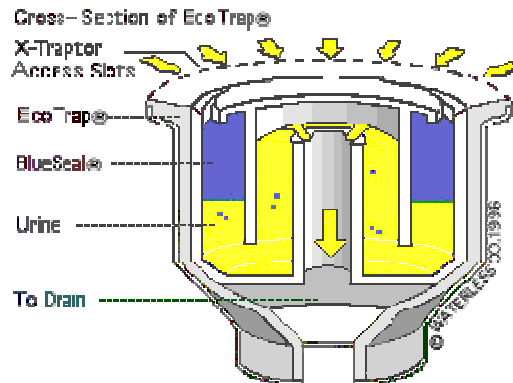
FIGURA 24. MEMBRANA ATRAPA OLORES



Fuente: Technical data sheets for ecosan, components ecosan sector project GTZ-ecosan team (Nathasith Chiarawatchai, Florian Klingel, Christine Werner,Patrick Bracken) 2005, GTZ)

- Barrera líquida de olores: La orina pasa a través de una capa flotante del líquido BlueSeal®, el cual forma una barrera que previene que los vapores del drenaje escapen hacia la atmósfera del baño, está hecho de aceite mineral o alcoholes alifáticos. La orina que se encuentra debajo de la capa del líquido se desborda hacia la red central y corre a lo largo de la tubería de drenaje convencional, esto ocurre debido a que la orina al ser más densa que el líquido se hunde a través del líquido y del drenaje. El líquido BlueSeal®, está patentado pero se dice que es biodegradable.

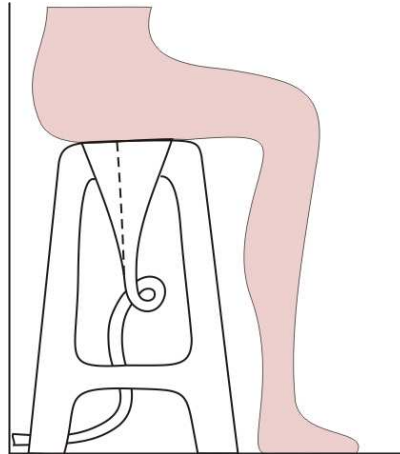
FIGURA 25. BARRERA LÍQUIDA DE OLORES.



Fuente: <http://www.waterless.com/ecotrap.php>

- Tubos de pequeño diámetro: Se utilizan tubos de pequeño diámetro que desemboca en una tubería normal con un pequeño orificio y un codo para que la diferencia de presión y la acumulación del agua en el codo no permitan que los olores asciendan.

FIGURA 26. ORINAL CON TUBO DE PEQUEÑO DIÁMETRO.



Fuente: Memorias de la reunión Internacional “Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural disperso”. Girardot. 3,4 y 5 de Mayo de 2006. PDF

VENTILACIÓN.

“Se denomina ventilación, a la renovación del aire contenido dentro de un recinto, por aire proveniente del exterior, las principales formas de ventilar son: introducción y extracción natural de aire, introducción y extracción motorizada de aire, introducción motorizada y extracción natural, introducción natural y extracción motorizada”.³⁴

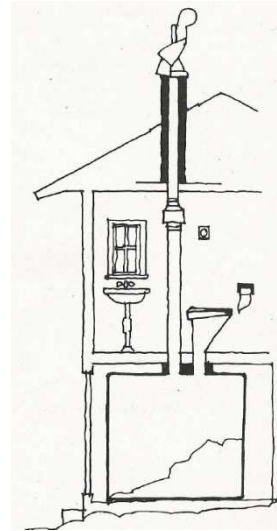
La mayoría de los sanitarios secos y húmedos utiliza como solución para la extracción natural de aire tubos de P.V.C. de diámetro considerable con buenos resultados.

Es importante proveer suficiente aireación y ventilación a las cámaras de depósito de heces. Esto se logra mediante “la inclusión de dos chimeneas de entre 6 y 8 pulgadas de diámetro. Estos salen sin codos ni desviaciones directamente desde la cámara de depósito hasta por lo menos 1 m encima del techo de la caseta”.³⁵

³⁴ <http://galeon.hispavista.com/industriasgm>

³⁵ <http://www.tierramor.org>

FIGURA 27. EJEMPLOS DE TUBERÍAS DE VENTILACIÓN



Además según lo concluido en la experimentación con las unidades sanitarias secas CETAL³⁶: se instala una chimenea pintada en negro, con una altura que sobrepase la cumbre del techo de la construcción con el fin de incrementar el efecto Venturi. En el extremo de la chimenea se instala una malla metálica de baja luz (mesh) con el fin de retener las moscas provenientes del interior y exterior del sistema, provocando la muerte por inanición de aquellas que ingresen. Esto funciona como una trampa para moscas. Unidad Sanitaria Seca CETAL.

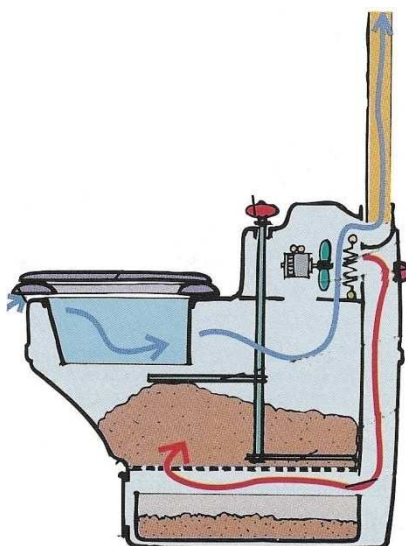
Para las instalaciones sanitarias con sistema de alcantarillado la recomendación es usar tubos de P.V.C. de mínimo 2 pulgadas y hasta 4 pulgadas de diámetro.³⁷

En algunos países con climas demasiado fríos se utiliza una resistencia de calor con un ventilador dentro del sanitario con el fin de elevar la temperatura y reducir la humedad en las heces.

FIGURA 28. SANITARIO CON VENTILADOR INTERNO.

³⁶ SEPULVEDA SARIEGO, Agustín. Aspectos sociales, técnicos, funcionales y sanitarios de una tecnología desarrollada en Chile. Oslo, Noruega 2006

³⁷ PEREZ CARMONA, Rafael. El agua. Editorial Escala. Segunda Edición. Bogotá. 1988.



2.5 ECOALDEAS

El sistema de desarrollo actual es insostenible ecológicamente por funcionar de manera lineal, la tecnología de la sociedad contemporánea promueve enormes ciudades donde es imposible vivir bien, el hiper-consumo genera contaminación del medio ambiente y destrucción del planeta, se rige bajo una estructura centralizada, jerárquica y súper especializada, donde a las grandes mayorías les queda imposible tomar decisiones cruciales para su existencia, la guerra es un gran negocio y se promueve a escalas exorbitantes.

Ante todas esas inquietudes que se dilucidaban, poco a poco la idea “nace en los años sesenta, cuando aparecen las primeras ecoaldeas y se formula el concepto de permacultura, que consiste básicamente en la combinación de un respeto profundo por la naturaleza con la sustentabilidad económica”³⁸.

Una ecoaldea según Robert Gilman es “un asentamiento humano, concebido a escala humana, que incluye todos los aspectos importantes para la vida, integrándolos respetuosamente en el entorno natural, que apoya formas saludables de desarrollo y que puede persistir indefinidamente”. Es una propuesta alternativa definida por Global Ecovillage Network (GEN), como “una comunidad urbana o rural cuyos miembros tratan de adquirir un estilo de vida de alta calidad sin tomar de la tierra más de lo que ella da”³⁹, de tal forma que apoyen un desarrollo humano saludable, que pueda continuar indefinidamente en el futuro, satisfaciendo las necesidades humanas de vivir en una sociedad con contenido social, ecológico y espiritual.

³⁸ <http://www.mundonuevo.cl/areas/Revista/enero%202003/ecopueblos.htm>

³⁹ <http://www.eco-gel.com/ecoaldeas.htm>

“Las ecoaldeas son lugares que, integrados ya sea por una decena o un centenar de personas, proponen un nuevo tipo de relaciones cooperativas y, por lo mismo, más humanas, en que se contemplan las funciones de una vida normal, como vivienda, alimento, industria, descanso y vida social en una escala equilibrada. En lugar del acostumbrado fin de dominar la naturaleza, se busca un encuentro con ella, que permita un desarrollo saludable del ser humano, lo que implica un crecimiento integral y balanceado en los planos físico, emocional, mental y espiritual”⁴⁰.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ECOALDEAS.

“La construcción de un hábitat que respete el entorno es una de las principales características que definen el paisaje y las virtudes de las ecoaldeas.

De esta manera, en el área de la construcción ambiental, una ecoaldea debería contemplar el empleo de materiales naturales, el uso de fuentes energéticas renovables y la minimización de la necesidad de transporte motorizado, a lo que se suma el desafío en el cual las construcciones albergadas en su interior tengan un equilibrio entre lugares públicos y privados, que estimulen de esta forma la interacción comunitaria y den cabida a espacios de diversidad y creatividad”.⁴¹

Así como una de las principales características de las ecoaldeas es “el respeto por el entorno a nivel arquitectónico, existe un gran cuidado por generar espacios libres de contaminación, donde los cultivos orgánicos y armónicos con el hábitat den lugar a experiencias productivas en las que se logre una perfecta complementación entre métodos de tipo artesanal e industrial en pequeña escala”.⁴²

Un punto importante de toda ecoaldea es cómo hacer tecnología, social y espiritualmente adaptada para responder a las necesidades humanas, en vez de lo contrario⁴³.

Además de éstas características principales se deben considerar los siguientes aspectos:

ASPECTOS ECOLÓGICOS.

- Los alimentos consumidos deberán ser producidos ecológicamente, preferentemente en la propia comunidad, en la zona o región en la que se halla.

⁴⁰ <http://www.mundonuevo.cl/areas/Revista/enero%202003/ecopueblos.htm>

⁴¹ Ibid

⁴² Ibid

⁴³ <http://www.mutantia21.com.ar/>

- La construcción se hará utilizando técnicas y materiales de construcción de origen local, natural y no tóxico.
- Todas las actividades productivas (artesanales, industriales) tendrán en cuenta los ciclos vitales de los productos utilizados, de manera que en ningún momento de dicho ciclo puedan resultar nocivos para el entorno, la salud y las personas.
- Los objetos producidos deberán ser de larga duración, fáciles de reparar y aptos para ser reciclados.
- El agua y la energía se consumirán con moderación, depurando con medios naturales las aguas residuales y utilizando fuentes de energía renovables.
- El transporte motorizado se reducirá al mínimo.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.

- Las diversas actividades económicas que se lleven a cabo en la ecoaldea han de asegurar la estabilidad económica de todos sus miembros.
- El trabajo se ha de organizar horizontalmente, favoreciendo la participación de todas las personas involucradas en la toma de decisiones.
- El consumo ha de ser preferentemente local, gastando en productos de la propia comunidad o de su entorno inmediato.
- La salud y la educación han de ser asumidas, en la medida de lo posible, por la comunidad.
- Todo el mundo ha de tener acceso a una información veraz sobre asuntos de su competencia.
- Todo el mundo ha de estar en igualdad de condiciones para participar en la toma de decisiones sobre asuntos de la comunidad.
- Todas las decisiones se han de tomar democráticamente, y/o por consenso, con la participación de todos, evitando en la medida de lo posible la delegación de poder.

ASPECTOS CULTURALES.

- La ecoaldea ha de ser un lugar en el que se favorezca la creatividad y la expresión de la singularidad de todo ser humano.
- Un lugar en el que se lleven a cabo todo tipo de encuentros, ritos o celebraciones que contribuyan a mantener la cohesión del grupo.
- Un lugar en el que se desarrollan y aplican técnicas para la resolución de conflictos.
- La ecoaldea realizará actividades hacia el exterior, con el fin de ir promoviendo poco a poco esta nueva forma de vida.

Particularmente interesante es que prácticamente todas las ecoaldeas existentes poseen letrinas composteras.⁴⁴

Existen una serie de motivaciones que conllevan a la creación de ecoaldeas:

“Las motivaciones de las personas que están creando Eco-Villas suelen encontrarse dentro de tres categorías: Ecológicas, Espirituales y Sociales. Cada uno de los tres grupos está trabajando en una visión alternativa positiva, reaccionando a lo que perciben como la mayor deficiencia en la mayoría de la sociedad.

Los que tienen una motivación ecológica están reaccionando contra las políticas de medio ambiente insostenibles, y tienden a enfatizar la vida en armonía con la naturaleza, la Permacultura, y la autosuficiencia en la producción de alimentos y energía.

Los que tienen una motivación espiritual están reaccionando contra la estéril filosofía del materialismo occidental y lo que perciben como intolerancia dogmática de muchas religiones tradicionales. Tienden a enfatizar el tomar con responsabilidad sus propias vidas y el desarrollo personal.

Los que tienen una motivación social están reaccionando contra la alienación del individuo debido a la institucionalización de las funciones de apoyo social tradicionales, la ruptura de la familia y la marginación de los miembros más débiles de la sociedad. Ellos tienden a enfatizar el re-establecimiento de la "comunidad".

Muchas Eco-Villas tienen las tres motivaciones. Y como van aprendiendo unas de otras, parece haber una tendencia de ampliar sus horizontes al ir integrando los valores y experiencias de cada comunidad, expandiendo así sus visiones.

⁴⁴ <http://www.selba.org/ecoaldeas.htm>

La situación en el sur es bastante distinta. La gran mayoría de personas viven en comunidades rurales que han perdurado por siglos, pero están rápidamente perdiendo este estado pues son abandonadas en un éxodo masivo hacia las "villas miserias" o "tugurios" de las grandes ciudades. La mayor tarea para el sur es frenar el flujo de personas a las grandes ciudades y re-establecer la sustentabilidad de las comunidades rurales que han existido por siempre"⁴⁵

Las ecoaldeas son un movimiento que se expande a nivel global, existe una serie de redes que comparten sus experiencias y han tenido varios encuentros a nivel mundial.

2.6 RIESGOS SANITARIOS Y ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS

2.6.1 RIESGOS SANITARIOS

Uno de los principales problemas del saneamiento es la contaminación causada por los agentes patógenos contenidos en los excrementos, ellos han causado millones de muertes en el mundo a lo largo de la historia.

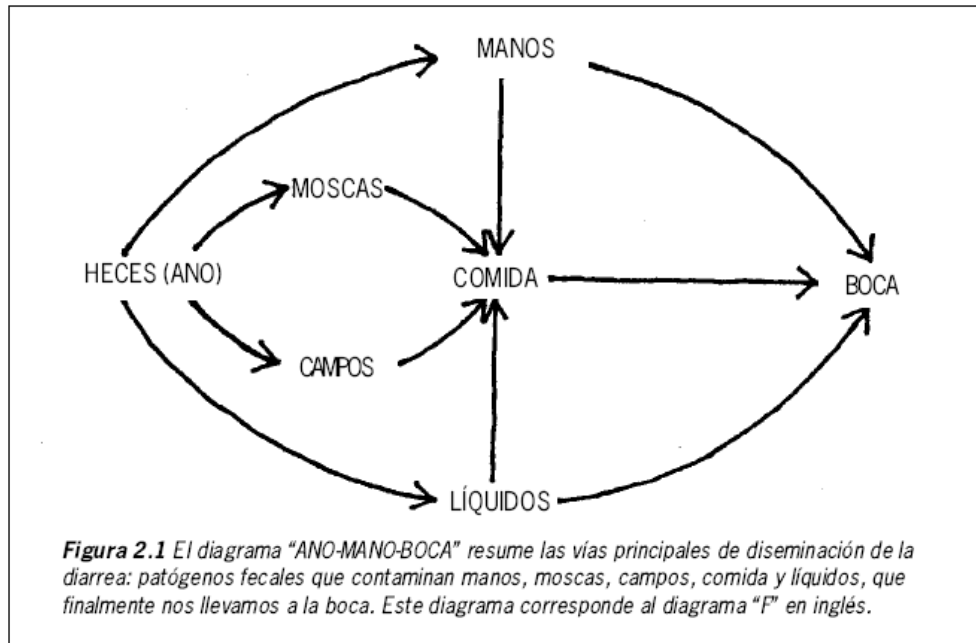
"En las heces frescas existen cuatro grupos principales de organismos que afectan a los humanos: bacterias, virus, protozoarios y lombrices (helmintos). Estos organismos, una vez excretados:

- Pueden ser inmediatamente infecciosos,
- Pueden necesitar de un período determinado fuera del cuerpo para ser infecciosos.
- Pueden requerir de un huésped intermedio antes de ser infecciosos.

Cuando una persona excreta un patógeno no almacenado o sin destruir, contamina el medio ambiente. Una vez que el excremento tiene acceso a un ambiente abierto, a gran escala (ver figura 29), puede contaminar los dedos (manos, ropa y utensilios), líquidos (agua potable, para cocinar, bebidas y otras aguas), terreno (verduras y hortalizas caseras), moscas (caseras y de campo), animales domésticos y caracoles.

⁴⁵ <http://www.mutantia21.com.ar/>

FIGURA 29. DIAGRAMA ANO-MANO-BOCA



Fuente: WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

En general, los patógenos microbianos se multiplican en los individuos infectados y con la excepción de bacterias tipo Salmonella, los microbios patógenos que se encuentran en las aguas residuales tienen su origen en personas infectadas.”⁴⁶

¿CÓMO MUEREN LOS AGENTES PATÓGENOS?

Después que los patógenos y parásitos son excretados al ambiente, casi todos, eventualmente, mueren o se hacen inofensivos. Pero algunos de estos organismos se conservan vivos por más tiempo y son capaces de causar enfermedades.

Generalmente se asume que, si se elimina a los patógenos más resistentes a la destrucción, entonces también se destruye a todos los demás. Dos patógenos (muy diseminados y resistentes a la destrucción) son: *Ascaris lumbricoides* la típica lombriz redonda y el *Cryptosporidium parvum* un tipo de parásito

⁴⁶ FANE, Simón. Análisis del ciclo de vida del riesgo microbiano en las alternativas sustentables de saneamiento. Memorias 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, abril 2003. Lübeck – Alemania. PDF

protozooario, que causa la diarrea. “Los huevos de helmintos como el *Ascaris* persisten en el ambiente y son por tanto considerados un indicador de la calidad higiénica” (OMS, 1989).

Los quistes de *Cryptosporidium parvum* (forma en que se excreta a estos protozoarios) son muy resistentes a la destrucción; pueden sobrevivir incluso a ciertas condiciones ambientales extremas (más que los *Ascaris*), como el congelamiento, altas temperaturas y el tratamiento con cloro y ozono en el agua.

CONDICIONES AMBIENTALES QUE ESTIMULAN LA MUERTE DE LOS PATÓGENOS.

- Temperatura y tiempo:

“En general, se considera que son necesarias temperaturas termofílicas mayores a 55 °C para lograr una desactivación eficiente. La OMS recomienda la digestión termofílica (50°C por 13 días) o el compostaje en pilas ventiladas durante un mes con temperaturas entre 55-60°C (+ 2- 4 meses para alcanzar mayor maduración). Haug (1993) afirma que el compostaje a 55-60°C durante un día o dos debe ser suficiente para acabar con todos los patógenos”⁴⁷

Cuando las temperaturas oscilan entre los 55° a 45°, el tiempo medio de supervivencia es de horas o de un día a lo sumo, cuando la temperatura oscila entre los 35° a 45°, el tiempo medio puede ser de unas horas hasta de un mes, cuando la temperatura se sitúa entre los 25° a 35°, el tiempo medio puede variar entre un día y uno o varios años.

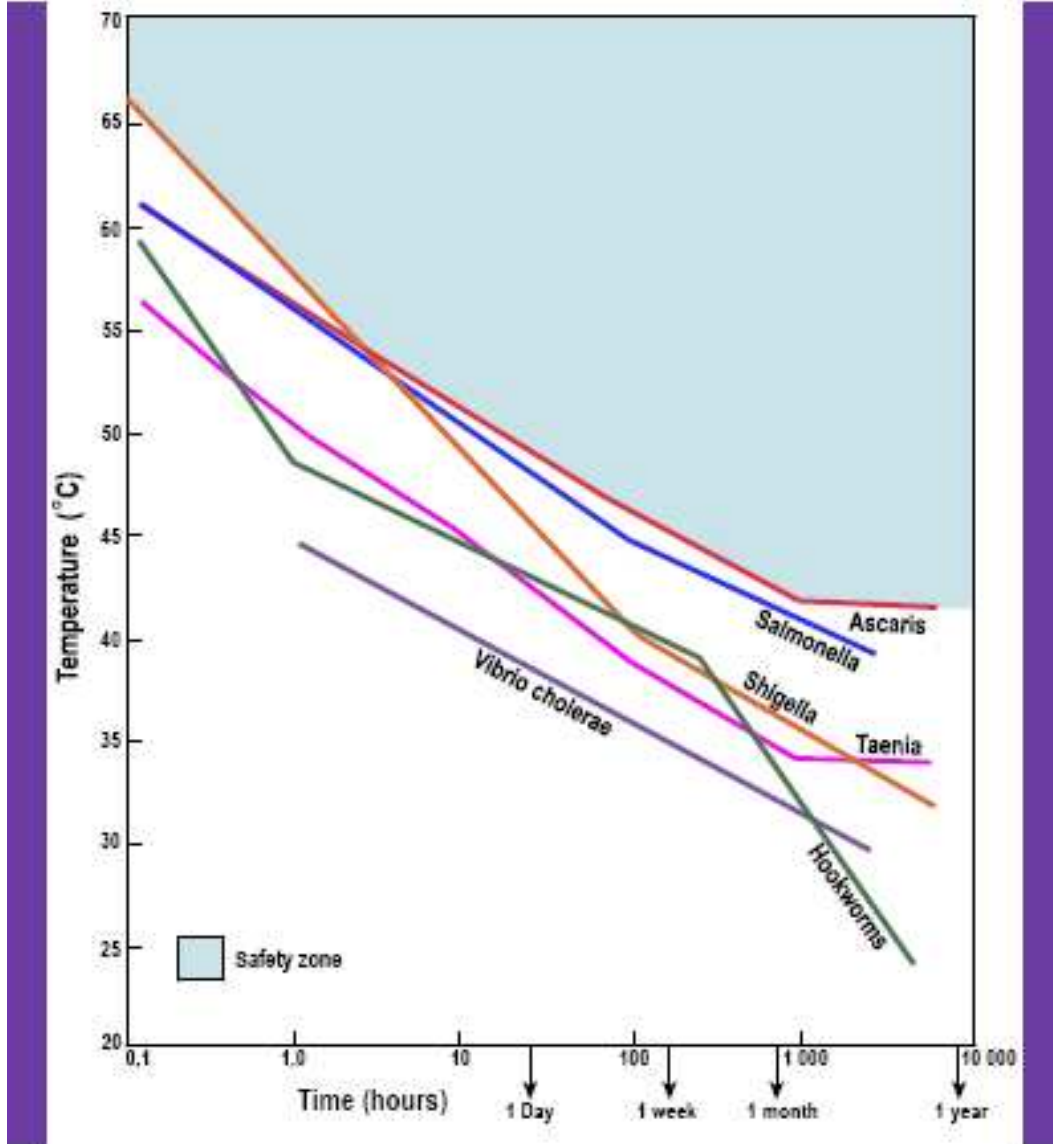
“Dando un tiempo, la diversidad de microorganismos en el compostaje destruye los patógenos por el antagonismo, la competencia, consumo y los inhibidores antibióticos que proveen los microorganismos benéficos”⁴⁸.

La siguiente gráfica representa la influencia del tiempo y la temperatura en la destrucción de los patógenos en los excrementos.

⁴⁷ SCHÖNNING, Carolina. Recomendaciones para el re-uso de orina y heces con el fin de minimizar el riesgo de transmisión de enfermedades*, Instituto Sueco para el Control de Enfermedades Infecciosas.

⁴⁸ JENKINS, Joseph. The Humanure Handbook: a guide to composting human manure. Jenkins Publishing. Segunda edición, 306p.

FIGURA 30. GRÁFICA DE DESTRUCCIÓN DE PATÓGENOS: TEMPERATURA VS TIEMPO.



Fuente: Composting and dry sanitation toilets p.d. Jensen departament of mathematical sciences and technilotgy the norwigian University of Life Esciences august 15, 2005.

La relación de temperatura y tiempo están entrelazadas y deben ser tenidas en cuenta para la muerte efectiva de los patógenos.

TABLA 2 TIEMPOS TÍPICOS DE SUPERVIVENCIA DE PATÓGENOS A TEMPERATURAS ENTRE 20° Y 30°C EN VARIOS AMBIENTES.

Patógenos	Tiempo de supervivencia, días		
	Aguas dulces y residuales	Cosechas	Suelo
Bacteria			
Coliformes fecales ^a	< 60, generalmente < 30	< 30, generalmente < 15	< 120, generalmente < 50
<i>Salmonella</i> (spp.) ^a	< 60, generalmente < 30	< 30, generalmente < 15	< 120, generalmente < 50
<i>Shigella</i> ^a	< 30, generalmente < 10	< 10, generalmente < 5	< 120, generalmente < 50
<i>Vibrio cholerae</i> ^b	< 30, generalmente < 10	< 5, generalmente < 2	< 120, generalmente < 50
Protozoos			
Quistes de <i>E. histolytica</i>	< 30, generalmente < 15	< 10, generalmente < 2	< 20, generalmente < 10
Helminths			
Huevos de <i>A. lumbricoides</i>	Muchos meses	< 60, generalmente < 30	< Muchos meses
Virus ^c			
Virus entéricos ^c	< 120, generalmente < 50	< 60, generalmente < 15	< 100, generalmente < 20

^a En agua salada la supervivencia de los virus es menor y la supervivencia de las bacterias es mucho menor que en agua dulce.

^b La supervivencia de *V. cholerae* en ambientes acuáticos es un tema incierto en la actualidad.

^c Incluye pollo, echo, y el virus coxsackie.

Fuente: Folleto de tecnología del uso eficiente del agua Inodoros de compostaje United States Office of Water Environmental Protection Washington, D.C. Septiembre de 1999.

- Humedad: la humedad favorece la supervivencia, el crecimiento y desarrollo de los patógenos, por eso es necesario eliminar la mayor humedad posible en el menor tiempo. “la deshidratación destruye a los *C. Parvum*. Pruebas de laboratorio demuestran que 97% de los quistes mueren después de 2 horas de secado al aire a temperatura ambiente y después de 4 horas de secado al aire todos los quistes mueren”⁴⁹.
- Nutrientes: siempre existirá competencia entre varios organismos por la escasez de nutrientes, esto hace que unos organismos eliminen a otros en las diferentes fases del compostaje.
- Luz solar: la supervivencia de los microorganismos puede ser reducida por la exposición prolongada a las radiaciones UV
- PH: “La mayoría de los patógenos son favorecidos por un pH natural, un pH mayor a 9 impide significativamente la actividad microbiana, es deseable un pH de 11-12 para lograr una mayor efectividad”⁵⁰

⁴⁹ ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON. Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. Segunda Edición. México: Swedish International Development Cooperation Agency, 2001, 94p.

⁵⁰ SCHÖNNING, Carolina. Recomendaciones para el re-uso de orina y heces con el fin de minimizar el riesgo de transmisión de enfermedades*, Instituto Sueco para el Control de Enfermedades Infecciosas.

- Presencia de otros organismos: el tiempo de supervivencia de los microorganismos puede ser acortado por la presencia de otros organismos. Los distintos organismos se afectan con otros por la predación, las sustancias que segregan y la competencia de nutrientes.

TABLA 3. CONDICIONES AMBIENTALES QUE ESTIMULAN LA MUERTE DE PATÓGENOS

FACTORES AMBIENTALES	CÓMO
Temperatura	Incremento de temperatura
Humedad	Decremento de humedad
Nutrientes	Decremento de nutrientes
Luz solar	Incremento de luz solar
pH	Incremento en pH

Fuente: Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON.

RECOMENDACIONES PARA CONVERTIR LOS EXCREMENTOS EN UN MATERIAL SEGURO

Los métodos más efectivos para destruir los patógenos están basados en el calor y la sequedad.

“Se recomienda un proceso de cuatro etapas para convertir los excrementos en un material seguro, tanto para su manejo como su reciclaje:

- Mantener bajo el volumen de material peligroso, al desviar la orina, sin agregar agua.
- Prever la dispersión de material que contenga patógenos, al almacenarlo adecuadamente, hasta que su manejo sea seguro.
- Reducir el volumen y el peso del material infeccioso, usando sistemas de deshidratación y/o descomposición para facilitar el almacenaje, el transporte y el tratamiento subsecuente.
- Sanear y eliminar las posibilidades infecciosas de los patógenos, esta etapa requiere de tres tratamientos: primero en el lugar donde se originan (deshidratación/descomposición, almacenaje); segundo, fuera del lugar

donde se generan (posterior deshidratación, composta de alta temperatura, cambio del pH) y, de ser necesario, un tercer tratamiento a través de la Incineración⁵¹

- Añadir ceniza (o cal) a los excrementos es una antigua tradición en varios países y la recomendación actual para el tratamiento de heces, por ejemplo, las del Instituto Sueco para el Control de Enfermedades Infecciosas (no publicado) es la de añadir ceniza (o cal) después de cada defecación. La ceniza o cal tienen varios beneficios: reduce el olor, cubre el material, disminuye la humedad y ayuda a desinfectar al elevar el pH.⁵²

⁵¹ ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON. Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. Segunda Edición. México: Swedish International Development Cooperation Agency, 2001, 94p.

⁵² SCHÖNNING, Carolina. Recomendaciones para el re-uso de orina y heces con el fin de minimizar el riesgo de transmisión de enfermedades*, Instituto Sueco para el Control de Enfermedades Infecciosas.

3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA DESDE EL DISEÑO

Las diferentes propuestas que se han desarrollado en los últimos años han dado como prioridad la resolución del problema funcional, olvidando la importancia que tienen otros factores para el éxito y masificación de un producto de consumo.

Por medio de la intervención del diseño industrial se puede llegar a una propuesta que integre aspectos humanos, técnicos, funcionales, formal – estéticos, productivos, planeación del ciclo de vida, reducción de costos, creación de valor, satisfacción de las necesidades y aumento en la calidad de vida.

3.1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL.

En diversos sitios a nivel mundial se han desarrollado diferentes propuestas para dar una respuesta al problema del saneamiento, se encuentran desde aquellas que solamente ofrecen una solución básica, como otras más elaboradas en las que se comienza a tener en cuenta al usuario, por lo que se busca mayor comodidad y dependiendo del presupuesto destinado se aplica cierto nivel tecnológico.

Para tener un referente del estado actual se seleccionaron algunos productos existentes en el mercado; a continuación se realizará un análisis de cada uno para obtener algunos parámetros que puedan ser aplicados en el desarrollo del proyecto.

TABLA 4. ANÁLISIS W.C.

	W.C.
	<p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL Sistema convencional, consta de : Inodoro Tanque Desagüe de aguas negras</p> <p>ANÁLISIS FUNCIONAL Uso del inodoro El nivel del pozo de agua de la taza sube su nivel, creando una diferencia de presión, que hace que el sifón succione los desechos junto al agua que se encuentra dentro del WC, transportándolos hacia el alcantarillado. Tratamiento de aguas negras</p>

	<p>ANÁLISIS DE USO</p> <p>Facilidad de uso Higiene Componente psicológica de desaparición El usuario no ha de preocuparse por lo que ocurre después de descargar el agua en el inodoro. No representa ninguna molestia cerca de la casa. Fácil de limpiar. Contamina grandes cantidades de agua y su purificación es difícil. Destrucción de la vida acuática. Contaminación de los mantos freáticos. Elevados costos de implementación y tratamiento de aguas residuales. Requiere un sistema de alcantarillado para su funcionamiento. Desarrollo de enfermedades.</p> <p>ANÁLISIS MORFOLÓGICO</p> <p>Maneja principalmente formas geométricas con bordes suaves. Se consiguen diferentes clases, estilos y precios. Sus acabados son de alta calidad. Los materiales empleados resisten los diferentes productos usados para la limpieza.</p> <p>ANÁLISIS DE MERCADO</p> <p>El costo del sanitario oscila entre los \$160.000 (línea económica) y los \$500.000 (gama alta). Se consigue una amplia gama de referencias y modelos a nivel nacional. Se consigue en diversos almacenes del país. Tiene una vida útil de 20 años aproximadamente. Fabricación gran escala. La reutilización de lodos residuales provenientes de un sistema de drenaje resulta difícil debido a su contenido de metales pesados y otros contaminantes.</p>
--	--

Fuente: los autores

TABLA 5. ANÁLISIS ACUATRON

ACUATRON	
	<p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL</p> <p>Es un excusado compostero que consta de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Inodoro convencional con volumen de descarga de 3 a 6 litros Separador Acuatrón Cámara Biológica Unidad Ultravioleta Desagüe aguas grises <p>ANÁLISIS FUNCIONAL</p>



Uso de un sanitario convencional.

El agua arrastra el contenido de la taza al Separador Aquatron, donde aproximadamente el 98% de la fracción líquida se separa por efecto del momento, la fuerza centrífuga y la gravedad.

Reducción de sólidos (papel y heces) aproximadamente en un 90%, empleando gusanos.

Exposición a una luz ultravioleta que mata los virus y bacterias.

Vaciado de los recipientes.

Continuación del proceso de compostaje en otro sitio.

ANÁLISIS DE USO

Es higiénico.

Requiere electricidad para el funcionamiento de los rayos UV.

Puede adaptarse a los inodoros convencionales ya instalados.

Pueden usarse lombrices para acelerar el proceso de descomposición.

Requiere un mayor espacio para la ubicación del sistema.

Si el sistema se ubica a una distancia mayor de 10m del inodoro requiere aumentar el volumen de descarga del inodoro.

Al usar un inodoro tradicional emplea igual cantidad de agua en la descarga.

Requiere un sistema por cada 3 baños.

Puesto que la orina se separa de las heces, no hay malos olores. Es necesario un tubo de ventilación convencional para el inodoro.

ANÁLISIS MORFOLÓGICO

En cuanto al inodoro maneja principalmente formas geométricas con bordes suaves.

Se consiguen diferentes estilos y precios.

Sus acabados son de alta calidad.

Los materiales empleados resisten los diferentes productos usados para la limpieza.

ANÁLISIS DE MERCADO

No se consigue en el país.

La duración de los tubos UV es de 3 a 5 años.

Los componentes se consiguen por separado.

Fuente: los autores

TABLA 6. ANÁLISIS SANITARIO SECO BOGOTÁ

SANITARIO SECO BOGOTÁ	
 <p>TAZA</p>	<p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL</p> <p>Son sencillas unidades Alternativas de Saneamiento, implementadas por la secretaría de salud de Bogotá con la cual se busca dar una solución temporal a los problemas de saneamiento en los sitios que no tienen el servicio de acueducto y alcantarillado tradicional. Se compone de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Asiento sanitario con separador de orina Tanque bajo para excretas 250 l. Bolsa con material de aporte Desagüe de aguas grises
 <p>TANQUE CON TUBO DE VENTILACIÓN</p>	<p>ANÁLISIS FUNCIONAL</p> <p>Uso del sanitario. Separación de la orina y las heces por medio de la desviación de líquidos. Recolección de heces en contenedor. Agregar manualmente material de aporte. Cambio del contenedor. Continuación del proceso de compostaje en otro sitio.</p>
 <p>MATERIAL COMPOSTADO</p>	<p>ANÁLISIS DE USO</p> <p>Fácil de usar. Requiere una alta participación del usuario. No produce olores siempre y cuando se use de forma adecuada. Fácil mantenimiento y limpieza. Evita la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Mejora la calidad de vida. Favorece la salud de los beneficiarios. No requiere sistemas de tratamientos posteriores. Debido al tamaño de los contenedores se requiere voltear el material en proceso de secado para airearlo. Difícil manipulación para cambio de tanque.</p> <p>ANÁLISIS MORFOLÓGICO</p> <p>No maneja una propuesta formal atractiva para el usuario. Es una solución funcional, pensada para resolver el problema en sitios que presentan graves condiciones de saneamiento. Sus formas se acomodan a los procesos de producción y soluciones de objetos similares a los requeridos. Los materiales empleados (Cloruro de polivinilo y Colaminados) no presentan color y evitan la producción de algas y bacterias por su color negro. No producen sedimentos.</p> <p>ANÁLISIS DE MERCADO</p> <p>Es una propuesta económica en la construcción, operación y mantenimiento.</p>

	<p>No se consiguen estilos ni formas que manejen la coherencia de los cuartos de baño actuales. Mejora las condiciones sanitarias en los lugares donde no existe otra alternativa.</p>
--	--

Fuente: los autores

TABLA 7. ANÁLISIS SANITARIO ROTALOO

	CARRUSEL O ROTALOO
	<p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL El sistema consta de : <ul style="list-style-type: none"> Inodoro compostero con separador de orina Cámara de uso (subterránea) 4 - 6 Contenedores Tanque cilíndrico giratorio Sistema de drenaje para líquidos </p> <p>ANÁLISIS FUNCIONAL <ul style="list-style-type: none"> Uso de sanitario. Recolección de desechos en contenedor. Drenaje de líquidos por medio de unos orificios en la base del tanque giratorio. Giro del tanque cilíndrico para cambio de contenedor (cuando se llene). Continuación del proceso de compostaje en otro sitio. </p> <p>ANÁLISIS DE USO <ul style="list-style-type: none"> Fácil instalación Fácil mantenimiento No contamina el agua Requiere un sistema por cada sanitario Permite un mayor tiempo de descomposición dentro de cada cámara. Al mantener los excrementos frescos separados de los secos acelera su descomposición. No produce olores. Requiere mayor atención del usuario para que no falle. </p> <p>ANÁLISIS MORFOLÓGICO <ul style="list-style-type: none"> Requiere mayor espacio. Maneja formas sencillas pero rígidas. Presenta un único estilo de sanitario. No presenta unidad con otros componentes de baño. </p> <p>ANÁLISIS DE MERCADO <ul style="list-style-type: none"> Su costo es de \$7.254.475 pesos. Incluye: Rota-Loo 650 con inodoro compostero, pedestal en fibra de vidrio, canal inclinado de 90 cm, ventilador extractor de 240 voltios, tubos de ventilación, codos de PVC, indicador de llenado de líquido y bio-estimulante. Se consigue en varios tamaños para diferentes aplicaciones </p>

de acuerdo a la cantidad de personas que lo usen.
No se consigue en el país.

Fuente: los autores

TABLA 8. ANÁLISIS SANITARIO CON RECIPIENTE PORTÁTIL.

