

*Universidad Central “Marta Abreu” de Las
Villas.*

Facultad de Construcciones.

Departamento de Ingeniería Hidráulica.



Trabajo de diploma

*Título: Propuesta de solución para el tratamiento de los
residuales vertidos por los carros fosas en la provincia de
Villa Clara.*

Autor: Dialeynis Acevedo Pérez

Tutor: Ing. Yerandy Rodríguez Delgado

Santa Clara

2016

Pensamiento:

“No hay desarrollo económico ni social posible sin desarrollo hidráulico. El aseguramiento del agua es una condición obligatoria del desarrollo agropecuario e industrial, premisa indispensable para el aumento del nivel de vida, del bienestar y la salud del pueblo.”

Faustino Pérez Hernández

Dedicatoria:

- *Este trabajo se lo dedico a mi familia y amigos por estar siempre presentes y brindarme su apoyo incondicional en los momentos que más lo necesitaba.*
- *A mi mamá y papá quienes me han guiado y enseñado que las cosas buenas de la vida se consiguen con mucho amor y dedicación.*
- *A mi hermano que lo adoro y desearía siguiera mis pasos.*
- *A mi novio y su familia los cuales me han ayudado muchísimo para alcanzar mis metas.*
- *A mis tíos y abuelitos por confiar en mí y apoyarme siempre.*

Agradecimientos:

En mi formación como Ing. Hidráulica hay muchas personas a las que les debo mucho:

- *A mi tutor Ing. Yerandy Rodríguez Delgado por sus consejos, ayudarme a crecer como persona y profesional, por ayudarme en todo lo que pudo y dedicarme muchas horas de su tiempo.*
- *A mi familia en especial a mis padres, hermano, tíos y abuelos y primos, nunca olvidare todo el empeño y sacrificio que han hecho para ver mi sueño hecho realidad.*
- *A mi mamá Edelis Pérez Días por ser el motor impulsor en mi vida y mi carrera.*
- *A mi papá Livan Acevedo Alfonso por apoyarme siempre y depositar en mí toda la confianza del mundo.*
- *A mi hermano Diango por quererme mucho y estar ahí para mí.*
- *A mi novio Mario S Blanco por estar siempre a mi lado y brindarme su ayuda incondicional en unión a su familia la cual adoro y quiero mucho en especial su mamá Maria Julia y su abuelita Ode.*
- *A todos los profesores que de una manera u otra han contribuido en mi formación como profesional en especial a l profesor Lamberto Albares y Rafael Matamoros por brindarme su ayuda incondicional.*
- *A mis amistades y compañeros de aula por haber compartido conmigo unos años maravillosos en especial a Dayana.*

Resumen:

En esta investigación se analiza la problemática de que no existe una red de puntos de vertimiento para los residuales líquidos recolectados por los carros fosas, que se vierten actualmente en los registros de alcantarillado provocando las obstrucciones en los colectores, molestias a los vecinos y afectaciones al medio ambiente cuando se descargan en otros puntos sin tratamiento previo. En el siguiente trabajo se realiza el diseño de un conjunto de lechos de secado que permitirán evacuar los residuales, e incorporarlos al sistema de alcantarillado o lagunas de oxidación. El trabajo está estructurado en tres capítulos en donde el primero aborda la revisión bibliográfica sobre las aguas residuales, sus constituyentes y parámetros que se analizan en esta, también se analizó los tipos de tratamientos que se utilizan principalmente las plantas de tratamiento y las lagunas de oxidación. Otro parámetro al que se hace referencia es a los diferentes tipos de lechos de secado, características y criterios de diseño además sus ventajas y desventajas. En el capítulo 2 se analizó la situación actual de los puntos de vertimiento de todos los municipios de la provincia de Villa Clara y también se diseñó tanto hidráulica como estructuralmente el sistema de lechos de secado así como el cálculo de los aceros. En el tercer capítulo se obtuvieron los planos en planta y detalle de cada variante así como el presupuesto y la línea de impacto ambiental. El resto del trabajo está conformado por una serie de anexos que complementan algunos de los aspectos más relevantes de la investigación.

Índice	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE ARTE PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	4
1.1 Aguas residuales.....	4
1.1.1 Constituyentes del agua residual.....	4
1.1.2 Parámetros que se analizan en las aguas residuales.	5
1.2 Tipos de tratamientos de aguas residuales.....	13
1.2.1 Plantas de tratamiento.....	13
1.2.2 Sistemas naturales.....	16
1.2.3 Fosa séptica.....	18
1.3 Lechos de secado.....	19
1.3.1 Fases de operación de los lechos de secado:	19
1.3.2 Problemas con el manejo de los lodos en el estado original:	19
1.3.3 Deshidratación o secado de los lodos.	19
1.4 Características de los lodos.....	21
Conclusiones parciales.....	22
CAPITULO 2: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE LOS LECHOS DE SECADO.....	22
2.1 Situación actual de los puntos de vertimiento en la provincia de Villa Clara.	22
2.1.1 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Santa Clara.....	22
2.1.2 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Quemado de Güines.....	24
2.1.3 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Sagua la Grande.	25
2.1.4 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Encrucijada.....	25
2.1.5 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Caibarién.....	26
2.1.6 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Santo Domingo.	26
2.1.8 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Remedios.....	28
2.1.9 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Corralillo.	29
2.1.10 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Ranchuelo.	30
2.1.11 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Manicaragua..	30
2.1.12 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Cifuentes.....	30
2.1.13 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Placetas.	31
2.2 Criterios de diseño hidráulico de lo diferentes tipos de lechos de secado.	31

2.3 Diseño estructural de los lechos de secado para 16 y 32 m3 .	34
2.3.1 Procedimiento de cálculo:	34
2.3.2 Cálculo de las solicitaciones de los lechos de secado para 16 y 32 m3 .	37
Conclusiones parciales.	42
CAPITULO 3 ANÁLISIS Y RESULTADOS.	43
3.1 Definición de la estrategia de trabajo.	43
3.2 Variantes de Solución.	43
3.3 Planos en planta y detalles de cada variante.	43
3.4 Listado de materiales.	43
3.5 Presupuesto.	43
3.6 Línea de base ambiental.	44
3.6.1. Análisis de localización.	44
3.6.2. Flora y fauna.	44
3.6.3. Precipitaciones.	44
3.6.4. Los factores climáticos.	45
3.6.5. Identificación de impactos que se prevén ocasionar.	46
3.6.6. Medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales.	47
3.6.7. Prevención para el caso de accidentes.	47
Conclusiones parciales.	48
Conclusiones.	50
Recomendaciones.	51
Bibliografía.	52
ANEXOS	52

INTRODUCCIÓN.

El tratamiento de las aguas residuales tiene gran importancia teniendo en cuenta que en la formulación, planeación y diseño de un sistema de tratamiento se pueden considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de residuales o eficiencias mínimas y, eventualmente, motivaciones ecológicas.

- Proteger la Salud Pública y el Medio Ambiente. Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural.
- El reuso del Agua Tratada. Existen actividades en las que no se requiere utilizar agua potable estrictamente y que se pueden realizar con agua tratada, sin ningún riesgo a la salud, tales como:
 - Riego de Áreas Verdes (glorietas, camellones, jardines, centro recreativos, parques, campos deportivos, fuentes de ornato)
 - Industriales y de servicios (lavado de patios y nave industrial, lavado de flota vehicular, sanitarios, intercambiadores de calor, calderas, cortinas de agua, etc.).
 - Utilización de los residuales sólidos en la agricultura como fuente de abono para el mejoramiento de las propiedades del suelo y el incremento de las producciones orgánicas.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de la provincia Villa Clara actualmente está afrontando dificultades con el vertimiento de los residuales provenientes de los carros fosas. Como consecuencia de esto dicha entidad solicito al INRH un diagnóstico para detallar las características fundamentales de cada uno de estos puntos a partir de la cual se le puede dar una solución

objetiva en aras de mejorar su funcionamiento y erradicar los problemas existentes hoy día.

De los resultados obtenidos por el diagnóstico se pudo constatar que en la provincia de Villa Clara no existe una red de puntos de vertimiento que facilite el trabajo de los carros fosas con el consecuente ahorro de combustible y la adecuación de los residuales vertidos al medio.

Objeto de estudio

Tratamiento de las aguas residuales.

Campo de investigación.

Tratamiento de las aguas residuales vertidas por los carros fosas en la provincia de Villa Clara.

Problema científico.

En la provincia de Villa Clara no existen puntos de vertimiento donde los carros fosas puedan realizar el vertido del material residual, por lo que se procede al vertido directo en registros de alcantarillado, práctica no permitida y que genera dificultades tales como obstrucciones en las tuberías, molestias a los vecinos por el manejo del residual y obstrucciones al tránsito vehicular.

Hipótesis.

Si se realiza el diseño de una serie de lechos de secado capaces de almacenar el volumen de residual vertido por los carros fosas en la provincia de Villa Clara, entonces se podrán eliminar las obstrucciones en los colectores y la contaminación al medio ambiente.

Objetivo general.

Proponer una solución para el tratamiento de los residuales vertidos por los carros fosa en la provincia de Villa Clara, garantizando un adecuado vertido de los residuales al medio.

Objetivos específicos

- Confeccionar el Estado del Arte respecto al tratamiento de las aguas residuales.
- Realizar el diseño hidráulico y estructural del sistema de lechos de secado para 16 y 32 m³.
- Valorar técnica y económicamente los resultados obtenidos para el caso de estudio propuesto.
- Definir la línea de impacto ambiental.

CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE ARTE PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Este capítulo pone en consideración los fundamentos científicos necesarios empleados como base para el desarrollo de este estudio, los mismos que han sido extraídos de libros, investigaciones afines, revistas científicas y publicaciones en internet. De tal manera que aquellos lectores e investigadores interesados tengan una percepción clara de los términos que se manejaron como íconos en el proceso investigativo.

1.1 Aguas residuales.

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.(Marsilli, 2005)

1.1.1 Constituyentes del agua residual.

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. De los constituyentes del agua residual, los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos biodegradables y los organismos patógenos son de mayor importancia, y por ello la mayoría de instalaciones de manejo de aguas residuales deben ser diseñadas para su remoción. Antes de considerar las características físicas, químicas y biológicas del agua residual, es conveniente tratar brevemente los procedimientos analíticos usados para la caracterización de las aguas residuales.(TRUJILLO, 2012)

Nutrientes.

Los nutrientes son compuestos químicos necesarios para el ciclo de vida de ciertos microorganismos, para sus funciones de almacenamiento y reutilización, siendo perjudiciales en grandes cantidades en los cuerpos receptores. Para la caracterización del agua residual cruda los nutrientes se clasifican en:

Tabla 1.1 Clasificación de los nutrientes.

Fosforo total	Nitrógeno total
Orto fosfato	Nitrógeno Orgánico
Poli fosfato	Nitrógeno Amoniacal
	Nitratos
	Nitritos

Remoción de nutrientes.

La remoción de nutrientes es de gran importancia sanitaria, ya que su aumento en cuerpos de agua (especialmente lagos y lagunas), genera el fenómeno de eutrofización. La eutrofización consiste en un enriquecimiento excesivo de los elementos nutritivos del agua, que da lugar a una serie de cambios sistemáticos indeseables, entre ellos la producción perjudicial de algas y otras plantas acuáticas, el deterioro de la calidad de agua, la aparición de malos olores y sabores desagradables y la muerte de peces en el cuerpo de agua. La floración excesiva de algas y plantas acuáticas es un fenómeno visible que puede complicar considerablemente la utilización y la calidad estética de las masas de agua.(TRUJILLO, 2012)

1.1.2 Parámetros que se analizan en las aguas residuales.

Parámetros físicos.

Los parámetros físicos, son aquellos que dan las características físicas visibles en el agua, se pone en consideración a continuación su descripción y los problemas que causan en el agua. El color y olor sirven como indicadores del grado de contaminación por residuos y su presencia en aguas residuales es signo de un pre tratamiento inadecuado antes de la descarga. El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. En la caracterización de las aguas residuales, los materiales gruesos son removidos generalmente antes de analizar sólidos en la muestra. Existen tres tipos de sólidos que se pueden cuantificar en las aguas residuales entre estos están: Los sólidos totales representan la suma de los SDT (Sólidos Disueltos Totales) y SST (Sólidos Suspendidos Totales), además estos poseen fracciones de sólidos fijos y sólidos volátiles, que pueden ser

sedimentables y no sedimentables. Los sólidos sedimentables son aquellos que ocasionan la formación de bancos de lodos que producen olores desagradables.(TRUJILLO, 2012)

Parámetros químicos.

Son aquellos parámetros que solo se pueden determinar a través de análisis de laboratorio, su importancia radica en los efectos que producen todos estos sobre los organismos acuáticos ya sean estos, vegetales o animales. Además de las alteraciones que pueden causar en fuentes de agua natural si no se controlan en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. El término pH es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica, es la forma de medir la concentración de iones hidrógeno en una disolución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, esos valores miden el grado de acidez o basicidad de una solución.

Para Rodier (1986), el pH óptimo de las aguas debe estar entre 6.5 y 8.5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9 donde relativamente existe la mayor parte de la vida biológica. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos, si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH.

Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica, mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de los compuestos tóxicos.(TRUJILLO, 2012)

La temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, esta influye de forma muy significativa en las especies acuáticas influyendo en su metabolismo, productividad primaria, respiración y

descomposición de materia orgánica. Puede también influir en las velocidades de las reacciones químicas, en los usos del agua y en la vida de la flora y la fauna acuática, puede provocar la coagulación de las proteínas de la materia orgánica y aumentar la toxicidad de algunas sustancias.

La temperatura de un agua residual varía de estación en estación y también con la posición geográfica. En regiones frías, la temperatura varía de 7 a 18°C mientras que en regiones cálidas la variación será de 13 a 30°C. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango 25 a 35°C. Una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica se determina con la conductividad. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad.(TRUJILLO, 2012)

En las aguas naturales los iones que son directamente responsables de los valores de conductividad son entre otros el calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, sulfatos y cloratos. Con respecto a las aguas naturales la medida de la conductividad tiene varias aplicaciones, tal vez la más importante sea la evaluación de las variaciones de la concentración de minerales disueltos en aguas naturales y residuales.

Los iones amonio tienen una escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede significar un alto contenido de bacterias fecales, patógenas, etc. La formación de amonio se debe a su descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa del proceso de naturaleza inorgánica. Su concentración máxima en las aguas potables de consumo público es de 0.5 mg/l.(TRUJILLO, 2012)

El nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal se hallan contenidos en el nitrógeno orgánico este parámetro se determina por el método de Kjeldahl. Su presencia en altas concentraciones puede provocar el crecimiento acelerado de plantas acuáticas. El método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento para determinar la descomposición biológica en las aguas residuales es Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Si existe

suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho continuará hasta que el desecho se haya consumido. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es un indicador de la cantidad de sustancias orgánicas de origen biológico (proteínas, carbohidratos, grasas y aceites) y de productos químicos orgánicos sintéticos y biodegradables en las aguas residuales.(TRUJILLO, 2012)

Para medir el material orgánico presente en las aguas residuales susceptible de ser oxidado químicamente se analiza demanda química de oxígeno(DQO), la cual es oxidada con una solución de dicromato en medioácido. Aunque se podría esperar que el valor de la DBO5 fuera similar al de la DQO, éste sería un caso fortuito. Algunas razones para explicar tal diferencia se enumeran a continuación.

1. Muchas sustancias orgánicas las cuales son difíciles de oxidar biológicamente, tales como la lignina, pueden ser oxidadas químicamente.
2. Las sustancias inorgánicas que se oxidan con dicromato aumentan evidentemente el contenido organico de la muestra.
3. Algunas sustancias orgánicas pueden ser tóxicas para los microorganismos usados en la prueba de la DBO5.
4. Valores altos de DQO indican la presencia de sustancias inorgánicas con las cuales el dicromato puede reaccionar. La proporción entre la DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno en una prueba de 5 días) y la DQO es un indicador del tratamiento biológico. Según Fresenius et al. (1989), los valores de la relación DBO5/ DQO en aguas residuales municipales no tratados oscilan entre 0.3 y 0.8. Generalmente, los procesos de descomposición biológica comienzan y ocurren de manera rápida con proporciones de DBO5:DQO de 0.5 o mayor. Las proporciones entre 0.2 y 0.5 son susceptibles al tratamiento biológico; sin embargo, la descomposición puede ocurrir de manera más lenta debido a que los microorganismos degradantes necesitan aclimatarse a las aguas residuales. Si esta relación es menor de 0.3, el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización.(TRUJILLO, 2012)

El azufre se encuentra en forma natural como ión sulfato en aguas de abastecimiento como en aguas residuales. El azufre es un elemento indispensable para la síntesis de proteínas y por eso se libera cuando ocurre la degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen biológicamente a sulfuros bajo condiciones anaerobias y pueden formar sulfuro de hidrógeno (H_2S) al combinarse con el hidrógeno. A continuación se muestran las reacciones generales que rigen estos procesos:(TRUJILLO, 2012)

Los sulfatos se reducen a sulfuros en los digestores de lodos y pueden alterar el desarrollo normal de los procesos biológicos si la concentración excede los 200mg/l, afortunadamente estas concentraciones no son comunes. El sulfuro presenta riesgo de formación de gas sulfhídrico, el que en baja concentración genera olor desagradable y en alta concentración puede ser muy tóxico. A los cloruros se les considera aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable el sabor salado producido por el cloruro es variable y depende de la composición química del agua. Ese sabor es más detectable si el catión predominante en el medio es el sodio, y se nota menos si el catión es calcio o magnesio. La concentración de cloruros es mayor en las aguas residuales ya que el NaCl es muy común en la dieta y pasa inalterado a través del sistema digestivo. Un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones, estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal. El fósforo es importante en el crecimiento de las algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales, se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo provenientes de descargas de aguas residuales domésticas y de escorrentía natural. Las aguas residuales municipales por ejemplo, pueden contener entre 4 y 12 mg/l de fósforo expresado como compuestos fosforados. Las formas más frecuentes en que se puede encontrar fósforo en soluciones acuosas incluyen ortofosfatos, polifosfatos y fósforo inorgánico. Los ortofosfatos (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, H_3PO_4 y complejos HPO_4) están disponibles para el metabolismo biológico sin que sea necesaria una ruptura posterior.(TRUJILLO, 2012)

Parámetros biológicos.

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales. (TRUJILLO, 2012)

En los depósitos de agua que proceden de las descargas de animales, existen microorganismos patógenos. La *Escherichiacolien* general coliformes, streptococos fecales (*Streptococcus faecales*) y *Clostridiumperfringensson* habitantes regulares del intestino grueso.

En las aguas negras hay millones de bacterias como coliformes, esporulados anaerobios (*Proteus*sp.) y también algunos protozoos patógenos y virus. El predominio de algunos tipos fisiológicos varía durante la digestión de las aguas. En un digestor en anaerobiosis, inicialmente predominan anaerobios facultativos (*Enterobacter*sp., *Alcaligenes*sp, *Escherichiasp*, *seudomonasp*,etc) a los cuales siguen productores metano anaerobios estrictos, como *Metanobacterium*, *Metanosarcina* y *Metanococcus*. Los productos finales son metano y dióxido de carbono (Opazo, 1991).

Según García y Bacares citado por Valderrama (2005), el tiempo de retención aumenta la eficiencia de remoción en todos los tratamientos biológicos, pero según Van der Steen et al, citado por Valderrama la remoción de coliformes totales y *Escherichiacoli* alcanza el 99% el día 6, además que ellos resaltan la eficiencia más alta con plantas acuáticas en relación a las microalgas.

Organismos patógenos.

Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden provenir de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una enfermedad determinada. Las principales clases de organismos patógenos que pueden encontrarse en aguas residuales son: bacterias, parásitos (protozoos, helmintos) y virus.(TRUJILLO, 2012)

Las bacterias se consideran uno de los principales grupos patógenos presentes en aguas residuales, entre ellos tenemos al género *Salmonella*, el cual contiene una gran variedad de especies que pueden causar enfermedades en humanos y animales. La fiebre tifoidea, ocasionada por *Salmonella typhi*, es la enfermedad más grave que puede transmitir este grupo. La enfermedad más comúnmente asociada con el grupo *Salmonella*, llamada salmonellosis, es una de las intoxicaciones alimentarias más comunes causadas por agua y alimentos contaminados. El grupo *Shigella*, uno de los grupos bacteriales es menos común, es el responsable de una enfermedad intestinal conocida como disentería bacilar o shigellosis.