SANITARIO CON RECIPIENTE PORTÁTIL	
	<p>ANÁLISIS ESTRUCTURAL Sistema que consta de : Inodoro Cámara de composta 2 Contenedores con ruedas Cámara de evapotranspiración</p> <p>ANÁLISIS FUNCIONAL Uso del sanitario. Recolección de los desechos en contenedor. Filtración de líquidos hacia la parte inferior del contenedor en donde fluyen hacia una cámara de evapotranspiración. Reemplazo de contenedor. Continuación del proceso de compostaje en otros sitio.</p> <p>ANÁLISIS DE USO No realiza una separación de líquidos y sólidos lo que puede causar malos olores. Implica mayor atención por parte del usuario. No contamina el agua. Fácil de usar. Permite realizar un proceso de compostaje a mayor escala. Tecnología simple. No requiere mucho espacio.</p> <p>ANÁLISIS MORFOLÓGICO No se consigue en diferentes referencias. Maneja formas geométricas sencillas.</p> <p>ANÁLISIS DE MERCADO El costo de un modelo para cuatro personas es de \$5,743,000 pesos No se consigue en el país. Se puede usar en pisos altos. Requiere mayor frecuencia en la manipulación de los contenedores.</p>

Fuente: los autores

3.1.1 ANÁLISIS DE MERCADO A NIVEL LOCAL

Como ya se ha mencionado, a nivel nacional el sistema más empleado es el sanitario convencional con sistema de alcantarillado. Por esto se hizo una investigación acerca de los tipos de sanitario disponibles en el mercado, sus principales diferencias se describen en la tabla siguiente.

TABLA 9. TIPOS DE W.C. QUE SE CONSIGUEN EN EL MERCADO LOCAL.

GAMA	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
<p>BAJA</p>		<p>De taza redonda.</p> <p>Su costo oscila entre \$160.000 y \$230.000 pesos.</p> <p>Impulso de agua por gravedad.</p> <p>Varios colores, claros y oscuros.</p> <p>Consume 6 ½ Litros de agua por descarga.</p> <p>Marca Senco, Corona línea económica.</p>
<p>MEDIA</p>		<p>Se encuentran de taza redonda o de taza alargada.</p> <p>Su costo está entre los \$265.000 y los \$370.000.</p> <p>Varios colores, claros y oscuros.</p> <p>Consume 6 ½ Litros de agua por descarga.</p> <p>Impulso de agua por gravedad.</p> <p>Tiene mejores acabado.</p> <p>Marca, Mancesa, Corona gama media.</p>

<p>ALTA</p>		<p>Taza alargada para mayor comodidad y confort. Su costo está entre los \$450.000 y \$660.000.</p> <p>Mejores acabados.</p> <p>Mayor diseño.</p> <p>Mejores accesorios.</p> <p>Consume 6 ½ Litros de agua por descarga.</p> <p>Impulso de agua por gravedad.</p> <p>Varios colores, claros y oscuros.</p> <p>Marcas, Corona, Mancesa, Eurocerámica, Cerámica Italia.</p>
<p>IMPORTADOS</p>		<p>One piece.</p> <p>Su costo oscila entre los \$400.000 y \$600.000 pesos.</p> <p>Impulso de agua por presión.</p> <p>Taza alargada. Se encuentran se simple o doble descarga.</p> <p>Consumen de 7 ½ a 8 Litros por descarga.</p> <p>Viene en blanco, beige y verde.</p> <p>Acabados finos y mayor diseño.</p>

Fuente: los autores

Dentro de las diferencias entre gamas de sanitarios se encontró que el diseño ostenta el valor principal por el que se está dispuesto a pagar un precio mayor

debido a que propone nuevas formas para este espacio y convierte al objeto en punto de atracción.

3.1.2 COMPARACIÓN ENTRE SANEAMIENTO HÚMEDO Y SANEAMIENTO SECO

Para tener una posición más precisa se resumieron en la siguiente tabla las características y diferencias más importantes relacionadas con el Saneamiento Húmedo y el Saneamiento Seco.

TABLA 10. DIFERENCIAS ENTRE USS Y USH

	Unidades de Saneamiento Seco (USS)	Unidades de Saneamiento Húmedo (USH)
AMBIENTAL	<p>Se diseña para disminuir el impacto ecológico causado por la ruptura del ciclo de los nutrientes humanos.</p> <p>Se hace una reducción significativa del agua en la utilización del sistema sanitario.</p> <p>Permite la obtención de un abono orgánico que se empleara en la recuperación de suelos.</p>	<p>Con este sistema no existe una solución a la disposición final de los residuos humanos, porque se encarga únicamente de la evacuación a nivel residencial obligando un posterior tratamiento de purificación de agua que no es totalmente efectivo.</p> <p>La proporción de agua empleada para la evacuación de residuos humanos equivale aproximadamente a 33 veces la cantidad de desechos.</p> <p>La obtención del abono requiere un proceso más costoso y complejo debido a la mezcla de agentes contaminantes.</p>
ECONÓMICA	<p>No se tiene seguridad de que tan costoso pueda llegar a ser por proceso, materiales, mano de obra, etc.</p> <p>Se puede obtener un margen de ganancias al comercializar el abono orgánico.</p> <p>No depende directamente de una corporación para hacer el manejo de los residuos.</p>	<p>El tratamiento de las aguas residuales en este sistema requiere de la implementación de varios procesos, los cuales necesitan la creación de una infraestructura dotada de maquinaria especializada que eleva los costos.</p> <p>Se requiere personal capacitado para el manejo y mantenimiento de los equipos.</p> <p>Como este es el sistema más utilizado actualmente la adecuación en zonas residenciales ya está definida.</p>

HUMANA	<p>Se hace necesario romper con el paradigma del almacenamiento y manipulación de los desechos dentro de las casas.</p> <p>Para lograr la aceptación y eficacia del sistema, se requiere que no genere riesgos en la salud del usuario.</p>	<p>Posee la ventaja de estar aceptado culturalmente.</p> <p>Debido al complejo proceso de tratamiento de los desechos no es posible asegurar la total purificación del agua.</p>
---------------	---	--

Fuente. Los autores

3.1.3 CONCLUSIONES DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA

Después de analizar los diferentes modelos de sanitarios residenciales que se encuentran en el mercado se concluyó lo siguiente:

- Se usará tecnología local que permita resolver el problema.
- Debe ser fácil de usar.
- Deberá ser una solución que genere seguridad por lo higiénico.
- Sus acabados deben ser de la mayor calidad.
- Los materiales empleados deberán garantizar una fácil limpieza, resistencia y durabilidad.
- No debe contaminar el agua.
- No debe generar ningún riesgo para la salud de los usuarios.
- Debe ser práctico.
- Debe permitir el re-uso de las excretas y la orina.
- No debe generar olores.
- No debe ocasionar ninguna molestia dentro de la casa.
- Deberá tener una coherencia formal con otros componentes del cuarto de baño.
- No debe requerir mucho espacio adicional dentro del baño.
- Debe estar acorde con las características de los sanitarios de gama alta.

3.1.4 ASPECTO HUMANO

PÚBLICO OBJETIVO

El público objetivo se definió estableciendo dos actores:

- Un cliente: La empresa ACUARELA como dueña del proyecto de “Pueblito Acuarela” quien con éste aporte puede cubrir una de sus principales necesidades en el desarrollo del proyecto que es la conservación del ambiente y la aplicación de principios ecológicos y de sostenibilidad.
- Unos usuarios directos que serán las personas que vivirán en el pueblito.

Los usuarios directos están definidos bajo los siguientes parámetros:

TABLA 11. DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS DIRECTOS DEL PROYECTO.

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
EDAD	El rango de edad que se va a tener en cuenta es desde los 3 años, edad en que los niños empiezan a usar el sanitario convencional y los 60 años porque normalmente comienzan a presentarse problemas urinarios causando una variación en el uso del sanitario.
SEXO	Femenino y Masculino
EDUCACIÓN	Personas que saben leer y escribir, y que tiene acceso a la educación básica.
ESTRATO	4 y 5
CONDICION FISICA	Normal
NIVEL DE MOTIVACIÓN	Personas con inquietudes por el ambiente y la contaminación.
ESTILO DE VIDA	Origen: Urbano y en menor porcentaje rural Actividad laboral: pensionado, trabajador, hogar, estudiantes Fuentes de sustento económico: pensión, trabajo, arriendo
QUÉ PRODUCTOS USA	Principalmente se emplea el sanitario convencional con sistema de alcantarillado
QUE MARCAS PREFIERE	Corona, Mancesa, Alfa, Standard

Fuente: los autores

ERGONOMÍA

Antropometría

Aunque la recomendación médica de la mejor postura para defecar es en cuclillas, por razones de cultura y tradición de la población⁵³, la solución diseñada será planteada para un uso en posición sedente.

A nivel mundial en el diseño de inodoros se manejan unas medidas similares que han sido objeto de varios estudios, los rangos de medidas que se encuentran se presentan en la tabla 12.

TABLA 12. MEDIDAS DE LOS INODOROS.

INODORO DE SUELO	ANCHO	0.34 a 0.40 m
	ALTO	0.36 a 0.40 m
	PROFUNDO	0.45 a 0.60 m
INODORO SUSPENDIDO	ANCHO	0.35 m
	ALTO	0.38 m
	PROFUNDO	0.55 m

Fuente: http://www.wayarredamenti.net/rootes/bagno_sanitari_766.htm

De la misma manera en la experimentación ergonómica de Mc Clelland concluye que “la altura recomendada para la población adulta es de 0.4 m”⁵⁴ y que el ángulo del asiento no es un factor crítico.

Datos antropométricos sobre la mecánica del cuerpo

A continuación se describirán las principales medidas a tener en cuenta durante el desarrollo del proyecto para que el objeto presente una buena adaptabilidad al usuario. (Se presentan los percentiles 5 y 95).

⁵³ McCLELLAND, Ian L. y WARD, Joan S. Experimentación ergonómica en Diseño Industrial. “La ergonomía de los asientos de baño human factors”, 1982-24 (6), 713-725

⁵⁴ McCLELLAND, Ian L. y WARD, Joan S. Experimentación ergonómica en Diseño Industrial. “La ergonomía de los asientos de baño human factors”, 1982-24 (6), 713-725

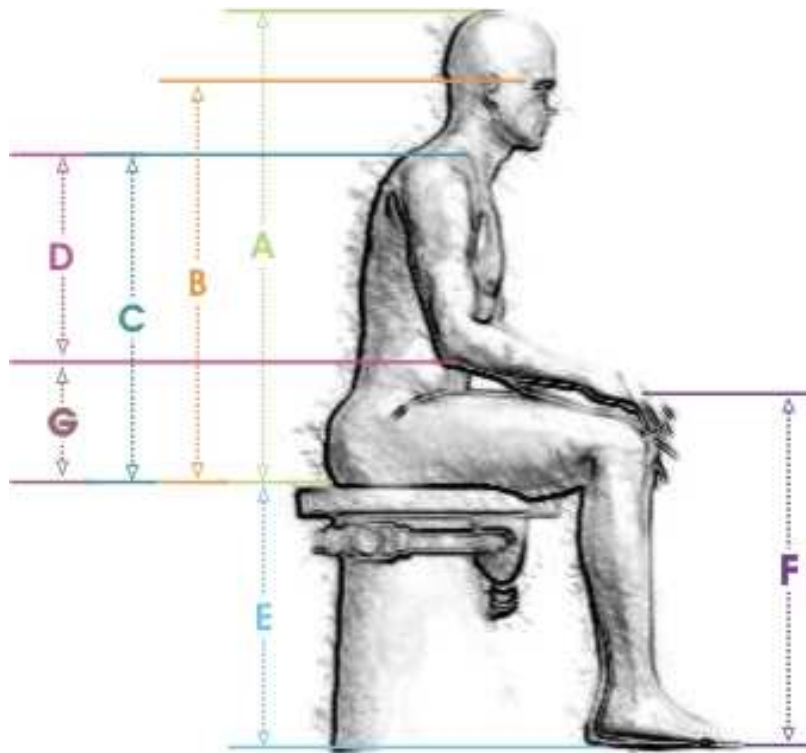


TABLA 13. PRINCIPALES MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS. PERCENTIL 5 Y 95.

	VARIABLE	PERCENTIL	
		5	95
A	Altura normal sentado	78.21	91.30
B	Altura de ojos sentado	68	81.19
C	Altura de hombros sentado	51.4	62.49
D	Distancia hombro codo	29.60	36.49
E	Altura región poplíteica sentado	32.9	42
F	Altura de rodilla sentado	37.80	48.09
G	Altura de codo sentado	20.20	28.59

Fuente: MORENO AGUILAR, Luz Clemencia y MORENO JAIMES, Edwin Alberto. Diseño y construcción de un elevador ortopédico para sanitario. Bucaramanga, 2003, 188h. Trabajo de grado (Diseño Industrial). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial.

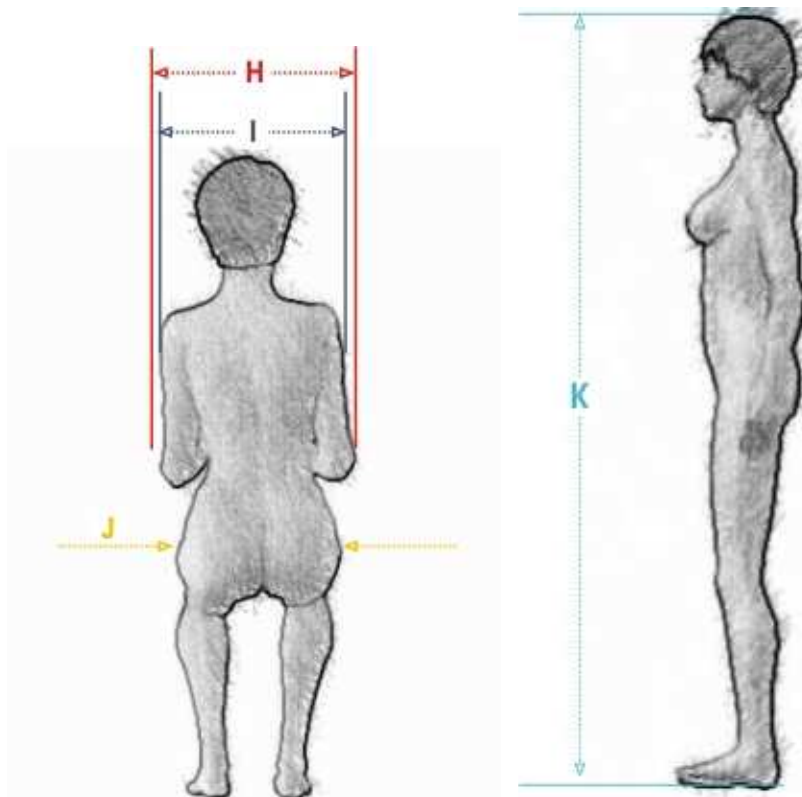


TABLA 14. PRINCIPALES MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS. PERCENTIL 5 Y 95.

	VARIABLE	PERCENTIL	
		5	95
H	Anchura de hombros bideltoidea	68	81.19
I	Anchura de codos sentado	51.4	62.49
J	Anchura de caderas sentado	31.10	39.09
K	Estatura	78.21	91.30

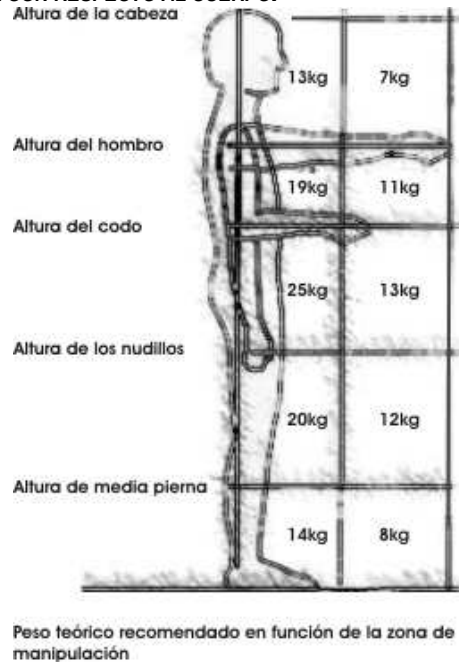
Fuente: MORENO AGUILAR, Luz Clemencia y MORENO JAIMES, Edwin Alberto. Diseño y construcción de un elevador ortopédico para sanitario. Bucaramanga, 2003, 188h. Trabajo de grado (Diseño Industrial). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial.

CARGAS

Otro aspecto importante para el desarrollo del proyecto es la manipulación de cargas para esto se hizo una revisión de las características y recomendaciones para el diseño de objetos de carga, de los cuales es necesario mencionar los siguientes aspectos:

Posición de la carga con respecto al cuerpo

FIGURA 31. POSICIÓN DE LA CARGA CON RESPECTO AL CUERPO.



Fuente: <http://www.valencia.edu/~cgt/prevencion/CARGAMAN.htm#que%20hacer>

El peso de la carga

Se entiende como condiciones ideales de levantamiento las que incluyen una postura ideal para el manejo (carga cerca del cuerpo, espalda derecha, sin giros ni inclinaciones), una sujeción firme del objeto con una posición neutral de la muñeca, levantamientos suaves y espaciados y condiciones ambientales favorables. Además se debe tener una estimación del peso de la carga, el nivel de manipulación y el entorno de trabajo⁵⁵

⁵⁵ California- Arizona Consortium. Programa de salud Laboral, Universidad de California, Berkeley.

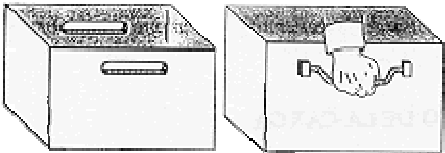
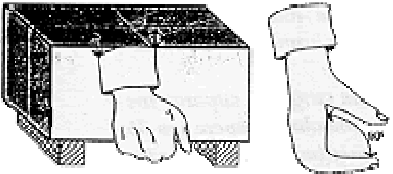

TABLA 15. PESO DE LA CARGA.⁵⁶

	PESO MÁXIMO [†]	FACTOR DE CORRECCIÓN
EN GENERAL	25 Kg	1
MAYOR PROTECCIÓN (mujeres, jóvenes y mayores)	15 Kg	0.6
TRABAJADORES ENTRENADOS	40 Kg	1.6

Fuente: <http://www.valencia.edu/~cgt/prevencion/CARGAMAN.htm#que%20hacer>

Agarres de la carga

TABLA 16. AGARRES DE LA CARGA.

TIPOS DE AGARRE	BUENO		La carga tiene asas u otro tipo de agarre cómodo con toda la mano. La muñeca permanece en posición neutral.
	REGULAR		Las asas o hendiduras no son óptimas lo que no permite un agarre cómodo, incluyendo cargas sin asas que pueden sujetarse flexionando la mano 90° alrededor de la carga.
	MALO		No cumple ningún requisito.

Fuente: <http://www.valencia.edu/~cgt/prevencion/CARGAMAN.htm#que%20hacer>

Tamaño de la carga

Se recomienda que las medidas máximas para manipular una carga sean de 60x60x60 porque “una carga demasiado ancha obliga a mantener posturas forzadas de los brazos y no permite un buen agarre. Una carga demasiado profunda aumenta las fuerzas compresivas en la columna vertebral. Una carga demasiado alta puede entorpecer la visibilidad, aumentando el riesgo de tropiezos”.⁵⁷

⁵⁶ Peso máximo recomendado para una carga en condiciones ideales de levantamiento.

⁵⁷ Ibid.

3.1.5 ASPECTO TÉCNICO

Con el desarrollo del proyecto se busca llegar a una solución práctica, sencilla y económica que a futuro pueda tomarse como una herramienta que contribuya al desarrollo y mejora en la calidad de vida de las personas y se pueda implementar y adaptar a las necesidades de diferentes regiones que como se ve actualmente no cuentan con un sistema de saneamiento efectivo.

Para este proyecto se plantea el empleo de tecnología local que permita proponer una solución viable y económica. Enseguida se describirán los principales materiales para la fabricación de inodoros con algunas de sus características.

TABLA 17. PRINCIPALES MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE INODOROS.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
Porcelana sanitaria	Son ligeros y no porosos en todo su espesor. Se producen los muebles de la más alta calidad. Amplia gama de colores. Condiciones higiénicas y facilidad de limpieza. Resistencia mecánica.
Gres	No es poroso en todo su espesor aun sin vidriado. Ideal sobre todo para los ambientes rústicos interiores y exteriores. Es muy resistente a las altas temperaturas. Posee una plasticidad muy variable, dependiendo de la composición de la arcilla original. Tiene un coeficiente de reducción considerable en el proceso de secado y cocción.
Metal moldeado a presión	Entre ellos se encuentran: el acero de bajo contenido de carbono, el acero inoxidable y el metal monel. Son moldeados por una prensa para obtener una sola pieza. Las superficies internas de acero de bajo contenido de carbono se terminan con un esmalte vidriado para obtener una amplia gama de colores.
Plásticos acrílicos	Se producen muebles muy liviano y de bajo costo. Tienen acabados brillantes. No son resistentes a la abrasión. Se vuelve suave con el calor.
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	Son más duros que los fabricados con acrílicos. Son más costosos. Deben poseer un buen acabado con recubrimiento gelificado. Los recubrimientos delgados se desgastan con la limpieza.

Fuente. Los autores

3.1.6 ASPECTO FORMAL

En el proyecto el aspecto formal va a servir como herramienta principal para lograr una aceptación por parte del usuario, ya que por medio de esta se buscará ofrecer un producto agradable a los sentidos que invite a su uso.

En la estética del producto se tendrán en cuenta conceptos como: la coherencia, la simetría, el manejo de proporciones, las formas básicas y se deberá mantener una similitud con otros accesorios y productos que componen el cuarto de baño.

Se valorarán dos tipos de espacios para la selección del estilo:

- Un espacio rústico donde predomine el uso de materiales naturales que se encuentren en la zona, que sean biodegradables y/o puedan ser devueltos a la naturaleza sin ocasionar grandes impactos ambientales; los materiales más usados son: tierra, paja, madera, piedras, vidrio y cerámicos.

FIGURA 32. CUARTOS DE BAÑO EMPLEANDO MATERIALES NATURALES.



La implementación de estos materiales permite la creación de nuevos conceptos arquitectónicos y espaciales retomando técnicas constructivas tradicionales, cambiando algunos paradigmas que se tienen con respecto al cuarto de baño y el concepto tradicional de letrinas o sanitarios secos de los cuales se cree son sucios y desagradables.

- Un espacio que esté acorde con estilos de vida en donde prime la funcionalidad y la sencillez, objetos muy poco recargados, con acabados lisos y brillantes con contrastes de texturas emulando la elegancia, actualidad y sofisticación.
- Los materiales a usar son: fibra de vidrio, resinas, plásticos y porcelana sanitaria.

FIGURA 33. SANITARIOS EN VARIOS MATERIALES.



TENDENCIAS DECORATIVAS PROPUESTAS PARA EL AÑO 2007

Se realizó una investigación de las tendencias en cuanto a la cerámica para este año encontrando las propuestas por el Departamento de Tendencias del Área de

Diseño y Arquitectura del Instituto de Tecnología Cerámica (ITC), de las que se presentan las principales a continuación⁵⁸.

La naturalidad.

La naturaleza sigue siendo un recurso inagotable. El acercamiento a la naturaleza se ha vuelto hoy en día más claro y evidente, ya que además de reproducir o interpretar la naturaleza, lo que pretendemos es sentirla y sentirnos inmersos en ella. Para captar su esencia debemos estudiar sus estructuras, su crecimiento, ritmos, color, etc., lo que se convierte en un ejercicio ampliamente fructífero.

La elegancia, la ligereza y la inmaterialidad.

La esbelta elegancia, la ausencia de lo superfluo, lo esencial, juegos de luces y sombras, las estructuras aéreas muy cerca de la naturaleza y en convivencia con ella a través de los elementos, juegos de luces y sombras, ver y sentir el agua, el aire, brillos y reflejos... se trata de un ejercicio de síntesis, un desafío para el creativo, que debe captar la belleza intemporal incuestionable. Es el triunfo de las líneas, la sutileza, la transparencia, el estilo y la poesía.

Pasión, exceso y voluptuosidad.

En contraposición a la elegancia, la pasión. Se trata de una búsqueda de emociones a través de referencias de otras culturas; el exotismo, el lujo, la opulencia o el esplendor. Se revalorizan las artesanías, repujados, ganchillos y encajes, la orfebrería, materiales y piedras preciosas, el triunfo del color y de las formas voluptuosas. La teatralidad, el dramatismo, convertir la cotidianidad en escenario fantástico. Soluciones barrocas que transforman los objetos cotidianos en objetos de lujo.

La magia, la fantasía, lo onírico.

Esta línea, que responde a un espíritu soñador e inquieto, recrea efectos cambiantes sorprendentes, productos suscitadores de emociones que recrean los sentidos, que ayudan a crear atmósferas placenteras donde convergen el sueño y la realidad, constituyendo un oasis para la mente y relax para el cuerpo. Se trata de productos hechos para ser contemplados, de ambientes para la ensoñación. Se trata de alimentar el cuerpo y el alma, de despertar los sentidos, las emociones.

Ilustrar, narrar y representar.

En esta línea de exploración los motivos gráficos se apoderan de las superficies: paredes suelos, muebles, fachadas, incluso el cuerpo humano. Ilustrar, narrar, recrear paisajes, motivos florales, ornamentos de distintos periodos artísticos,

⁵⁸ <http://www.spaintiles.info/esp/diseno/ultimastendencias.asp>

personajes de cuentos y leyendas. La estética del cómic, el graffiti, de las técnicas de representación realizadas manualmente, como acuarelas, témperas, lápices y rotuladores, o el collage.

Cuestionar, interrogar y explorar.

Se pretende con esta línea explorar las posibilidades de los materiales para exigir nuevas formas, nuevas aplicaciones, nuevas prestaciones, para así plantear alternativas a las ya existentes. Examinar los límites y superarlos constituye un ejercicio de riesgo y valentía en el que muchos profesionales se sienten cómodos, dando como resultado productos insólitos, atrevidos, únicos e irrepetibles. Un hotel bajo el mar, un edificio en forma de montaña de rosas, un estadio dentro de un volcán de césped.

Lo funcional.

Se trata aquí de productos funcionales que responden a un problema concreto y son mejorados para adaptarse a la función que deben cumplir, encontrando en la propia función su contenido estético. El ejemplo que seleccionamos en este apartado es el vehículo Logan, premiado por el Observatorio de Diseño francés en la modalidad: Proponer un diseño justo para un precio justo.

3.1.7 ASPECTOS CULTURALES Y PSICOLÓGICOS

Cuando se desarrollan alternativas de sistemas sanitarios, es tan importante comprender la influencia que tienen los factores psicológicos y culturales durante el uso y aceptación, como el sistema mismo.

Un sistema habitualmente falla, no por razones técnicas, sino por la falta de comprensión y participación de los usuarios. Por lo tanto es trascendental entender el proceso psicológico y cultural del tratamiento del desecho de la misma forma como se busca entender los procesos químicos y físicos del sistema.

Cuando se planea un sistema ecosan, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones entre ellas los impedimentos psicológicos relacionados con la manipulación de las heces humanas, lo cual es una tendencia universal.

Las actitudes respecto a los excrementos son universales, pero el comportamiento respecto a la manipulación de los mismos varía ampliamente en diferentes partes del mundo, sin embargo no es posible asumir que ninguna de estas prácticas tenga origen en relación con las heces y aguas residuales.

La gente naturalmente repele los excrementos, natural en el sentido de que es una reacción involuntaria aunque la razón está en la evolución cultural. En el curso del

desarrollo de la humanidad, los hombres infortunadamente tuvieron contacto con los excrementos y fueron expuestos a una abundancia de patógenos, razón por la cual para sobrevivir no se debía entrar en contacto con ella.

ACTITUD

Una actitud consiste en tres componentes básicos

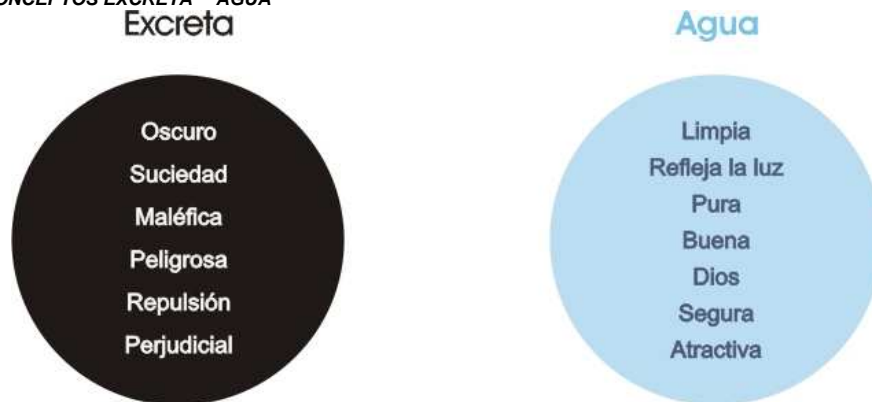
- Percepción: impresión emocional.
- Conocimiento: reflexión.
- Tendencias de comportamiento.

PERCEPCIÓN

La percepción se basa fundamentalmente en respuestas emocionales. Las percepciones comunes sobre los excrementos, son esencialmente negativas. Las percepciones universales sobre el agua, en términos generales son naturalmente positivas.

El desarrollo del sanitario basado en el agua puede y probablemente lo hace tener un profundo asiento psicológico, porque el agua provee una barrera mental de protección psicológica como física.

FIGURA 34. CONCEPTOS EXCRETA – AGUA



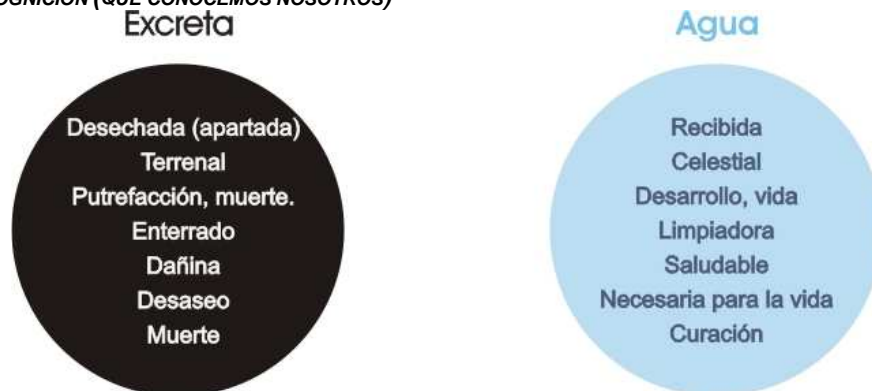
Fuente: los autores

COGNICIÓN

El segundo elemento de la actitud es la cognición, que trata de nuestra reflexión racional. Similar con las percepciones, generalmente habladas, las nociones universales sobre las heces son malas, mientras que los atributos del agua son saludables.

La aparente polarización entre las cualidades asociadas con los excrementos y el agua no implican necesariamente un conflicto. Un pensamiento racional puede lógicamente combinar los dos y neutralizar la polarización. Igual que el hombre primitivo realizó fuego, pudo hacer una llama y así sobrevivir a las hostilidades del entorno, fácilmente el hombre pudo hacer un razonamiento de que el agua podía limpiar los remanentes de excreta y más allá, elevar las probabilidades de supervivencia.

FIGURA 35. COGNICIÓN (QUÉ CONOCEMOS NOSOTROS)



Fuente: los autores

TENDENCIAS DE COMPORTAMIENTO

El tercer y último elemento de actitud es la tendencia de comportamiento. Es una conexión entre como el individuo siente y piensa sobre el sujeto, esto no es una causa efecto directa relacionada entre esos elementos y comportamientos específicos. Es una tendencia a comportarse de una manera específica, la cual explica porque algunas culturas están más dispuestas a manipular los excrementos que otras.

Las tendencias de comportamiento respecto a las heces son instintivas. El individuo no se pregunta porque el excremento huele mal como tampoco se pregunta porque la comida tiene sabor y buenos aromas. El individuo intuitivamente confía en sus sensaciones instintivas y se comporta acordeamente.

FIGURA 36. TENDENCIAS DE COMPORTAMIENTO
Reacción natural de los sentidos



Respuesta a la amenaza



Fuente: los autores

Además, cuando se siente amenazado, reacciona naturalmente de acuerdo al grado de peligro. Una de las reacciones más instintivas a la amenaza es alejarse de la situación.

Actitud respecto a la excreta

Un punto fundamental para poder entender la actitud que se tome frente a las heces es la influencia que ejerce la experiencia, además las actitudes evolucionan y cambian todo el tiempo. Es necesario transformar esas percepciones por medio de una serie de motivaciones.

Y las motivaciones para el uso del ecosan son entre otras:

- higiene
- mejoramiento de la tierra
- financiación
- estética
- confort

- estatus

Implementación del Ecosan

Si bien muchas culturas tienen incomodidades o actitudes negativas con respecto al uso de excrementos humanos, esos obstáculos pueden ser superados, las condiciones son, por supuesto, la participación comunitaria en los procesos de decisión, como una buena y abierta política de información y enseñanza.

La gente es motivada por razones como mejorar su calidad de saneamiento, la no proliferación de olores, seguridad, confort, privacidad, conveniencia, mínima manipulación de excretas, calidad de los muebles sanitarios y sus estructuras.

Un factor importante en la implementación del Ecosan es lograr hacer un seguimiento continuo al sanitario por lo menos un ciclo (desde la primera defecación hasta que este compostada), tiempo que tarde en retirarse la primera carga de producto del sanitario con el objetivo de capacitar y resolver todas las dudas además de garantizar perfecto uso del sanitario.

“Es necesario capacitar a la persona o la familia que recibe el sanitario en el uso correcto del mismo. Sanitarios que funcionan mal por falta de conocimiento del usuario, reducen la motivación y el interés del mismo y la dan una mala reputación a la tecnología.”⁵⁹

“Es recomendable no promover la instalación a gran escala de sanitarios hasta haber probado el modelo en particular a promover en las condiciones climáticas y culturales de que se trate”.⁶⁰

La aceptación de los sistemas Ecosan es fácil cuando la gente comprende sus problemas e identifican las soluciones ellos mismos.

La gente entiende el concepto sobre el saneamiento ecológico, y su simplicidad especialmente con modelos de demostración en el lugar.

El diseño industrial es una pieza fundamental para el éxito en la implementación de sistemas de saneamiento seco, porque permite que las soluciones no sean enfocadas solamente en los aspectos técnicos, si no que se incluyan además las necesidades de los usuarios con el fin de cambiar su actitud respecto a los excrementos. Con el diseño industrial se puede lograr que el objeto satisfaga las necesidades de confort, estética, higiene, estatus, mejoramiento medioambiental,

⁵⁹ CORDOVA, Ana. Programas de Saneamiento Seco a Gran Escala –Observaciones y Recomendaciones Preliminares de Experiencias Urbanas en México. Informe de Campo de la Investigación Doctoral Actividades y Resultados de Agosto 1999 - Diciembre 2000. HDRU Series No. 01-6, 2001, 20p.

⁶⁰ Ibid.

unido con los aspectos técnicos de evitar olores, sanear las heces, compostar, evitar insectos, roedores, separar orinas de heces, etc.

3.2 REQUERIMIENTOS Y RESTRICCIONES

TABLA 18. REQUERIMIENTOS Y RESTRICCIONES.

REQUERIMIENTOS DE USO	Practicidad	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema debe funcionar con el menor compromiso del usuario. - Cómoda manipulación y limpieza de los elementos del sistema. - Debe poder ubicarse tanto en un primero como en otros pisos de la casa.
	Conveniencia	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de depósito de excretas suficiente para lo producido en una casa de 5 personas. - Debe tenerse en cuenta la disposición final de los residuos. - Se deben evitar los malos olores. - Se debe evitar la mezcla de las excretas con materiales no biodegradables y líquidos. - Se debe garantizar la no propagación de patógenos.
	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Debe tenerse un especial cuidado en el manejo de os excrementos evitando el contacto de las mismas con el usuario. - Se debe tener en cuenta la facilidad de limpieza y el uso de superficies no absorbentes. - Se debe tener en cuenta los tiempos sanitarios. - Debe evitarse el contacto de insectos y roedores con los excrementos.
	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe tener en cuenta la limpieza continua de la orina. - Debe evitarse que se ensucien las paredes internas del sanitario
	Reparación	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe evitar la mezcla de heces con orina - Los contenedores de excrementos deben se móviles. - Se deben en lo posible adicionar otros componentes que ayuden a la descomposición de los excrementos
	Antropometría	<ul style="list-style-type: none"> - Se deben emplear las medidas estándar establecidas para sanitarios
	Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> - No se debe exceder de 25kg el peso de los contenedores llenos. - Los contenedores deben tener buen agarre.
	Percepción	<ul style="list-style-type: none"> - El lenguaje de uso y componentes del sistema debe ser claro para el usuario.
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Los contenedores deben ser transportados de la casa a la zona de compostaje.
REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> - Debe permitir el uso continuo sin desgastes.
	Acabados	<ul style="list-style-type: none"> - Deben permitir la limpieza. - No debe tener: esquinas, bordes ni aristas filosas.

		- No debe tener zonas donde pueda haber acumulación de suciedad.
REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	Carcasa	- Debe proteger y cubrir los elementos del sistema.
	Unión	- Debe existir una coherencia en cada uno de los elementos del sistema.
REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	Ciclo de vida del producto	- Debe ser alrededor de los 20 años.
	Impacto ambiental	- Se debe evitar la contaminación por residuos sólidos.
	Materias primas	- Deben ser acordes con los principios del pueblito.
REQUERIMIENTOS TÉCNICO PRODUCTIVOS	Modo de producción	- Se debe trabajar con tecnología nacional de PYMES
	Estandarización	- Se deben estandarizar algunos componentes con el fin de simplificar la producción.
REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS Y DE MERCADOS	Precio	- No debe exceder los costos de un sanitario convencional.
	Ciclo de vida	- Ciclo de vida útil equivalente al sistema actual.
REQUERIMIENTOS FORMALES	Unidad	- Coherencia formal entre sus componentes - Simplicidad
	Interés	- Debe motivar al usuario al uso. - El diseño del sanitario debe inspirar limpieza e higiene.
	Superficie	- Debe ser liso y no poroso

Fuente: Los Autores

4 DESARROLLO DEL PROCESO CREATIVO

4.1 DIVISIÓN DEL PROBLEMA EN SUBSISTEMAS

Se estableció que para resolver el problema del sistema sanitario era necesario realizar una división, ésta se hace de acuerdo al mecanismo de gestión de la complejidad denominado “Estrategia de divide y vencerás. Es un mecanismo usual de reducir la complejidad dividiendo el problema en subproblemas más simples con relación jerárquica o sin ella”⁶¹. La división en subsistemas va a permitir el desarrollar soluciones específicas en cada uno de los aspectos determinantes para luego integrarlos y ser parte de una única solución.