Entre otras bacterias, aisladas de aguas residuales crudas se encuentran: *Vibrio*, *Mycobacterium*, *Clostridium*, *Leptospira* especies de *Yersinia*. El *Vibrio cholerae* es el agente causante de la enfermedad del cólera. Los únicos organismos huéspedes del cólera son los humanos y la vía más frecuente de transmisión es a través del agua. La *Mycobacterium tuberculosis* se ha encontrado en aguas residuales municipales, conociéndose casos de personas contagiadas por nadar en aguas contaminadas. Es frecuente el reporte de casos de gastroenteritis producida por causas desconocidas, aunque en general se atribuye a agentes bacteriales. Una fuente potencial para la propagación de esta enfermedad es la presencia de bacterias Gram negativas en el agua, a pesar de ser catalogadas como no patógenas. En este grupo se incluyen bacterias enteropatógenas como la *Escherichia coli* algunas especies de *Pseudomonas*, capaces de afectar a niños recién nacidos.

Aunque se ha establecido con certeza que estos organismos causan enfermedades en animales también han sido involucrados como agentes etiológicos en la transmisión de enfermedades humanas de origen hídrico. Algunas especies de protozoos como *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora* *Giardia lamblia* son de gran interés debido a su impacto sobre individuos con deficiencias en su sistema inmunológico, como es el caso de niños, personas de avanzada edad, individuos con cáncer o aquellas personas víctimas del síndrome de inmunodeficiencia adquirida. (TRUJILLO, 2012)

La infección es causada por la ingestión de agua contaminada con ooquistes y quistes. Es importante anotar que existen fuentes de origen diferente al hombre que pueden aportar a las aguas contaminadas organismos como *Cryptosporidium Parvum* y la *Giardialamblia*. Estos protozoos pueden ocasionar síntomas como diarrea severa, dolor estomacal, náuseas y vómito que pueden extenderse por largos períodos de tiempo. Las formas más existentes del *Cryptosporidiumparvum* son los ooquistes y para la *Giardialamblia* los quistes.

Los más importantes parásitos helmínticos que pueden encontrarse en aguas residuales son las lombrices intestinales, como la lombriz estomacal *Ascarislumbricoides*, la tenia solitaria *Taeniasaginata* y *Taeniasolium*, los gusanos intestinales *Trichuristrichura*, la lombriz intestinal *Ancylostomaduodenales* y el *Necatoramericanus*, y la lombriz filiforme *Strongyloidesstercorales*. (TRUJILLO, 2012)

La etapa infecciosa de algunos helmintos es el estado adulto o de larva y en otros la etapa infecciosa es el estado de huevo. Los nemátodos son organismos libres en el estado de larva que no presenta ningún riesgo de tipo patógeno para los humanos. Los huevos y larvas cuyo tamaño oscila entre 10 μm y 100 μm , resisten condiciones ambientales desfavorables y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de aguas residuales, aunque algunos huevos pueden ser removidos mediante procesos convencionales de tratamiento como sedimentación, filtración y lagunas de estabilización.

Existen más de 100 clases diferentes de virus entéricos capaces de transmitir algún tipo de infección o enfermedad que son excretados por el hombre. Estos virus se reproducen en el tracto intestinal de personas infectadas y son posteriormente expulsadas en las heces. Desde el punto de vista de salud humana, los virus entéricos más importantes son enterovirus (polio, eco, coxsackie), virus norwalk, rotavirus, reovirus, calcivirus, adenovirus y virus de hepatitis A. Entre los virus que causan enfermedades diarreicas se ha demostrado que los rotavirus y virus Norwalk

son los principales patógenos de origen hídrico. Los reovirus y los adenovirus, causantes de enfermedades respiratorias, gastroenteritis e infecciones en los ojos se han logrado aislar a partir de muestras de agua residual.(TRUJILLO, 2012)

1.2 Tipos de tratamientos de aguas residuales.

Dentro de los tratamientos de las aguas residuales se encuentran las plantas de tratamiento y las lagunas de oxidación los cuales explicaremos a continuación.

1.2.1 Plantas de tratamiento.

Es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal).(anonimo)

- Tratamiento preliminar.

El tratamiento preliminar de un agua residual, como se muestra en la Figura 1.1 se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, o bien problemáticos, como arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. En ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento.(Adalberto Noyola)



Figura 1.1. Rejillas y sistemas de desarenado.

a) Planta de tratamiento de aguas residuales municipales, Brasil.

b) Planta de tratamiento de aguas residuales municipales Cerro de la Estrella, México.

- **Tratamiento primario.**

En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Esta remoción generalmente se lleva a cabo por sedimentación y es considerada como la antesala para el tratamiento secundario (Figura 1.2).(Adalberto Noyola)



Figura 1.2. Sedimentadores.

a) Planta de tratamiento de aguas residuales municipales, Brasil.

b) Planta de tratamiento de aguas residuales municipales Cerro de la Estrella, México.

- **Tratamiento secundario.**

En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble) por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción.

Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación. De esta forma, una sustancia

orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual doméstica o municipal, el objetivo principal es reducir el contenido orgánico y, en ciertos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo.(Adalberto Noyola)

Los procesos biológicos se dividen en dos grupos; los anaerobios y los aerobios. El proceso anaerobio se caracteriza por tener una baja tasa de síntesis bacteriana, es decir, una baja producción de lodos de desecho. Por lo contrario, en el tratamiento aerobio, una mayor cantidad de energía del sustrato es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay una mayor generación de biomasa como lodo no estabilizado, cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo del tratamiento. (Adalberto Noyola)

- **Tratamiento terciario o avanzado.**

Este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario con el fin de eliminar compuestos tales como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable. Por lo general, el tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse condiciones de descarga estrictas (remoción de nutrientes) o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico. En tal caso, el arreglo de tratamiento terciario debe ser el necesario para alcanzar esa calidad específica, lo cual implica una gran diversidad de posibles combinaciones de operaciones y procesos unitarios.(Adalberto Noyola)

- **Tratamiento y deposición del lodo.**

La generación de lodo en cualquier tipo de tratamiento es inevitable y es un factor muy importante que debe ser considerado para una buena elección del proceso de tratamiento. Como se ha mencionado, la ley de la conservación de la materia conduce al hecho que la materia no se crea ni se destruye, solamente se transforma.(Adalberto Noyola)

En el caso de las plantas de tratamiento, los contaminantes se transforman, en parte, en lodo. Algunos procesos para el tratamiento del lodo son la digestión anaerobia, la digestión aerobia, el composteo mezclado con residuos celulósicos, la estabilización con cal, la incineración y la pasteurización.

Como destino final podrán ser desechados en lugares especialmente acondicionados para ello (mono-relleno sanitario) o si la legislación ambiental lo permite, en rellenos sanitarios municipales.(Adalberto Noyola)

Una opción atractiva para la disposición final es el aprovecharlos como mejoradores de suelos o fertilizantes agrícolas, siempre y cuando cumplan con la normatividad asociada a la producción de biosólidos, nombre como se les conoce a los lodos tratados y acondicionados para su aprovechamiento en tierras.(Adalberto Noyola)

1.2.2 Sistemas naturales.

Dentro de los sistemas naturales se encuentran las Lagunas de Oxidación, estas son estructuras sencillas para el tratamiento del albañal. Son en sí estructuras hidráulico-sanitarias, donde el agua residual se auto purifica, mediante la acción mutua de las aguas y bacterias, por lo que podemos decir que en ellas las aguas negras son tratadas biológicamente.

Podemos clasificarlas en:

- a) Lagunas anaerobias.
- b) Lagunas aerobias.
- c) Lagunas facultativas

a) Lagunas anaerobias.

En este tipo de laguna no hay oxígeno disuelto en la masa líquida, por lo que los organismos activos utilizan para su respiración el oxígeno celular, su funcionamiento es semejante a lo que sucede en un tanque séptico, por lo que puede funcionar como una unidad de tratamiento primario.

La DBO (Demanda Bioquímica de oxígeno) se puede reducir, dependiendo de la retención, hasta un 50 %.

La DBO del albañal doméstico varía en los distintos países por lo que las experiencias de un país no puede ser aplicado directamente en otro, aquí en Cuba se considera una DBO de 75 g/hab/día, aunque la profundidad de las lagunas anaerobias oscila de 2,50 a 4,00 m; la siguiente tabla nos relaciona los períodos de retención con la eficiencia (N), para las zonas tropicales.(53-91)

Tabla 1.2 relación de los períodos de retención con la eficiencia (N), para las zonas tropicales.

N (%)	40	45	50
R (días)	1,3	2,4	4,6

La cantidad de lodo acumulado en el fondo es aproximadamente 0,26 l/hab/día.

b) Lagunas aerobias.

Este tipo de laguna se caracteriza por la presencia de oxígeno disuelto en su masa líquida que los organismos activos usan para su respiración, y fraccionan los compuestos orgánicos complejos existentes en dicha masa líquida, produciendo nuevas moléculas de carbono, agua, amoníaco e iones de sales minerales, lo que son utilizados por las algas que sintetizan nuevas moléculas, y producen 20 veces más oxígeno del que consumen. Durante la noche, tanto las algas como las bacterias consumen el oxígeno disuelto llegando a veces a consumirlo todo por lo que es necesario su reaeración y se hace necesario mantener los sólidos sedimentables en suspensión, a través de la agitación continua de la masa líquida, completándose con la retirada eventual de los lodos depositados en el fondo. Todo lo anteriormente expuesto, más el oxígeno que se le debe suministrar con un equipo de aereación, la hacen menos operables. (53-91)

c) Lagunas facultativas.

Son las más desarrolladas en nuestro país, en este tipo de laguna las zonas próximas a la superficie libre se mantienen aerobias, mientras las zonas próximas al fondo se mantienen anaerobias.

Este método de las lagunas se basa en que si retenemos las aguas negras durante un tiempo suficiente, se estabiliza la materia orgánica, disminuyendo la DBO. Las algas verdes en el proceso de la fotosíntesis liberan oxígeno y consumen anhídrido carbónico, el oxígeno es tomado por las bacterias aeróbicas que descomponen la materia orgánica en varios productos, entre ellos el anhídrido carbónico que es tomado por las algas, por lo que podemos decir que existe una simbiosis entre ambos organismos.

En la zona del fondo, la materia orgánica es descompuesta bajo condiciones anaerobias, con producción de ácidos orgánicos, los que a su vez se descomponen en metano, bióxido de carbono y amoníaco. El bióxido de

carbono producido por el metabolismo de las bacterias tienden a bajar el PH de la masa líquida, por otro lado las algas al utilizarlo tienden a elevar el PH, manteniéndose éste dentro de límites relativamente estables, reflejando un equilibrio entre la actividad bacteriana y las de las algas.(53-91)

1.2.3 Fosa séptica.

La fosa séptica puede considerarse como un digestor convencional a escala reducida. Su uso se ha limitado a tratar las aguas de desecho de casas habitación, escuelas, etc.; generalmente, en zonas rurales o bien en áreas urbanas en donde no existe el servicio de drenaje. Las fosas sépticas son tanques, en muchas ocasiones prefabricados, que permiten la sedimentación y la eliminación de flotantes, actuando también como digestores anaerobios. El origen de la fosa séptica se remonta al año 1860, gracias a los primeros trabajos de Jean-Louis Mourais en Francia. (Adalberto Noyola, 2013)

El tanque séptico es la unidad fundamental del sistema de fosa séptica ya que en éste se separa la parte sólida de las aguas residuales por un proceso de sedimentación simple, o bien por flotación natural. En los lodos sedimentados se realiza la digestión anaerobia en condiciones desfavorables, debido a la falta de mezclado y a la temperatura ambiente (Figura 1.13). Estas limitaciones se ven reducidas en cierto grado por el largo tiempo de residencia del lodo dentro del sistema, normalmente de uno a dos años. (Adalberto Noyola, 2013)

Es importante mencionar que los sistemas de fosas sépticas tienen capacidad para hacer un tratamiento parcial de las aguas residuales. En particular, los procesos de digestión anaerobia no se llevan a cabo totalmente, debido a las limitaciones ya señaladas, lo que se traduce en la liberación de materia orgánica soluble como resultado de la hidrólisis de los sólidos orgánicos retenidos como lodos. Por esta razón, el efluente no posee características físico-químicas para ser descargado directamente a un cuerpo receptor, de ahí la importancia de efectuar el postratamiento del efluente de la fosa séptica, o en ciertos casos, dependiendo del tipo de suelo y el nivel del acuífero, de infiltrarlo mediante un pozo de absorción.(Adalberto Noyola, 2013)

1.3 Lechos de secado.

Los lechos de secado son las instalaciones más simples y económicas de deshidratar los lodos estabilizados del proceso de tratamiento de aguas residuales.

En general, el lecho de secado al aire corresponde a un proceso natural, en que el agua contenida intersticialmente entre las partículas de los lodos es removida por evaporación y filtración a través del medio de drenaje de fondo. En este sistema no es necesario adicionar reactivos ni elementos mecánicos ya que está previo un secado lento.(CEPIS-OPS/OMS, 1995)

El objeto de esta unidad será proveer la deshidratación de los lodos para reducir su volumen a niveles de concentración adecuados para el posterior manejo en su disposición fina. En ningún caso se podrá aplicar sobre el lecho lodo crudo o fresco debido a que estos puedan frecuentar serios problemas. Como malos olores y proliferación de insectos.(CEPIS-OPS/OMS, 1995)

1.3.1 Fases de operación de los lechos de secado:

- 1) Drenado por gravedad (50 a 80%)
- 2) La evaporación del agua asociada a los sólidos del lodo.
- 3) Remoción mecánica o manual del lodo deshidratado.((IPH))

1.3.2 Problemas con el manejo de los lodos en el estado original:

A pesar de ser efluentes muy concentrados en sólidos, el porcentaje en peso de agua sigue siendo considerable por lo que prácticamente el efluente se encuentra en estado líquido y su manejo se complica pues no es realmente un sólido.

Los grandes volúmenes que se generan implican la instalación de tuberías de gran tamaño y altos costos de bombeo.

Las necesidades de confinamiento/tratamiento son mayores, pues los volúmenes son muy grandes.((IPH))

1.3.3 Deshidratación o secado de los lodos.

La selección del sistema de deshidratación dependerá:

- Las características del lodo (densidad, viscosidad, origen, etc)
- Espacio disponible en el sitio de tratamiento.
- Contenido de humedad remanente requerido para la disposición final o tratamiento.

Los sistemas de deshidratación de lodos digeridos en lechos de secado son los siguientes:

- a) Convencionales de arena
- b) Pavimentados
- c) Empacados
- d) Auxiliados con vacío((IPH))

a) Lechos de secado convencionales de arena

El secado ocurre por drenaje, entre el 50 y el 80% y evaporación, resto del porcentaje colocando el lodo sobre una cama de arena equipada con un sistema de drenaje.((IPH))

b) Lechos de secados pavimentados

El secado ocurre por drenaje y evaporación colocando el lodo sobre firmes de concreto o asfalto equipados con un sistema de drenaje.((IPH))

c) Lechos de secado empacados

El secado ocurre por drenaje y evaporación colocando el lodo sobre un empaque plástico en sustitución de la arena o los firmes. Permiten una carga de lodos de 890 hasta 1780 Kg/m²-año. El empaque puede ser de cuñas de acero inoxidable recubiertas de poliuretano de alta densidad. Cada panel consta de orificios de 0.25 mm aproximadamente.

Ventajas:

- El medio de soporte no se tapa.
- Drenado rápido y constante.
- Facilidad para la remoción de la torta.
- Facilidad en el mantenimiento.
- Permiten el secado de lodos difíciles.

Desventajas:

- Mayor inversión inicial (costo del empaque).((IPH))

d) Lechos de secados auxiliados por vacío

El secado se acelera aplicando succión al lecho. La operación de estos lechos consiste en dos fases 1) Drenado por gravedad (1 hr) y 2) Se aplica vacío de 30 a 48 kPa hasta que el vacío se pierda como consecuencia de la fractura de la superficie del lodo.

Estas instalaciones son la tecnología más común en el trópico para deshidratación de los lodos procedentes de plantas de tratamiento de residuales líquidos equipadas tanto con tecnología aeróbica como anaeróbica. Combinan 2 grandes ventajas:

- Bajos costos de inversión
- Producción de una torta de lodo seco de muy baja humedad (15 a 20%).((IPH))

1.4 Características de los lodos.

Los lodos son compuestos de subproductos recogidos en las diferentes etapas de descontaminación de las aguas residuales. Su producción resulta de un proceso de acumulación consecutivo de tres fenómenos combinados:

- La producción de microorganismos.
- La acumulación de materias en suspensión minerales.
- La acumulación de materias orgánicas no biodegradables en las condiciones de trabajo. Una característica muy importante de los lodos es la fuerza con la que el agua está ligada a la materia seca que contienen. Una parte del agua se presenta como agua libre, pero la mayor cantidad del agua adicional requiere de fuerzas externas para ser eliminada.(Anonimo)

En general, sus principales características son:

- Sequedad: 20-30%
- Materia orgánica: 60-80%
- Materia inerte: 40-20%

- Nitrógeno: 3-5%

Existen dos grandes tipos de lodos:

Urbanos:

Generados durante el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico. Poseen un contenido en materia volátil elevado (70% de la materia orgánica ceca). En lo que concierne a su producción, se parte de la estimación de que un habitante produce entre 15-20 Kg de materia seca/año (0,2 Kg de MS/m³ de agua depurada).(Anonimo)

Industriales:

Generados durante el tratamiento de las aguas industriales y sus características dependen de la naturaleza de las actividades industriales asociadas. Por ejemplo, las industrias agroalimentarias producen lodos orgánicos, mientras otros lodos industriales son esencialmente minerales y contienen elementos traza metálicos (lodos hidróxidos) u orgánicos. Su producción alcanza los mismos niveles que la de los lodos urbanos.(Anonimo)

Conclusiones parciales.

- Se realizó un estudio de la bibliografía especializada existente, en el cual se profundizó en los temas relacionados con el tratamiento de las aguas residuales y lechos de secado. También se tuvo en cuenta las características y tipos de tratamientos de las aguas residuales principalmente las plantas de tratamiento y las lagunas de oxidación.

CAPITULO 2: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE LOS LECHOS DE SECADO.

2.1 Situación actual de los puntos de vertimiento en la provincia de Villa Clara.

La empresa de investigaciones y proyectos hidráulicos de Villa Clara realizó un diagnóstico de cada uno de los puntos de vertimiento de los carros fosas de la provincia, donde se detallaron las características fundamentales de los mismos y se definieron los que requieren una reubicación espacial o alguna solución para mejorar su funcionamiento. Para la ejecución del trabajo se efectuaron visitas a los diferentes puntos de la provincia los cuales se muestran más adelante.

- Datos generales

Se tiene como dato que para el caso de Santa Clara se vierten 32 m³ de residuales al día, distribuido en 4 viajes y para el resto de los municipios 16 m³ al día, distribuido en 2 viajes.

Se concibe los puntos de vertimiento lo más alejados posible del centro de la ciudad, de forma tal que se concentren los viajes hacia esos puntos, buscando facilidades operacionales, área disponible para la construcción del órgano receptor y evitar que los malos olores molesten a la población.

Para el tratamiento previo al vertimiento del residual al sistema de alcantarillado o a la laguna de oxidación, se hace necesario almacenar el volumen residual durante un periodo de 7 días para que de esta forma se produzca la sedimentación de los sólidos, logrando así que al cuerpo receptor solo llegue el líquido, para ello, se prevé la construcción de un conjunto de lechos de secado capaces cada uno de almacenar todo el residual que se vierte un día.

2.1.1 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Santa Clara.