Después de hacer un análisis del problema se identificaron los sistemas que lo integran y se describen a continuación:

- Mueble sanitario: comprende la carcasa del sistema, está en contacto directo con el usuario (interfaces persona - producto).
- Ventilación y secado: medios por los cuales se acelerará la descomposición de las heces y se dará la aireación al sanitario.
- Contenedores: elementos para la deposición de las heces.
- Mecanismos: sistemas para el aporte de material orgánico y camuflaje de las heces.
- Separador de orina: elemento para la desviación de la orina.
- Disposición final: propuesta para la recolección, transporte y tratamiento de los excrementos.

Se procede a organizarlos jerárquicamente de acuerdo con la importancia y trascendencia que tienen dentro del sistema, además a cada uno de ellos se le establecen los criterios de diseño que son determinantes para su solución según lo propuesto por Gerardo Rodríguez⁶²:

- **Estético:** el concepto de diseño a generar está determinado por la concepción formal del producto o sistema de productos a proyectar.

⁶¹ AGUAYO GONZÁLEZ, Francisco y SOLTERO SÁNCHEZ Víctor M. Metodología del Diseño Industrial: Un enfoque desde la ingeniería concurrente. México: Alfaomega, Ra~Ma, 2003,631p.

⁶² RODRÍGUEZ M, Gerardo. Manual de Diseño Industrial: curso básico UAM-A. México: Gustavo Gilli, 165p.

- **Estructural:** el concepto de diseño a generar está determinado por la interrelación estructural existente entre los distintos componentes, partes y elementos que constituirán el producto o sistema de productos a proyectar.
- **Funcional:** el concepto de diseño a generar está determinado por el concepto técnico que dará funcionamiento al producto o sistema de productos a proyectar.

La subdivisión realizada se muestra a continuación.

TABLA 19. SUBSISTEMAS Y SUS CRITERIOS DETERMINANTES.

SUBSISTEMA	CRITERIOS DETERMINANTES	CRITERIOS CONDICIONADOS
1. Contenedores	Funcional, estético	Estructural
2. Mecanismos	Funcional, estructural	Estético
3. Separador de orina	Estético, funcional	Estructural
4. Mueble sanitario	Estético, estructural	Funcional
5. Ventilación y secado	Funcional	Estético, estructural
6. Disposición final	Funcional, estructural	Estético

Fuente. Los autores

Una vez establecida la jerarquización de los subsistemas se realiza un diagrama explicativo del problema con el orden a desarrollar y se procede a la elaboración de alternativas.

FIGURA 37. DIAGRAMA DEL PROBLEMA.



Fuente. Los autores

4.1.1 CONTENEDORES

Los contenedores son el eje principal de los sistemas de saneamiento seco, al contrario de lo que sucede con los sistemas de saneamiento húmedos, en los secos los excrementos se mantienen en *situ* originando que de ellos dependa si se usa o no separador de orina, la cantidad de heces recibidas, el tiempo de retención de heces, eliminación de patógenos, la filtración de excrementos en los mantos freáticos, la cantidad de material de aporte necesario, el sistema de deshidratación de excrementos, la tecnología aplicada, la forma general, el espacio total necesario utilizado en el cuarto de baño, la forma del tratamiento de los excrementos y la arquitectura del espacio.

Se debe prestar una gran atención, pues del éxito que se tenga con los contenedores y en la forma como se definan, depende el éxito del sistema general.

El proceso a llevar a cabo es el siguiente (**Diseño Conceptual**):

- Hacer un listado de requerimientos.

- Hacer una lluvia de ideas conceptuales enunciando las palabras claves que se deben tener en cuenta para el desarrollo y diseño de los contenedores.
- División o creación de esquema para los contenedores.
- Lluvia de ideas formales en 2D.
- Examen y selección de ideas.
- Desarrollo de las alternativas seleccionadas en cada fase.
- Selección de una alternativa.

REQUERIMIENTOS PARA EL CONTENEDOR

TABLA 20. REQUERIMIENTOS PARA EL CONTENEDOR.

REQUERIMIENTOS DE USO	Practicidad	<ul style="list-style-type: none"> - El tamaño de la boca debe permitir el vaciado del contenedor sin obstruirse. -La forma del contenedor debe presentar practicidad para la limpieza.
	Conveniencia	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema debe tener un óptimo funcionamiento evitando la caída de excrementos fuera del contenedor y la caída de orina dentro del mismo. - Los contenedores pueden ser móviles - Se debe tener en cuenta el nivel de los excrementos - Se debe tener en cuenta la cantidad de retención de excrementos y material de aporte.
	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - El contenedor debe brindar seguridad biológica al usuario. - Se debe tener en cuenta el tiempo de retención de heces y la seguridad sanitaria.
	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - La limpieza debe hacerse de manera rápida y sencilla
	Manipulación	<ul style="list-style-type: none"> - El contenedor debe salir fácilmente de la carcasa del sanitario y ser fácil de tapar y destapar.
	Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> - El peso del contenedor no debe superar los 25kg. - El contenedor debe permitir un agarre seguro.
	Percepción	<ul style="list-style-type: none"> - Debe manejar un lenguaje de uso que facilite su manipulación y evite ver su contenido.
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Debe tenerse en cuenta el desplazamiento del hogar al sitio de disposición final de excrementos.

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Los usuarios no deben tener contacto físico con los excrementos El contenedor no debe expeler malos olores - Debe presentar el mínimo de fallas posibles.
	Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser capaz de soportar más contenedores llenos apilados encima - Debe soportar el peso de las heces y el material de aporte.

	Acabados	<ul style="list-style-type: none"> - Debe tener un acabado interno liso. - El acabado debe ser en color oscuro y la tapa puede ser de cualquier color - El color debe aportárselo el mismo material con el que está construido.
--	-----------------	--

REQUERIMIENTOS TÉCNICO PRODUCTIVOS	Modo de producción	<ul style="list-style-type: none"> - Las materias primas utilizadas deben ser materiales poliméricos sintéticos. - La tecnología empleada debe ser la que poseen las pequeñas y medianas empresas nacionales.
	Estandarización	<ul style="list-style-type: none"> - Se deben estandarizar algunos componentes con el fin de simplifica la producción.

REQUERIMIENTOS FORMALES	Unidad	<ul style="list-style-type: none"> - Debe mantener una simplicidad en la forma para permitir su funcionalidad. - Debe existir coherencia y proporcionalidad entre sus partes. - Se debe tener en cuenta la altura causada por la distribución de los excrementos.
	Interés	<ul style="list-style-type: none"> - Debe motivar al uso. - El diseño del contenedor debe inspirar limpieza e higiene.
	Superficie	<ul style="list-style-type: none"> - Debe manejarse texturas lisas. - Debe utilizarse colores opacos que eliminan la visión interna y aprovechar la energía calórica para acelerar el secado. - Se deben evitar las esquinas por razones de acumulación de residuos y patógenos

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	Número de componentes	<ul style="list-style-type: none"> - Debe poseer un cuerpo, una tapa, un sistema de agarre.
	Estructurabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Debe permitir un apilamiento con otros contenedores durante el proceso de disposición final.
	Norma	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe tener en cuenta las normas de señalización para materiales de desechos biológicos.
	Unión	<ul style="list-style-type: none"> - Las uniones de sus diferentes piezas deben soportar el peso y movimiento que implica su manipulación.

Fuente: Los autores

Lluvia de ideas conceptuales

El objetivo de la lluvia de ideas conceptuales es determinar a través de palabras sueltas la manera más clara de afrontar el ejercicio de diseño del contenedor, su forma, su funcionamiento, sus partes, etc.; de acuerdo con los requerimientos

básicos, las lecturas hechas alrededor del saneamiento seco y de las necesidades del “Pueblito Acuarela” discutidas en diferentes reuniones. Éstas son las palabras tenidas en cuenta:

FIGURA 38. LLUVIA DE IDEAS CONCEPTUALES CONTENEDORES.

Llenar, distribuir, guardar, cerrar, almacenar, sacar, disponer, capacidad, peso, tiempo, espacio, esfuerzo, manipulación, ergonomía, practicidad, seguridad sanitaria, apilar, transportar, usabilidad, seguridad, desuso, materiales, medio ambiente, retención, materiales, fabricación, tecnología, , limpieza, forma, volumen.

Fuente: Los autores

Con esta pequeña lluvia de palabras se escogen las palabras más importantes y se ordenan de acuerdo a la relación existente entre ellas y el proceso de diseño:

TABLA 21. LLUVIA DE PALABRAS CONTENEDORES.

VOLUMEN	Llenar, distribuir, almacenar, capacidad, peso, tiempo, espacio, esfuerzo, transporte.
FORMA	Llenar, distribuir, guardar, sacar, capacidad, espacio, manipulación, ergonomía, practicidad, seguridad, materiales, transporte, tecnología, volumen
ERGONOMÍA	Peso, esfuerzo, manipulación, practicidad, seguridad, seguridad sanitaria, transportar, usabilidad, fabricación.
SEGURIDAD SANITARIA	Llenar, guardar, sacar, manipulación, transportar, tiempo, materiales, medio ambiente, retención, transporte, limpieza.
TIEMPO	Llenar, guardar, almacenar, peso, esfuerzo, manipulación, seguridad sanitaria, seguridad, desuso, materiales, medio ambiente, retención, materiales, fabricación, tecnología, desuso, volumen.
MEDIO AMBIENTE	Peso, tiempo, manipulación, practicidad, seguridad sanitaria, transportar, tiempo, seguridad, desuso, materiales, transporte, materiales, fabricación, tecnología, desuso, limpieza.
USABILIDAD	Llenar, distribuir, cerrar, almacenar, sacar, disponer, capacidad, peso, tiempo, espacio, esfuerzo, manipulación, ergonomía, practicidad, seguridad sanitaria, apilar, transportar, tiempo, seguridad, desuso, materiales, retención, fabricación, tecnología, limpieza, forma, volumen.

FABRICACIÓN

Cerrar, almacenar, sacar, disponer, capacidad, peso, espacio, ergonomía, practicidad, seguridad sanitaria, apilar, transportar, usabilidad, seguridad, materiales, medio ambiente, materiales, tecnología, limpieza, forma, volumen.

Fuente: Los autores

Después de escoger las palabras principales se evalúan en una matriz para saber a cuál de ellas darle prioridad.

TABLA 22. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IDEAS CONCEPTUALES PARA EL CONTENEDOR.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IDEAS CONCEPTUALES									
	Volumen	Tiempo	Forma	Ergonomía	Seguridad Sanitaria	Medio Ambiente	Usabilidad	Fabricación	Total
Volumen	-	10	10	0	10	5	5	5	45
Tiempo	10	-	0	0	10	5	0	0	25
Forma	10	10	-	10	5	5	10	10	60
Ergonomía	0	0	10	-	10	0	10	5	35
Seguridad Sanitaria	10	10	5	10	-	10	10	0	55
Medio Ambiente	5	5	5	0	10	-	0	10	35
Usabilidad	5	0	10	10	10	0	-	5	40
Fabricación	5	0	10	5	0	10	5	-	35

	Nada	Poco	Mucho
Valores de relación	0	5	10

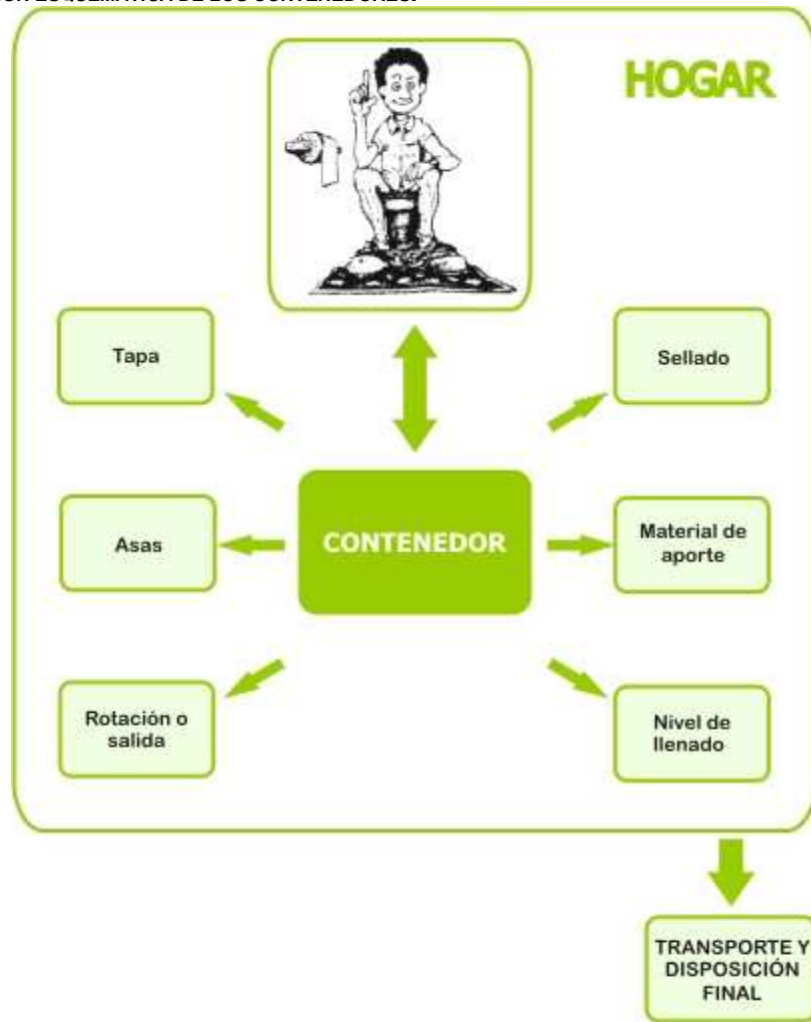
Fuente: Los autores

La prioridad es la siguiente:

↓
Forma
Seguridad sanitaria
Volumen
Usabilidad
Ergonomía, Medio ambiente y fabricación
Tiempo

DIVISIÓN O CREACIÓN DE ESQUEMA PARA LOS CONTENEDORES

FIGURA 39. DIVISIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS CONTENEDORES.



Fuente. Los autores

El sistema de contenedor está dividido en partes físicas como las asas, la tapa y el contenedor; y en sistemas de sellado, nivel de llenado, rotación y salida. Estos a su vez están relacionados con el usuario, que además de proporcionarle material de aporte y excrementos, está encargado de su buen funcionamiento hasta que el contenedor sale del hogar y se involucra con algún sistema de disposición final.

PARTES FÍSICAS:

Recipiente Contenedor

Para trabajar en la forma del contenedor se realiza un experimento para simular la disposición de las heces en un contenedor; porque según la experiencia del asesor del “Pueblito Acuarela” y la revisión bibliográfica, los excrementos se acumulan en forma de cono. Entonces es necesario conocer la proporción de su base con respecto a la altura.

Simulación de heces para observar el apilamiento

Materiales:

Harina

Agua

1 jeringa grande.

Contenedores varios.

1. Se mezclan 2Kg de harina con el agua hasta dar una consistencia similar a la de los excrementos. El volumen ocupado por la mezcla lista es de 2,5L.

FIGURA 40. MEZCLA



Fuente: Los autores

2. La mezcla es convertida en rollos que son extruidos y arrojados a un contenedor desde una altura de 40cm, altura promedio de un mueble sanitario.

FIGURA 41. EXTRUSIÓN DE MATERIAL.



Fuente: Los autores

El montón que quedó luego de la acumulación del material tenía forma de cono con las siguientes dimensiones: diámetro de su base 25cm, altura 11cm.

FIGURA 42. MONTÓN RESULTANTE.

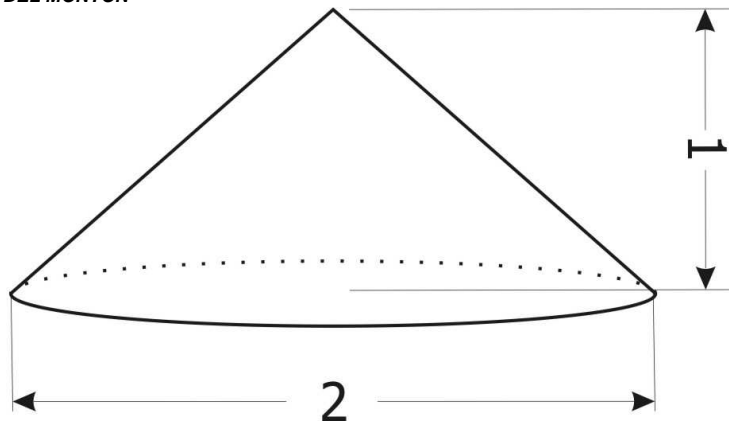


Fuente: Los autores

Conclusión

La proporción del diámetro de las base con respecto a su altura es de 2:1

FIGURA 43. VOLUMEN DEL MONTÓN

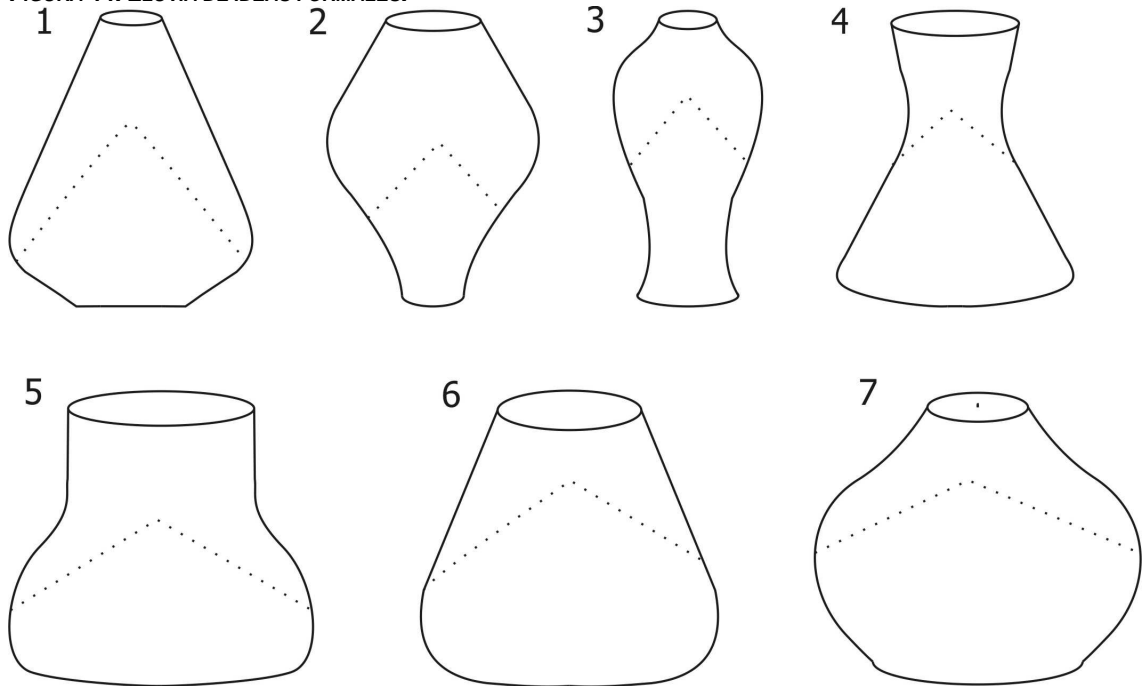


Fuente: Los autores

Lluvia de ideas formales en 2D

A partir de la forma de cono, se hace una lluvia de ideas respecto a la forma del contenedor.

FIGURA 44. LLUVIA DE IDEAS FORMALES.



Fuente: Los autores

Las formas que más se adaptan a las necesidades son las alternativas 6 y 7 por la capacidad de albergar más volumen, y facilitar el proceso de fabricación.

El volumen

El volumen que se desea albergar en los contenedores debe ser hallado. Él está relacionado directamente con el tiempo de permanencia para eliminar los patógenos *in situ* de los excrementos que es de mínimo 6 meses y lo ideal 2 años.

No se tiene en cuenta el volumen ocupado por el papel higiénico, pues culturalmente se deposita en un contenedor aparte.

De acuerdo a la Guía para el Desarrollo de Saneamiento *in situ* de la Organización Mundial de la Salud (Ginebra 1994), el volumen de excrementos se puede expresar así:

$V = NPR$, en donde:

V = Volumen de lodos

N = Período de vida útil en años

P = Promedio de usuarios

R = Tasa de acumulación de lodos en litros /habitante-año

Tomando los valores de:

$N = 1$ año

$P = 5$ usuarios

$R = 50L$ (pero la bibliografía dice que este valor es de 30L porque las heces fecales se encuentran deshidratadas y es más bajo en letrinas secas que en las letrinas con arrastre de agua. Pero se da un margen de seguridad mayor debido a los casos fortuitos como visitas, fiestas, etc.)

El volumen de excrementos producido por 5 personas en 12 meses es de:

$$V = 1 \text{ año} \times 5 \text{ personas} \times 50L/\text{personas-año} = 250L$$

Para hallar el volumen total (V_t), se debe sumar al volumen V el material de aporte suministrado (M) que es igual al volumen de los excrementos.

$$M = V = 250L$$

$$V_t = M + V = 250L + 250L = 500L$$

Esta cifra se debe dividir entre el número de sanitarios dispuestos en el hogar (S) que es de 5 para hallar el volumen por sanitario (V_s).

$$V_s = V_t / S = 500L / 5 = 100L$$

Pero no todos los baños son utilizados con la misma frecuencia ni por el mismo número de personas, por ejemplo los sanitarios de las alcobas con baño privado solo son frecuentados por 2 personas a lo sumo, el sanitario del cuarto de servicio por una persona, y los sanitarios de los baños principales pueden ser frecuentados por todos. Entonces el volumen calculado no es absoluto y puede ser menor o mayor. A continuación se plantea un análisis matemático que resuelve éste problema:

Primero se hace una matriz de uso de los sanitarios en donde:

a y b son los habitantes de la alcoba principal
c habitante del cuarto de servicio
d habitante que permanece en el local
e habitante que solo accede a cualquier baño general.

1 es el sanitario de la alcoba principal
2 sanitario de la habitación del servicio
3 sanitario del local
4 y 5 son los sanitarios generales.1

La **x** representa una posibilidad de defecar de una persona.

TABLA 23. MATRIZ DE USO DE LOS SANITARIOS.

DEFECADAS DE PERSONAS						
BAÑO No	a	b	c	d	e	Posibilidades de defecación
1	x	x				2
2			x			1
3				x		1
4	x	x	x	x	x	5
5	x	x	x	x	x	5

Fuente: Los autores

Ahora se plantea la ecuación matemática:

Condiciones:

- Posibilidades de defecación, es igual a una constante.

- Como todos los baños tienen las mismas características de retención por cuestiones de estandarización entonces:

$$B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5$$

Los baños tienen que recibir el volumen total (excrementos mas material de aporte) de 5 personas al año y este es igual a 500L.

Uniendo estas tres condiciones, se analiza cómo la suma de las posibilidades de defecación por baño al año completa el volumen excretado de 5 personas al año.

Desarrollo:

$$2B_1 + B_2 + B_3 + 5B_4 + 5B_5 = V_t$$

Como $B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5$ entonces: tomamos B_x que representa un baño cualquiera.

$$14B_x = V_t$$

$$B_x = V_t / 14$$

$$B_x = (500L) / 14 = 35.71 L$$

Esto quiere decir que por cada posibilidad de defecación acumulada por persona que se realice al año en alguno de los baños o sanitarios, se acumulará un volumen de excrementos y material de aporte de 35.71L.

Como las posibilidades máximas de defecación son de 5, entonces:

$$5 \times 35.71 = 178.57 \text{ L al año.}$$

Es decir que los contenedores de cada unidad sanitaria seca deben tener una capacidad de 178.57 L.

Para tener más certeza de esta medida, se realiza una encuesta y se hace un porcentaje de empleo del sanitario por parte de personas que tienen baño privado en sus habitaciones. A partir de este resultado se utilizan las mismas condiciones del análisis y la matriz de uso hecha anteriormente.

$$1 \text{ persona} = 50 \text{ L} + 50 \text{ L} = 100 \text{ L anuales}$$

TABLA 24. RESULTADO USO DE SANITARIOS.

Persona	% de uso	Volumen (L)
a	80% en 1	80
	10% en 4	10
	10% en 5	10
b	80% en 1	80
	10% en 4	10
	10% en 5	10
c	90% en 2	90
	5% en 4	5
	5% en 5	5
d	60% en 3	60
	20% en 4	20
	20% en 5	20
e	50% en 4	50
	50% en 5	50

Baño	Volumen (L)
1	160
2	90
3	60
4	95
5	95

Fuente: los autores.

Con estos dos métodos de análisis los resultados del volumen máximo son similares 178.57 L y 160 L con una diferencia de 18.57 L.

Lo necesario para cumplir con los requerimientos de seguridad sanitaria; en el caso que se opte por procesar las heces *in situ*, es que los tiempos sanitarios sean los adecuados.

Una USS se llena más rápido que las otras debido a la frecuencia de uso, las otras USS tardan más tiempo para llenarse, aumentando la seguridad sanitaria; o en caso de emergencia, hay contenedores y espacio disponible para intercambiar por los contenedores llenos o los que presenten problemas o accidentes.

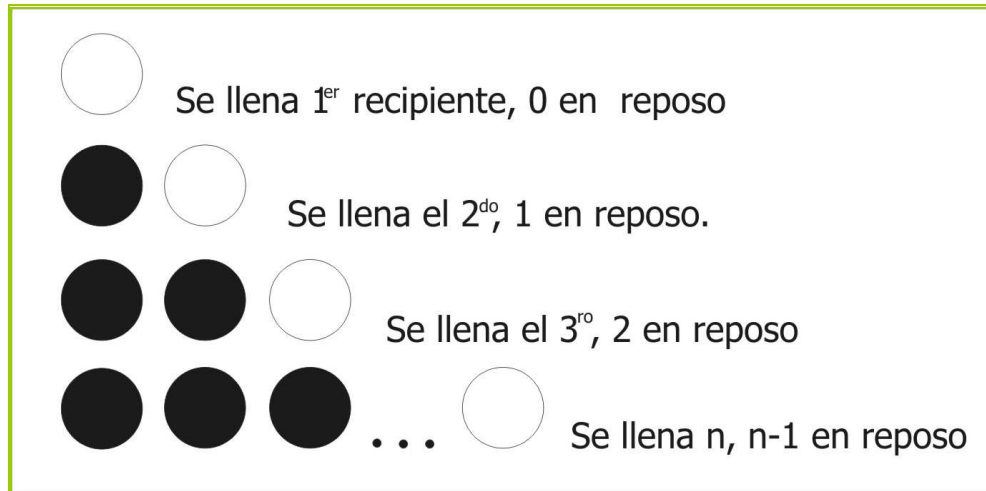
Cantidad de contenedores

Con la cantidad de contenedores podemos distribuir el peso y el volumen de los excrementos y calcular el tiempo de reposo.

Para calcular el tiempo de reposo de las heces cuando se utilizan varios contenedores se utiliza la siguiente ecuación.

- $V_t =$ volumen total en L = volumen de las heces + volumen del material de aporte.
- $(n) =$ número de contenedores.
- $(t_r) =$ tiempo de reposo en meses.
- $(n-1) =$ posibilidades de reposo.

FIGURA 45. LLENADO DE CONTENEDORES.



Fuente: Los autores

$$(t_r) = (V_t / n)(n-1)$$

TABLA 25. MATRIZ DE RESULTADOS DE LLENADO.

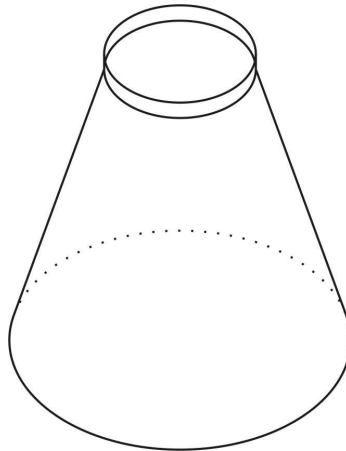
No de contenedores	volumen (L)	SEGURIDAD SANITARIA		ERGONOMÍA
		tiempo reposo (meses)	humedad	peso (Kg)
1	160	0	fresco	160
2	80	6	seco	80 - humedad
3	53.33	8	seco	53.33 - humedad
n	160/n	$(Vt/n)(n-1)$	seco	160/n - humedad

Volumen total	160
Tiempo (meses)	12

Fuente: Los autores

PRIMERA FASE: PROPUESTA VIRTUAL

FIGURA 46. PROPUESTA UN CONTENEDOR GRANDE

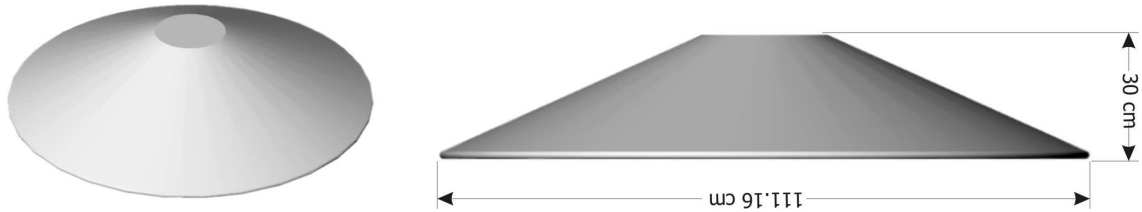


Fuente: los autores

Con uno solo contenedor aumenta el tamaño, las últimas heces están frescas y contienen un grado de humedad mayor, por lo tanto, el peso es mayor, existe problemas con el tiempo de reposo de las heces y la manipulación dentro de la casa.

Las siguientes imágenes son un ejemplo de la dificultad de trabajar con un solo contenedor que cumpla con el volumen necesario; en el caso que la altura sea igual a 30cm, la base tendrá un diámetro de 112cm.

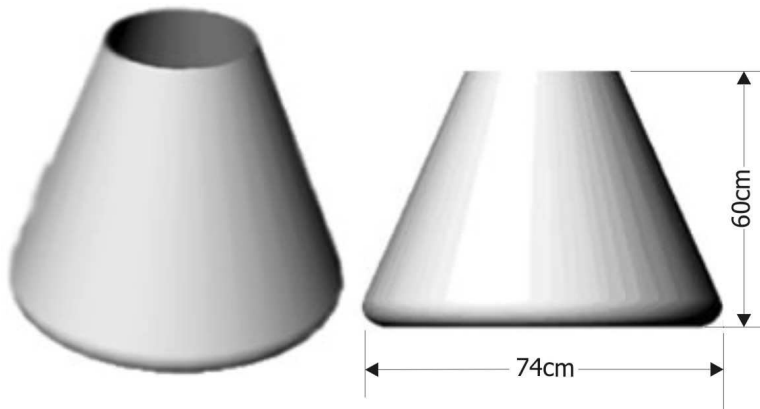
FIGURA 47. PROPORCIÓN ALTURA- BASE DEL CONTENEDOR



Fuente: los autores

Para este caso se debe diseñar un dispositivo que reparta los excrementos a lo ancho del contenedor.

FIGURA 48. CONTENEDOR PROPORCIONADO



Fuente: los autores

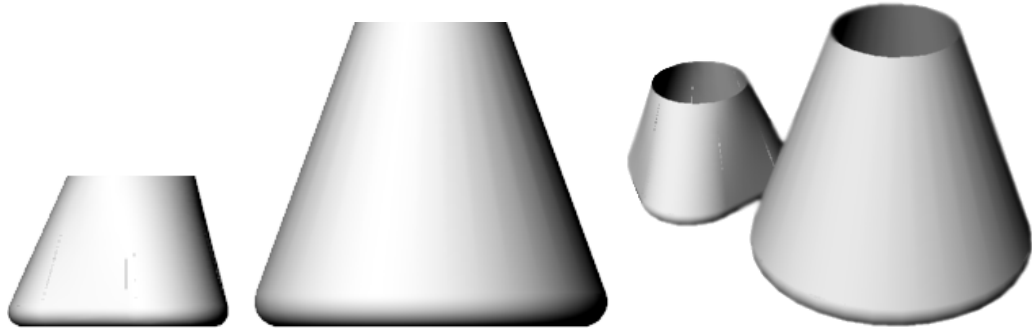
Si no se quisiera tan ancho entonces la altura aumenta.

Varios contenedores

Con varios contenedores se disminuye el volumen del contenedor, se cumple con el tiempo de reposo y se pueden secar las heces, a la vez que se disminuye el peso.

En la primera fase de proyecto se decide trabajar con varios contenedores por las ventajas que representa. Por ejemplo nótese la diferencia de tamaño del contenedor alto con uno de una tercera parte de su volumen.

FIGURA 49. DIFERENCIA DE TAMAÑOS CONTENEDORES.



Fuente: los autores

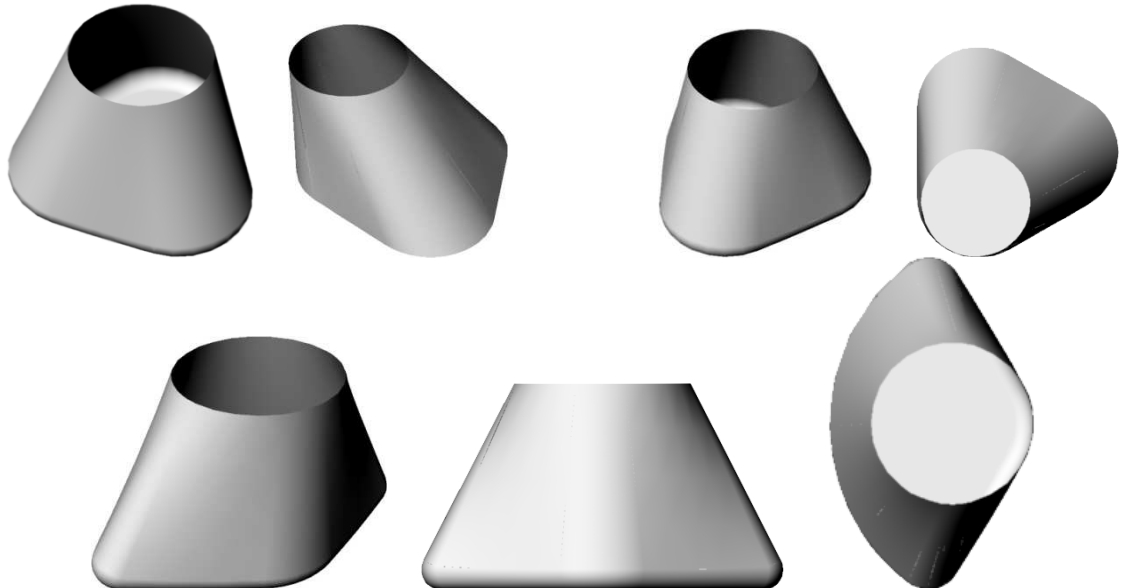
Con las formas básicas y el volumen calculado, se continúa el proceso de desarrollo formal del contenedor asistido por computador.

Se modelan varios contenedores con un volumen aproximado de 30L para ser agrupados en conjunto de tres y sumar un total de 90L, estos contenedores tienen una capacidad para almacenar excrementos de 6 meses y no superan los 25Kg de peso.

A continuación se muestra la exploración formal:

Se basó en una base triangular que permite agrupar los contenedores con mayor facilidad.

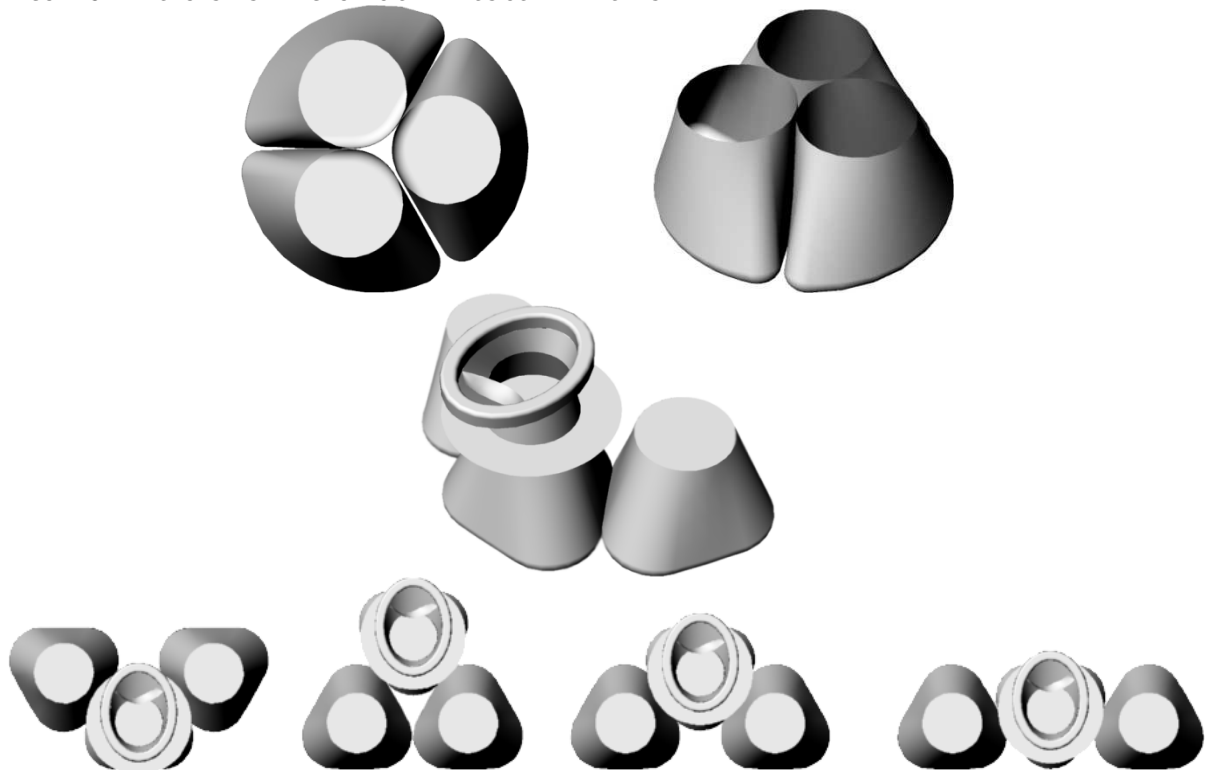
FIGURA 50. CONTENEDORES DE BASE TRIANGULAR.



Fuente: los autores

En estas gráficas se muestra como se pueden agrupar los contenedores:

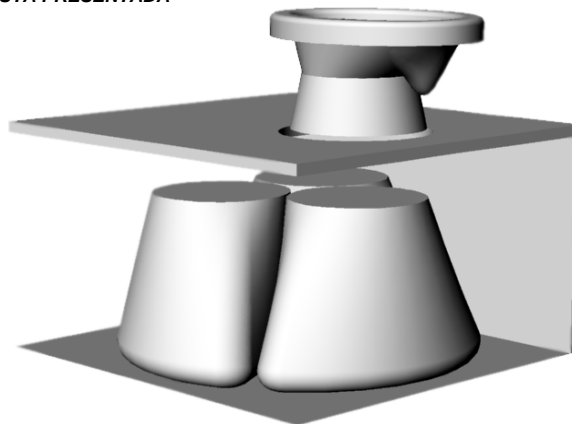
FIGURA 51. PROPUESTAS DE AGRUPACIÓN DE LOS CONTENEDORES.