La situación de los residuales en la ciudad de Santa Clara, que por cierto es la más complicada por el alto volumen de los mismos, debe hallársele una

solución alternativa a la que posee en estos momentos, pues el vertimiento de los carros directamente en los registros del alcantarillado dentro del perímetro urbano es una práctica incorrecta y no debe continuar, debido a las obstrucciones que puede originar y que de hecho se han producido, con todas las consecuencias que de éstas se derivan, tanto desde el punto de vista técnico al sistema de alcantarillado, como al malestar que provocan a los residentes del lugar donde tienen lugar. En el municipio de Santa Clara existen actualmente 15230 fosas las cuales necesitan servicio por parte de los carros fosas. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Es importante aclarar que el estado actual de obstrucción que pueden tener los colectores y los registros propuestos debe investigarse y someterse a un trabajo de mantenimiento si fuera necesario, para el logro del trabajo eficiente esperado. Los puntos para el vertimiento que se plantean son: (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

1. Registro de alcantarillado Calle 14 al final, cerca del Instituto de Higiene y Epidemiología, Reparto Libertad.
2. Registro de alcantarillado de Prolongación de Independencia y Circunvalación.
3. Registro de alcantarillado de la Zona Industrial.

Las 200 fosas de Guamajal pueden incorporarse al alcantarillado de Santa Clara en el colector del Pedagógico. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Por la cercanía entre algunas localidades en el municipio Santa Clara y con el fin de ahorrar viajes y combustible, se pueden agrupar para verter al cuerpo receptor que se determine, son ellas:

- Hatillo y Julián Grimau (788 y 80 fosas respectivamente).
- La Guayaba (700), El Jardín (97), San Miguel (200), Ovidio Rivero (99), Base Aérea y Frank País (245).
- Antón Díaz (455), La Pulga (100), Las Minas (365) y La Gomera (577).
- Manajanabo (223) y La Movida (79).
- Callejón de Los Patos (88) y Camilo Cienfuegos (45).

- Boquerones (175), por su lejanía no se unirá con otras localidades, y su vertimiento será independiente. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.2 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Quemado de Güines.

En la cabecera municipal Quemado de Güines existe una laguna para 6371 fosas, pero la misma no cuenta con la capacidad requerida y además está ubicada en un terreno de propiedad particular, por lo que, debe instrumentarse su legitimación o reubicación en un lugar cercano al ocupado. El permiso de vertimiento que sostienen es una carta firmada por la Delegación Municipal del CITMA y la Dirección Municipal de Higiene y Epidemiología. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Los residuales de las fosas de:

- José René Riquelme (120), Chuchita (27), Güines (11), Sevilla (15), Pedro Salas (16), Prieto (6), La viuda (25) y La Cubana Uno (610) pueden incorporarse a la futura laguna de Quemado.
- Panchito Gómez Toro (455) y Salvadora (52), por su lejanía, deben disponer de lagunas independientes. Caguaguas (15) cuenta con su laguna independiente.
- Lutgardita (15) y Carahatas (29) pueden unirse para el vertimiento común al cuerpo receptor que se determine.

La comunidad Salvadora resuelve su vertimiento hacia una laguna situada en las inmediaciones de un campo de caña en las afueras de la misma y Carahatas hacia un terreno baldío en las afueras del poblado que es necesario erradicar, ya que las precipitaciones intensas, al subir la marea, provoca la contaminación de la zona costera. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

El batey del CAI José R. Riquelme dispone de una de oxidación propiedad del MINAZ, del mismo modo, el del CAI Panchito Gómez Toro vierte en una de oxidación, cuyas condiciones técnicas requieren atención especial. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.3 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Sagua la Grande.

La localidad Sagua la Grande con 2300 fosas dispone de una laguna que resulta insuficiente, por tanto requiere de ampliación. A la misma pueden integrarse Tito González (45) y Uvero (2). Se vierte en un registro de alcantarillado situado en calle Méndez Capote esquina a Carrillo hacia donde evacuan los residuales varios repartos y desde ahí hacia el río Sagua la Grande. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

También pueden agruparse las siguientes localidades:

- Caguaguas de Sagua (32), Chinchila (8), Jumagua (32) y Laberinto-La Portilla (5).
- La Rubia (1) y Sitiecito (250). Se dispone de una laguna en Sitiecito.
- En Isabela de Sagua (336) hay un terreno grande disponible donde puede organizarse la laguna correspondiente, pues se utiliza el vertedero ubicado muy cercano a la desembocadura del Río Sagua la Grande, en la zona del manglar. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Las localidades Nueva Isabela (11), La Rosita (3) y Viana (22) precisan, por su lejanía, vertimientos separados. Las 2 primeras cuentan con lagunas que estipulan análisis posteriores.

El municipio no cuenta con el permiso de vertimiento correspondiente. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.4 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Encrucijada.

La laguna de Encrucijada (3198 fosas) es muy pequeña y no consigue un vertimiento eficiente, por ende su solución necesita análisis y ampliación. A la misma se puede adicionar los residuales de las 1327 fosas de Calabazar de Sagua y su localización es en un campo de caña. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Puede realizarse la siguiente unificación:

- El Purio (100) y Blanquita (5).
- Abel Santamaría (189), Cayo Hueso (70), Coco Solo (65) y Cuatro Caminos (45).

- Arroyo naranjo (196), Tuinicú (8), La Fatiga (3), María Luisa (25) y Sierrezuela (5).
- Pavón (260), El Perico (90) y Progreso (6).
- Las localidades Dos Amigos (15), Dos hermanas (190), La Sierra (110), Emilio Córdova (93) y El Santo (514), deberán organizar sus puntos de vertimiento independientes. Emilio Córdova y El Santo cuentan con lagunas que deben someterse a los análisis correspondientes. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Las Comunidades Cayo Hueso y batey del CAI Abel Santamaría tienen su disposición final en un campo de caña. La Sierra en un vertedero en el camino a El Perico. Tanto El Perico, el batey del CAI Emilio Córdova, El Santo, como la comunidad Dos Amigos están realizando las evacuaciones hacia zanjas que terminan en canales y el mar. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.5 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Caibarién.

En la ciudad de Caibarién con 3290 fosas se impone el vertimiento en 3 puntos de los colectores con que cuenta la misma, lo más alejados posible del centro urbano. No obstante, se están construyendo 2 lagunas grandes y desaparecerá la VanTroi. Para Refugio con 151 fosas debe solucionarse el vertimiento con una laguna individual.

Actualmente no se está vertiendo a la laguna de estabilización, si no al canal de los residuales de la tenería.(Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.6 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Santo Domingo.

Santo Domingo con 2351 fosas cuenta con su laguna necesitada del estudio y análisis pertinente para conocer su estado y posibilidades ya que su cercanía al río Sagua la Grande proporciona el aumento de la carga contaminante al mismo. A la misma no deben incorporarse otras localidades.(Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Las restantes comunidades que pueden unirse para vertimiento en un punto, pueden ser:

- George Washington (60), Manacas (727) y Panqué Manacas (43).
- Rodrigo (114) y Carlos Baliño (79).
- Veintiséis de Julio(50) y La Criolla (12).
- Sabino Hernández (11) cuenta con su laguna; Jagüey y Las Nieves poseen alcantarillado.

Las restantes localidades: Cascajal (350), Mordazo (131), Amaro (96) y Espinal (30) están necesitadas de soluciones independientes. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Cascajal vierte a una cañada desde una alcantarilla en la Carretera Central; Mordazo en un camino vecinal; Manacas hacia el canal de desagüe de los residuales de la Cervecería, donde también se incluyen los de los asentamientos Panqué Manacas y comunidad Sabino Hernández. El batey del CAI Carlos Baliño y el poblado Rodrigo a un terreno baldío cercano al lugar donde se deposita la cachaza del central; el batey del CAI George Washington hacia una laguna de oxidación propiedad del MINAZ, que requiere, por tanto el acuerdo con el mismo, a tales efectos y el batey del antiguo CAI 26 de Julio a una cañada cercana al río Sagua la Grande, por lo que debe estudiarse la carga que se añade. El poblado Amaro vierte en la cuneta de un camino vecinal, alejado del mismo. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.7 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Camajuaní.

El pueblo Camajuaní con 3281 fosas cuenta con una laguna que debe someterse a revisión y reconstrucción. A la misma pueden verterse los residuales de las fosas de Blanquizal (22), El Níspero (40) y Tarafa (130). No es justificable unificar con otras localidades: Vega Alta (184), Crucero Carmita (99), Jutiero (250), Los Paragüitas (74), CPA Rubén Martínez (50) y Andrés Cuevas (78), por asentarse en territorios alejados. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Actualmente el vertimiento se efectúa hacia el alcantarillado que conduce hacia la laguna de oxidación. Es importante aclarar que en estos momentos no se están evacuando los residuales de este poblado, por una situación crítica de tupición en el registro de descarga.

Se justifica unificar:

- Salamanca (37), San Benigno (83), Lama Juan Pérez (23) y José María Pérez (346).
- La Luz (240) y Benito Ramírez (19).
- Luis Arcos Bernes (179) y Fusté (45).
- Taguayabón (370), Aguano (12) y El Chalet (14).
- La Julia (450) y Rosalía (45).
- Palenque (123) y Carolina (23).
- Vueltas (2182), que cuenta con una laguna, Aguada de Moya (239), Chorrerón (118) y Vega de Palma (241).
- Entronque de Vueltas (88) y Muelas Quietas (98).
- Guía Guajén (22) y Guajén (11).
- Pavón (44), La Pedrera (26) y Roberto Rodríguez (25).
- La Quinta (151), El Bosque (33) y Sagua la Chica (220).
- Crescencio Valdés (42) y Playa Juan Francisco (115).

Las comunidades Macagual (15), Júcaro (9), Guerrero (16) y El Curial (111) no están incluidas entre las sometidas a limpieza. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.8 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Remedios.

El pueblo Remedios con 4290 fosas vierte en un registro de alcantarillado que conduce hacia la laguna de oxidación, sobredimensionada, de acuerdo a los residuales que recibe. Al parecer se diseñó para que lleguen allí los residuales de toda la ciudad y actualmente solo llegan los provenientes de la zona de los edificios, además de los carros fosas que descargan en ella. Esta laguna de gran tamaño sólo requiere un pre-tratamiento de separación de sólidos y no es factible el vertimiento de otras localidades en la misma. Para General Carrillo (409) y Remate de Ariosa (233) deben proyectarse lagunas autónomas. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

No se cuenta con el Permiso de Vertimiento.

En lo que respecta a las restantes comunidades pueden agruparse sus residuales de la siguiente forma:

- Buena Vista (455) y Heriberto Duquesne (154).
- Bartolomé (110) y Viñas (85).

- Chiquitico Fabregat (175), Francisco Pérez (107) y Zulueta (151). Esta última posee laguna.

-Las localidades General Carrillo (409), Remate de Ariosa (233), así como el propio Remedios deben verter de forma independiente. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.9 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Corralillo.

En el pueblo Corralillo (4570 fosas) se cuenta con una laguna que requiere inspección, ampliación y análisis del tratamiento adecuado para garantizar la no incorporación de sólidos a la misma. A la misma se pueden verter los residuales de Sierra Morena (2850), San Pablo (554), Palma Sola (835), San Pedro (150) y Reparto Militar (200), todo lo cual redundará en ahorros significativos de viajes y combustible. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Se utiliza el vertedero municipal, ubicado en la carretera con dirección a los baños de El Güea que no presenta peligros de provocación de contaminación, pero la solución ideal es el vertimiento a la laguna, ya que su cercanía de reduciría el recorrido prácticamente a la mitad.

Puede aunarse el vertimiento de las siguientes comunidades:

- Motembo (1972) que cuenta con laguna, Siguatepeque (116), Crucecita (36), Motembo Viejo (50), Las Cruces (36) y Vesubio (119).
- Guillermo Llabre (474), La Piedra (554), Gavilanes (140), Manga Larga (92) y La Sierra (192). En estas comunidades no existen sistemas de evacuación, por lo que es prioritario acometerlo, el vertimiento se efectúa en diferentes lugares de forma indiscriminada.
- Rancho Veloz (5470) que vierte en un registro que descarga en una laguna de oxidación y se pueden incorporar Quintín Banderas (1377), Guayabo (12), El Cedro (11) y Enriqueta (27). Se propone la ejecución de una trampa de sólidos, antes de la laguna y la revisión de las dimensiones del registro, para evitar posibles tupiciones.

La Panchita (640) con laguna disponible, San Rafael (250), San Vicente (184) y Cuatro Caminos (58). (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.10 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Ranchuelo.

En este municipio se está produciendo una situación crítica, debido a que la Empresa de Comunes del municipio prohibió continuar la deposición de los residuales al campo de caña en la carretera a San Juan de los Yeras donde se está efectuando. Además no existe permiso de vertimiento, por lo que se demanda la solución del asunto. En este punto vierten: 1 670 fosas y 2 449 letrinas. La cantidad de fosas a darle solución, en el municipio son 4208 y sólo se cuenta con 2 lagunas, la de Ranchuelo y la de Esperanza que se asienta en un terreno de propiedad particular. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.11 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Manicaragua.

La evacuación se realiza en un vertedero (4157 fosas y 1959 letrinas).

Las localidades: Mataguá (910), La Campana y El Hoyo juntas, (117 y 163), Güinía de Miranda (467) y Boquerones (10) también utilizan en sus territorios el mismo tipo de cuerpo receptor. Se localizan lagunas en Mataguá y La Yaya.

En Jibacoa (7 fosas y 124 letrinas) se adopta la solución de un tanque séptico en su región. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Para La Moza se emplea la laguna de oxidación de la Escuela José de San Martín, donde se vierten los residuales de La Moza y de La Cucaracha. La laguna se encuentra en buen estado técnico, pero debe mejorarse el acceso a la misma y construir una trampa de sólidos (473 fosas y 673 letrinas). (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.12 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Cifuentes.

El punto de vertimiento en el pueblo Cifuentes (1528 fosas) consiste en un vertedero relleno sanitario, al cual llegan los residuales de 2 630 fosas y letrinas, pero no se cuenta con el indispensable Permiso de Vertimiento

Mata (446 fosas) vierte en un vertedero viejo, al que ingresan los residuales de 510 fosas y letrinas. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Para San Diego del Valle el punto es un terreno baldío cercano a un campo de caña, en la carretera San Diego-Jicotea. Debe someterse a análisis su posible reubicación debido a la lejanía del poblado; en el mismo vierten 670 fosas y letrinas.

El total de fosas del municipio es de 6536 y no se cuenta con lagunas. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

2.1.13 Situación actual de los puntos de vertimiento en el municipio Placetas.

En el municipio de Placetas existen 11328 fosas y 1 laguna. En la ciudad de Placetas (7709 fosas) se localizan una laguna grande y 2 desactivadas, por lo que la evacuación tiene lugar en una laguna perteneciente a una escuela que requiere los trámites legales correspondientes. (Ing. Raúl Rojo Pérez, 2015)

Millar evacua en el vertedero de la localidad, igualmente Falcón.

2.2 Criterios de diseño hidráulico de lo diferentes tipos de lechos de secado.

Existen diferentes tipos de lechos de secado, los cuales poseen diferentes criterios de diseño, a continuación se hace una síntesis de cada uno de estos.

a) Lechos de secados pavimentados

- Celdas de 6~15 x 21~46 m
- Remoción mecánica o manual de la torta.
- Pendiente mínima de 1.5%.
- Pavimento de concreto o asfalto.
- Diámetro mínimo de dren = 10 cm.((IPH))

b) Lechos de secado convencionales de arena.

- Celdas: de 6 x 30 m
- Remoción: manual de la torta.
- Secado: de 10 ~ 15 días

- Sólidos secos en la torta: 20 ~ 40%
- Coeficiente de uniformidad $U=D_{60}/D_{10}$ [4
- $D_{10}=0.30 \sim 0.75$ mm

Criterios de diseño los lechos de secado convencionales de arena:

Área requerida: 0.14 ~ 0.28 m²/hab (descubiertos)

0.10 ~ 0.20 m²/hab (cubiertos)

Carga de lodos: 100 ~ 300 Kg/hab (descubiertos)

150 ~ 400 Kg/hab (cubiertos)

El área requerida también se puede calcular de acuerdo a la ecuación propuesta por el Departamento de Salud del Estado de Texas:

\hat{A} = área per cápita (m²/hab).

K = factor que depende del tipo de digestión de los lodos.

K = 1.0 (lodos digeridos anaeróticamente)

K = 1.6 (lodos digeridos aeróticamente)

R = precipitación anual (m)

$c_1 = 0.0366$

$c_2 = 0.0929$

- Ha recomendaciones que proponen diseñar el area de los lechos de sacado para una carga en Sólidos Totales (ST) de 150-200 kg (ST)/(m² x año). ((IPH))

c) Lechos de secados auxiliados por vacio

Características:

- Altura de la capa de lodos = 30 ~ 75 cm.
- Contenido de sólidos en la torta = 14 ~ 23%.
- Los lechos pueden ser contruidos de bloques de hormigón, de hormigón fundido in situ ó tierra. Ancho variable entre 3 y 10 m. Profundidad útil de 60 a 80 cm. El fondo se pavimentará y estará conformado por ladrillos

separados entre 2 y 3 cm o tubería con juntas abiertas, colocados sobre el medio filtrante que es una capa de arena de 15 cm con tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm con un Coeficiente de uniformidad $U=D_{60}/D_{10}$ [4 . Debajo de la arena se colocará un estrato de grava graduada entre 1.6 y 50 mm de 30 a 40 cm. de espesor y se extenderá 150mm por encima de la corona del tubo de drenaje. Tanto la arena como la grava deben estar limpias y lavadas, libre de polvo de piedra. ((IPH))

Previo al dimensionamiento de los lechos se calculará el volumen de lodos estabilizados. El peso específico de los lodos digeridos varía entre 1,03 y 1,04; si bien el contenido de sólidos en el lodo digerido depende del tipo de lodo, los siguientes valores se dan como guía:

- Para lodo primario digerido de 8 a 12% de sólidos.
- Para lodo digerido de procesos biológicos 6 a 10% de sólidos.

La velocidad del lodo en la tubería de alimentación es de 0,75m/s. Para cada lecho se debe instalar una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta.

A la hora de diseñar los lechos de secados se debe tener presente las siguientes observaciones:

- _ Pendiente mínima de 1.5%.
- _ Pavimento de concreto o asfalto.
- _ Diámetro mínimo de drenaje = 100mm
- _ El material del tubo de drenaje debe ser no corrosivo (barro vitrificado, asbestos cemento, PE, PVC).
- _ Altura de la capa de barros = 25 ~ 45 cm.
- _ Contenido de sólidos en la torta = 14 ~ 23%.
- _ Se debe considerar una rampa de entrada.

Adicionalmente, se comprobarán los requerimientos de área teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

Tipo de lodo digerido	kg sólidos / m ² año
Primario	120 - 146
Primario y filtros percoladores	90 - 120
Primario y lodos activados	60 - 100

- Teniendo en cuenta la alta drenabilidad de los lodos y el hecho de que una alta proporción del agua se pierde durante las primeras horas después de descargados los lodos sobre el lecho, se proponen cargas varias veces mayores a las estipuladas en los cálculos tradicionales. ((IPH))

2.3 Diseño estructural de los lechos de secado para 16 y 32 m³.

La Sección Rectangular Monolítica (S. R. M). es una estructura ampliamente empleada en diversas obras hidráulicas, en este caso la emplearemos en el diseño de lechos de secado. Este elemento, desde el punto estructural y económico, representa una gran ventaja para los proyectistas, puesto que su diseño se basa en el análisis de la combinación de las losas de fondo y los muros, en un solo elemento, implicando de esta forma, menos hormigón, menos excavación y enormes facilidades constructivas, de esto se deviene, que resulta más económica su obtención. Además, se considera que sobre la losa estarán actuando cargas verticales y momentos generados por el empotramiento de los muros, lográndose con la aplicación de este criterio, una mejor distribución de los esfuerzos del hormigón.(SALVADOR, 2010)

2.3.1 Procedimiento de cálculo:

Para el procedimiento de cálculo se deben de tener en cuenta la siguiente metodología:

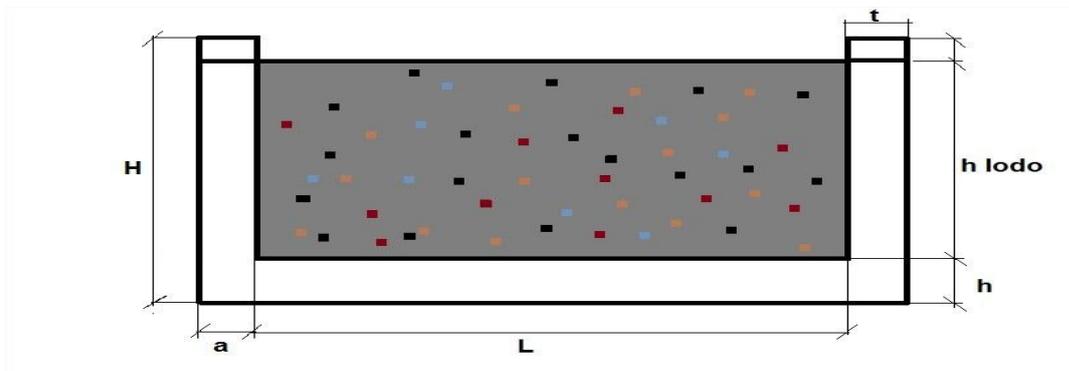


Figura 2.1 Muro de los lechos de secado.