Fuente: los autores

Con esta exploración formal se hizo un modelo virtual general que fue la primera propuesta que se presentó a los encargados del diseño general del pueblito.

FIGURA 52. PRIMERA PROPUESTA PRESENTADA



Fuente: los autores

MECANISMOS DE GIRO DE LOS CONTENEDORES

Se decidió usar tres contenedores para albergar el contenido de los excrementos, ahora es necesario buscar un mecanismo que permita alternarlos.

Alternativas:

Se descarta la opción de tener unos contenedores fijos y la taza giratoria porque tener una taza móvil es muy complicada debido a las conexiones, mecanismos, frecuencia y dificultad para el usuario.

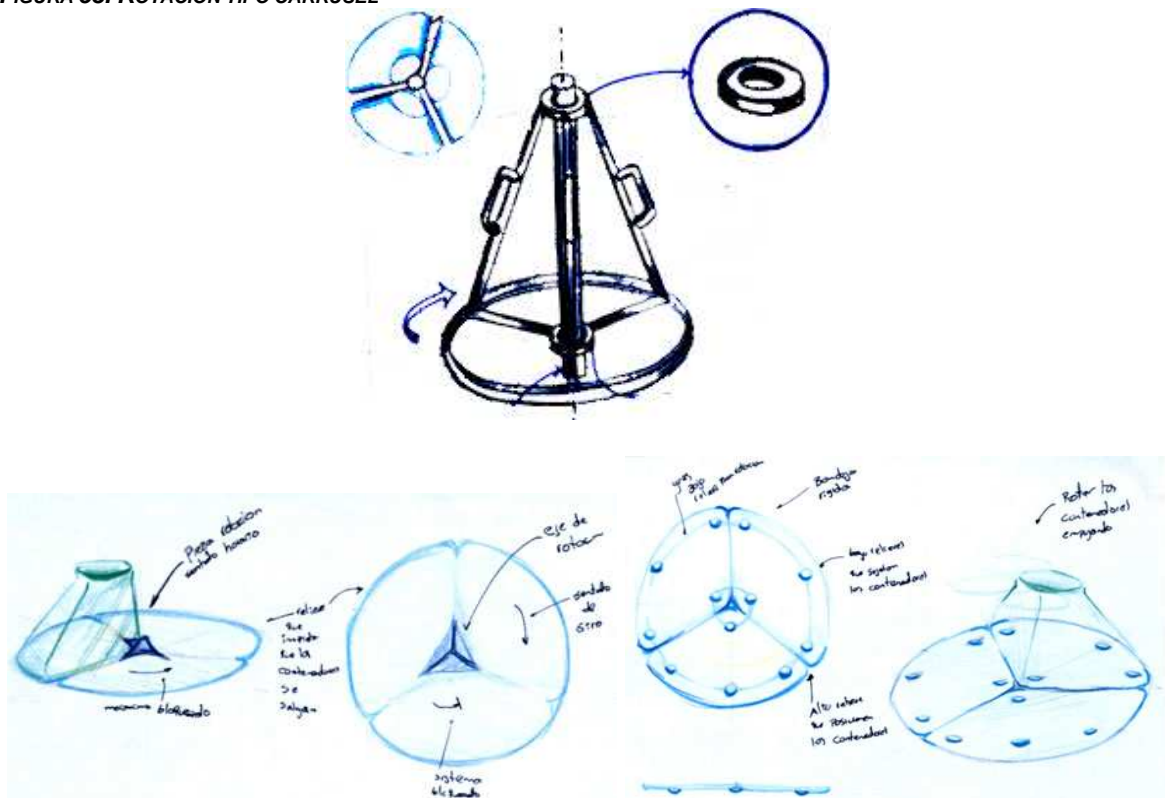
Buscamos emplear algo cotidiano como el carrusel, que además, retoma la idea del sanitario rota-loo de utilizar un sistema de giro para el movimiento de los contenedores.

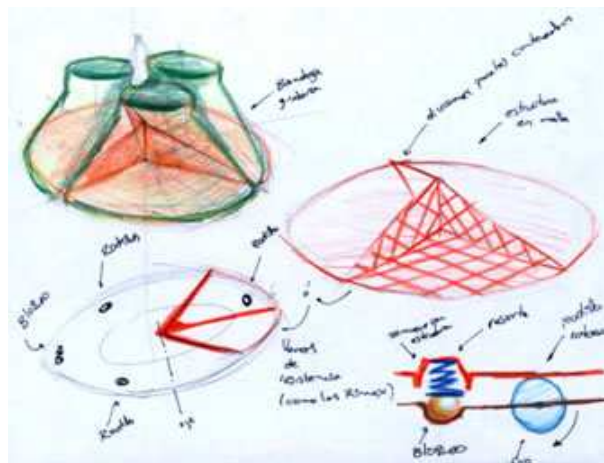
Carrusel

Estas alternativas consisten en utilizar un eje central de rotación, y una plataforma que sustenta a los contenedores.

Es necesario un sistema de topes que permita hacer giros cada 60 grados.

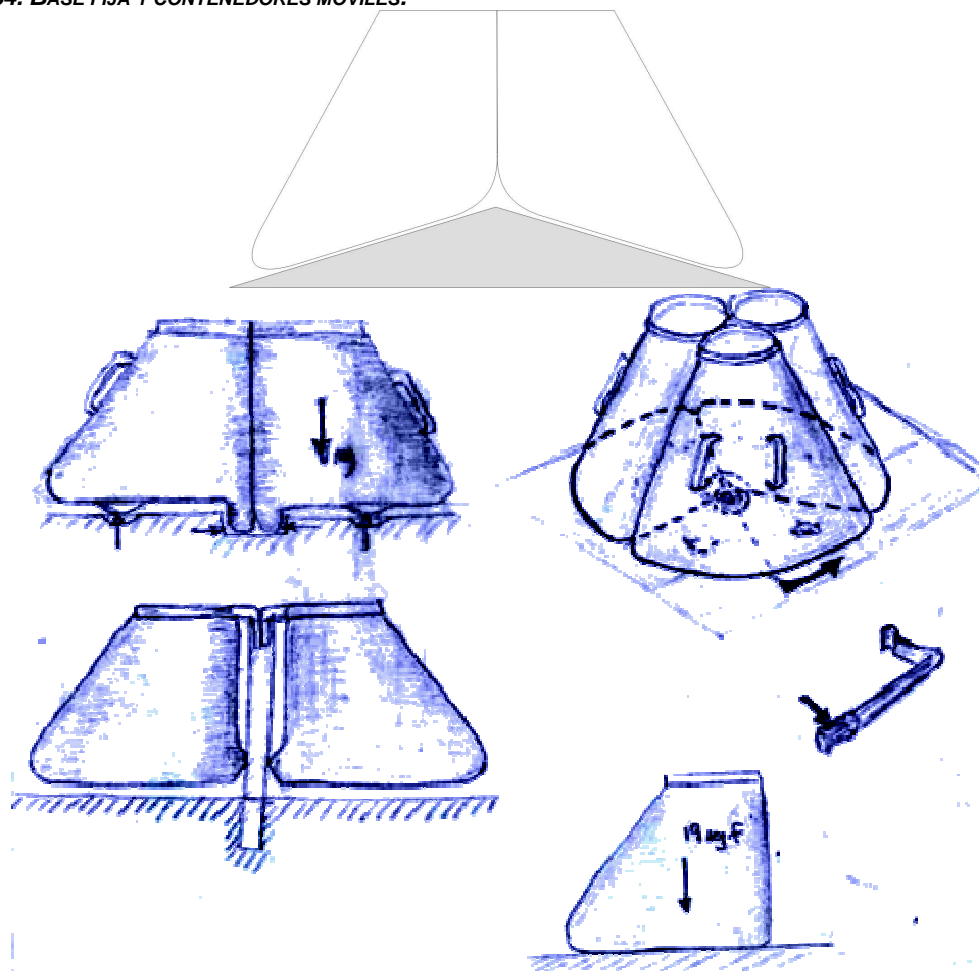
FIGURA 53. ROTACIÓN TIPO CARRUSEL





Fuente: los autores

FIGURA 54. BASE FIJA Y CONTENEDORES MÓVILES.

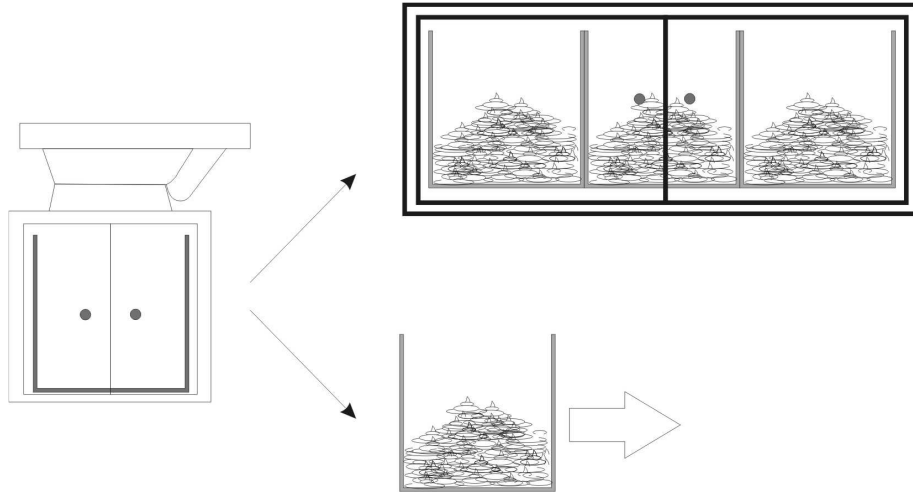


Fuente: los autores

SEGUNDA FASE: MODELO FUNCIONAL

Después de hacer la presentación virtual y de una discusión surgen problemas de espacio complicados de manejar en una casa urbana; el tamaño de los contenedores dificulta el servicio y transporte hacia una zona de disposición de excrementos. Es necesario hacer una serie de cambios.

FIGURA 55. PROPUESTAS DE DISPOSICIÓN DE CONTENEDORES.



Fuente: los autores

Una opción para la reducción de espacio y peso es consiste en la utilización de contenedor pequeño que ocupa poco espacio y tiene menor peso; esto brinda la posibilidad de hacer una USS que se adapte a espacios reducidos; y facilite el transporte y almacenamiento de excrementos.

Además del contenedor pequeño surgen dos propuestas: Una serie de contenedores pequeños que acumulen excrementos y se almacenen aparte del sanitario en la misma casa ó un solo contenedor pequeño que se saque de la casa y posteriormente sea llevado por un sistema de recolección a una planta de tratamiento; estas soluciones implican que los excrementos se saquen secos o frescos del hogar, con sus pros y contras para el proyecto que son evaluados a continuación.

TABLA 26. HECES SECAS O FRESCAS: PROS Y CONTRAS.

¿SECAS O FRESCAS?	
Pros	Contras
Frescas	
Retirarse rápido	Riesgo biológico
Ocupa poco volumen	Muchos contenedores
Simplifica el sistema	Empresa de recolección eficiente

Genera hábitos	Residuos contaminantes
Posibilita producir gas	Aumento del costo transporte
Secas	
Menor riesgo biológico	Aumenta del volumen del contenedor
Menos contenedores	Almacenamiento en la casa
Menor gasto de energía	Mayor permanencia en la casa
Ahorro de transporte a la empresa de recolección	

Fuente: los autores

Ahora con una matriz de evaluación de conveniencia, analizamos cuál de las dos propuestas tiene mayor número de “sí” para ser aceptada.

TABLA 27. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE CONVENIENCIA.

REQUERIMIENTOS	CONVENIENCIA	
	secas	frescas
forma	1	1
seguridad sanitaria	1	0
volumen	0	1
usabilidad	0	1
ergonomía	0	1
medio ambiente	1	1
fabricación	0	1
tiempo	1	0
TOTAL	4	6

SI	1
NO	0

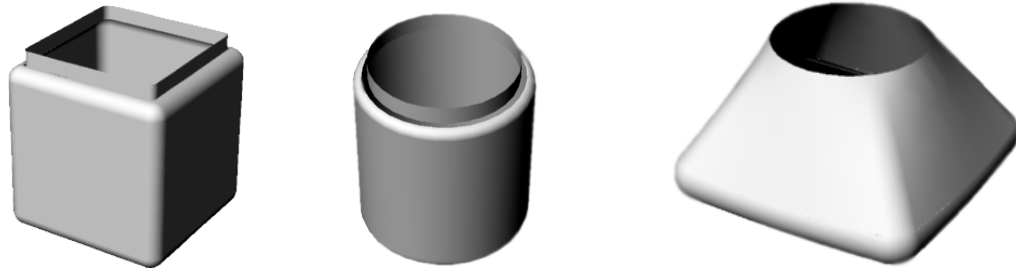
Fuente: los autores

De acuerdo a los resultados de la anterior matriz se debe trabajar un contenedor pequeño que sirva para transportar las heces fuera de la casa.

Desarrollo del contenedor pequeño para modelo funcional

Propuestas formales:

FIGURA 56. PROPUESTAS FORMALES PARA CONTENEDOR.

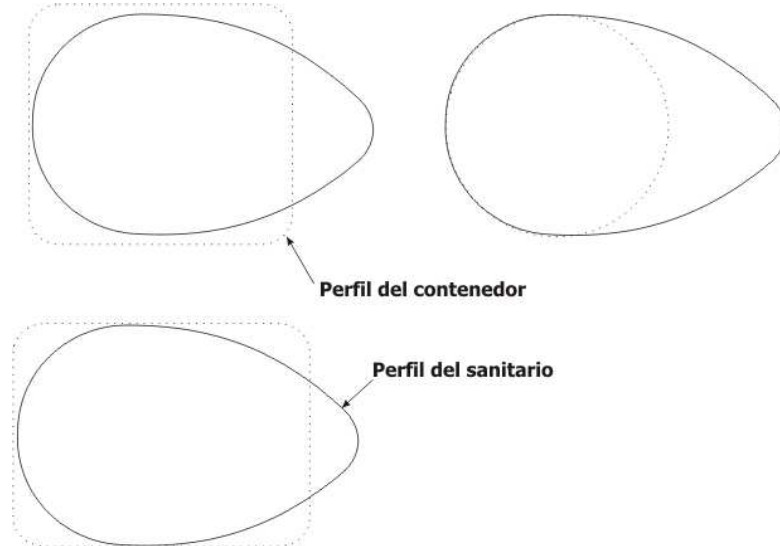


Fuente: los autores

El envase rectangular de plástico “se ha diseñado para usar el menor plástico posible. La forma rectangular ha reemplazado a los envases circulares, por lo que proporciona un ahorro de espacio de 26% en cada artículo. Mediante adecuados patrones de apilamiento, se necesita 30% menos de espacio en los canales de transportación, almacenamiento y distribución”⁶³. Teniendo en cuenta esta información se ha decidido utilizar un envase rectangular para seguir desarrollando la propuesta.

El perfil de contenedor que más se adapta al perfil de la taza sanitaria es el rectangular, porque abarca un área mayor; el área ideal es un ovalo igual al perfil de la taza; por facilidades de producción se hace tapas cuadradas o redondas.

FIGURA 57. BOCA DEL CONTENEDOR CIRCULAR O CUADRADA.



Fuente: los autores

⁶³ (TOMADO DE: EDWARD DENISON Y GUANG YU REN. Packaging 3 – Envases ecológicos. Traducción: Saúl Flores Soto. Mc Graw Hill. México 2002. pg 29-31)

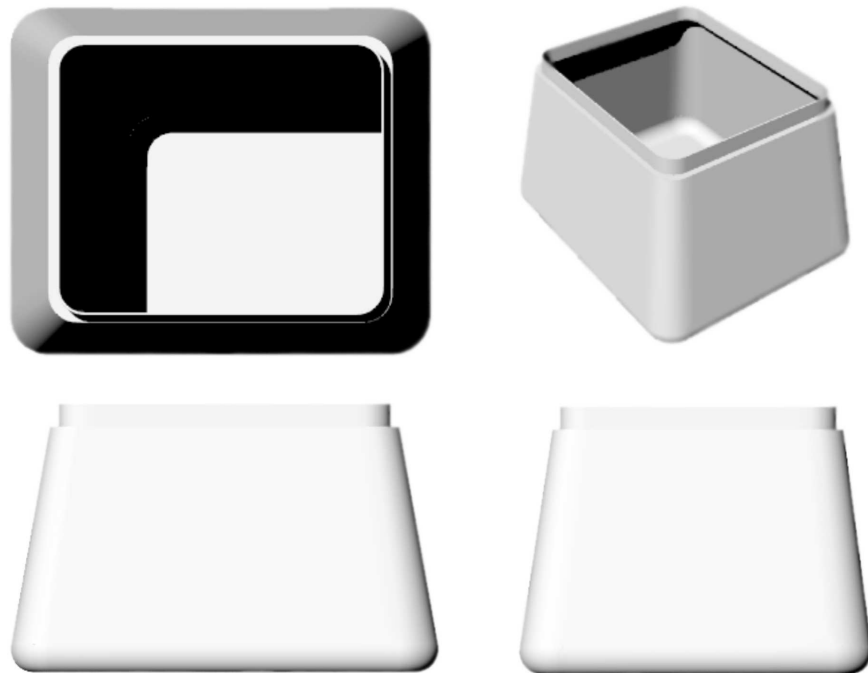
Para tener un mejor aprovechamiento del espacio manteniendo la base cuadrada, teniendo en cuenta la forma de acumulación de las heces que es en forma cónica y la boca del tarro se toma la decisión de mezclar una forma rectangular con una forma piramidal.

FIGURA 58. EVOLUCIÓN DE PROPUESTA FORMAL.



Fuente: los autores

FIGURA 59. PROPUESTA SELECCIONADA



Fuente: los autores

El contenedor del modelo funcional se propuso para albergar heces durante un periodo de un mes, lo cual ocupa un volumen de 14.68 L. pero se redondeo para ocupar un volumen de 19.65 L para dejar un margen de seguridad.

Nivel de llenado

Se controlará de acuerdo a lo establecido en el tamaño de los contenedores con respecto al tiempo y el volumen de heces.

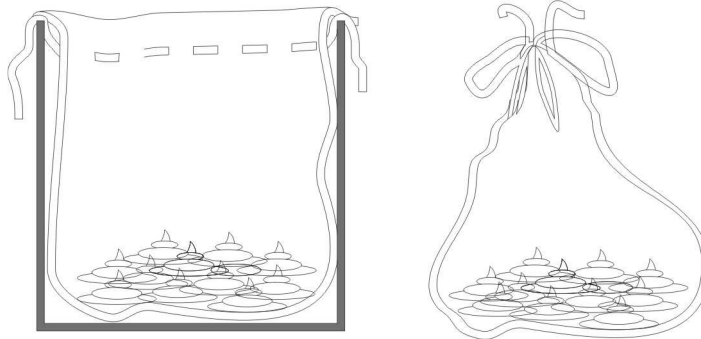
Transporte de excrementos

Estas son algunas opciones para solucionar el problema de transporte de excrementos.

- Bolsa biodegradable: el contenedor queda fijo en la USS y la bolsa se tira de un cordón y se retira de la casa. En la disposición final de excrementos es simplemente compostar el excremento con bolsas incluidas.

El problema con ésta solución es la necesidad de levantar la taza del sanitario, pudiendo causar daños, machucones, desconexión y daño de mecanismos. Además no se encuentra en el mercado nacional bolsas de polímeros biodegradables que se puedan usar; igualmente durante su manipulación existe la posibilidad de que las bolsas fallen por rasgado, sobrepeso o mala calidad generando riesgos sanitarios.

FIGURA 60. BOLSA BIODEGRADABLE.

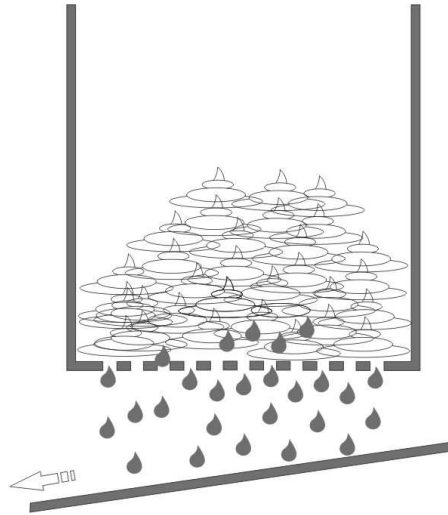


Fuente: los autores

- Contenedor con desagüe: el contenedor funciona como un colador, la humedad de los excrementos son reducidas mediante la filtración de la humedad y aplicación de aire por la parte inferior. Existe la posibilidad con éste método de mezclar orina y excrementos.

Esto funciona para una zona con una humedad baja, en una zona húmeda el problema que surge es cómo solucionar la disposición final de la humedad.

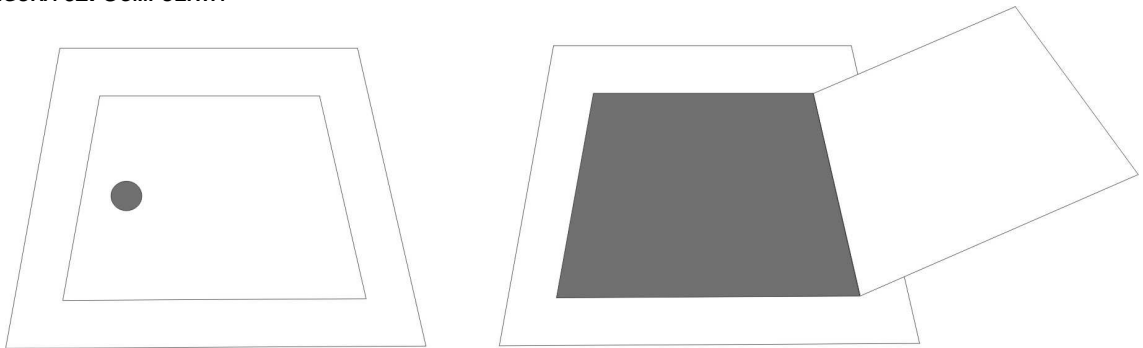
FIGURA 61. CONTENEDOR CON DESAGÜE



Fuente: los autores

- Compuerta: esta solución es similar a la de la bolsa pero ahora no se saca por encima sino por la parte lateral del contenedor que tiene una compuerta que abre y permite retirarla.

FIGURA 62. COMPUERTA



	Percepción	- Debe manejar un lenguaje de uso que facilite su manipulación y accionamiento.
--	-------------------	---

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	Confiabilidad	- Debe presentar el mínimo de fallas posibles.
	Mecanismos	- Su uso y reparación debe poder realizarse por el usuario. - Debe usar principios sencillos de fácil reparación.
	Acabados	- Debe tener un acabado liso. - Debe tener acabados agradables a la vista. - No debe tener partes que impliquen riesgo al usuario.

REQUERIMIENTOS TÉCNICO PRODUCTIVOS	Modo de producción	- La tecnología empleada debe ser la que poseen las pequeñas y medianas empresas nacionales.
	Estandarización	- Se deben estandarizar algunos componentes con el fin de simplificar la producción.
	Materias primas	- Las materias primas utilizadas deben ser materiales poliméricos sintéticos en su mayor parte.
	Control de calidad	- Las piezas que componen los mecanismos deben presentar buenas condiciones

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	Número de componentes	- Debe tener el menor número de piezas
	Estructurabilidad	- Las partes deben encajar de una forma segura.
	Carcasa	- Debe garantizar el aislamiento y seguridad de los mecanismos
	Unión	- Las uniones de sus diferentes piezas deben soportar el peso y movimiento que implica su manipulación.

REQUERIMIENTOS FORMALES	Unidad	- Debe mantener una simplicidad en sus componentes para permitir su funcionalidad. - Debe existir coherencia y proporcionalidad entre sus partes.
	Interés	- Debe motivar al usuario al uso. - Su diseño debe inspirar limpieza e higiene.
	Superficie	- Debe manejarse texturas lisas. - Debe utilizarse colores acordes al sanitario y agradables a la vista del usuario. - Se deben evitar sitios donde se pueda acumular material.

Fuente: Los autores

DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Elemento de descarga

Se requiere un elemento con el cual se pueda agregar material de aporte a las heces de forma homogénea y que implique el menor compromiso por parte del usuario, su accionamiento puede ser manual o automático.

Lluvia de ideas conceptuales

Se analizaron diferentes tipos de elementos de la vida cotidiana que cumplen funciones de descarga o distribución de material y otras palabras claves con el fin de definir un concepto y generar ideas diversas, entre ellas se encontraron los siguientes:

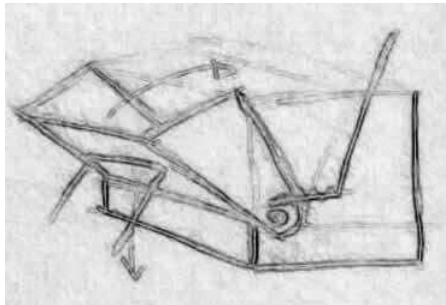
FIGURA 64. LLUVIA DE IDEAS ELEMENTO DE DESCARGA

Cuchara, pala, bulldozer, volqueta, máquina basculante, caja móvil, dispensadores, dosificadores, distribuir, sacar, disponer, capacidad, espacio, esfuerzo, manipulación, controladores automáticos, ergonomía, practicidad, usabilidad, seguridad, forma, volumen.

Fuente: Los autores

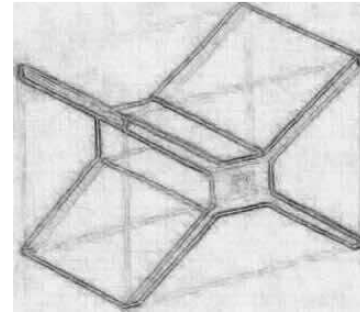
A partir de estas palabras y analizando el funcionamiento de varios dispensadores: café, dulces, alpiste, jugos, cereal de los que se concluyó que funcionan bajo el principio del tonillo sin fin, se bocetaron algunas ideas que se muestran enseguida.

FIGURA 65. IDEAS SISTEMA DE DESCARGA



Elemento tipo pala que rota con base en un punto fijo hacia uno de sus extremos se acciona por medio de una palanca.

Elemento de dosificación de material en cuatro etapas, posee un eje central que permite el movimiento.



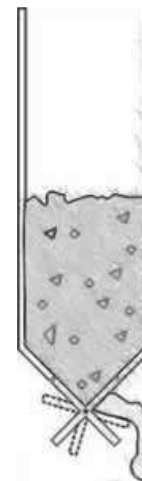
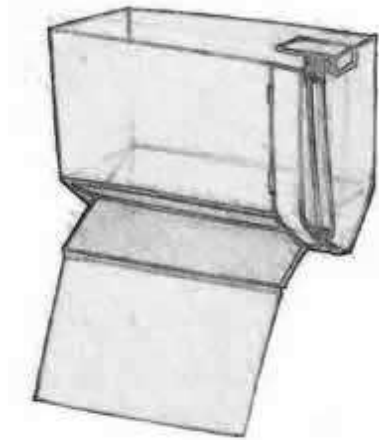
Dispositivo de apertura y cierre que obstruye el flujo del material, debe ser accionado presionando la palanca hasta que salga la cantidad de material deseado.

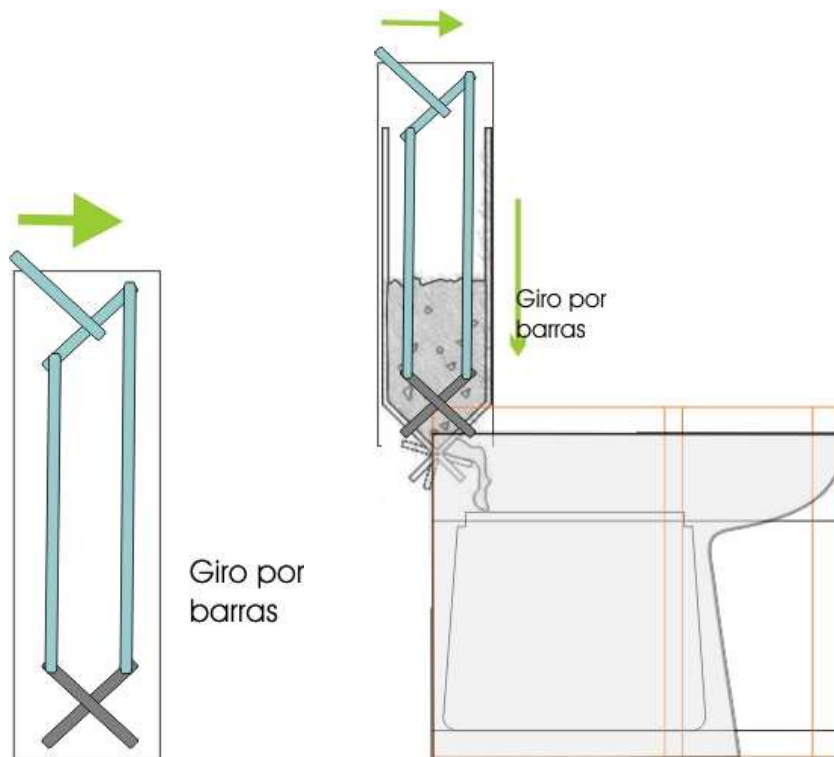
Fuente: Los autores

Reuniendo algunos de los conceptos se plantean dos alternativas: descarga por tolva, descarga por tornillo

Descarga por tolva

Figura 66. Alternativa de descarga por giro - tolva



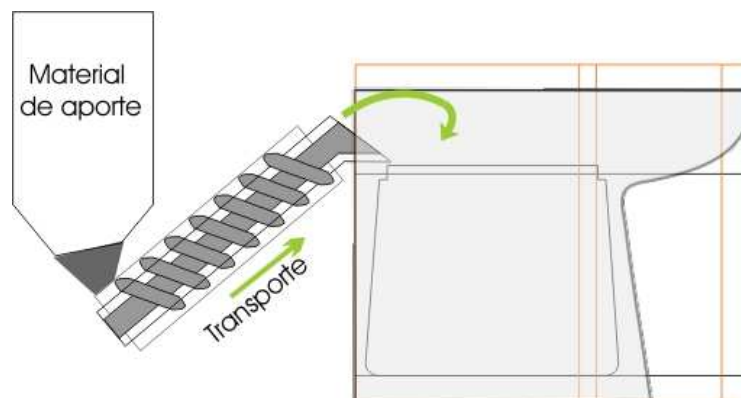


Fuente: Los autores

El material de aporte es almacenado en un tanque que se ubica sobre el sanitario. Se descarga usando una tolva que dosifica la cantidad necesaria de material. El giro de la tolva se realiza por medio de barras articuladas a las cuales se les aplica una fuerza.

Descarga por tornillo de arrastre

Figura 67. Descarga por tornillo de arrastre



Fuente: Los autores

El tanque se ubica en la parte posterior del sanitario y el material de aporte es transportado por un tornillo sin fin hacia el interior del contenedor. El movimiento del tornillo se acciona por medio de una manivela.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de una alternativa se evaluarán las propuestas contraponiéndolas con los requerimientos establecidos según la matriz planteada en el Manual de Diseño Industrial.⁶⁴

Se estipulan tres criterios de evaluación,

0 No cumple

1 Cumple medianamente

2 Cumple

Las alternativas se identificarán de la siguiente forma:

A1 Descarga por tolva

A2 Descarga por tornillo

Tabla 29. Matriz de evaluación de alternativas.

		A1	A2
USO	Practicidad	1	1
	Conveniencia	2	1
	Seguridad	2	2
	Mantenimiento	2	0
	Percepción	1	1
FUNCIÓN	Confiabilidad	1	1
	Mecanismos	1	1
	Acabados	2	2
PRODUCTIVOS	Modo de producción	2	0
	Estandarización	1	0
	Materias primas	1	1
ESTRUCTURALES	Número de componentes	1	2
	Estructurabilidad	1	1
	Carcasa	1	1

⁶⁴ RODRÍGUEZ M, Gerardo, Manual de Diseño Industrial: curso básico UAM-A. México: Gustavo Gilli, 165p.

	Unión	1	0
FORMALES	Unidad	1	1
	Interés	1	1
	Superficie	1	1
TOTAL		23	17

Fuente: Los autores

Se selecciona la alternativa A1 para ser construida y evaluada en el modelo funcional.

Elemento de ocultación

Uno de los principales retos del proyecto es romper el paradigma de la gente en cuanto al uso del W.C. como solución en la “desaparición” de excrementos y en el saneamiento básico; se busca que los sanitarios secos tengan una gran aceptación pero para esto se debe hacer un trabajo de concientización en la sociedad, sin embargo el diseño industrial permite influir en el cambio de conceptos por medio de las características representadas en los objetos.

Se requiere que el sanitario genere seguridad al usuario y evitar cualquier signo de repugnancia creado por el desaseo o el mal manejo de los excrementos.

De acuerdo con esto surge otra necesidad de gran importancia que es la de evitar que los usuarios vean directamente las heces almacenadas *in situ* durante y después del uso del sanitario.

Investigando sobre las diferentes soluciones que se encuentran en los sanitarios secos del mercado actual para evitar este contacto sensorial directo y la bibliografía consultada para el desarrollo del trabajo, se necesita diseñar un elemento que se ubique como barrera principalmente visual, ya sea un elemento de apertura y cierre o empleando efectos ópticos.

Nuevamente se realiza un *brain-storming* para la generación de ideas, en el cual se señalan elementos cotidianos para la solución del problema, palabras relacionadas y diferentes conceptos que puedan ser útiles.

FIGURA 68. BRAIN-STORMING MECANISMO DE OCULTACIÓN.

Cubrir, ocultar, espejos, luces, efectos ópticos, caja móvil, material de aporte, compuertas, accionamiento

Objetos que guardan: portalápices, cajones, gavetas, vainas de las semillas, silos, caja fuerte.

Cosas que abren y cierran: ojos, puertas, alas, boca, obturador de cámara fotográfica, celdas de plegado (cortina).

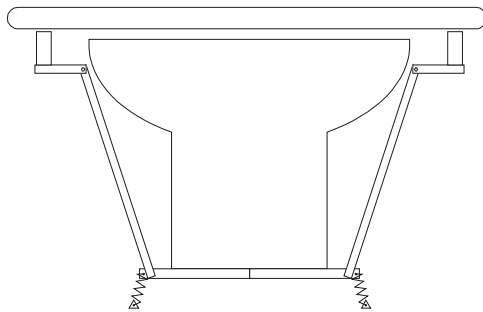
Fuente: Los autores

A partir de estos se proponen las siguientes soluciones:

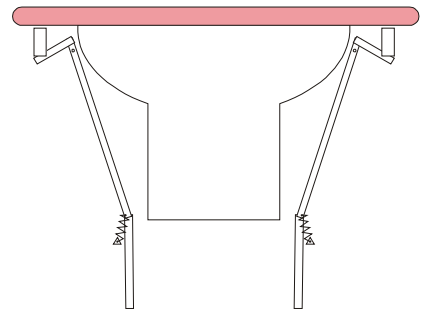
Aletas

FIGURA 69. MECANISMO DE ALETAS

Posición 1: aletas cerradas



Posición 2: aletas abiertas



Fuente: Los autores

Consiste en un mecanismo accionado por el peso que ejerce la persona al sentarse, el cual hace que las barras ubicadas hacia los costados giren hasta que las aletas inferiores roten 90°, luego retornan a su posición inicial con la ayuda de un resorte.

Ventajas

- El contenedor se ubica directamente debajo del mecanismo.
- No se tiene contacto visual con las heces.
- Pocas piezas.

Desventajas

- Requiere de mucho espacio para realizar el giro.
- Requiere precisión.

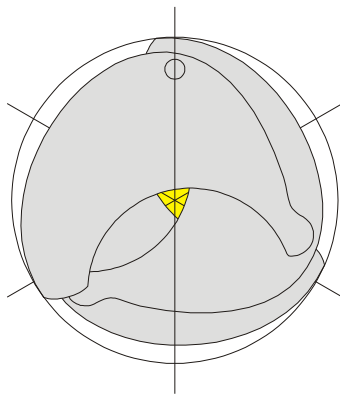
Diafragma

De 3 aspas

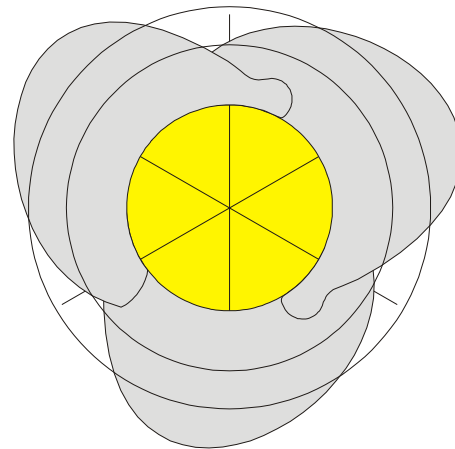
Empleando el mecanismo de las cámaras se proponen dos alternativas un diafragma con tres aspas y otro con 6, al ser accionados ellos se abren permitiendo el paso de las heces y luego se cierran para que el usuario no visualice el interior del contenedor.

FIGURA 70. DIAFRAGMA DE 3 ASPAS.

Posición 1: aspas cerradas



Posición 2: aspas abiertas



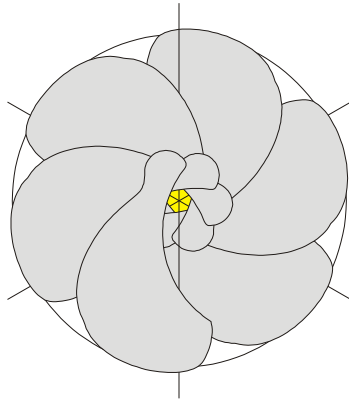
Fuente: Los autores

Al usar solo tres aspas se requiere un mayor desplazamiento lateral lo que implica más espacio a lo ancho por lo cual se proponen seis aspas.

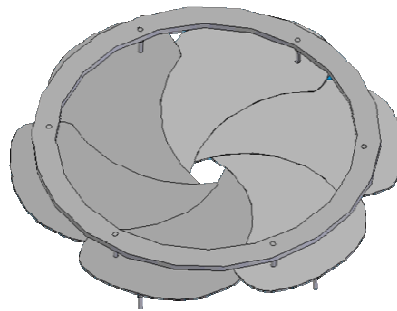
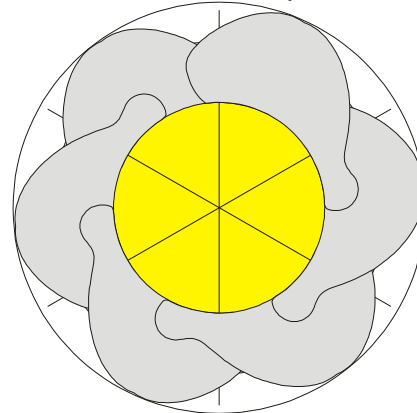
De 6 aspas

FIGURA 71. DIAFRAGMA DE 6 ASPAS.