1- Peso del muro (P_{Pmuro}).

$$P_{Pmuro} = H * t * \gamma_h \quad (1)$$

Donde:

t=Ancho de corona del muro (m).

H=Altura del muro (m).

γ_h =Peso específico del hormigón (t/m³).

2- Peso de la losa de fondo (P_{lf})

$$P_{lf} = h * b * \gamma_h \quad (2)$$

Donde:

h=Peralto de la losa de fondo (m).

b=Ancho de la losa (m).

3- Peso del lodo

$$P_{lodo} = h_{lodo} * \gamma_{lodo} * L \quad (3)$$

Donde:

γ_{lodo} =Peso específico del lodo (t/m³).

h_{lodo} =Altura a la que se encuentra el lodo (m).

L=Ancho de la losa de fondo (m).

4- Presión media de la base del muro (P_0).

$$P_0 = \frac{V}{a} = \frac{P_{Pmuro}}{a} \quad (4)$$

Donde:

a=Ancho de la base del muro (m)

5- Presión media de la losa.

$$P_2 = \frac{W}{L} = \frac{P_{lf} + P_{lodo}}{L} \quad (5)$$

6- Presión

$$P = (P_0 - P_2) * a \quad (6)$$

$$P_{may} = P * 1.2 \quad (7)$$

7- Cálculo de las solicitaciones en los extremos de la losa:

S_k = Longitud característica (m).

$$S_k = \sqrt[4]{\frac{4 * E * I}{b * k_s}} \quad (8)$$

I = momento de Inercia (m^4).

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3 \quad (9)$$

Donde:

B = ancho de cálculo de la sección (m).

K_s = módulo de reacción del terreno (t/m^3).

E = modulo de elasticidad del hormigón (t/m^2).

λ = Coeficiente de rigidez relativa.

$$\lambda = \frac{L}{S_k} \quad (10)$$

Caso 1. $\pi > \lambda > \frac{\pi}{4}$

$$C_1 = 2 * \beta_4 * M - 2 * \beta_5 * P * S_k \quad (11)$$

$$C_2 = 2 * \beta_6 * M - 2 * \beta_7 * P * S_k \quad (18)$$

$$G = C_1 * Y_4 + C_2 * Y_1 \quad (12)$$

$$Q * S_k = -C_1 * Y_2 + C_2 * Y_3 \quad (13)$$

$$0,5 * S_k * S_k^2 * P_s = -C_1 * Y_1 + C_2 * Y_4 \quad (14)$$

$$\varphi = \frac{x}{S_k} \quad (15)$$

G y Q valores de momento y cortante en los extremos de la losa.

$\beta_1; \beta_2; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7$: Coeficientes que se obtienen de la tabla 2.2 del libro de texto *Estructuras Hidráulicas Tomo1* pág. 177, en función del valor de λ para la determinación de las constantes C_1 y C_2 . Ver tabla 1 de los anexos.

$y_1; y_2; y_3; y_4$: Coeficientes que se obtienen de la tabla 2.3 del libro de texto *Estructuras Hidráulicas Tomo1* pág. 180, en función del valor de φ para la determinación de la fuerza cortante, momento flector y presión de contacto en cualquier sección de la viga sobre apoyos elásticos simétricamente cargada. Ver tabla 2 de los anexos.

Caso 2. $\lambda > \pi$

$$G = M\alpha_1 + (M - PS_k)\alpha_2 \quad (16)$$

$$QS_k = -M\alpha_3 + (M - PS_k)\alpha_4 \quad (17)$$

$$\frac{P_s S_k^2}{2} = M\alpha_2 - (M - P_s)\alpha_1 \quad (18)$$

$\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3; \alpha_4$: Coeficientes que se obtienen de la tabla 2.4 del libro de texto *Estructuras Hidráulicas Tomo1* pág. 183, en función del valor de φ para la determinación de la fuerza cortante, momento flector y presión de contacto en cualquier sección de la viga sobre apoyos elásticos solicitado en un extremo. Ver tabla 3 de los anexos.

2.3.2 Cálculo de las solicitaciones de los lechos de secado para 16 y 32m³.

Datos

Tipo de suelo: Grava.

$H=0,75m$	$L=6m$	$h=0,2m$
$a=0,2m$	$t=0,2m$	$b=1m$
$\Theta=35^\circ$	$\gamma_h = 2,4t/m^3$	$\gamma_f = 1,7t/m^3$
	$K_s=1200$	

$$\gamma_{lodo} = 1,4t/m^3 \gamma_w = 2,4t/m^3$$

$$Eh=2000000 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{sat} = 2t/m^3 \gamma_{sum} = 1t/m^3 Z_{nf} = 0,2m$$

Tabla 2.1 Resultados obtenidos aplicando las formulas anteriores.

P_{pmuro}	0.36ton=3.6kN	P_{lf}	0,48ton=4,8kN
P_{lodo}	3,612ton=36,12kN	P_0	18kN/m
P_2	9,153kN/m	P	1,769kNn/m
P_{may}	2,123kN/m	$S_k=$	1,451
l	0,00067	λ	2,066

Como $\pi > \lambda > \frac{\pi}{4}$ Caso 1

Tabla 2.2 valores de Beta (β)

λ	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
2,066173962	1,04804	1,05577	1,00886	0,05938	0,11550	0,17941	-0,05900

Tabla 2.3 valores de C1=0,899952y C2=-0,459716

x	ϕ	y1	y2	y3	y4	G (momento)	Q (cortante)	Ps
0	0	0	0	0	1	-0,9	0	-0,02
1,5	1,54	2,1234	2,1959	2,4971	0,1664	-1,13	0,13	0,09
3	3,07	1,4137	11,3383	-8,4969	-9,9669	8,32	2,16	0,28

- Gráficos de las solicitaciones calculadas.

A partir de los cálculos anteriores se obtienen los gráficos siguientes:

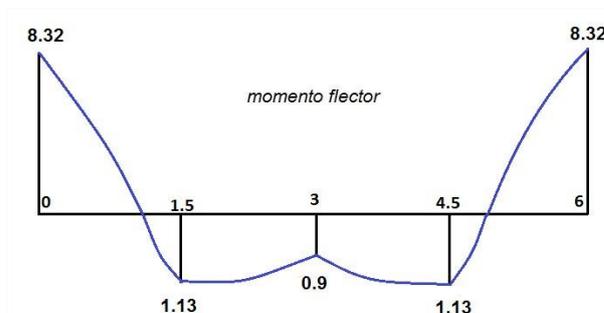


Figura 2.1 Grafico de momento flector

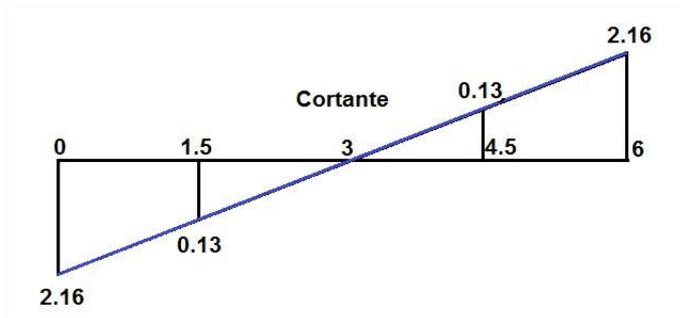


Figura 2.2 Grafico de Fuerza Cortante.

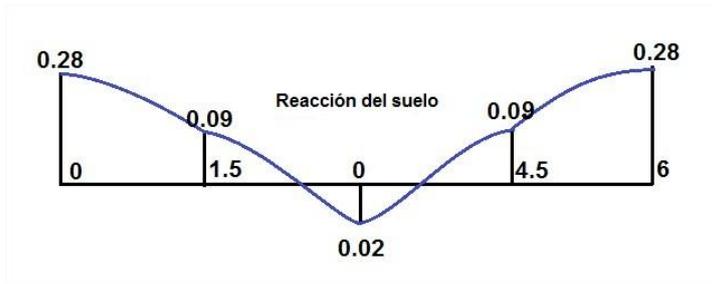


Figura 2.3 Grafico de Reacción del suelo.

- Cálculo de los Aceros.

El cálculo de los Aceros se realiza por especificaciones.

$$A_{smin} = 0.002 * b * esp$$

$$A_{smin} = 0.002 * 100cm * 20cm$$

$$A_{smin} = 4cm^2$$

$$\#_{barras} = \frac{A_s}{A_{1barra}} = \frac{4}{1.29} = 3.1barra \text{ } 3 \text{ barras} + 1 = 4barras$$

$$@ = \frac{b}{\#_{barras} - 1} = \frac{100}{3} = 30cm$$

Las cargas actuantes son muy pequeñas generando solicitaciones acordes a su tamaño por lo que el diseño se calcula por especificaciones, por tanto el espaciamiento mínimo entre barras (@), debe ser ≤ 25 , y la cantidad de barras baria a 5.