Posición 1: aspas cerradas

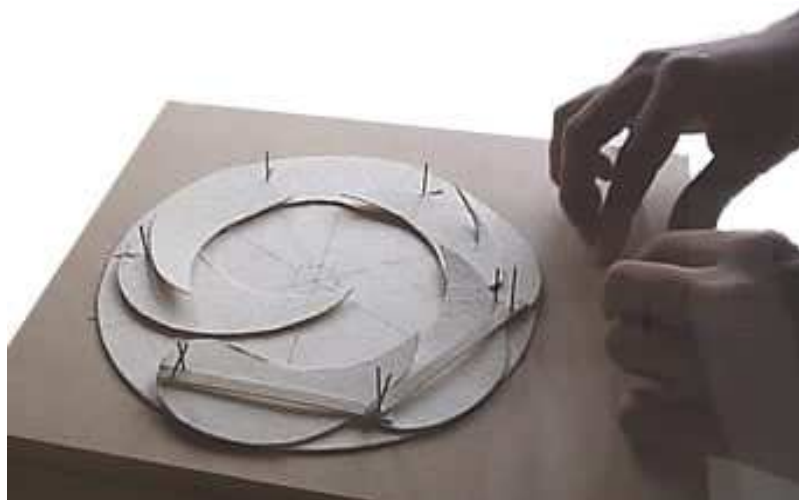


Posición 2: aspas abiertas



Fuente: Los autores

FIGURA 72. MODELO DE MECANISMO DE 6 ASPAS.



Fuente: Los autores

Ventajas

- El contenedor se ubica directamente debajo del mecanismo.

- No se tiene contacto visual con las heces.

Desventajas

- Requiere muchas piezas generando mayores posibilidades de falla.
- Requiere de mucho espacio para realizar el giro.
- Requiere precisión.
- Las aspas se cruzan en la parte central.
- Es muy delicado.

Ocultación empleando efectos ópticos.

Se sugiere reducir la visualización de las heces por medio de dos herramientas:

1. Empleo de un fondo oscuro (negro) dentro del contenedor que contribuya a disimular su contenido.
2. Aplicación del material de aporte, hasta que esconda completamente las heces.

Para comprobar la viabilidad de la solución se realizó una prueba con un modelo al que se le pintó su interior en negro y se realizó la simulación de cubrimiento de heces primero con cal y luego con tierra que son los principales componentes del material de aporte.

FIGURA 73. PRUEBAS DE OCULTACIÓN.



Fuente: Los autores

Ventajas

- No requiere otros elementos externos.
- El contenedor se ubica debajo del sanitario.
- Mayor seguridad en su funcionamiento.
- Facilita la limpieza

Desventajas

- No se ocultan completamente las heces.
- Al ser mal usado puede generar riesgos al usuario.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de una alternativa nuevamente se evaluarán las propuestas contraponiéndolas con los requerimientos establecidos según la matriz planteada en el Manual de Diseño Industrial.⁶⁵

Se estipulan tres criterios de evaluación,

- 0** No cumple
- 1** Cumple medianamente
- 2** Cumple

Las alternativas se identificarán de la siguiente forma:

- A1** Mecanismo de aletas
- A2** Diafragma de 6 aspas
- A3** Ocultación por efectos ópticos

TABLA 30. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

		A1	A2	A3
USO	Practicidad	2	1	2
	Conveniencia	1	0	2
	Seguridad	2	2	1
	Mantenimiento	0	0	2

⁶⁵ RODRÍGUEZ M, Gerardo, Manual de Diseño Industrial: curso básico UAM-A. México: Gustavo Gilli, 165p.

	Percepción	1	1	1
FUNCIÓN	Confiabilidad	1	0	2
	Mecanismos	1	0	2
	Acabados	2	2	2
PRODUCTIVOS	Modo de producción	1	1	2
	Estandarización	0	0	1
	Materias primas	2	2	2
ESTRUCTURALES	Número de componentes	1	0	2
	Estructurabilidad	1	0	1
	Carcasa	1	1	1
	Unión	1	1	2
FORMALES	Unidad	2	1	1
	Interés	2	1	0
	Superficie	2	1	1
TOTAL		23	14	27

Fuente: Los autores

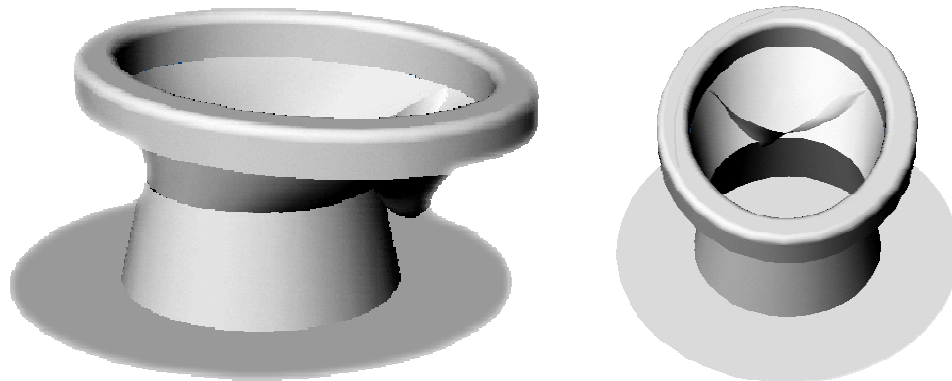
La alternativa seleccionada es la número tres, a la cual se le analizará la viabilidad en la prueba con el modelo funcional.

4.1.3 SEPARADOR DE ORINA

Este es un elemento que va incorporado en el mueble sanitario su principal función como su nombre lo indica es permitir la separación de los excrementos recibiendo la orina y desviándola, se debe garantizar que permanezca limpio y no vaya a generar ningún riesgo para la salud del usuario. Dentro de la búsqueda y análisis de información no se encontraron medidas específicas para el separador de orina por lo cual se decide realizar algunos modelos de prueba con el fin de empíricamente obtener estos datos.

En primer lugar, se realizó una propuesta virtual para proporcionar los espacios.

FIGURA 74. PROPUESTA SEPARADOR DE ORINA.



Fuente: los autores

Luego se procedió a hacer un modelo tallado en poliuretano que sirvió como referencia y acercamiento al problema.

FIGURA 75. PRIMER MODELO SEPARADOR DE ORINA.



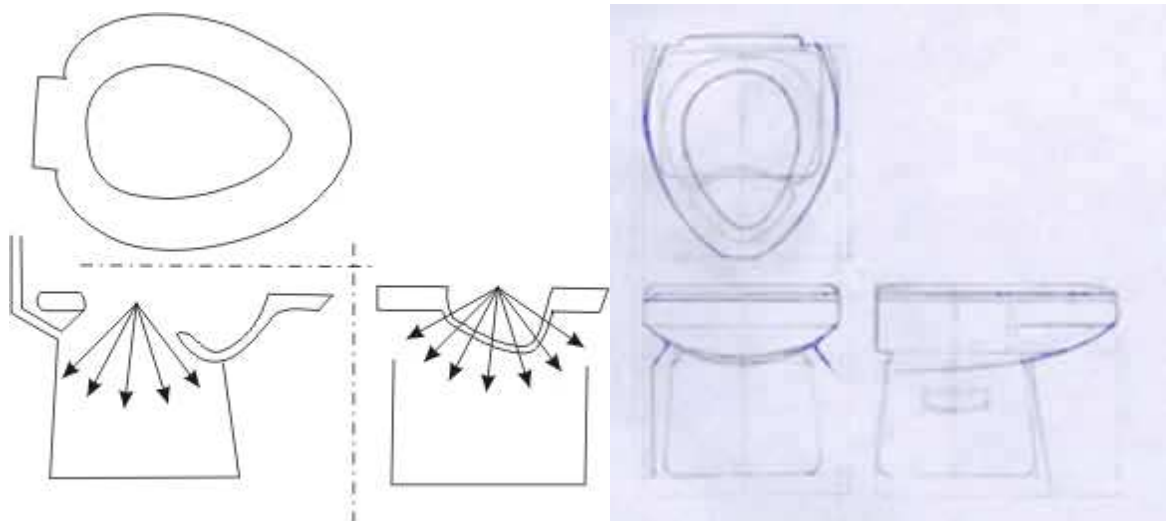
Fuente: Los autores

En el modelo se usaron las medidas de un sanitario convencional gama económica. Este tipo de sanitarios no tiene el espacio suficiente para realizar una división que no genere riesgo de humedecer las heces.

Este modelo es de gran interés por la forma espiralada para el desagüe de la orina.

- Modelo funcional: En el modelo (modelo funcional) se selecciona como sistema de desagüe una adaptación del sistema de lavamanos dejando solo tres orificios abiertos.

FIGURA 76. BOCETOS DIVISIÓN DE ESPACIO.



Fuente: Los autores

FIGURA 77. FASES DE CONSTRUCCIÓN SEPARADOR DE ORINA



Fuente: Los autores

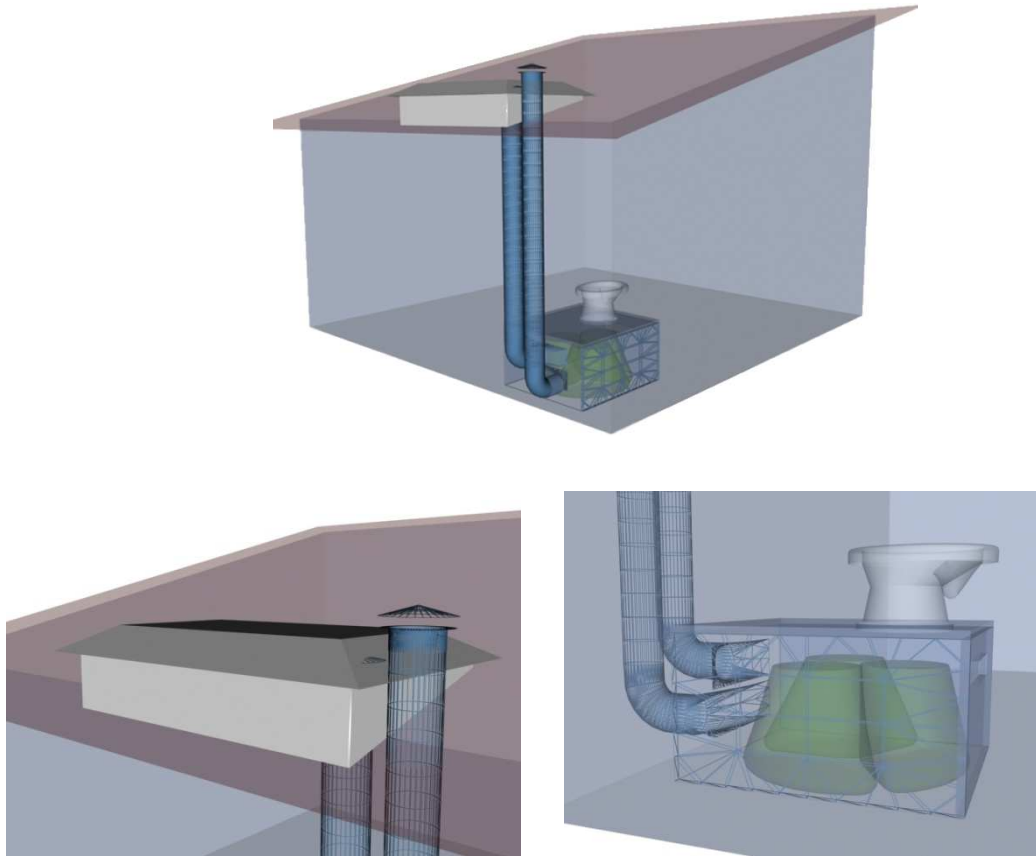
Para este modelo se usaron las medidas externas de un sanitario de gama alta y se proporcionaron según sus componentes; el separador de orina mide un tercio del largo total, la profundidad empleada es de 8cm y los orificios se ubicaron hacia el centro – atrás del separador. Cada orificio tiene un diámetro de 0.8 cm.

Además se plantea una conexión de agua directa a la cometa la cual llena un canal dispuesto alrededor de la parte frontal del separador.

4.1.4 VENTILACIÓN Y SECADO

En la primera propuesta virtual elaborada se presenta el siguiente modelo: consta de una cámara receptora de los contenedores de heces, y dos conductos de ventilación.

FIGURA 78. ESQUEMA DE VENTILACIÓN DEL SANITARIO.



Fuente: Los autores

También se propuso un conducto de ventilación de perfil rectangular, pero no se encontró una bibliografía al respecto que nos confirmara las ventajas de éste sistema, así como su producción y consecución en el mercado.

El secado esta dado por dos factores ya relacionados anteriormente: la agregación de material de aporte que ayudará a reducir la humedad, controlar el pH y evitar los olores; y la ventilación que permitirá el constante flujo de aire dentro del sanitario.

4.2 PRIMER MODELO FUNCIONAL

Para comprobar la viabilidad de las alternativas seleccionadas en cada subsistema se construye un modelo principalmente funcional, para el cual se determinaron los elementos a evaluar, como se explica en la siguiente tabla:

TABLA 31. VARIABLES A EVALUAR EN EL MODELO FUNCIONAL.

COMPROBACIÓN DEL MODELO FUNCIONAL		
SISTEMAS	COMPROBACIÓN	FORMA DE EVALUACIÓN
Mueble sanitario	Dimensiones (alto, largo, ancho)	Evaluación de la comodidad del usuario.
	Separación de orina	Observar la humedad aportada por la caída de orina al contenedor
	Control de vectores	Revisar si se encuentran insectos alrededor o dentro del sanitario seco
Contenedor	Capacidad	Comprobar hipótesis de llenado
	Movilidad y manipulación	Comprobar peso de acuerdo a lo planteado, facilidad de transporte, seguridad, otras opiniones
	Tiempo de llenado	Comprobar hipótesis
	Forma (asas, volumen, tapa)	Comprobar comodidad, agarre, seguridad
Orina	Tiempo de desagüe	Observar si es suficiente la capacidad del separador para la evacuación de la orina
	Control de olores	Verificar los olores provocados por la orina y las heces
	Cuidados	Tipo de limpieza, frecuencia de limpieza
Agua	Ubicación de la llave	Comodidad, uso
	Control de apertura y cierre	Observación de comportamiento
	Presión y/o caudal	Funcionamiento del modelo
Descarga	Mecanismo de barras	Eficiencia en el funcionamiento
	Rampa	Eficiencia en el funcionamiento, inclinación
	Distribución de tierra	Cantidad necesaria de tierra y distribución uniforme
	Viabilidad del tanque	Viabilidad de la relación costo beneficio
	Funcionalidad	Eficiencia del modelo
Otros	Aceptación cultural de la idea	Percepción y aprobación del objeto por parte del usuario
	Usabilidad del sistema	

Fuente: Los autores

En la parte formal del modelo se conservan las características de los W.C. convencionales para no generar rechazo por parte de los usuarios durante la prueba y porque no es el objetivo de la comprobación, sin embargo se maneja una buena presentación y acabados en el modelo con el fin de invitar a su uso y comprobar la aceptación que tiene una solución sanitaria alternativa agradable estéticamente.

4.2.1 ELABORACIÓN DEL MODELO.

Las partes del modelo fueron talladas en poliuretano para luego ser fabricado en fibra de vidrio

FIGURA 79. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL.

Contenedor



Tanque



Mueble sanitario



Fuente: Los autores

FIGURA 80. MODELO FUNCIONAL TERMINADO



Fuente: Los autores

4.2.2 DESARROLLO DE LA COMPROBACIÓN

Tiempo de prueba: 7 días

Se ubicó el sanitario en el cuarto de baño de una casa con 5 adultos y dos niños de 3 y 5 años.

Para el flujo de agua hacia el orinal se realizó la conexión a una llave directa. La persona después de usarlo debe abrir la llave de paso que se encuentra en el costado derecho del sanitario permitir el flujo de agua por el orinal y posteriormente cerrarla.

Para la descarga del material de aporte se llenó el tanque con una mezcla de 3 partes de tierra por 1 de cal.

El separador de orina se conectó a una manguera la cual se introdujo en un sifón del baño.

Para la ventilación se dejó un orificio rectangular en la parte posterior del sanitario.

4.2.3 RESULTADOS DE LA COMPROBACIÓN

MUEBLE SANITARIO

- Las dimensiones de alto, ancho y largo se cumplieron, y se adaptan tanto a niños como a adultos.
- El separador de orina es muy corto para las mujeres por lo que se produce un pequeño goteo hacia el contenedor, entonces se debe ampliar su tamaño a lo largo.

FIGURA 81. MODIFICACIÓN A REALIZARLE AL SEPARADOR DE ORINA



Fuente: Los autores

- Se encontraron cucarachas cerca al sanitario, pero dentro del contenedor de heces, es por esto que se debe garantizar un cierre hermético en el momento de la instalación del sanitario.
- El mueble sanitario fue aprobado a primera vista por la calidad de los acabados, las personas accedían a usarlo al verlo estéticamente agradable.

CONTENEDOR

- La hipótesis de llenado se cumple en los tiempos estipulados en el planteamiento de la alternativa.
- La unión entre el contenedor y la tapa no es segura lo que dificulta su manipulación y transporte.
- Tiempo de llenado no superó los 5 L en la semana.
- La manipulación se logra y el peso no excede los 25kg establecidos

FIGURA 82. CONTENEDOR EN USO



Fuente: Los autores

- La ubicación de las asas no es la apropiada para la secuencia de uso, para manos muy grandes hay poco agarre, además las asas en bajo relieve dificultan la limpieza porque se acumula suciedad en su interior.
- En el momento de la defecación se percibía cierto olor que se mantenía durante algunos minutos. Después de algún tiempo las heces no expelen ningún olor, es necesario por lo tanto colocar un sistema de ventilación hacia el exterior para que haya un flujo de aire constante y se evite cualquier olor desagradable.

ORINA

- Hay evacuación rápida por lo cual se concluye que el tiempo de desagüe es suficiente; se debe revisar la calidad de acabados de la superficie porque debido a algunas protuberancias en la superficie del modelo se acumulaba un poco de orina.

FIGURA 83. ACUMULACIÓN DE ORINA



Fuente: Los autores

- Al orinal se le descargaba agua en cada uso, y a pesar de que no fue lavado ninguna vez durante el tiempo de comprobación, no generó malos olores.

AGUA

El funcionamiento del sistema de flujo de agua no fue el esperado, porque en el primer uso la presión era demasiado fuerte y se necesitó de una llave de paso adicional para controlar mejor la presión; luego de calcular la presión adecuada, se observó que los orificios que se ubicaron no fueron efectivos porque el agua salía en forma de hilos y no limpiaba la totalidad del orinal.

FIGURA 84. SALIDA DE AGUA EN EL SEPARADOR



Fuente: Los autores

DESCARGA

- El mecanismo de descarga no funcionó debido a que era obstruido por la presión que el material ejerce sobre el mecanismo. El giro del mecanismo era impedido además por la acumulación de material en los extremos de giro de las paletas.
- Las uniones de las barras no son seguras porque no permanecen suficientemente apretadas.
- También requiere un eje o cuadrante para la unión entre la barra central y el tanque.
- No se pudo comprobar la distribución del material de aporte al caer dentro del contenedor porque estaba muy compacto y no se deslizó, además la inclinación dada en la rampa no es suficiente para que la tierra deslice pero en el modelo no es posible modificarla porque no se cuenta con el espacio suficiente.

- La altura de la rampa no es la adecuada porque la fuerza de caída no llega a ser tan fuerte y por la densidad del material de aporte se tapa.

FIGURA 85. VISTA SUPERIOR DEL TANQUE.



Fuente: Los autores

- Al no funcionar el mecanismo de descarga, se opta por introducir el material de aporte manualmente, esto provoca que el separador de orina se ensucie.

FIGURA 86. ACUMULACIÓN DE TIERRA.



Fuente: Los autores

- El material de aporte no es suficiente para ocultar los excrementos y al estar a la vista no incitan al uso del sanitario.

FIGURA 87. CUBRIMIENTO DE LAS HECES CON MATERIAL DE APORTE.



Fuente: Los autores

OTROS

- El uso del modelo fue aceptado porque los usuarios lo percibían como agradable debido a la calidad en sus acabados su apariencia estética y a que se asemejaba con la concepción y uso de los sanitarios existentes generando confianza.
- Para este modelo funcional, no se trabajó con un sistema de ventilación porque no estaba en los objetivos de la comprobación, sin embargo, se comprobó en la práctica la necesidad de instalarlo.

4.2.4 CONCLUSIONES DE LA COMPROBACIÓN

- Falta seguridad y precisión en el cajón que soporta el contenedor.
- Se requiere mayor precisión en el mecanismo de descarga para que no se desajuste debido a la fricción entre piezas a la cual se ve sometido.
- Los ejes del mecanismo deben estar alineados para su buen funcionamiento.
- El peso de la tierra sobre la tolva en X hace que la fuerza requerida para moverla aumente demasiado por lo que hay que evitar esta fuerza (peso).
- Se debe controlar la consistencia del material de aporte para que haya un buen funcionamiento.
- Se requiere que la descarga de material de aporte sea encerrada de forma tubular porque la tierra ensucia el sanitario y se hace reguero.

- Es necesario hacer unas pestañas que cubran las paletas del mecanismo de descarga para que no se acumule tierra que obstaculice su funcionamiento.
- Es necesario replantear el tanque propuesto en cuanto a su capacidad, volumen y forma, revisando la viabilidad del mismo.
- Hay que aclarar hacia dónde se va a dirigir la orina y su posible recolección y aprovechamiento.
- Se necesita reevaluar el tamaño del orificio para los excrementos ya que está muy grande y hace más visibles las heces.
- Se debe revisar el peso total del contenedor lleno, la seguridad que presta su correspondiente tapa y la viabilidad de las asas planteadas.
- Se recomienda reducir y unificar el número de componentes, integrar formalmente la unidad sanitaria seca y estandarizar elementos de acuerdo a referencias que se encuentren en el mercado.
- La medida del separador de orina es apta para niños.
- Son necesarias dos llaves de paso para regular la presión del agua.
- Se necesita garantizar que la descarga de agua cubra todo el orinal.
- Es necesario un mecanismo de ocultación para evitar el contacto visual con las heces.
- Se debe garantizar un cierre hermético al instalar el sanitario para evitar la entrada de insectos.
- Un sanitario bien presentado y estéticamente agradable incita su uso.
- Es necesario un sistema de ventilación.

5 DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA FINAL

5.1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS SELECCIONADOS

A continuación se describe el diseño de detalle que se realizó en cada subsistema de acuerdo con las conclusiones y observaciones de la prueba realizada al modelo funcional; algunos de los subsistemas fueron replanteados completamente porque no cumplieron con lo esperado, y los otros se revisaron y complementaron para llegar a una solución que satisfaga la necesidad planteada.

5.1.1 CONTENEDOR

El contenedor queda especificado de la siguiente forma:

- **Capacidad:** se definió que el contenedor va a almacenar aproximadamente 7.5 litros de heces más material de aporte.
- **Frecuencia de cambio:** El contenedor debe ser retirado cada 15 días. El servicio de tratamiento manejo de heces lo recogerá en la puerta de la casa y le dejará un contenedor limpio para su uso. El volumen se tomó según el baño más usado y se manejó un rango de seguridad como se describe anteriormente.
- **Asas:** tiene dos asas en sus costados laterales con las cuales se manipulará el contenedor
- **Tapa:** Se escogió una tapa que entra a presión y garantiza que durante la manipulación de los tarros el usuario no tenga contacto directo con las heces. También se seleccionó como elemento que ayuda al apilamiento de los tarros ya que la tapa encaja en la base de otro contenedor, la tapa se mantiene dentro del sanitario para evitar pérdidas.
- El contenedor está construido en múltiplos de 100 para que sea fácilmente dispuesto en cribas estandarizadas (para su transporte), en las cuales se basa la construcción de las carrocerías de los camiones.
- **Semiótica**

- En el contenedor se presenta la señal⁶⁶ establecida para indicar residuos biológicos con el fin de advertir sobre su contenido y el cuidado que requiere su manipulación para no ocasionar ningún peligro al usuario.

FIGURA 88. RIESGO BIOLÓGICO

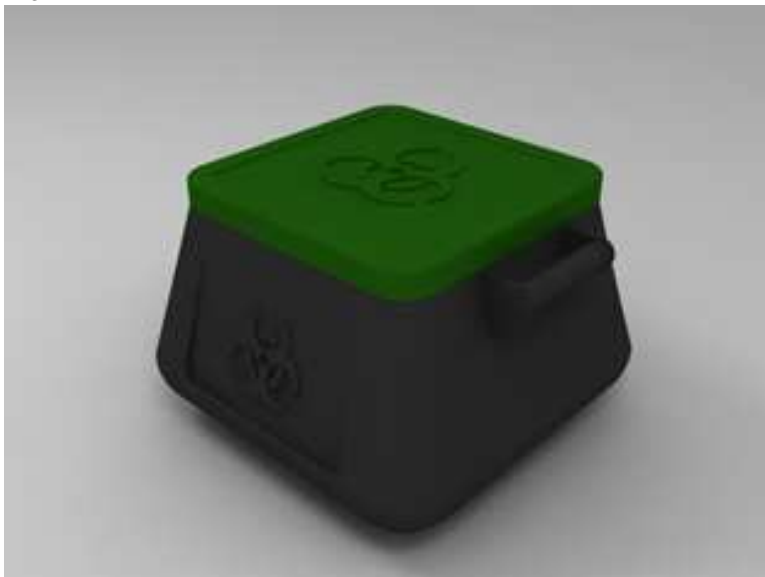


Fuente: Los autores

Esta señal se realizó en bajo relieve en el costado anterior y posterior del contenedor y en la tapa.

- **Control de olores** :durante la estadía del contenedor dentro del sanitario, permanece sin la tapa puesta, para que permita la caída y recolección de las heces; también porque permite una mayor ventilación. Y porque es muy sencillo reducir el pH de las heces agregando el material de aporte.

FIGURA 89. CONTENEDOR FINAL



Fuente: los autores

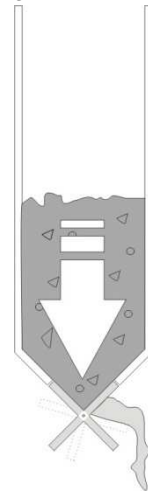
⁶⁶ SEÑAL: Su sentido no es tanto la comunicación sino la indicación, la orden, advertencia, prohibición o instrucción.

5.1.2 MECANISMOS

MECANISMO DE DESCARGA

Al saber que el mecanismo de descarga propuesto no gira, debido a la fuerza ejercida por el material de aporte sobre el mecanismo (ver figura), se procedió a analizar cuál era la solución más efectiva para contrarrestar dicha fuerza.

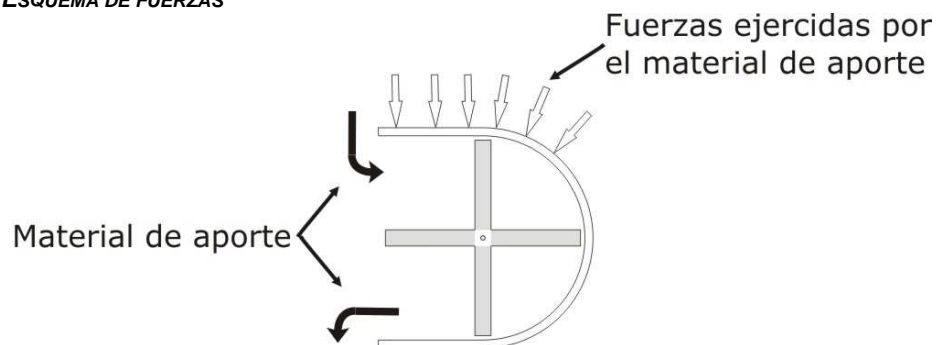
FIGURA 90. PROBLEMA DETECTADO EN EL MECANISMO



Fuente: Los autores

El objetivo principal era el de evitar que la fuerza ejercida por el material de aporte obstruyera el mecanismo, buscando contrarrestarla con un obstáculo pero permitiendo la entrada y salida del material de aporte.

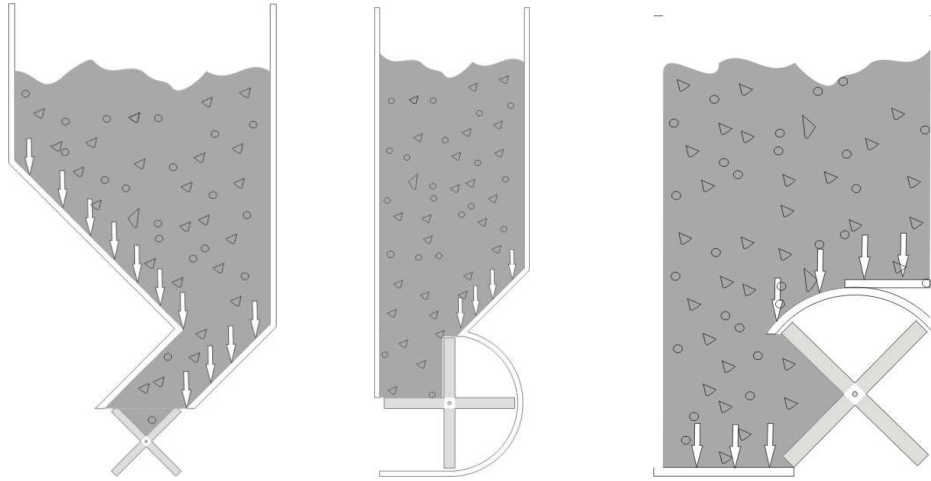
FIGURA 91. ESQUEMA DE FUERZAS



Fuente: Los autores

Algunas propuestas de solución:

FIGURA 92. PROPUESTAS PARA SOLUCIÓN



Fuente: Los autores

La solución escogida en este caso fue la primera.

Después de la selección de la propuesta se procedió a hacer un modelado virtual con las medidas reales del mecanismo y con una capacidad de descarga de carga para cubrir las heces de aproximadamente 136 cm^3

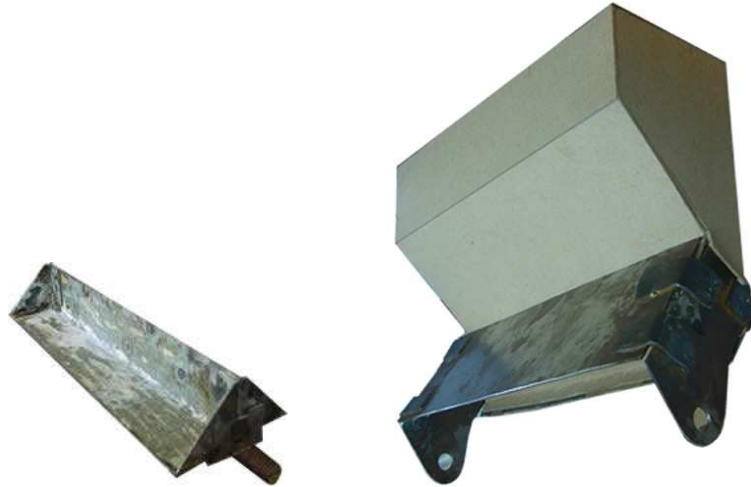
FIGURA 93. MODELADO DEL MECANISMO



Fuente: Los autores

Se realizaron los desarrollos de éste mecanismo y se pasó a fabricar uno real con lámina cold roll

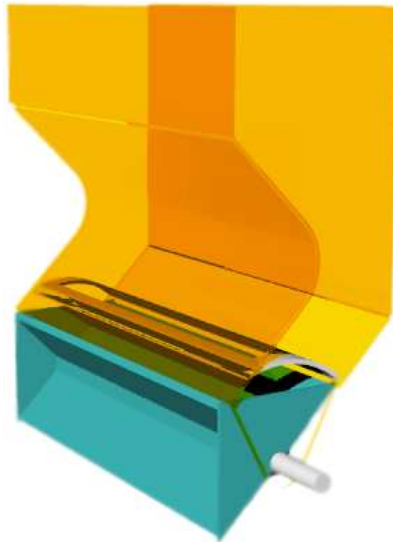
FIGURA 94. MODELO EN LÁMINA PARA PRUEBA



Fuente: Los autores

Este modelo presentó una serie de problemas de ajuste tanto en la fabricación como en el eje de giro del mecanismo; en la parte más angosta de la tolva se dificulta el paso del material de aporte. Debido a todos estos problemas se procedió a remodelar el modelo virtual, y volverlo a construir en P.V.C. con el fin de tener una simulación más real que garantizara el funcionamiento o falla del mecanismo.

FIGURA 95. MODELADO MECANISMO CON CAMBIOS



Fuente: Los autores

Los cambios que se hicieron fueron: curvar la parte más angosta del mecanismo para aumentar su apertura, se mejoró el sistema de sujeción del eje.

FIGURA 96. PIEZAS DEL MODELO



Fuente: Los autores

En las pruebas de éste modelo se lograron superar los errores, pero el material de aporte con el que se estaba trabajando (tierra sin seleccionar) no fluía como se pensaba, entonces se procedió a tamizarlo y probar nuevamente con resultados positivos.

Una vez comprobada la eficiencia de éste ensamblaje se continuó con el mecanismo que acciona el giro de la tolva siguiendo el mismo procedimiento.

FIGURA 97. MECANISMO DE GIRO



Fuente: Los autores

Las palancas se fabricaron en P.V.C., se incorporaron al modelo y se procedió a probarlas.

FIGURA 98. MECANISMO DURANTE PRUEBA



Fuente: Los autores

Las mejoras hechas a este mecanismo fueron: disminuir el número de piezas con respecto a las del modelo funcional, incorporando la unión inferior directamente a la tolva evitando así fabricar un cuadrante en el eje de giro.

MATERIAL DE APORTE:

El material de aporte sirve para reducir olores, a mayor escala ayuda a evitar que las heces se compacten porque aumenta la porosidad, permitiendo que el aire penetre dentro del montón. Cualquier material como cal, ceniza, tierra, composta, roca fosfórica molida o de procedencia orgánica que esté seco puede ser utilizado, ya que después de haber secado, saneado y compostado las heces su incorporación enriquece la tierra, mejorando su textura, y añadiendo nutrientes o microorganismos.

En experimentos hechos con tierra, arena y cal encontramos que una proporción de: una parte de cal, más 5 de tierra, con un poco de arena es suficiente para cubrir las fecas y ayudar al proceso de secado. Esta mezcla no elimina el color negro a la tierra, acelera el proceso de secado debido a la cal. y la arena brinda soltura para que pueda deslizarse con mayor facilidad por la rampla.

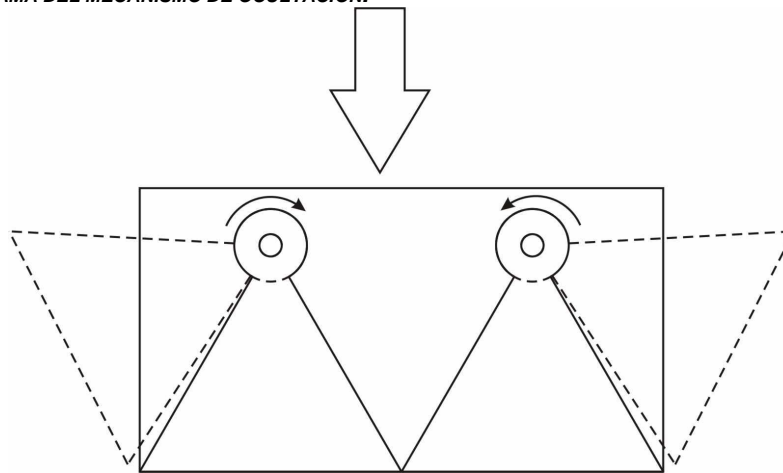
La mezcla del material de aporte puede ser variada dependiendo de las condiciones del contexto donde se implemente el sanitario, el único requisito necesario es que ese material debe estar seco, y ser cernido por una malla con una trama de al menos 5mm.

Mecanismo de ocultación

En las evaluaciones del modelo funcional se vio la necesidad de que el sistema llevara un sistema de ocultación.

La propuesta de mecanismo desarrollada fue de dos paletas que giran sobre sus ejes en el instante en que se ejerce una fuerza hacia abajo como puede observarse en la figura, y al retirarla, el mecanismo volverá a su posición inicial evitando que el usuario observe las heces.

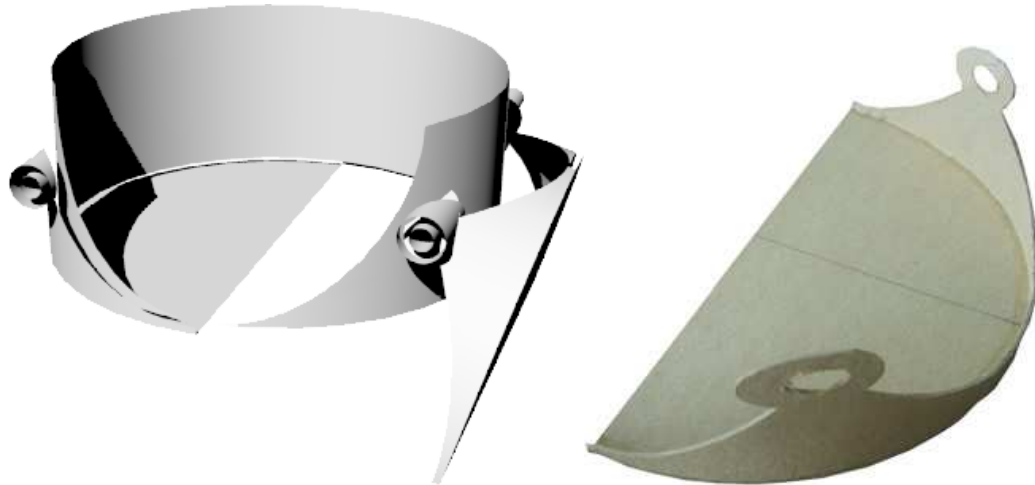
FIGURA 99. DIAGRAMA DEL MECANISMO DE OCULTACIÓN.



Fuente: Los autores

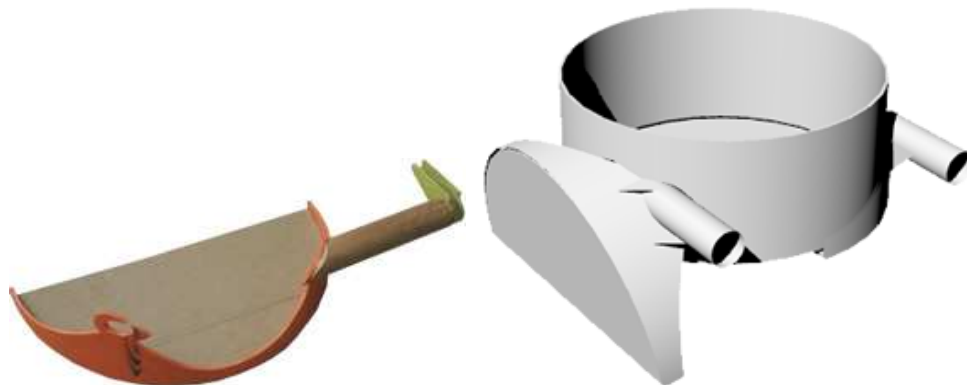
El procedimiento que se siguió para el desarrollo fue hacer un modelado virtual, para luego sacar los desarrollos para posteriormente hacerlos en cartón y P.V.C.

FIGURA 100. MODELADO DEL MECANISMO.



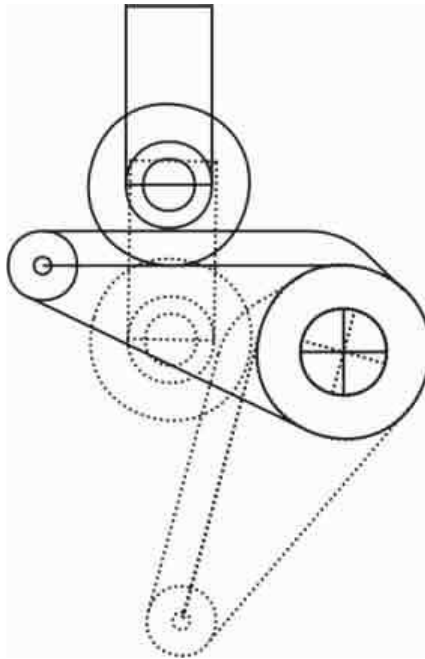
Fuente: Los autores

Para hacer girar el mecanismo se pensó en un eje a lado y lado de la paleta, pero se considero más conveniente dejarla en un solo lado, con una polea que lo haga girar.



el funcionamiento del mecanismo es muy sencillo, consiste en una rueda que se desplaza hacia abajo mientras hace girar una polea conectada a la paleta, este giro permite que la zona de defecación quede descubierta cuando la persona está sentada, y este cubierta cuando se levanta.

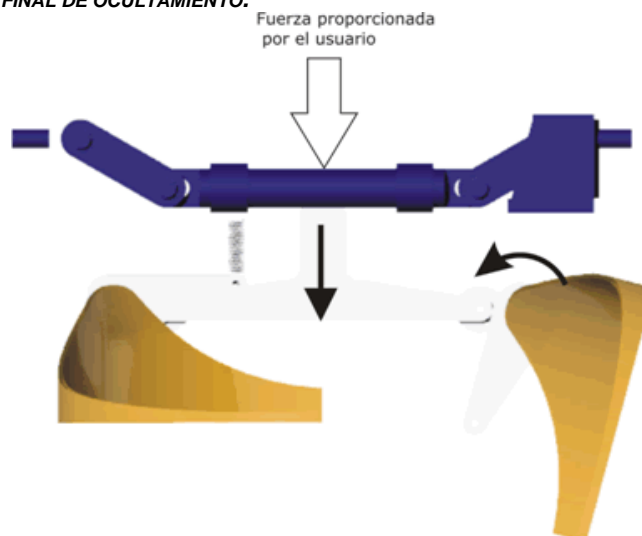
FIGURA 101. MOVIMIENTO DE LA POLEA



Fuente: Los autores

En la siguiente figura se observa el mecanismo final que consiste en unas barras superiores que conectan al biscocho y la tapa del sanitario, que en el momento de sentarse el usuario es accionada desplazándose hacia abajo, empujando una “T” que transmite el movimiento hacia las poleas, quienes a su vez hacen girar las paletas.

FIGURA 102. MECANISMO FINAL DE OCULTAMIENTO.



Fuente: Los autores

5.1.3 SEPARADOR DE ORINA

Se alargó la longitud del separador de orina, se definió una forma en espiral que tiende hacia el costado izquierdo y para la limpieza se plantea un sistema de agua por aspersión, se van a usar dos llaves una de paso que reduce la presión con la que el agua viene de la tubería y permite controlar el caudal y una de apertura que será abierta por la persona una vez haya usado el sanitario.

Para evitar los olores, se empleó el concepto de los agujeros de pequeño diámetro que por la diferencia de presión que generan y la acumulación de agua en el cuerpo o codo de la manguera no permitan el ascenso de olores dentro del sanitario. La manguera tiene su respectiva conexión al separador.



El separador de orina es un elemento que permite que los excrementos (heces y orina) no se mezclen, al desviar la orina hacia una tubería de aguas grises. En principio no se plantea el uso de estas aguas pero si se quiere pueden recolectarse y posteriormente usadas para el riego de cultivos

5.1.4 MUEBLE SANITARIO

Para el desarrollo de las características formal - estéticas del sanitario se decide emplear la biónica del escarabajo estercolero quién además de cumplir una función en la naturaleza de cerrar los ciclos y ayudar a eliminar las excretas de los animales, posee características morfológicas análogas al sanitario. También se tienen en cuenta las limitaciones dadas por el volumen de los componentes internos y las medidas antropométricas que manejan los sanitarios.

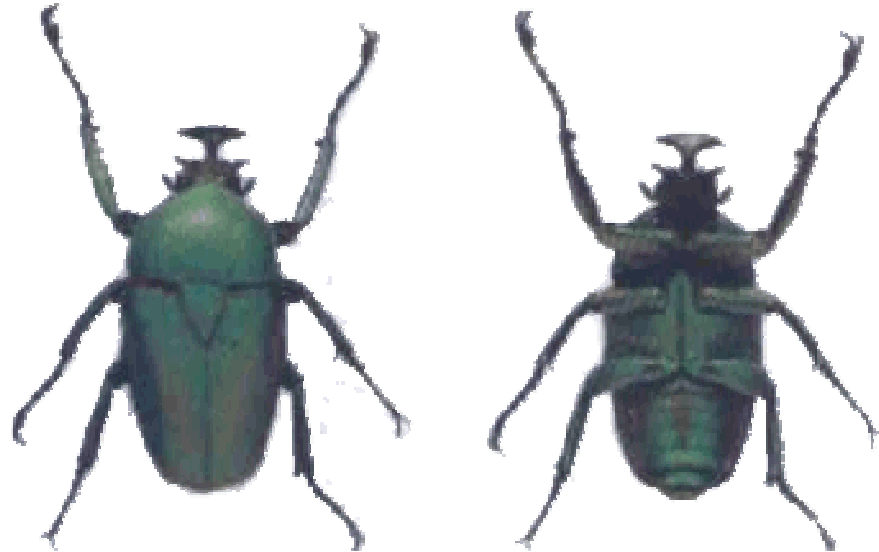
CICLO DE INDAGACIÓN BIÓNICA

Para tener un acercamiento con los escarabajos se realizó una pequeña investigación que permite conocer algunas de sus principales características.

Los escarabajos pertenecen al Orden Coleóptera, el orden de insectos más rico en términos de especies, con más de 350,000 especies descritas. Llegando a ser el 40% de todas las especies de insectos – y aproximadamente un cuarto de todas las especies vivientes en el mundo. Se encuentran a través de todo el planeta y muestran una variedad impresionante de formas, tamaños (<1 a 75 mm), y colores.

El nombre Coleóptera, o "alas envueltas" describe una de las características principales para la identificación de escarabajos. Mientras muchos otros insectos voladores tienen dos pares de alas, en los escarabajos la pareja de alas fronterizas está modificada en élitros – unas coberturas gruesas, duras y fuertes que se doblan sobre las alas inferiores (aquellas usadas para volar), las cuales también protegen cuando no están en uso. Los élitros se unen en una línea que cruza el medio de la espalda del escarabajo. Dado esto, los escarabajos tienen una cabeza y pronotum (la parte que cubre la porción frontal del dorso en el tórax) característicos, con los élitros saliendo del medio del tórax y usualmente extendiéndose hacia atrás sobre toda o la mayor parte del abdomen.

FIGURA 103. VISTA SUPERIOR E INFERIOR ESCARABAJO

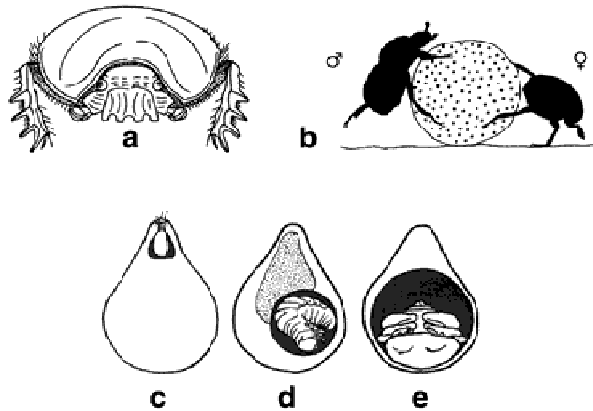


Otra característica compartida por todos los escarabajos son las partes bucales utilizadas para masticar, con mandíbulas bien desarrolladas para destrozarse semillas o masticar hojas o madera. Además de encontrarse en todos los tamaños y formas, los escarabajos también consumen una amplia gama de alimentos. Mientras muchas especies son fitófagos (consumen plantas), otras son depredadoras, saprofitas (comen materiales descompuestos) o coprófagos (se

alimentan de excremento de otros animales; éstos se encuentran especialmente en la familia Scarabaeidae).⁶⁷

Los hábitats de los escarabajos cubren igualmente una gama amplia de nichos, desde desechos de hojas, a túneles subterráneos, hábitats acuáticos, hasta árboles y arbustos (tanto en la superficie como bajo la corteza).

FIGURA 104. METAMORFOSIS DE LOS ESCARABAJOS



Fuente: <http://www.hermann-levinson.de/bilder/scaraccaeus.gif>

Los escarabajos pasan por una metamorfosis completa: de un huevo sale una larva sin alas, la cual crece en tamaño a través de una serie de mudas, que luego se convierte en una pupa y finalmente en un adulto alado. La mayoría de las especies tienen una generación por año. Las diferentes familias de escarabajos pueden ser usualmente distinguidas por la forma general de su cuerpo, pero características más específicas incluyen la forma y largo de las antenas, la forma y número de segmentos en la porción tarsal de las patas, la estructura de la cabeza, y el tamaño, forma y patrones en los élitros.⁶⁸

Escarabajo estercolero o pelotero

Los escarabajos estercoleros pertenecen a la familia Scarabaeidae y también son conocidos como escarabajos. Son insectos carroñeros, que se alimentan del estiércol y otra materia orgánica en descomposición, y juegan un papel invaluable en mantener limpias las llanuras. Los antiguos egipcios los veneraban como un símbolo de una vida renovada.

⁶⁷ http://insectdatabases.oeb.harvard.edu/caribbean_espanol/Coleoptera.htm#top

⁶⁸ Ibid

FIGURA 105. ESCARABAJO ESTERCOLERO



Fuente: <http://www.infojardin.com/fotos/displayimage.php?pos=-18095>

Los hay pequeños y grandes, generalmente de cuerpo grueso, y son fácilmente reconocidos por el grupo de 3 a 7 segmentos de antenas tipo abanico. Sus patas son poderosas, particularmente las frontales, que están armadas con dientes en el borde exterior. En algunas especies las patas están adaptadas para rodar bolitas de estiércol hasta un adecuado punto de blandura, y para cavar hoyos en los cuales entierran el estiércol. El estiércol enterrado sirve como una fuente de alimento para los escarabajos adultos y también para las larvas cuando empollan los huevos puestos en las pelotitas de estiércol.

FIGURA 106. ESCARABAJOS CON BOLITAS DE ESTIÉRCOL

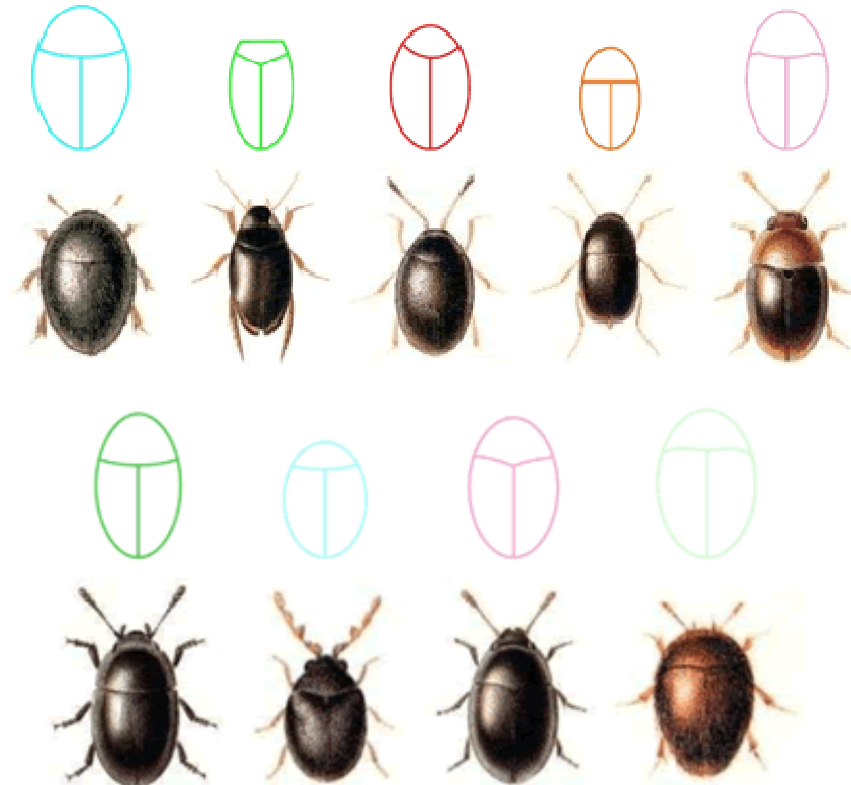


Fuente: <http://www.pueblos-espana.org/.../Escarabajo+pelotero/>

La larva, también llamada 'gorgojos blancos', son de blanco-gris a blanquiazul en color, en forma de C, y también alimentados por materia orgánica en descomposición, tales como tocón de árbol y las raíces de las plantas.⁶⁹

⁶⁹ <http://www.zonamistica.com/modules/smartsection/item.php?itemid=5>

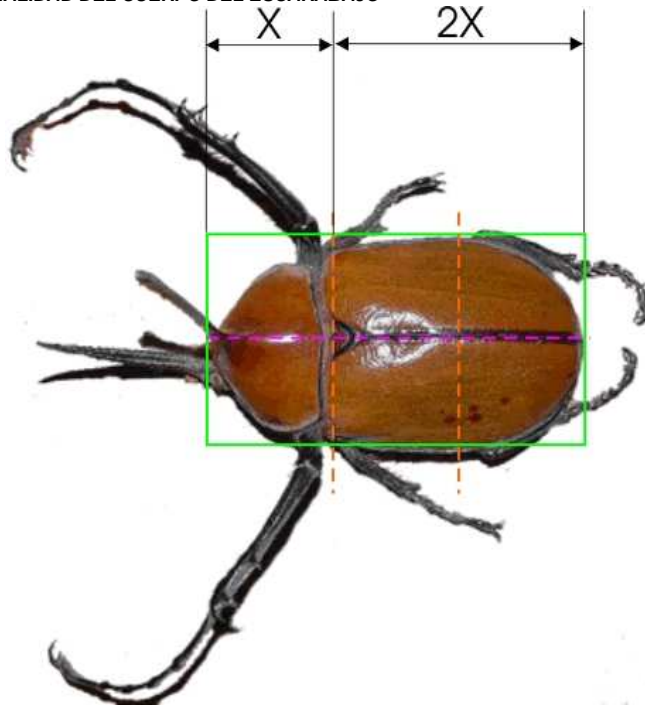
FIGURA 108. GEOMETRIZACIÓN ESCARABAJOS.



Fuente: Los autores

Analizando el tipo de proporción que maneja su cuerpo se encontró que se define por tercios en donde sus élitros tienen el doble de la longitud de su protórax.

FIGURA 109. PROPORCIONALIDAD DEL CUERPO DEL ESCARABAJO



Fuente: Los autores

Alternativa final



5.1.5 VENTILACIÓN Y SECADO

Para este sistema se seguirán las recomendaciones encontradas en la bibliografía según la cual se debe emplear tubo de P.V.C. de 4 pulgadas para la extracción de olores. El clima de la región no exige el empleo de otras herramientas para aumentar la temperatura interna de las fecas y como se programa un flujo continuo de contenedores para realizar el tratamiento final en una planta no se necesita tener un sistema interno en cada sanitario.



Sin embargo se sugiere una solución adicional, que consiste en poner en la parte superior del tubo de ventilación un extractor tipo turbina de aire que gira con el aire circundante en la atmósfera y ayuda a eliminar olores.

FIGURA 110. EXTRACTOR TIPO TURBINA.



Fuente: <http://galeon.hispavista.com/industriasgm/productos1238930.html>

5.2 DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA FINAL





El sanitario consta de:

- 1 Contenedor para heces (incluye la tapa)
- 1 Mueble sanitario con separador de orina y tanque para acumulación de material de aporte.
- 1 Mecanismo de descarga de material de aporte
- 1 Mecanismo de ocultación
- Tapa para sanitario (incluye bizcocho)
- 1 Carro con ruedas para desplazar con mayor facilidad el contenedor.
- 1 Codo para unión con tubo de ventilación.
- Conexión de agua para la limpieza del separador de orina.
- Desagüe para orines y agua.

5.2.1 SÍNTESIS DE USO

Se detalla en el manual de usuario del sanitario que incluye: instalación, secuencia de operación y recomendaciones de uso.

5.2.2 SÍNTESIS FUNCIONAL

En el sistema sanitario se aplicaron distintos principios con los cuales trabaja el saneamiento seco que son: Separación de excretas (orina-heces), donde la orina es desviada hacia las aguas grises y las heces son recolectadas y luego transportadas a una planta de tratamiento en donde se convierten en abono orgánico.

Dentro del sanitario se acelera el proceso de deshidratación de fecas añadiendo material de aporte que se compone de tierra, cal y dependiendo de la región se puede agregar a esta mezcla cascarilla de arroz, aserrín y hojas secas bien trituradas. También contribuye al secado el conducto de ventilación que da al exterior y permite un flujo continuo de aire.

El sistema presenta dos mecanismos principales que son un sistema de palancas con el cual se realiza una transmisión de movimiento hacia la tolva de descarga que gira 60° y arroja 125 ml de material de aporte cayendo a través de una rampa inclinada 30 ° con respecto a la horizontal y originando que el material de aporte se esparza sobre las heces dentro del contenedor.

También presenta otro mecanismo que se acciona con el peso de la persona y hace que unas paletas ubicadas sobre el contenedor se abran para permitir el paso de las heces; y se cierran cuando el usuario se levanta. Este mecanismo evita una visión directa de las fecas y da más seguridad y estética al sanitario.

5.2.3 SÍNTESIS FORMAL

En el sanitario se manejaron conceptos de proporción en sus componentes, su carcasa presenta contrastes entre formas geométricas, determinadas en su contorno exterior y transiciones hacia formas orgánicas para dar sensaciones de elegancia y suavidad. La taza alargada favorece el confort y la comodidad. Las texturas - tanto visual como táctil - son lisas para facilitar la limpieza y generar sensaciones de higiene y seguridad. Se hace énfasis en la calidad de los acabados para lograr mayor aceptación y confianza en el uso.

5.2.4 SÍNTESIS ERGONÓMICA

Para el diseño del sanitario se emplearon las medidas mostradas en el numeral de aspectos humanos; se tuvieron en cuenta los principales factores antropométricos a aplicar para el caso, y se trabajó dentro del rango de medidas establecidas para sanitarios para la definición de la forma y funcionalidad.

También se trabajó el manejo de cargas para no exceder el peso del contenedor y evitar malas posturas.

5.2.5 SÍNTESIS DE COLOR

Se escogió el color blanco hueso para el mueble sanitario porque de acuerdo con la teoría del color representa limpieza, suavidad, pureza, juventud y tiene una connotación de higiénico. Además es el color más comercial en la línea sanitaria

dando la ventaja de combinarlo con otros accesorios para baños que se encuentran en el mercado y armonizar con la cerámica de pisos y paredes.

El contenedor presenta dos colores: su base es negra porque reduce la visibilidad y aumenta la temperatura al absorber la luz y el calor. La tapa se hizo de color verde bosque CMYK (40,0,20,60) porque su contenido es un producto ecológico y orgánico.

5.2.6 COMPARACIÓN DE COSTOS

Para realizar un análisis de costos se van a tener en cuenta el costo de inversión para la compra de un sanitario convencional (W.C.) y el costo por consumo de agua que genera mensualmente. Para el sanitario seco solo se incluirá el costo del sistema sanitario en una vivienda.

Se tomará como referencia un grupo familiar conformado por 5 personas estrato 4 y 5.

TABLA 32. VALOR DEL CONSUMO DE AGUA POR ESTRATO.

ESTRATO	\$/m ³ ⁷¹	\$/Litro
4	923.69	0.92369
5	1385.53	1.38553

Fuente: Los autores

TABLA 33. COMPARACIÓN COSTOS SANITARIO CONVENCIONAL Vs SANITARIO SECO

SANITARIO CONVENCIONAL	SANITARIO SECO
<p>El costo del sanitario de gama alta (usado por los estratos 4 y 5) oscila entre los \$450.000 y \$660.000 pesos.</p> <p>El consumo de agua por descarga es de 6 ½ litros y el valor por litro.</p> <p>Estrato 4: \$0.92369 Estrato 5: \$1.38553</p> <p>Teniendo en cuenta que una persona descarga aproximadamente 5 veces diarias (4 para eliminación de líquidos y 1 para eliminación de heces), el costo mensual sería de:</p>	<p>El costo del sanitario seco teniendo como referencia el modelo funcional realizado, oscila entre los \$460.000 y \$550.000 pesos.</p>

⁷¹ Ver Anexo B

Estrato 4: \$ 4503 pesos Estrato 5: \$ 6754 pesos	
--	--

Fuente: Los autores

No se incluyen: los costos de instalación de tuberías, tratamiento de aguas residuales, mantenimiento de la red de drenaje, ni los costos operativos de la planta de tratamiento que genera el uso del W.C. por no existir un valor de comparación con los costos que pueda generar el tratamiento de aguas grises, ni los costos operativos de la planta para el sanitario seco.

Como se observa los costos de implementación de un sanitario convencional frente a uno seco son similares sin embargo el consumo de agua en el W.C. es un costo permanente y el proceso de tratamiento de aguas residuales es mayor que el tratamiento de aguas grises por el grado de contaminación del agua. Así mismo es importante notar que la inversión para el montaje de la infraestructura que requiere el sistema de saneamiento húmedo implica un mayor capital que la que requiere el saneamiento seco; y teniendo en cuenta que ambos “solucionan” la misma necesidad, se encuentra más viable la implementación del saneamiento seco por la sustentabilidad con el ambiente.

5.2.7 FACTORES PSICOLÓGICOS Y CULTURALES

Para lograr una mayor aceptación por parte del usuario se enfatizaron los siguientes aspectos:

- Reducción de la visión de las fecas durante el uso del sanitario.
- Similitud formal con los sanitarios convencionales, para no generar conflictos.
- Manejo del color y superficies para que generen sensación de limpieza y seguridad.
- Cumplimiento con los parámetros de status que exigen: mayor diseño en los productos, calidad en sus acabados y un buen tratamiento formal – estético.
- Además se maneja un manual de usuario en el cual explican los cuidados y recomendaciones para el manejo seguro de las heces y se sugiere a nivel de comunidad la preparación para el uso del saneamiento seco.

5.2.8 ANÁLISIS DE MATERIALES Y PROCESOS

El prototipo funcional se fabricó en fibra de vidrio y P.V.C. en su mayor parte, sin embargo a partir de las características de los polímeros planteadas en el ANEXO 3 y de acuerdo con el tipo de artículo que se desea elaborar se van a sugerir algunos procesos para el desarrollo del producto, sin embargo la disponibilidad tecnológica y las características que requieren muchas de las piezas debido a su forma puede tornarse un poco más compleja requiriendo un análisis mucho más especializado.

MECANISMOS:

El mecanismo de giro, paletas, palancas, tolva, plataforma serán fabricadas en P.V.C. mediante procesos de inyección. Porque en la industria del WC la mayoría de los mecanismos son construidos en P.V.C., ellos cuentan con la tecnología y la experiencia necesaria para desarrollar los mecanismos utilizados en el sanitario seco.

RECIPIENTE:

El material que se utilizarán en el recipiente para la tapa y el cuerpo es el polietileno de alta densidad por sus propiedades: en los procesos de inyección y soplado

El recipiente va a ser construido mediante dos procesos el primero es la inyección que conformará la boquilla del tarro y las asas para luego pasar a un proceso de soplado que conformará el cuerpo del recipiente.

TAPA Y BIZCOCHO.

El material que se utilizará para la tapa y el bizcocho es polietileno de alta densidad o PVC mediante proceso de inyección.

CUERPO Y TANQUE:

El cuerpo y el tanque del mueble sanitario será construido en fibra de vidrio o en polietileno de alta densidad; dependiendo de la tecnología con que se cuenten en el momento de su fabricación, del dinero que se esté dispuesto a invertir y del número de unidades a producir, porque; a menor número de unidades producidas, la amortización del costo de los moldes se hace más difícil, en este caso se sugiere la fibra de vidrio como una opción para la fabricación de sanitarios secos a menor escala.

OTROS:

Algunos de los elementos que se utilizarán en las unidades sanitarias se consiguen comercialmente como resortes, algunos tornillos, ejes, ruedas, bisagras y tubería de ventilación

5.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL

A nivel urbano la gran cantidad de materia orgánica producida se ha convertido en un problema, en la mayoría de las ciudades Colombianas estos residuos son llevados a vertederos abiertos o a rellenos sanitarios que por lo general presentan deficiencias en su operación, produciendo graves problemas de contaminación debido a los malos olores, emisiones incontroladas de gases y lixiviados, la proliferación de insectos y roedores que constituyen un vehículo para la transmisión de numerosas enfermedades.

“El compostaje es la transformación biológica y controlada a través de un *proceso aerobio* (En presencia de oxígeno) por parte de microorganismos que transforman unas sustancias orgánicas no aprovechables, en un producto estable sin *patógenos*, sin semillas ni malas hierbas y que es utilizable para la alimentación de la especie vegetal, de forma muy beneficiosa.”⁷²

Por lo tanto vale la pena decir que el proceso de compostaje representa una gestión respetuosa con el medio ambiente. Además implica una solución estratégica y ambientalmente aceptable a la problemática planteada por las grandes concentraciones urbanas sobre el tratamiento de sus residuos orgánicos domésticos y las explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas.

Los residuos más utilizados para elaborar la mezcla de compost son:

- Residuos verdes provenientes de podas en parques y jardines (incluyen podas de las empresas de energía eléctrica, campos de golf, universidades, panteones e instalaciones similares).
- Residuos de las empresas procesadoras de alimentos (incluye restaurantes).
- Residuos de las actividades agropecuarias (incluyen rastrojo, estiércol y residuos de beneficios).
- Residuos orgánicos domésticos separados de origen en las viviendas.
- Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales (algunos lodos, pero se requiere de cierto conocimiento y experiencia para su utilización).

⁷² <http://www.compostsegria.com/>

- Y en muy pocos casos residuos de excretas humanas debido al especial cuidado que se debe tener con ellas.

5.3.1 SISTEMAS DE COMPOSTAJE

- “Dinámicos: provistos de algún sistema de agitación del material a lo largo del proceso.
- Estáticos: durante todo el proceso, el material permanece tal cual se dispone inicialmente, y no es agitado en ninguna ocasión.
- Intensivos: permita tratar un gran volumen de residuos ocupando poca superficie.
- Extensivos: requieren de grandes extensiones de terreno”⁷³.

La técnica más conocida y utilizada en las plantas de compostaje y que se va a utilizar en el pueblito se basa en el sistema de pilas volteadas; es un sistema dinámico extensivo, donde el material se dispone en hileras o pilas de sección triangular que son volteadas con máquinas volteadoras o manualmente en repetidas ocasiones a lo largo del proceso con el fin de oxigenar y homogeneizar la mezcla.

El material resultante puede ser utilizado para abonar jardines, parques, bosques y cultivos, además, crear empleos, conciencia ambiental y una fuente de negocios y esparcimiento para la comunidad; también se puede vender a los agricultores. Una recomendación interesante es vender el abono con capacitación por parte de un ingeniero agrónomo.

PLANTAS DE COMPOSTAJE

El saneamiento sanitario seco permite el aprovechamiento de las excretas como un recurso reintegrado a su ciclo natural a través de la deshidratación y el compostaje, por lo cual puede ser mezclado con los residuos orgánicos para generar compost.

⁷³GÓMEZ BARRERA, Raquel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de tesis 2006. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Barcelona. P.20

Las plantas de compostaje cumplen una función importante: tratar miles de toneladas de residuos orgánicos. En muchas partes del mundo se ha demostrado que su eficacia e implementación varía de acuerdo a la cantidad de residuos tratados, apoyo financiero, apoyo gubernamental, compromiso social, materia prima, mercado, entre otras variables.

Funcionamiento

FIGURA 111. CICLO DE VIDA DEL COMPOST



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos

Los residuos pueden someterse a diferentes tipos de esquemas: compostaje doméstico, compostaje comunitario o compostaje centralizado; para el caso del “Pueblito Acuarela” se van a mezclar los tres tipos de esquemas de acuerdo al compromiso de las personas de cada hogar, su disponibilidad para elaborar compostaje y a la complejidad del manejo de la materia a compostar.

El compostaje doméstico permite a los habitantes del pueblito un ahorro energético y disminución de la contaminación causada por el transporte, además, utilizar el compostaje en sus hogares para abonar sus jardines o pequeñas huertas, creando un compromiso ambiental. Las excretas no podrán ser compostadas en los hogares por razones de salud pública.

La adopción del esquema de compostaje comunitario depende de los niveles organizativos de las personas que lleguen a habitar el pueblito, pero por razones operativas es necesario desde el inicio un sistema centralizado de recolección que a largo plazo puede ser administrado por la misma comunidad.

El sistema de recolección centralizado se encarga de recolectar los residuos orgánicos y podas de los hogares que no quieran compostar, recolección de los residuos de las podas de todos los espacios públicos, universidades, etc., recolección de los residuos de restaurantes, y recolección de las excretas de todos los animales humanos y no humanos del pueblito.

Recolección

En el hogar cada persona debe separar correctamente la materia orgánica del resto de basura. Una buena separación en origen es la clave para la calidad del compost final. La materia orgánica se deposita en bolsas biodegradables o en recipientes y en el exterior de las casas se dispondrán unos contenedores especiales para que pueda hacerse la recogida domiciliaria.

La recolección debe hacerse selectiva, en diferentes contenedores y diferentes rutas de recolección, es decir, un día vidrio y papel, otro día residuos orgánicos y otro día fecas para garantizar la homogeneidad crucial para conseguir una materia biodegradable limpia y para la posterior obtención de un producto final de mayor calidad.

“...El factor determinante para el éxito del programa de compostaje es una buena campaña de comunicación e información que garantice que las partes interesadas y los participantes se sientan comprometidos con el programa desde la fase inicial, lo cual hace aumentar los índices de aceptación y participación. Muchos de los programas han sido un éxito gracias al uso de métodos innovadores para transmitir el mensaje a los ciudadanos.

Los programas de compostaje tienden a ser populares entre la población local, por la creación de puestos de trabajo y porque transmiten al ciudadano que en ellos participa una impresión de “hacer lo correcto y sentirse bien”.

Sin un programa de recogida global de los reciclables secos y de los residuos de cocina y jardín, probablemente la participación ciudadana se vería reducida”.⁷⁴

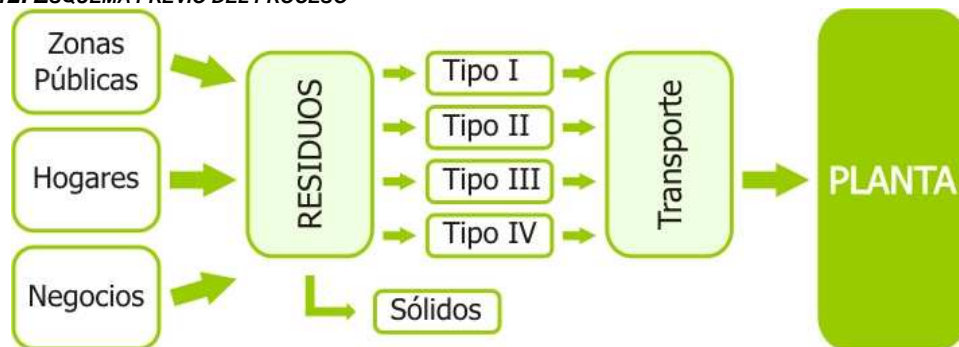
⁷⁴ Comisión Europea Dirección general del medio ambiente. Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo. 2000, 68 pp. ISBN 92-828-9294-8

Transporte

En el sistema de transporte es necesaria una flota de vehículos, un horario para cada tipo de residuos, una ruta y empleados con todas las medidas de protección necesarias.

Preparación previa

FIGURA 112. ESQUEMA PREVIO DEL PROCESO



- Toda la materia orgánica recogida llega a la planta de compostaje donde se descarga del vehículo dependiendo del tipo de residuo en un sitio específico.

TABLA 34. TIPOS DE RESIDUOS.

TIPOS DE RESIDUOS	
Tipo I	Poda de jardín y sitios públicos.
Tipo II	Residuos de alimentos de hogares y restaurantes.
Tipo III	Residuos de animales no carnívoros / estiércol.
Tipo IV	Excreta humana y de animales carnívoros, papel higiénico.

Fuente: Los autores

- Recepción de la fracción orgánica de la basura: La fracción orgánica procedente de la recogida selectiva se tamiza para eliminar las pocas impurezas que aún contenga.
- Trommel: Máquina con una gran criba cilíndrica que rueda y separa la materia orgánica del desecho basto.

- Cabina de selección manual: Este desecho pasa por un último control que se realiza manualmente. Después, un electroimán elimina los residuos metálicos que pueda haber.
- Recepción de la fracción vegetal y trituración: es una operación que puede no ser incluida para desechos domiciliarios orgánicos, pero que es indispensable para residuos de poda. Consiste en reducir el tamaño de los materiales para facilitar la degradación. Las ramas mayores a 1cm de diámetro deberían triturarse
- Mezcla y homogenización: se mezclan las fracciones de compostaje de acuerdo al porcentaje de carbono nitrógeno y la calidad de composta que se desee, pues se puede agregar componentes la enriquecen como roca fosfórica, cal dolomítica, melaza y microorganismos especializados que ayudan a una mejor descomposición y aportar elementos al suelo.

Proceso de compostaje

A partir del paso siguiente inicia lo que sería el proceso de compostaje.

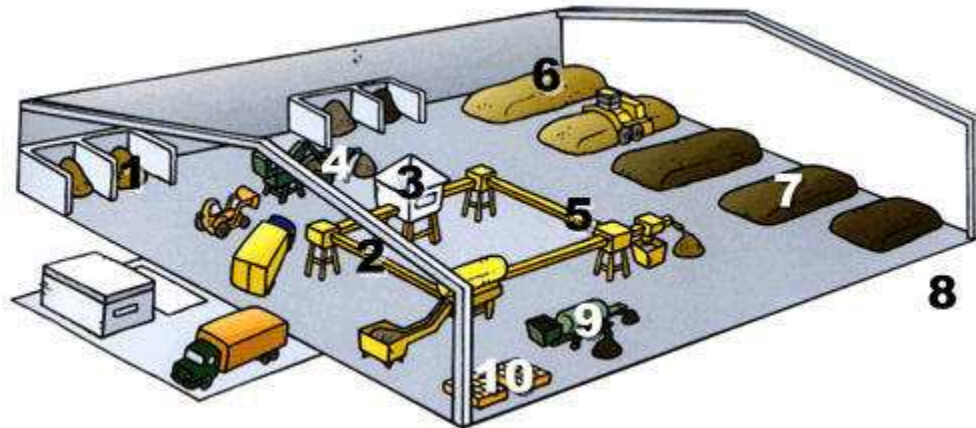
- Disposición en pilas de compostaje: la mezcla se dispone con una pala mecánica o manualmente formando pilas, dentro de un cobertizo sin paredes, sobre un suelo nivelado y con buen drenaje, apropiado para la recogida de lixiviados.
- Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso: para que los microorganismos puedan degradar o descomponer adecuadamente la materia orgánica; hay que mantener las condiciones de humedad y temperatura adecuadas y la concentración de oxígeno suficiente. La humedad se mantiene regando periódicamente las pilas. La oxigenación se consigue removiendo totalmente las pilas con una máquina volteadora o manualmente.

Durante el proceso de fermentación se alcanzan temperaturas de hasta 70°C que esterilizan la mezcla, eliminando los agentes patógenos y semillas pero manteniendo los nutrientes presentes en los residuos.

Después de la degradación, la actividad biológica y la temperatura tienden naturalmente a disminuir. Los materiales residuales de la degradación se convierten lentamente en composta. Se disminuye la frecuencia de volteo o la intensidad de la aireación.

- Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales: Los líquidos que desprenden las pilas objeto de compostaje (los lixiviados) se recogen y sirven para continuar regando las pilas. Toda la superficie de la planta está pavimentada de manera que las aguas pluviales puedan ser recogidas y aprovechadas para el riego del compost.
- Cribado (tamizado, cernido) del compost maduro: Al cabo del tiempo 12-14 semanas dependiendo de las condiciones, el compost, ya maduro, se criba para obtener un material final homogéneo y fino. El desecho vegetal que pueda quedar se retorna al principio del proceso. También se puede separar en tres partes: la más fina de composta lista, la mediana para las pilas y la gruesa como parte de la mezcla.
- Compost: primero se pasa por una fase de secado, esta operación reduce la cantidad de agua en el producto final. Su principal propósito es disminuir los costos de transporte y aumentar la estabilidad biológica del producto. El secado se realiza incrementando la temperatura de la composta, ya sea con calor solar o calentando artificialmente con empleo de combustible. Luego pasa al empaclado para brindar protección del producto del sol y la humedad excesivos durante el transporte y el almacenamiento.

FIGURA 113. DISTRIBUCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE.



Fuente: www.gencat.net/mediamb/ea/virtual/e-botare3.htm

Lombricompostaje

El lombricompostaje es un acondicionamiento opcional de la composta con ayuda de organismos anélidos (lombrices de tierra) para mejorar las propiedades del producto final. Las lombrices digieren los residuos de la degradación y crean microtúneles que favorecen la aireación y la humectación. Los organismos responsables viven en el interior del tracto digestivo de las lombrices, y la excreta

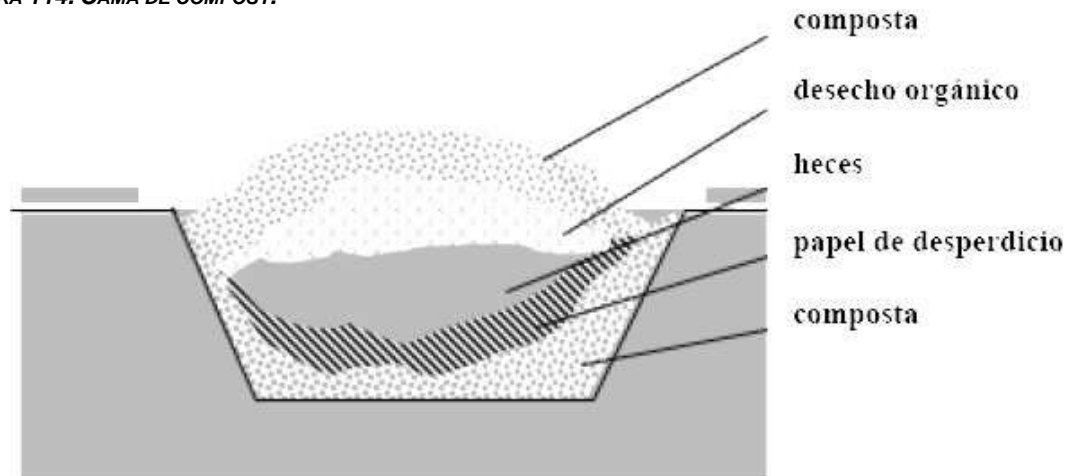
de éstas es rica en nutrimentos para el suelo. No es recomendable el uso de maquinaria.

Tratamiento de los Excrementos

Los excrementos y el papel son recogidos en un horario específico, cada una de las partes cuenta con sus contenedores especiales. Una vez en la planta de tratamiento se utiliza la técnica que se plantea a continuación, desarrollada en la india por Johannes Heeb, Ken Gnanakan, y plasmadas en el 2o simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico en abril 2003.

“En el centro de compostaje las heces frescas se colocan en una cama preparada con composta y papel de desperdicio, se cubren con desechos orgánicos y composta como se muestra a continuación.

FIGURA 114. CAMA DE COMPOST.



Fuente: HEEB, Johannes. GNANAKAN, Ken. “Separación in situ – nuevos sanitarios para barrios bajos en India”. Memorias 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, abril 2003. Lübeck – Alemania. PDF

La primera vuelta al “sándwich de composta” se hace después de 3-4 semanas. Después debe voltearse cada 2-3 semanas.

FIGURA 115. PILAS DE COMPOST.



Fuente: <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje02.html>

Después de 2-3 meses, la mezcla del “sándwich de composta” se pasa a las pilas de composta. Las pilas se cubren con una lona para evitar pérdida de agua por evaporación y con el fin de mantener una temperatura óptima entre 45 y 55 °C. Se requiere un termómetro digital de barra para controlar la temperatura. De vez en cuando se debe quitar la lona para regar (durante las lluvias). La composta debe mantenerse húmeda, pero no mojada. La composta debe voltearse cada 3-4 semanas. Después de 2-3 meses está lista para usarse.

Aspectos de seguridad: todo el personal que trabaja en el proyecto recibe un programa completo de vacunación.

Mientras trabajan en el centro de compostaje, el personal debe utilizar ropa especial de trabajo (pantalones, chaqueta, guantes, botas). Está estrictamente prohibido fumar, comer o beber en el centro de compostaje. La ropa de trabajo y las herramientas se guardan por separado. La ropa de trabajo se lava una vez por semana. Las herramientas se limpian al final de cada día de trabajo. Cualquier herida en la piel debe ser inmediatamente desinfectada y vendada para evitar mayor infección.

Control del proceso de compostaje Entre los controles más importantes está la revisión diaria de la temperatura en las pilas de composta. Esto permite garantizar que se trabaja dentro de la zona segura para la higienización (45 y 55°C). La temperatura se mide con un termómetro digital de barra. Mientras dura el proceso de compostaje en las pilas, debe controlarse la humedad al menos cada vez que se voltean. Si es necesario, se corrige añadiendo líquido o mezclándola con composta seca o mojada”.⁷⁵

⁷⁵ HEEB, Johannes. GNANAKAN, Ken. “Separación in situ – nuevos sanitarios para barrios bajos en India”. Memorias 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, abril 2003. Lübeck – Alemania. PDF

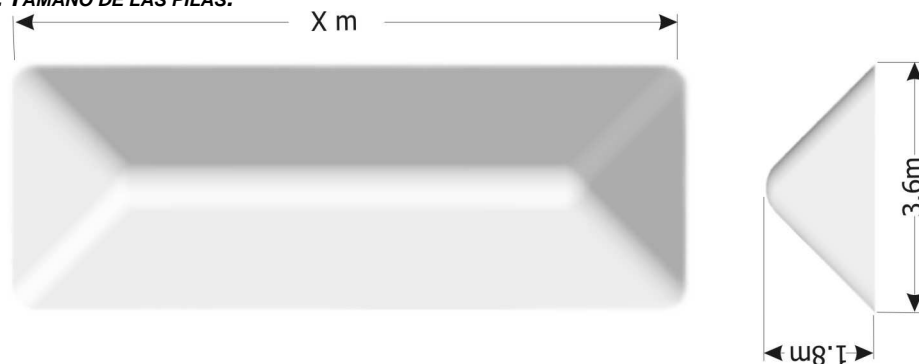
Para una mayor seguridad se propone antes de iniciar el proceso someter las excretas con material de aporte y papel higiénico en unos mini-invernaderos con el objetivo de aumentar la temperatura y acelerar la destrucción de los elementos patógenos.

Una vez hecho esto se procede según el método anterior.

El montón o pila

El material se dispone en hileras o pilas de sección que son volteadas en repetidas ocasiones a lo largo del proceso. Las dimensiones de las pilas varían en función del material y del equipo de volteo. El parámetro limitante es la altura, pues si es excesiva provoca la compactación del material. Se recomienda una altura entre los 1.2 - 1.8 m, y un ancho de 3.4 - 3.6 m, la longitud de la pila está limitada por la distribución de la planta.

FIGURA 116. TAMAÑO DE LAS PILAS.



Fuente: los autores

“El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación. Para ello se intercalarán entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil. Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal.

El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses obtendremos un compost joven pero que puede emplearse semienterrado”.⁷⁶

⁷⁶ <http://www.infoagro.com>

Planta

El procedimiento para estimar el tamaño máximo de una planta de composta consta de los siguientes pasos:

- Determinar el área de influencia de la planta con respecto a la materia prima.
- Determinar la materia prima máxima disponible en todo el año.
- Con base en los recursos disponibles actuales (infraestructura y gasto corriente), determinar el modo de operación más adecuado.
- Estimar las necesidades de espacio en m²/t/año.
- Calcular el tamaño del predio requerido.⁷⁷

El área de influencia de la materia prima es solamente el “Pueblito Acuarela”, la materia prima proviene de sus viviendas, negocios y espacios públicos.

“En América Latina se estima que la generación diaria de basuras por habitante es de 0.4 a 0.7 kg mientras que en EEUU es de 2Kg. En Colombia se estima que el 55% al 60% de los residuos sólidos corresponden a material orgánico putrescible”.⁷⁸

TABLA 35. RESIDUOS PUEBLITO ACUARELA.

Producción de basura orgánica en el Pueblito Acuarela (Kg*persona/día)	
Número de personas	2000
Producción basura total por persona	0.7
Porcentaje de materia orgánica	60%
Total materia orgánica	840
Volumen de excretas	274
Volumen de material de aporte	274
Volumen de papel higiénico	46
Residuos de podas y jardines	840
Residuos de negocios	840

⁷⁷ <http://www.ine.gob.mx>

⁷⁸ BRUGES PUENTE, Jairo. Manejo y disposición de los residuos sólidos. Documento de trabajo en clase. Marzo 2003 36p.

Residuos de animales	160
Total residuos orgánicos	3274

Producción de residuos en toneladas	
Día	3.274
Semanal	22.918
Mensual	98.22
Anual	1195.01

Fuente: los autores

Los datos de los residuos de podas y jardines, residuos de negocios y residuos de animales son valores intuitivos, su valoración deberá hacerse de acuerdo a próximos estudios.

Disponibilidad de espacio

Cuando existe un predio ya destinado para esta actividad, la capacidad de la planta estará restringida a dicho espacio. La producción puede incrementarse si se disminuye el tiempo de proceso; esto es posible aumentando la mecanización del proceso y, consecuentemente, el costo de la infraestructura. Si no existe un mercado suficientemente grande, no resulta conveniente mecanizar en un predio pequeño. Una estimación inicial del tamaño necesario del predio puede ser 1 ha por cada 10 a 30 t/día de residuos⁷⁹

De acuerdo con los datos de la tabla anterior y tomando el peso en kilogramos como volumen, el espacio necesario para la planta de compostaje del pueblito acuarela es de aproximadamente 327 m² que es un poco más de 1/3 de hectárea.

Se necesitan para un año 4 montones de 30m de largo para mantener una producción constante con las condiciones anteriormente mencionadas teniendo en cuenta que sale un montón cada mes.

La recepción de residuos sólidos es pequeña, por lo tanto no requiere gran mecanización para procesar el material, es importante construir una buena planta con las características necesarias, se debe generar una gran campaña de educación para generar una conciencia ciudadana que permita el éxito del proyecto

Las zonas que en general se encuentran en una planta de compostaje son:⁸⁰

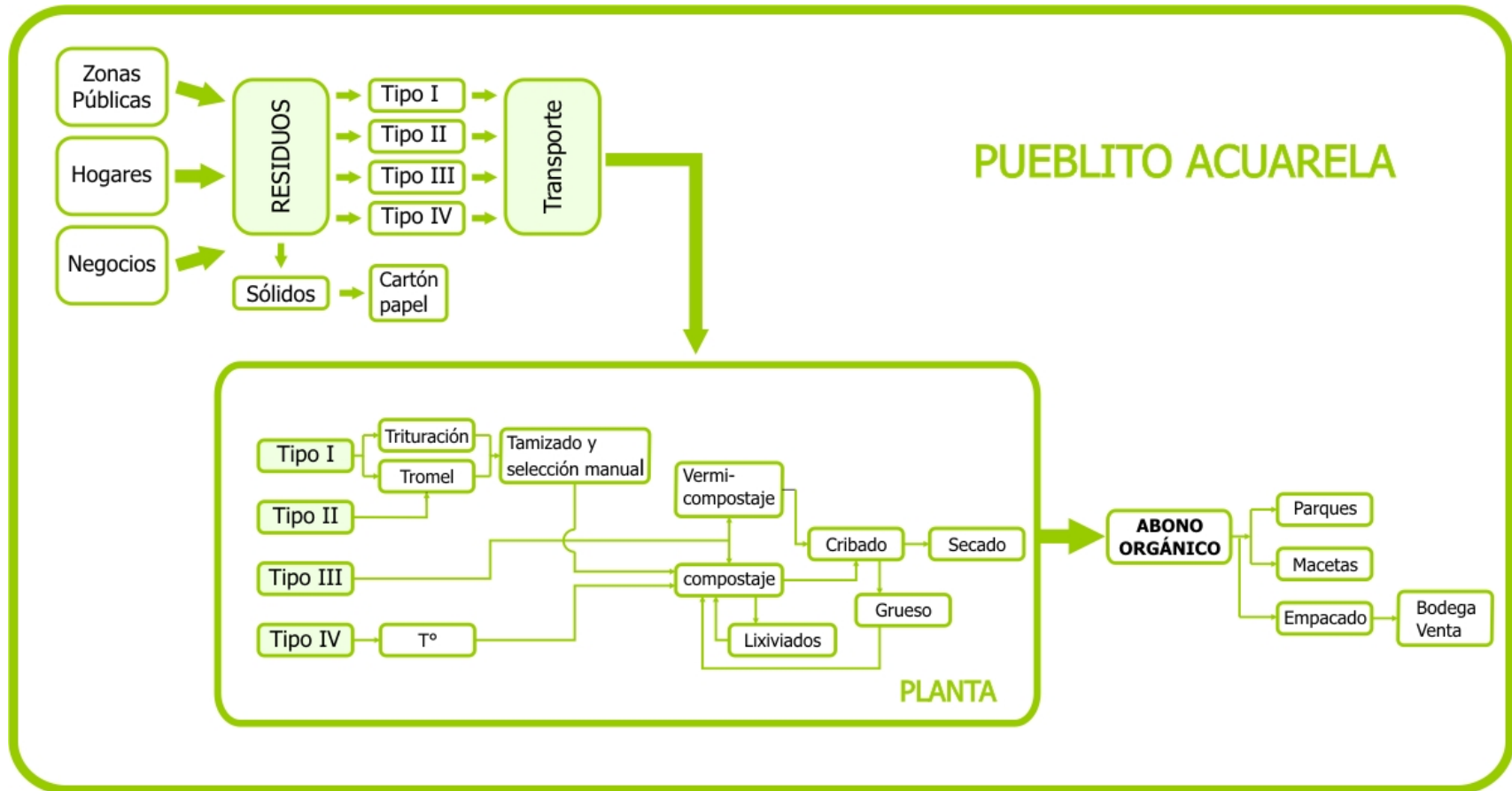
⁷⁹ <http://www.ine.gob.mx>

⁸⁰ www.cavasa.com.co

- Área de recibo.
- Área de adecuación, fermentación, digestión y maduración.
- Caja retenedora de humedad.
- Área de acabado y curado.
- Bodega de compost maduro a granel.
- Área de tamizado.
- Bodega de abono orgánico empacado.
- Vivero de experimentación.
- Oficinas.
- Vestier y cuarto de herramientas.
- Baño.
- Parqueadero de visitantes.

Luego de vaciar los contenedores es necesario que sean sometidos a una limpieza y desinfección para que nuevamente se reintegren a los hogares, esto trae como consecuencia que una cantidad de agua tenga que ser contaminada, pero ella se incorporará al compostaje de nuevo para mantener la humedad de los montones.

5.3.2 DIAGRAMA DE PROCESO



Fuente: Los autores

6 CONCLUSIONES

Aplicando conceptos de diseño en el desarrollo de objetos se pueden ir cambiando los paradigmas de desconfianza e inseguridad que ha creado el saneamiento por flujo y descarga con respecto a las heces; y se logra involucrar al usuario en la responsabilidad del manejo de sus excrementos.

Se requiere que durante la implementación del sistema se acompañe al usuario, resolviendo sus dudas y observando su comportamiento con el fin de enriquecer y mejorar la propuesta presentada y buscando su masificación.

El sanitario propuesto además de ser una solución para el pueblito ecológico, puede ser un medio para ampliar y mejorar las condiciones de saneamiento en zonas rurales ya que permite realizar un tratamiento de los excrementos a menor escala y genera un material orgánico que puede ser aplicado en la agricultura.

Se considera que el aspecto formal-estético del producto es decisivo en la aceptación de una nueva idea porque crea afinidades con el usuario, y puede transmitir mayor seguridad.

Con el desarrollo del proyecto se obtuvo una gran experiencia tanto en diseño, como en temas de importancia ambiental; se conoció un campo lleno de posibilidades para el avance profesional y se logró una concientización sobre las consecuencias que puede generar un producto.

Se tiene como uno de los mayores logros del proyecto el habernos comprometido como diseñadores industriales en la búsqueda y planteamiento de una solución a una necesidad real que amerita tanta importancia para la salud del usuario, su calidad de vida; así como la preservación y conservación del ambiente.

El sistema permite que durante su aplicación, se ahorren en las viviendas los costos por consumo de agua generados por el gasto y desperdicio de la misma en el sistema convencional. Ayuda a concientizar al usuario sobre la importancia de su participación en el cuidado de los recursos naturales y crea una sensación de satisfacción en todos los actores participantes del proceso.

7 OBSERVACIONES

Para el proyecto no se emplearon sistemas técnicos más complejos como: sensores, sistemas hidráulicos o automáticos porque implican mayores costos, personal capacitado para su revisión y mantenimiento y pueden generar problemas al depender su funcionamiento de una fuente de energía o de repuestos de difícil consecución. Además porque son más usados para sistemas de uso público que presentan alta rotación y según los resultados obtenidos en una encuesta que se aplicó a algunas aseadoras de baños público que aplican estos sistemas requieren mucha atención, supervisión y fallan constantemente.⁸¹

No se continuó el desarrollo del proyecto junto con la empresa Acuarela debido a que no hubo una comprensión por parte del representante de la empresa, sobre el proceso de diseño, la importancia de cada etapa y el objetivo académico del proyecto. Se sugiere que para proyectos futuros entre la empresa privada y estudiantes se aclaren las condiciones, métodos y responsabilidades de trabajo de ambas partes para un mejor desarrollo y entendimiento.

Por medio del proyecto se conoció el movimiento que existe a nivel mundial en la implementación de sistemas de saneamiento seco y su crecimiento en la aplicación a nivel latinoamericano. Así mismo permitió mostrar el Diseño Industrial como una herramienta para el desarrollo de productos, exponiendo la importancia de realizar objetos de acuerdo a los requerimientos exigidos por el usuario y el cliente.⁸²

⁸¹ Ver anexo 3

⁸² Se sintetiza en una ponencia titulada: "Aportes del Diseño Industrial al desarrollo del Saneamiento Básico", que será presentada a finales de noviembre en la conferencia Internacional- Saneamiento Sustentable: Agua y Seguridad Alimentaria para América Latina a desarrollarse en Fortaleza – Brasil.

8 RECOMENDACIONES

El proyecto abre una invitación para la aplicación del Diseño Industrial en el empleo de tecnologías alternativas como herramientas útiles para la conservación del medio ambiente.

Es importante que durante el desarrollo de productos que impliquen conceptos nuevos, como el EcoSan, exista un grupo interdisciplinario que ayude a ampliar el problema y su solución.

El sistema realizado es un prototipo funcional el cual para convertirse en un producto comercial debe ser sometido a su siguiente fase a una serie de pruebas con los usuarios, en un ambiente real, durante un tiempo determinado y con un seguimiento permanente.

A partir de este trabajo pueden seguirse desarrollando otros proyectos que impliquen el diseño detallado de los procesos y herramientas que se requieren para la implementación de la planta de tratamiento de residuos.

Durante la implementación del sistema es importante que no se obligue a las personas a usarlo porque se pueden crear ideas de repulsión y rechazo frente a la propuesta. Se requiere que cada persona demuestre interés, conozca y confíe en el producto para que compruebe la solución antes de tomar una posición radical.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- AGUAYO GONZÁLEZ, Francisco y SOLTERO SÁNCHEZ Víctor M. Metodología del Diseño Industrial: Un enfoque desde la ingeniería concurrente. México: Alfaomega, Ra~Ma, 2003, 631p.
- CONANT, Jeff. Sanitation and Cleanliness for a Healthy Environment. USA: The Hesperian Foundation in collaboration with the United Nations Development Programme. 2005, 52p.
- CÓRDOVA, Ana. Programas de Saneamiento Seco a Gran Escala – Observaciones y Recomendaciones Preliminares de Experiencias Urbanas en México. Informe de Campo de la Investigación Doctoral Actividades y Resultados de Agosto 1999 - Diciembre 2000. HDRU Series No. 01-6, 2001, 20p.
- CRONEY, John., Antropometría para diseñadores, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1983.
- CROSS, Nigel. Métodos para el diseño de productos. México: Limusa, S.A., 1999, 191p.
- ESREY A. STEVEN, ANDERSON INGVAR, HILLERS ASTRID, SAWYER RON. Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. Segunda Edición. México: Swedish International Development Cooperation Agency, 2001, 94p.
- ESTRADA MUÑOZ, Jairo. Ergonomía I. Medellín: Editorial Universidad Antioquia. Segunda edición. 2000.
- FRANCEYS, R., PICKFORD J. Y REED R. Guía para el desarrollo del saneamiento *in situ*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1994, 259p.
- GÓMEZ BARRERA, Raquel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de tesis 2006. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Barcelona. P.20.

- GONZALEZ LOBO, Carlos. Vivienda y ciudad posibles: tecnologías para viviendas de interés social. Tomo 4. Escala revista de arquitectura y fondo editorial taller gráfico. Santa fe de Bogotá. 1999, 230p.
- GUARDABASSI, Luca AND DALSGAARD, Anders. Sustainable Urban Renewal and Wastewater Treatment N° 32: Occurrence and survival of viruses in composted human faeces. University of North Carolina, Department of Environmental Sciences and Engineering. 2003, 59p.
- HALL, F. Plomería: Sistemas de suministro de agua fría, desagüe e instalaciones sanitarias. Limusa editores. México D.F. 1998, 187p.
- JENKINS, Joseph. The Humanure Handbook: a guide to composting human manure. Jenkins Publishing. Segunda edición, 306p.
- Mc. CORMICK, Ernest J., Ergonomía. Gustavo Gili: Barcelona, 1980.
- MORENO AGUILAR, Luz Clemencia y MORENO JAIMES, Edwin Alberto. Diseño y construcción de un elevador ortopédico para sanitario. Bucaramanga, 2003, 188h. Trabajo de grado (Diseño Industrial). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial.
- ORTEGA, Álvaro. Pre-arquitectura del bienestar. Facultad de Arquitectura Universidad de los Andes – Colombia, School of Architecture Mc Gill University Canadá, Escala Colombia. Bogotá. 1989, 269p.
- PANERO, J. y M. ZELNIK. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Gustavo Gili, Barcelona, 1984.
- PEREZ CARMONA, Rafael. El agua. Editorial Escala. Segunda Edición. Bogotá. 1988.
- RODRÍGUEZ M, Gerardo, Manual de Diseño Industrial: curso básico UAM-A. México: Gustavo Gili, 165p.
- ULRICH, KARL T., EPPINGER, STEVEN D. Diseño y desarrollo de productos: Enfoque multidisciplinario. Mc Graw Hill. Tercera edición. México. 2004, 366p.
- WINBLAD Uno, ESREY Steve, GOUGH Jean, RAPAPORT Dave, SAWYER Ron, SIMPSON-HÉBERT Mayling, VARGAS Jorge. Saneamiento Ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo / Fundación Friedrich Ebert. Primera edición en español, México. 1999, 101p.

Artículos

- McCLELLAND, Ian L. y WARD, Joan S. Experimentación ergonómica en Diseño Industrial. “La ergonomía de los asientos de baño human factors”, 1982-24 (6), 713-725
- Memorias 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, abril 2003. Lübeck – Alemania. PDF.
- Memorias de la reunión Internacional “Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural disperso”. Girardot. 3,4 y 5 de Mayo de 2006. PDF
- MONTECINOS, Vicente G. y HECKE Franck J. Documento de trabajo nº4. Unidades sanitarias secas: Una solución económica y ambientalmente sustentable para el saneamiento básico. Chile.
- PÉREZ D., Julio. Documento de trabajo nº2. Acercándonos a vivir en una cultura permanente. Chile, 2001.
- SANITARIO SECO: “Al agua lo que es del agua, al suelo lo que es del suelo”. Artículo publicado en el Nº 6 de la revista ReHabitat, Otoño 2.002. Escrito por la Asociación Permacultura Aldehuela, Noblejas (Toledo).
- VILLAREAL, Carmen. La ergonomía es parte del proceso de diseño industrial. México, Universidad de Monterrey. PDF,16p
- _____,_____. Co-composting of Faecal Sludge and Solid Waste: Preliminary Recommendations on Design and Operation of Cocomposting plants based on the Kumasi Pilot Investigation. IWMI&SANDEC, Octubre 2001.

Otros

- Comisión Europea Dirección general del medio ambiente. Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo. 2000, 68 pp. ISBN 92-828-9294-8

- Documento Conpes 3383 “Plan de desarrollo del sector de acueducto y alcantarillado”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C., 10 de octubre de 2005. PDF.
- Documento Conpes social 91. “Metas y estrategias de Colombia para el logro de los objetivos de desarrollo del milenio - 2015”. Bogotá, D.C., 14 de marzo de 2005. PDF
- OTTERPOHL, Ralf. Conceptos innovadores orientados al re-uso del agua opciones de alta, mediana y baja tecnología. Instituto de Manejo de Aguas Residuales. Technical University Hamburg- Harburg. 40 p. PDF.
- OTTERPOHL, Ralf. Diseño de un sistema de sanidad altamente eficiente con control de fuente, y experiencias en la práctica PDF.
- BRUGES PUENTE, Jairo. Manejo y disposición de los residuos sólidos. Documento de trabajo en clase. Marzo 2003 36p.
- Sanitario Ecológico Seco Separador. Un sistema de salubridad para todos. Equipo de Publicaciones de Alcanzamos. México. 2005, 18p. PDF.

Internet

Aguas Servidas

- http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_servidas

Baños portátiles

- <http://www.contilttda.com/moviles.htm>

Compost

- <http://www.cespa.es/index.php?orden=41>
- <http://www.infoagro.com>
- <http://www.compostsegria.com/>
- <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje01.html>

Ecoaldeas - Sitios y entidades involucradas en proyectos sustentables

- <http://www.fundarien.org>, fundarien@epm.net.co
- <http://www.ecohabitar.org>
- <http://www.ecocentro.org>
- <http://www.bioconstruindo.com.br>
- <http://www.lacaravana.org/2006/espanol/ecoaldeas.htm>
- <http://www.selba.org/ecoaldeas.htm>
- <http://www.eco-gel.com/ecoaldeas.htm>

- <http://www.mundonuevo.cl/areas/Revista/enero%202003/ecopueblos.htm>
- <http://ena.ecovillage.org/Espanol/index.html>
- <http://www.mutantia21.com.ar/>

Permacultura

- <http://www.tierramor.org>
- <http://www.gaia.org.ar/cursodisenio.htm>

Pozos Sépticos

- <http://www.solomantenimiento.com/>
- <http://www.udec.cl>

Saneamiento

- http://www.enredate.org/enredate/actualidad/historico/que_es_el_saneamiento/
- <http://www.monografias.com/trabajos26/saneamiento-basico/saneamiento-basico.shtml>

Sanitarios convencionales

- http://www.wayarredamenti.net/rootes/bagno_sanitari_766.htm
- <http://www.corona.com.co>
- <http://www.mancesa.com.co>
- <http://www.idealstandard.es>
- <http://centros5.pntic.mec.es/ies.arzobispo.valdes.salas/alumnos/inventos/inodoro.html>
- http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/newsid_3497000/3497555.stm

Sanitarios secos o Baño ecológico

- <http://www.aquatron.se/start.es.html>
- <http://www.multrum.com>
- <http://www.iepsacv.com.mx>
- <http://www.zoomzap.com>
- <http://www.rotaloo.com>
- <http://www.laneta.apc.org>
- <http://www.sociedadcivil.cl/territoriosur/01023.htm>
- <http://www.eraecologica.org>
- <http://ecoletrina.sdsu.edu>

Tecnología ambiental sostenible diseño ecológico

- <http://www.sociedadcivil.cl/territoriosur/01038.htm>
- <http://www.col.ops-oms.org>
- <http://www.sanimex.net>
- <http://weblife.org/humanure/chapter8.html>

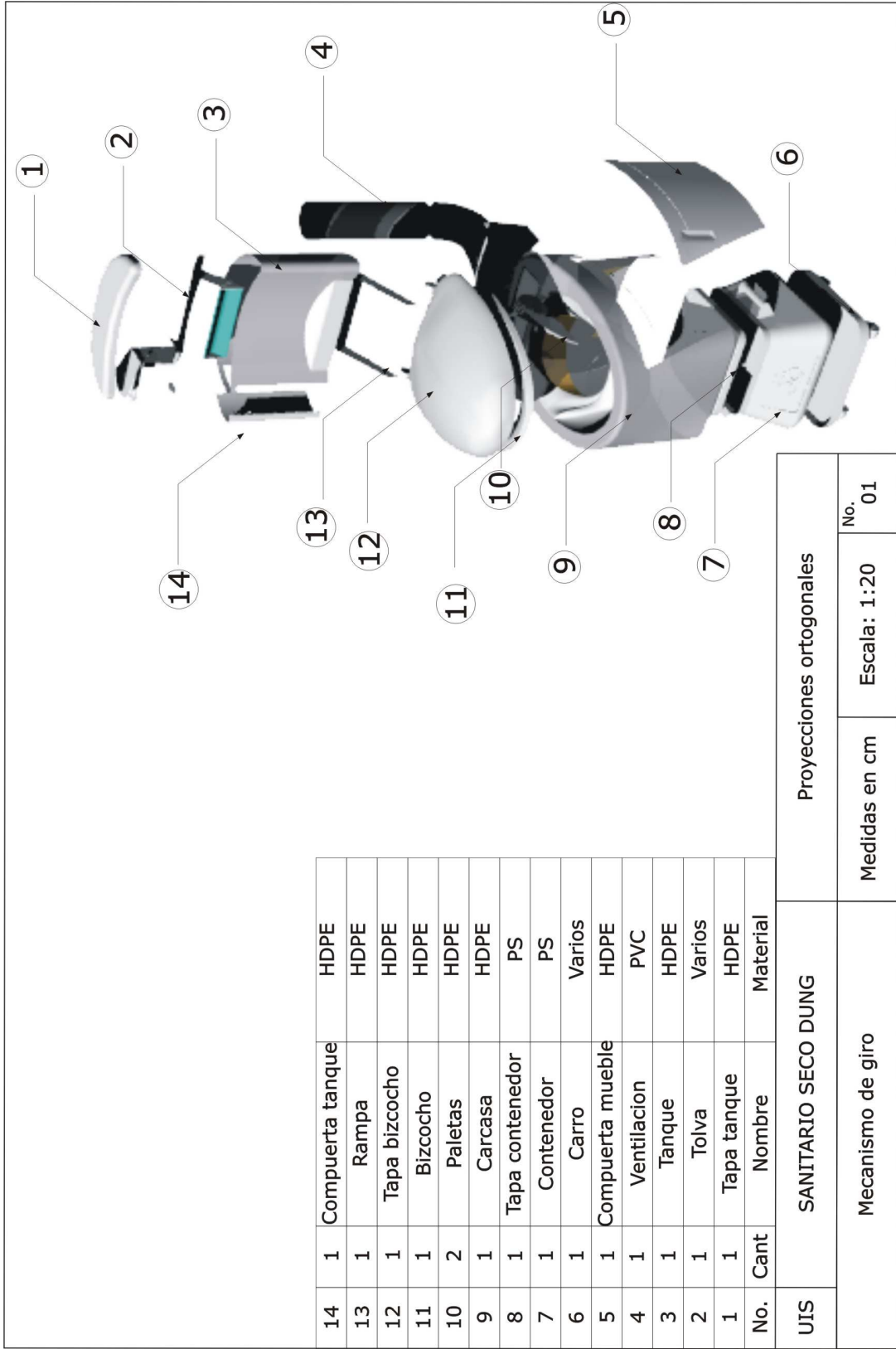
- <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-topicsheet-2005.pdf>

Ventilación

- <http://extractoresgm.galeon.com>

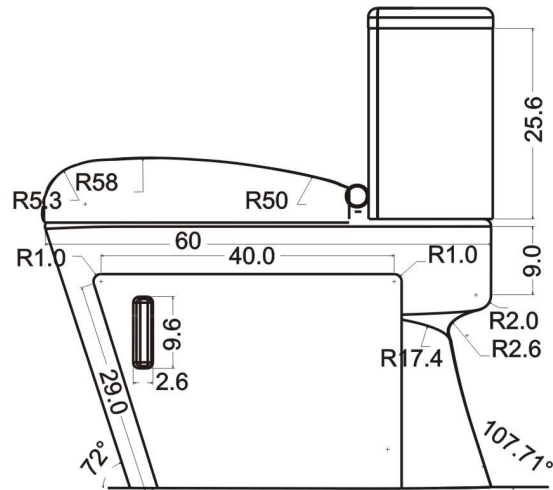
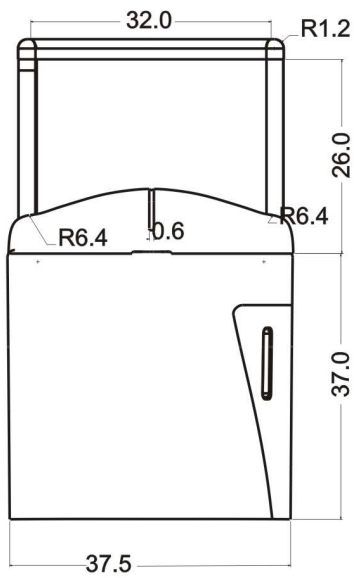
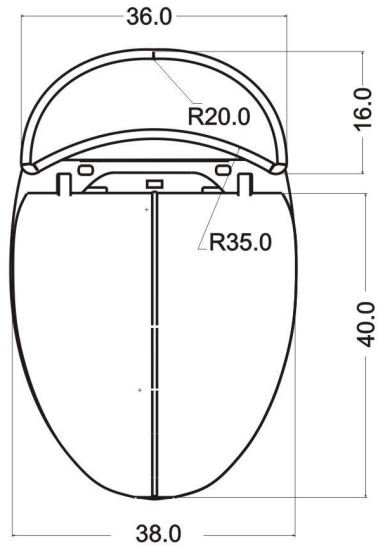
ANEXOS

ANEXO 1. PLANOS TÉCNICOS

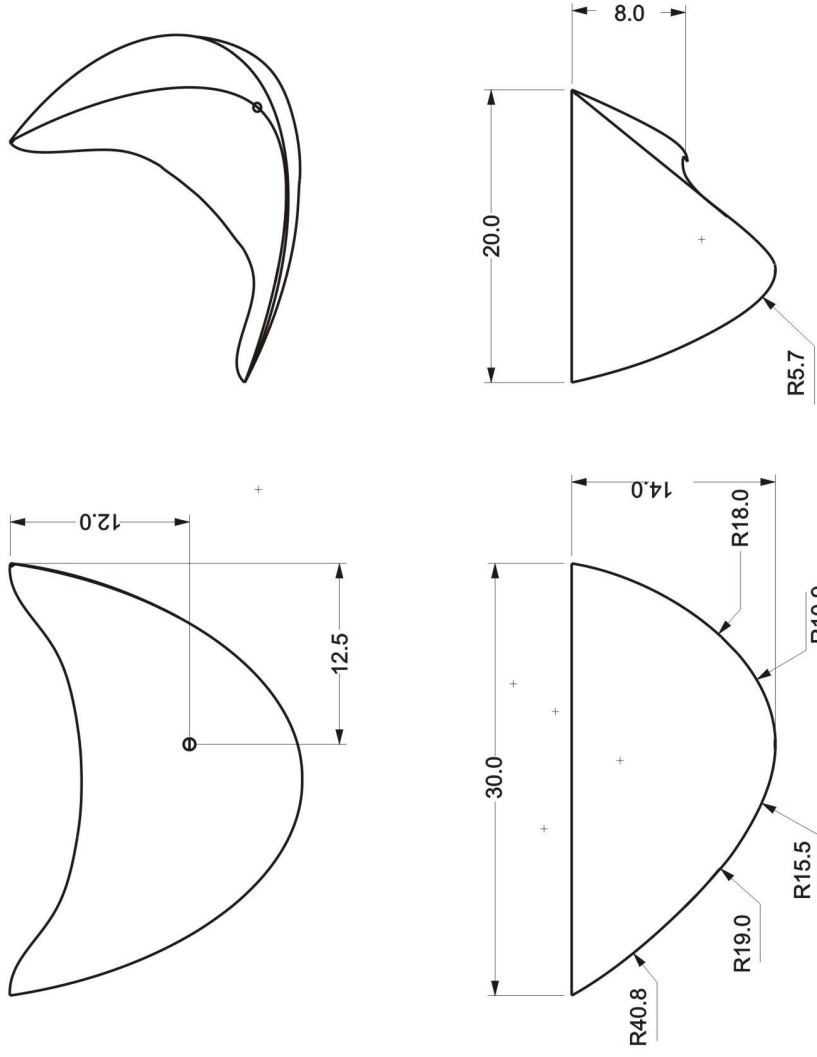


14	1	Compuerta tanque	HDPE
13	1	Rampa	HDPE
12	1	Tapa bizcocho	HDPE
11	1	Bizcocho	HDPE
10	2	Paletas	HDPE
9	1	Carcasa	HDPE
8	1	Tapa contenedor	PS
7	1	Contenedor	PS
6	1	Carro	Varios
5	1	Compuerta mueble	HDPE
4	1	Ventilacion	PVC
3	1	Tanque	HDPE
2	1	ToIva	Varios
1	1	Tapa tanque	HDPE
No.		Nombre	Material

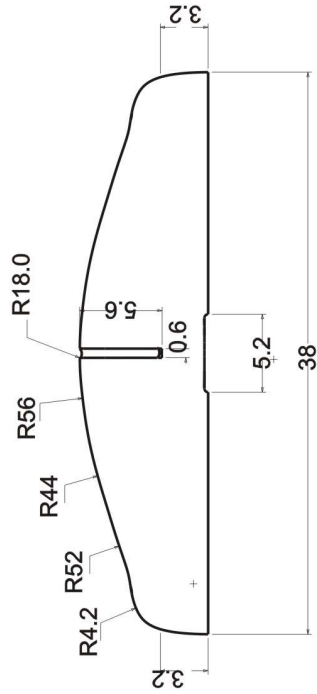
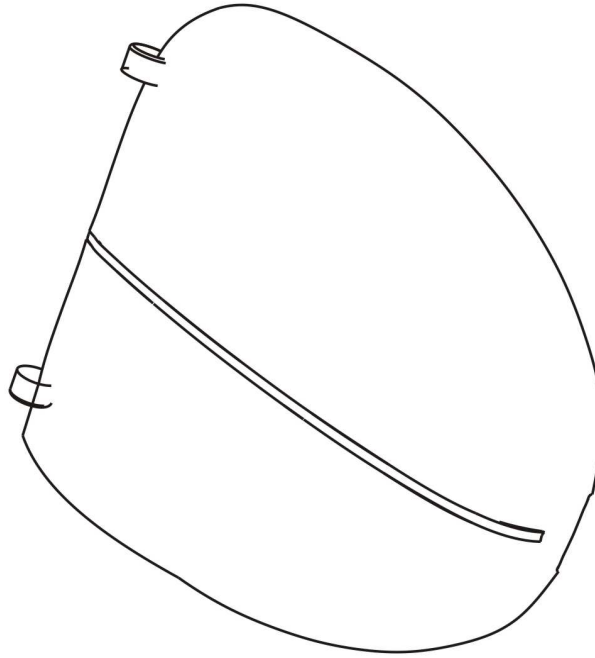
UIS	SANITARIO SECO DJUNG		Proyecciones ortogonales	
	Mecanismo de giro		Medidas en cm	No. 01
			Escala: 1:20	



UIS	SANITARIO SECO DUNG	Proyecciones ortogonales		
	Vista general	Medidas en cm	Escala: 1:10	No. 02

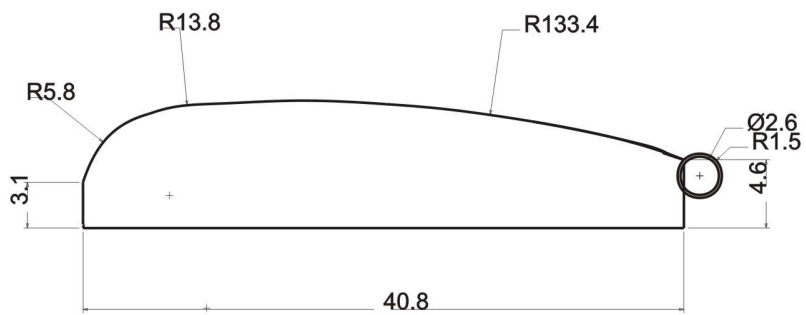
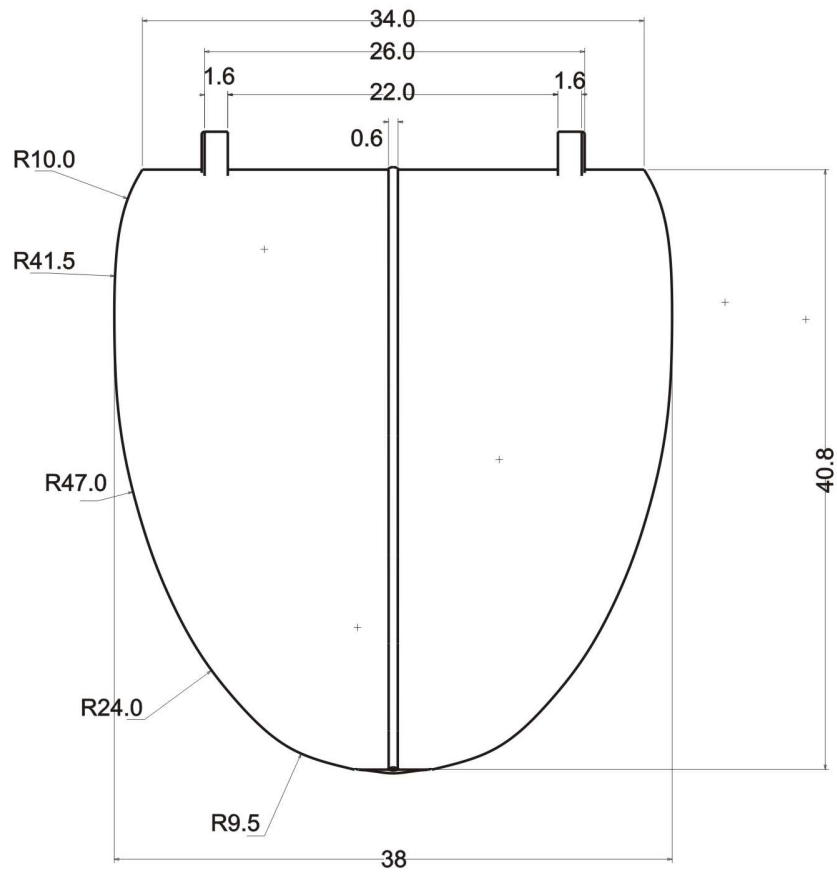


UIS	SANITARIO SECO DUNG	Proyecciones ortogonales	
	Separador de orina	Medidas en cm	No. 03
		Escala: 1:5	

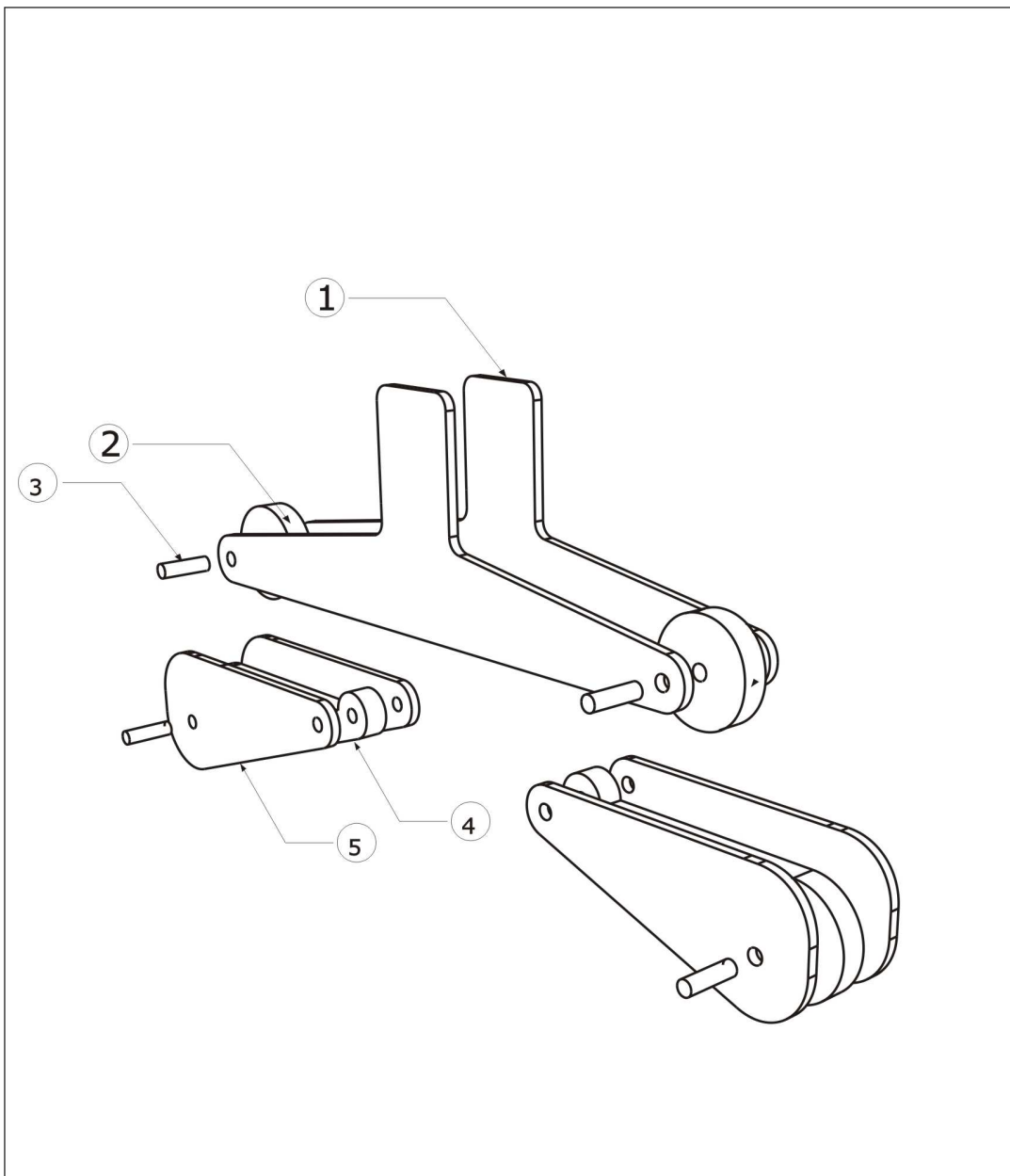


UIS	SANITARIO SECO DUNG	Proyecciones ortogonales	
	Tapa del bizcocho	Medidas en cm	Escala: 1:5 No. 04

+

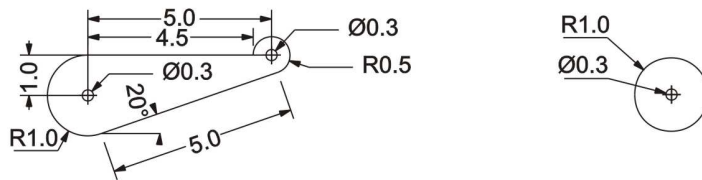
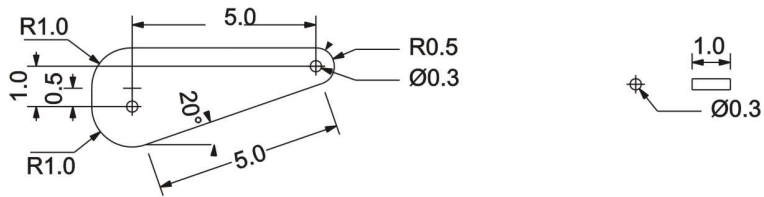
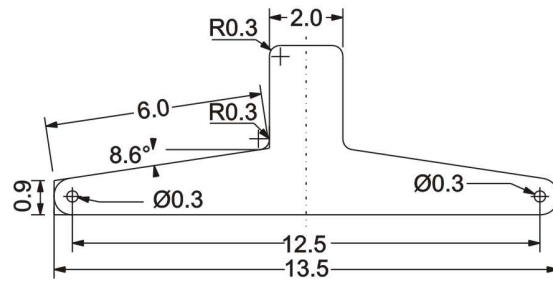


UIS	SANITARIO SECO DUNG	Proyecciones ortogonales		
	Tapa del bizocho	Medidas en cm	Escala: 1:5	No. 05

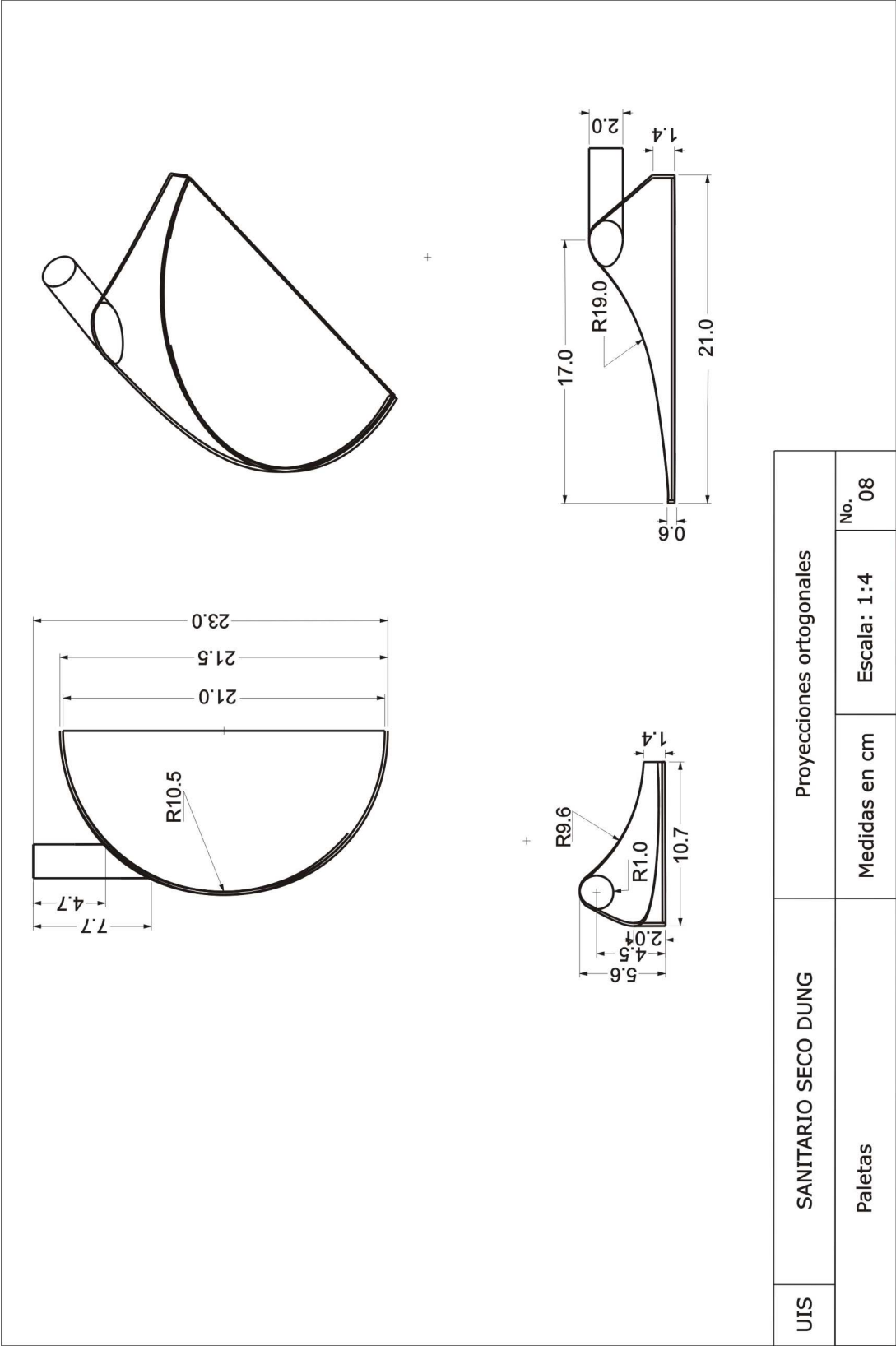


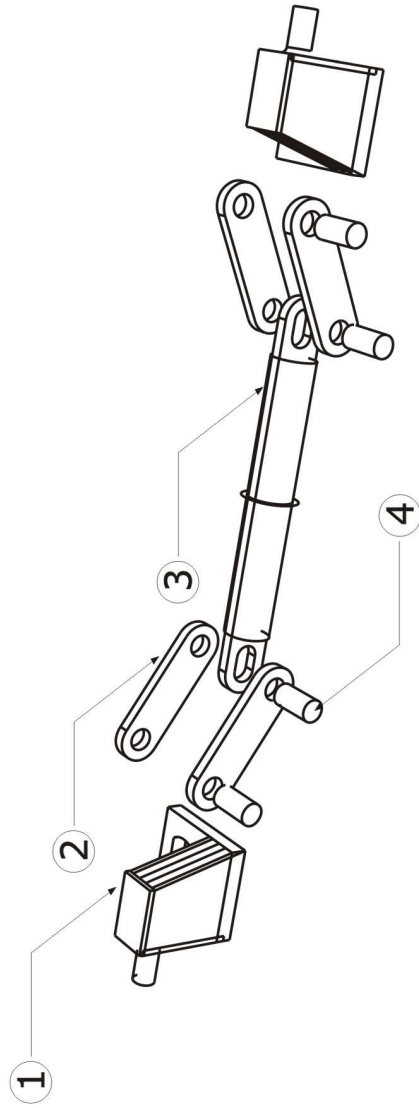
5	4	Pared	Lamina PS 3 mm
4	2	Base	Lamina PS 3 mm
3	4	Ejes	Lamina PS 5 mm
2	2	Ruedas	Acero calibre 3
1	2	T	Lamina PS 3 mm
No.	Cant	Nombre	Material

UIS	SANITARIO SECO DUNG	Vista isometrica		
Mecanismo de giro		Medidas en cm	Escala: 1:20	No. 06



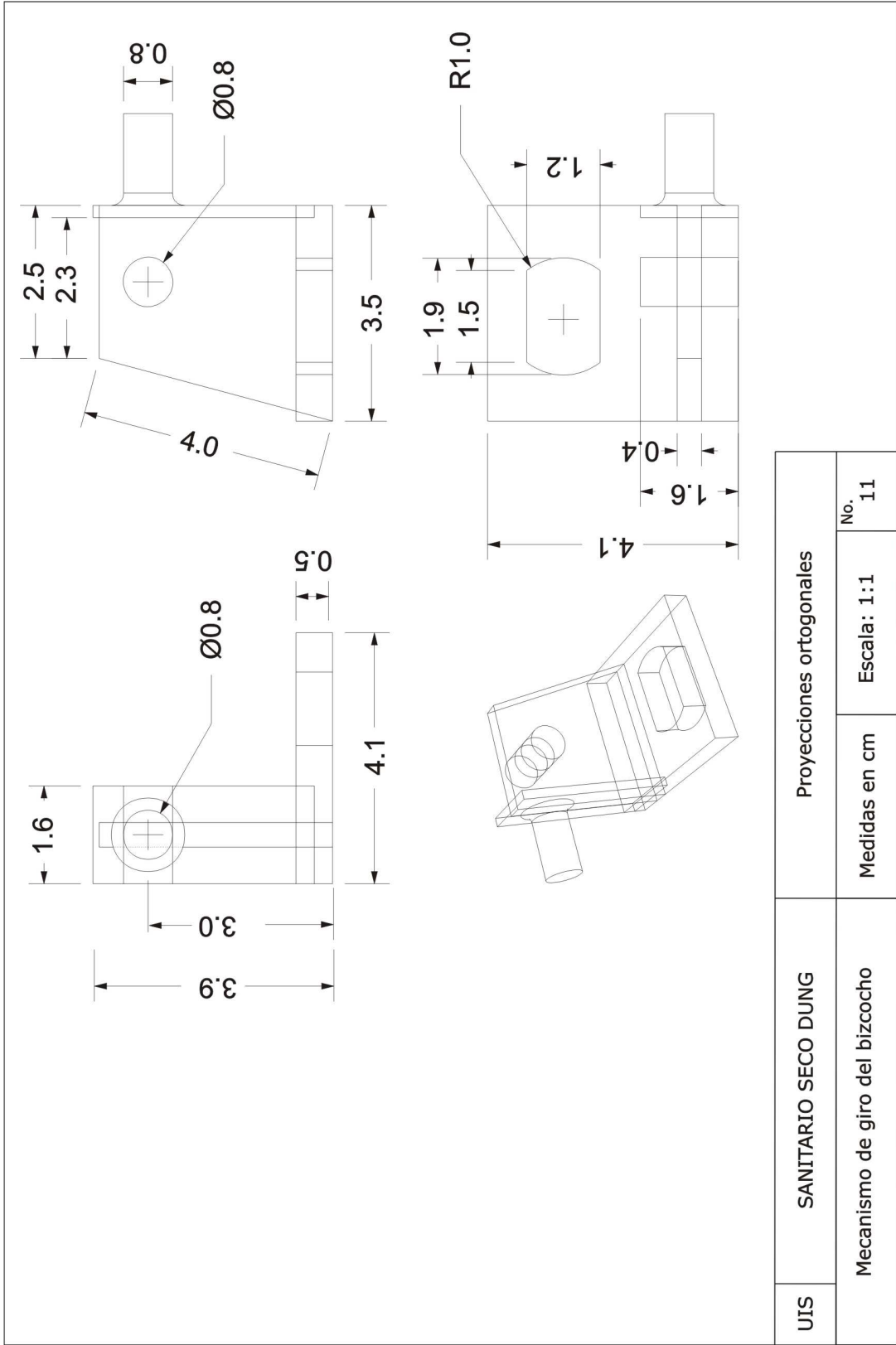
UIS	SANITARIO SECO DUNG	Proyecciones ortogonales		
Mecanismo de giro		Medidas en cm	Escala: 1:2	No. 07

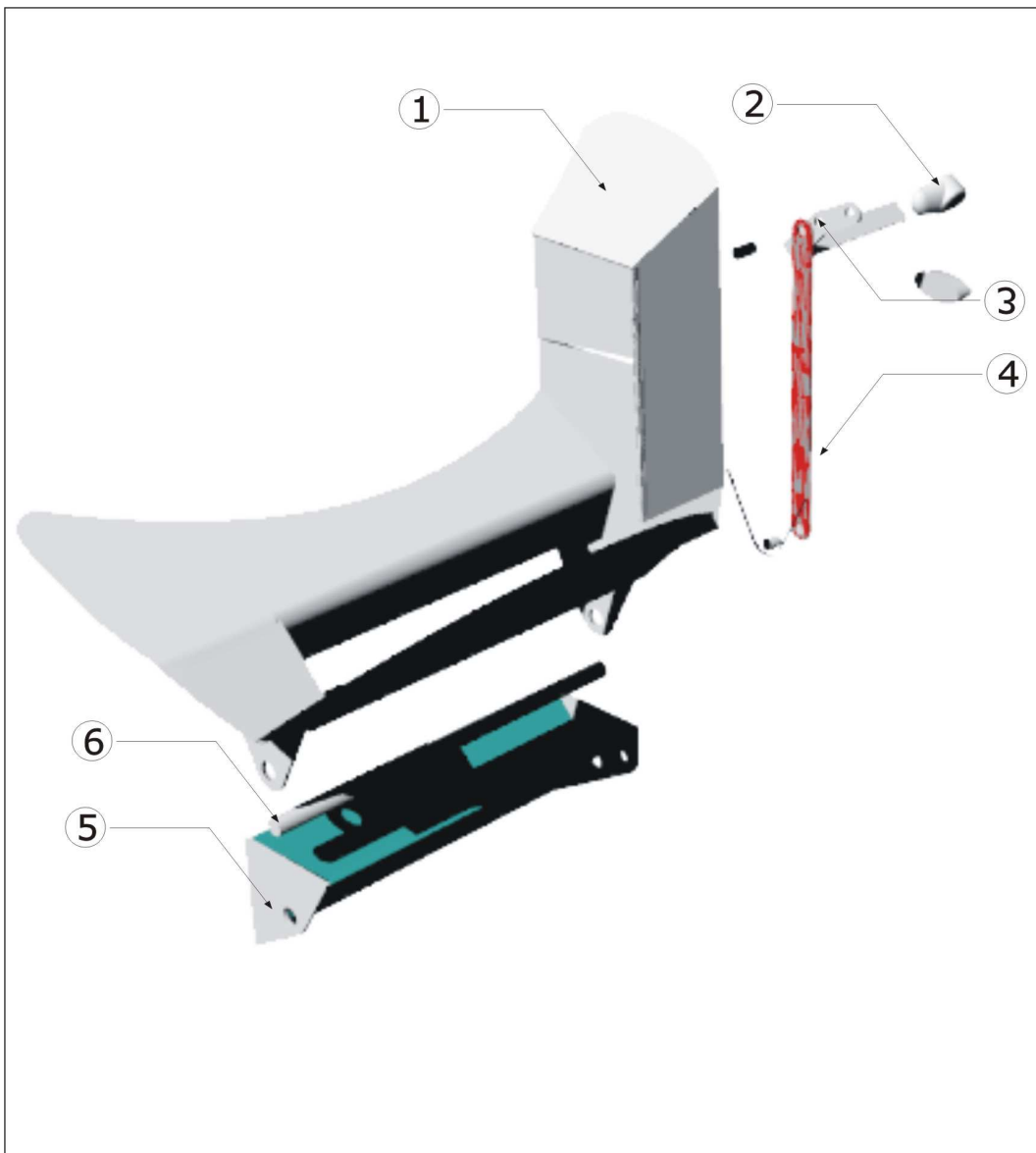




5	2	Resortes de torsion	
4	4	Pines	Acero 1040
3	1	Eje central	PSHD
2	4	Barra	PSHD
1	2	Apoyo	PSHD
No.	Cant	Nombre	Material

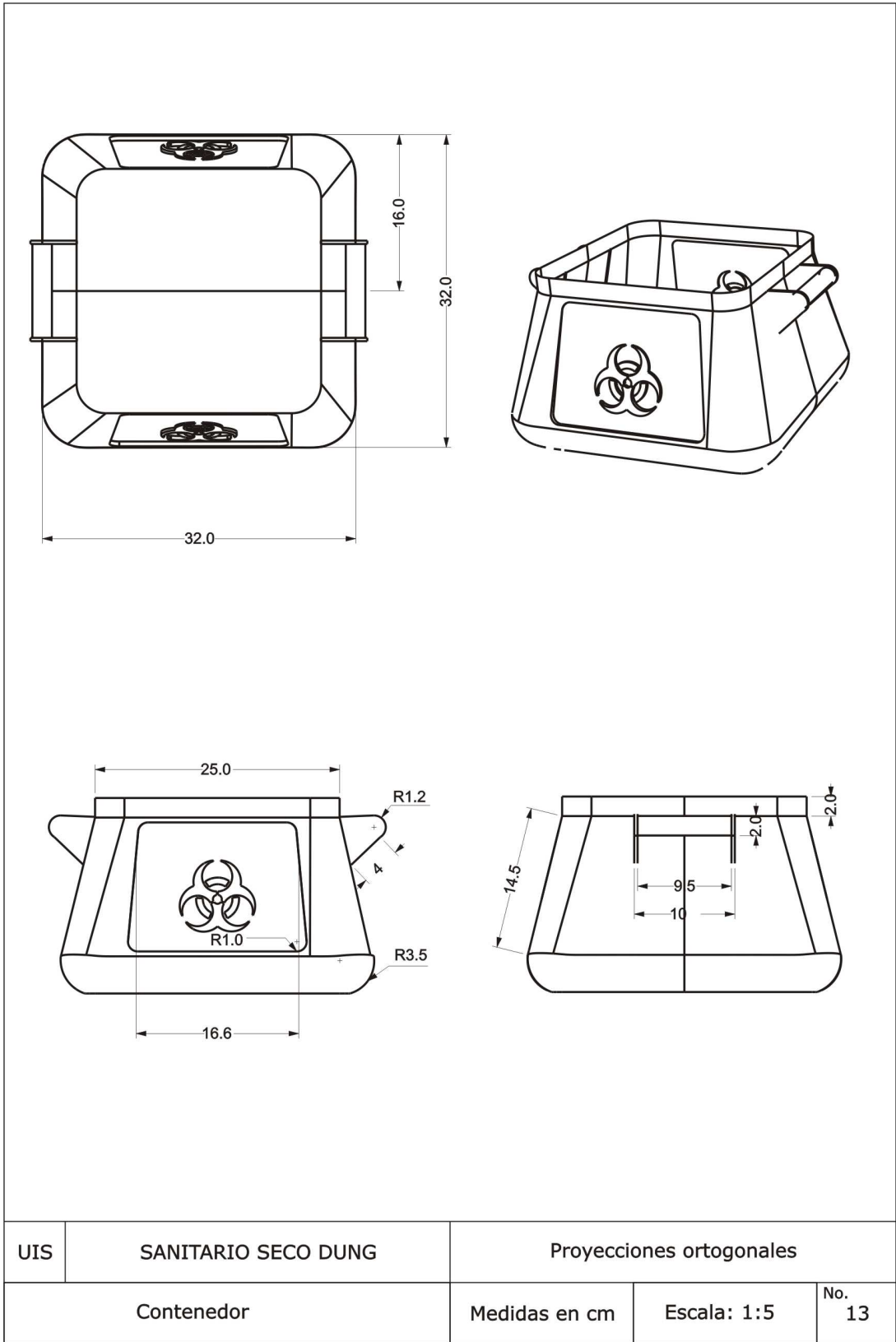
UJS	SANITARIO SECO DUNG		Proyecciones ortogonales	
Mecanismo de giro del bizcocho			Medidas en cm	No. 09
			Escala: 1:1	





6	1	Eje pp	Acero 1040
5	1	Tolva	Lamina PS 3 mm
4	2	Eje vertical	Lamina PS 3 mm
3	1	Eje horizontal	Lamina PS 5 mm
2	1	Manija del agua	
1	1	Base	Lamina PS 3 mm
No.	Cant	Nombre	Material

UIS	SANITARIO SECO DUNG	Proyecciones ortogonales		
Tolva		Medidas en cm	Escala: 1:2	No. 12



ANEXO 2. MANUAL DE USO



MANUAL DE USO



Sanitario Ecológico Seco



Contenido

- Descripción General
- Instalación
- Secuencia de operación
- Recomendaciones para un buen funcionamiento



El Sanitario Dung es un sistema para el tratamiento de las excretas humanas, que no contamina el agua

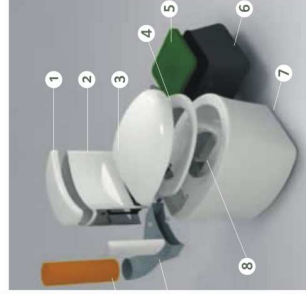
4

Funciona por medio de una tecnología sencilla y eficiente; presenta las comodidades de un WC, pero cuida la salud y respeta al ambiente, además, genera nutrientes para el suelo.

5



Descripción General



1. Tapa tanque
2. Tanque material de aporte
3. Tapa bizzocho
4. Bizzocho
5. Tapa contenedor
6. Contenedor
7. Taza
8. Mecanismo de ocutación
9. Rampa de descarga
10. Mecanismo de descarga
11. Acople ventilación
12. Tubo de ventilación en PVC



5



Pautas de Instalación

Sugerencias

Tubería de desagüe para el orina 1/4”
Tubería para el suministro de agua 1/2”

- 1 Instale el sanitario por medio de los tornillos de fijación.
- 2 Aplicar silicona por el borde del sanitario para mayor hermeticidad
- 3 Conectar el acople flexible al agua, para el separador de orina
- 4 Llenar el tanque con el material de aporte

6



Secuencia de operación

- 1 Siéntese cómodamente y use el baño
- 2 Si defecó, haga una descarga de tierra
- 3 Si orinó, deje fluir agua hacia el separador de orina.
- 4 Tapa la taza para evitar la entrada de insectos
- 5 Lave sus manos después de cada uso del sanitario
- 6 Cada semana retire el contenedor del sanitario.
- 7 Llene el tanque con material de aporte cuando sea necesario

7



Recomendaciones de uso

- ✍ Ubicar trampa para moscas en el ducto de ventilación para evitar se acerquen al contenedor
- ✍ El separador de orina debe estar limpio para no contaminar la orina
- ✍ Para una mejor deshidratación de las heces, ponga una capa de material de aporte en el fondo del contenedor antes de empezar a usarlo.
- ✍ En caso de encontrar fugas en la manguera de la orina, reemplácela.
- ✍ En caso de mal olor agregue mayor

ANEXO 3. TARIFAS VIGENTES ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA.

Tarifas Vigentes

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP, en cumplimiento de las Resoluciones CRA 403 de 2006 y 419 de 2007, informa a sus suscriptores del servicio de acueducto de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, las tarifas a aplicar a partir de la facturación del mes de Agosto de 2007. Estas tarifas incluyen las actualizaciones inflacionarias, la transición tarifaria resultante de la aplicación de la Resolución CRA 287 de 2004 y las modificaciones aprobadas por la CRA para los costos de referencia del Cargo Fijo y el Consumo, además de los niveles de subsidio y aporte solidarios considerados en el Decreto MAVDT 057 de 2006.

	Facturación Agosto/07	Facturación Spbre./07	Facturación Octubre/07
USO RESIDENCIAL			
CARGO FIJO (\$/mes)			
Estrato 1	\$ 3.014,13	\$ 3.007,53	\$ 3.000,92
Estrato 2	\$ 4.219,79	\$ 4.210,54	\$ 4.201,28
Estrato 3	\$ 5.726,85	\$ 5.714,30	\$ 5.701,74
Estrato 4	\$ 6.028,27	\$ 6.015,05	\$ 6.001,84
Estrato 5	\$ 8.883,82	\$ 8.870,61	\$ 8.857,39
Estrato 6	\$ 9.454,93	\$ 9.441,72	\$ 9.428,50
CONSUMO BASICO (\$/m³)			
Estrato 1	\$ 454,31	\$ 458,08	\$ 461,84
Estrato 2	\$ 636,03	\$ 641,31	\$ 646,58
Estrato 3	\$ 863,19	\$ 870,35	\$ 877,50
Estrato 4	\$ 908,62	\$ 916,15	\$ 923,69
Estrato 5	\$ 1.362,93	\$ 1.374,23	\$ 1.385,53
Estrato 6	\$ 1.453,79	\$ 1.465,84	\$ 1.477,90
CONSUMOS COMPLEMENTARIO Y Suntuario (\$/m³)			
Estrato 1	\$ 908,62	\$ 916,15	\$ 923,69
Estrato 2	\$ 908,62	\$ 916,15	\$ 923,69
Estrato 3	\$ 908,62	\$ 916,15	\$ 923,69
Estrato 4	\$ 908,62	\$ 916,15	\$ 923,69
Estrato 5	\$ 1.362,93	\$ 1.374,23	\$ 1.385,53
Estrato 6	\$ 1.453,79	\$ 1.465,84	\$ 1.477,90
USO COMERCIAL			
CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 8.883,82	\$ 8.870,61	\$ 8.857,39
CONSUMOS (\$/m³)	\$ 1.362,93	\$ 1.374,23	\$ 1.385,53
USO INDUSTRIAL			
CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 7.741,60	\$ 7.728,38	\$ 7.715,17
CONSUMOS (\$/m³)	\$ 1.181,20	\$ 1.191,00	\$ 1.200,79
USO OFICIAL			
CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 6.028,27	\$ 6.015,05	\$ 6.001,84
CONSUMOS (\$/m³)	\$ 908,62	\$ 916,15	\$ 923,69
USO PROVISIONAL (Pilas Públicas)			
CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 1.808,48	\$ 1.804,52	\$ 1.800,55
CONSUMOS (\$/m³)	\$ 272,59	\$ 274,85	\$ 277,11

Las anteriores tarifas se conservarán hasta cuando se presente una variación mínima del 3% en el IPC nacional, tomando como base el IPC causado hasta el mes de febrero de 2007.

Fuente: http://www.amb.com.co/servicios/sc_tarifas.asp

ANEXO 4. ENTREVISTA CON ASEADORAS Y OBSERVACIÓN DIRECTA DE BAÑOS PÚBLICOS

OBJETIVO: Recolectar información para determinar aspectos a tener en cuenta en el proyecto.

Limpieza, frecuencia de aseo, casos extremos, diferencias entre hombres y mujeres, discapacitados

LUGAR	MUJERES	HOMBRES	OTROS
CAJASAN	<p>3 baños</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas de iluminación ▪ Baños tapados por: toallas higiénicas, pañales desechables. ▪ Descarga por palanca normal ▪ Papelera encima del tanque ▪ Casos: Bañar bebe en el lavamanos Toallas higiénicas abiertas en papeleras 	<p>2 baños, 1 orinal</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huellas ▪ Goteo ▪ Olor ▪ Acumulación de heces ▪ Cesta en el piso 	<p>Tienen dos turnos: en el día los limpian 6 veces, tres en la mañana y tres en la tarde; en la noche los lavan.</p> <p>Baño aparte para discapacitados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Luz y aire tienen encendido automático. ▪ Papelera retirada
ÉXITO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Papelera en el piso ▪ Papel regado ▪ Papelera vomitada ▪ Acumulación de orines ▪ Goteo en el bizcocho ▪ Planchon (lavamanos) mojado ▪ Mesa auxiliar para cambiar bebes ▪ Para accionar la descarga hay 2 formas: Sensor ó botón 		
CAÑAVERAL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga con mucha presión y moja el bizcocho ▪ Falla el sensor de descarga ▪ Papelera con bolsa ▪ Dispensador de toallas higiénicas 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baño para discapacitados, ubicado en baño de hombres y mujeres. ▪ Lavamanos con sensor ▪ Malla debajo del lavamanos
VIVERO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se usan jaboneras ▪ Papeleras negras 		

SENA Floridablanca		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuando el baño no está en uso ponen una teja sobre el sanitario 	
UIS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cabello en el lavamanos ▪ Papel higiénico y de dulces en el lavamanos ▪ Toallas higiénicas en las papeleras ▪ Piso mojado ▪ Puertas rayadas ▪ Sin bizcocho 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Goteo en el bizcocho ▪ División en lata se oxida y genera mal aspecto ▪ Sin papeleras porque las orinan. ▪ Sin bizcocho 	

SANITARIOS	MESONES PARA LAVAMANOS	PAPELERAS	SENSORES	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	OTROS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mucha presión moja el bizcocho ▪ El baño de mujeres se tapa por pañales y toallas ▪ En el baño de hombres hay goteo sobre el bizcocho ▪ Olores, empozamiento, colillas, cabellos, papeles ▪ Acumulación de heces ▪ Falla en la descarga por mal funcionamiento ó falla el mecanismo ▪ Bizcocho abierto para colocar funda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumulación de agua, basuras y cabellos ▪ Bañan a los bebés ▪ Existen mesones para cambiar bebés ▪ Predominan los colores oscuros 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicación encima del tanque, a un lado o empotradas ▪ Papeles en el piso ▪ Algunas papeleras tienen bolsa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga por dos sistemas: Sensor o botón ▪ Fallan por falta de energía o porque no reconocen señal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se atraviesan escobas para impedir el paso ▪ Tejas para el no uso del orinal ▪ Tablas sobre el sanitario fuera de servicio 	<p>Dispensadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ De papel ▪ De toallas higiénicas ▪ Huellas en el piso ▪ Oxidación de divisiones metálicas

Fuente: los autores.

ANEXO 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS.83.

Poliestireno de alto impacto: Utilizado principalmente en la fabricación de objetos mediante moldeo por inyección. Algunos ejemplos: carcasas de televisores, impresoras, puertas e interiores de frigoríficos, maquinillas de afeitar desechables, juguetes. Según las aplicaciones se le pueden añadir aditivos como por ejemplo sustancias ignífugas o colorantes.

Polietileno de alta densidad: Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) que el PEBD y el PELBD, debido a su mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión

Sus principales aplicaciones son en el sector de envase y empaque (bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, etc.), en la industria eléctrica (aislante para cable), en el sector automotriz (recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras), artículos de cordelería, bandejas, botes para basura, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas, tapicerías juguetes, etc.

PEAD.: Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) que el PEBD y el PELBD, debido a su mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos. Sus principales aplicaciones son en el sector de envase y empaque (bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, etc.), en la industria eléctrica (aislante para cable), en el sector automotriz (recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras), artículos de cordelería, bandejas, botes para basura, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas, tapicerías juguetes, etc.

PVC: “Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

Es un material excepcionalmente resistente. Los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable y sanitarios; de acuerdo al estado de las instalaciones se espera una prolongada duración de las mismas. Una evolución similar ocurre con los marcos de puertas y ventanas en PVC.”

⁸³ <http://www.textoscientificos.com/polimeros/PVC>

Para la producción de piezas en materiales poliméricos se emplean distintos procedimientos, siendo los principales:

- Moldeo por inyección
- Moldeo por extrusión
- Moldeo por soplado
- Moldeo por vacío
- Calandrado

Fibra de vidrio:

Se utiliza en la fabricación de kayaks, botes Lanchas, carrocerías para automóviles y camiones, piscinas, bañeras, elementos para cuartos de baño, vertederos, tuberías, carcasas, juguetes, artículos deportivos, pantallas y otros artículos.

Sus propiedades son:

- Alta resistencia mecánica
- Bajo peso, facilitando transporte e instalación
- Resistencia a corrosión y la intemperie.
- Bajo costo con herramientas
- Menor necesidad de mantenimiento
- Alta resistencia a los ambientes ácidos

Proceso de Moldeo por contacto:

Se pone una primera mano de resina y luego se le va agregando poco a poco la fibra de vidrio mientras se va compactando, esparciendo y sacando las burbujas, con una brocha dependiendo de las capas que se requieran.

Proceso de Moldeo por Rociado:

También conocido como moldeo por pistola, consiste básicamente en la aplicación simultánea de resina poliéster y fibra de vidrio cortada mediante aparatos de moldeo por proyección. Existen varios sistemas para aplicar el moldeo por rociado, pero todos tienen la misma función, es decir, cortar la mecha de fibra de vidrio en trozos de una longitud que oscila entre 20 y 50mm, añadir la resina y el catalizador en la pistola, y proyectar sobre el molde la mezcla de fibra con resina.