Por cada franja de 1m colocar 5barras ϕ 12mm@25cm.

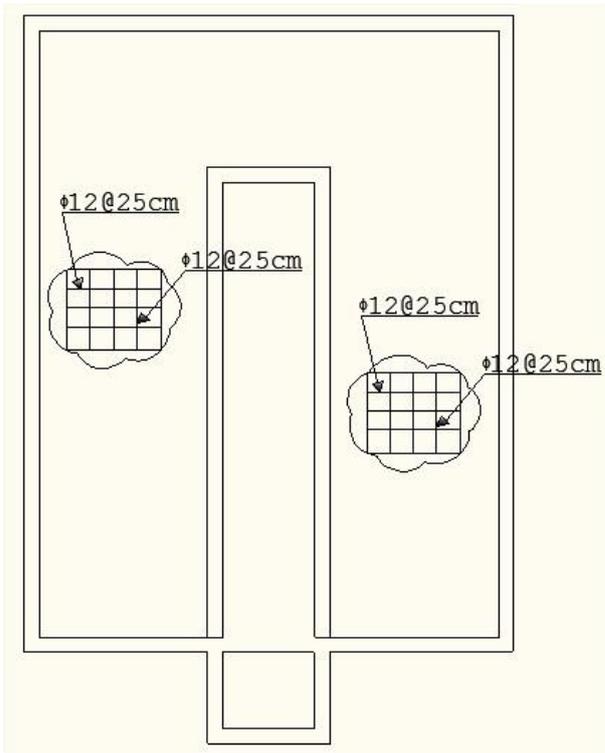


Figura 2.4 sección del lecho de secado.

2.3.3 Definición de dimensiones hidráulicas de los lechos de secado pavimentados para $16 \text{ y } 32 \text{ m}^3 / \text{d}$.

Dimensiones para $16 \text{ m}^3 / \text{d}$.

- Celdas de (6mx8m)
- Remoción manual
- Pendiente mínima de 1.5%
- Pavimento de concreto
- Diámetro del dren 160mm

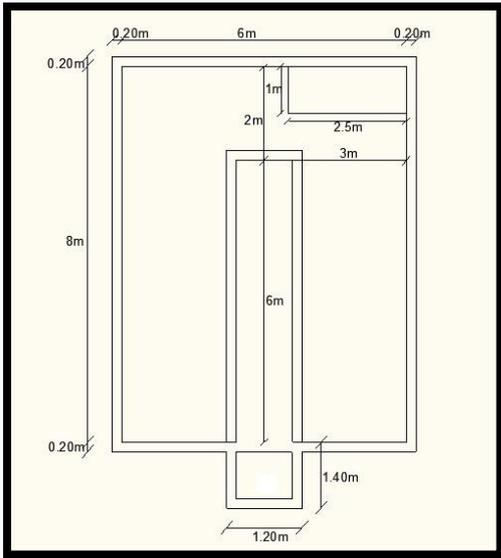


Figura2.5 Dimensiones del lecho de secado para $16m^3/d$.

Dimensiones para $32m^3/d$.

- Celdas de (6mx15m)
- Remoción manual
- Pendiente mínima de 1.5%
- Pavimento de concreto
- Diámetro del dren 160mm

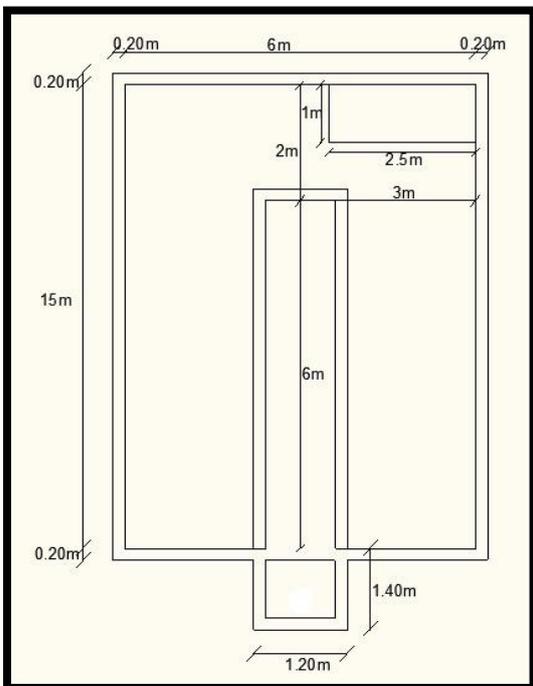


Figura2.5 Dimensiones del lecho de secado para $32 m^3/d$

Conclusiones parciales

Se diseñaron los lechos de secado tanto hidráulica como estructuralmente. También se realizaron los cálculos de las solicitaciones requeridas llegando a resultados satisfactorios. Otro punto fue el cálculo de las áreas de acero, así como el espaciamiento requerido y el número de barras que se necesita para la construcción de los lechos de secado.

CAPITULO 3 ANÁLISIS Y RESULTADOS.

3.1 Definición de la estrategia de trabajo.

Para dar una propuesta de solución al vertimiento de residuales de los carros fosas en la provincia de villa Clara se tuvo en cuenta la frecuencia y el volumen de residuales que se vierten diariamente en toda la provincia teniendo en cuenta que en todos los municipios de la provincia no se vierte el mismo volumen de residual, se hace necesario efectuar un diseño variado en cuanto a dimensiones de la solución propuesta.

3.2 Variantes de Solución.

Variante 1: Se dimensiona un conjunto de lechos de secado para evacuar $16m^3$.

Variante 2: Se dimensiona un conjunto de lechos de secado para evacuar $32m^3$.

3.3 Planos en planta y detalles de cada variante.

Para los planos en planta y detalles de cada variante se utilizo el AutoCad.

En el anexo 1 del capítulo 3 se muestran mas detalles.

3.4 Listado de materiales.

El listado de materiales que se utilizo se encuentra en los anexos, capítulo 3 anexo 2.

3.5 Presupuesto.

El presupuesto se ha realizado por el PRECONS utilizando el programa PRESWIN.

El costo total de la obra para $16 m^3$ es \$25307.09

El costo total de la obra para $32m^3$ es \$40165.75

El presupuesto por Renglones Variantes y Unidades de Obra aparece en los anexos capítulo 3 figura 1.

3.6 Línea de base ambiental.

En la actualidad, se emplea como solución para el vertimiento de los residuales la descarga de los mismos directamente al sistema de alcantarillado y en lugares donde no se le da un tratamiento al material residual. Tal situación ocasiona afectaciones de gran magnitud al medio ambiente así como mantiene altos niveles de riesgo de epidemia, principalmente en la época de primavera. Con vistas a revertir esta situación, se elabora el presente proyecto. (Javier Peña González, 2009)

3.6.1. Análisis de localización.

Deben existir las condiciones adecuadas para la ubicación de la obra, la misma deberá ubicarse en una zona alejada de la ciudad para que los malos olores no molesten a la población: con una topografía adecuada para evitar grandes volúmenes de excavación y solo con la afectación mínima de flora y fauna (especies) de la cual se resarcirá un porcentaje según la propuesta de plantar árboles frutales para que ayuden a la eliminación de los malos olores. (Javier Peña González, 2009)

3.6.2. Flora y fauna.

Se encuentran animales de llanuras, podemos encontrar hormigas (formicoidea), termitas, lagartos áfidos (Aphidoidea), cucarachas, escarabajos (Melotonthinae), aves comedoras de insectos y de animales muertos, mariposas, arañas, arañitas, cigarras, coleópteros, grillos (Gryllidae). (Javier Peña González, 2009)

3.6.3. Precipitaciones.

El clima de la zona en estudio es el característico de todo el territorio nacional y según el comportamiento de las mismas se trata de un clima tropical.

Para la distribución hiperanual de las precipitaciones se distinguen dos períodos; el período húmedo que se extiende desde Mayo hasta Octubre, y el período seco que se extiende desde Noviembre hasta Abril. (Javier Peña González, 2009)

3.6.4. Los factores climáticos.

Van a estar caracterizados por la temperatura, las precipitaciones, la luz, el viento, la nubosidad y la humedad relativa. A modo de ejemplo podemos señalar los meses donde estas características se acentúan. (Javier Peña González, 2009)

Febrero es el mes más frío del año. Los valores de temperatura media oscilan entre los 24,5 °C y los 27,4 °C, con un valor medio de 26,3 °C, pudiendo ocurrir valores de hasta 30,7 °C. La humedad relativa media es de 76 % con valores mínimos de 69 % y máximos de 83 %. La nubosidad total media de la zona es de 2/8 de cielo cubierto con 8 h luz como promedio de brillo solar. El viento predominante es del Este con una rapidez media para ese rumbo de 14,2 km/h y una frecuencia de calma de 25 %. La velocidad media es de 9,5 km/h. Las precipitaciones arrojan un valor de 36,1 mm. El promedio de días con lluvia es de 2 d, siendo el más bajo del año. (Javier Peña González, 2009)

Agosto es el mes más cálido donde la temperatura media oscilan entre los 27,6 °C y los 30.6 °C, pudiendo ocurrir valores de hasta 35 °C. La humedad relativa media es de 77 % pudiendo ocurrir valores mínimos de 71% y máximos de 83%. La nubosidad total media de es de 3/8 cubierto con 9 h de luz como promedio de brillo solar. El viento predominante es del Este con una rapidez media para ese rumbo de 12,1 km/h con una frecuencia de calma de 40%. La velocidad media para el mes es de 6,7 km/h. Las precipitaciones medias son de 93 mm pudiendo alcanzar valores de 135 mm. (Javier Peña González, 2009)

Octubre es el más lluvioso debido a la ocurrencia de azote de los organismos ciclónicos. Las precipitaciones medias son de 63,9 mm pudiendo alcanzar valores de 96,3 mm. El promedio de días con lluvia es alto con 13 d, por otra parte el promedio de días consecutivos con lluvia es de 2 d, se han registrado valores extremos de 48,9 mm. La nubosidad total media de la zona es de 3/8 de cielo cubierto con 8 h de luz como promedio de brillo solar. Los valores de temperatura media oscilan entre los 26,9 °C y los 29,9 °C. La temperatura máxima media es de 30,9 °C pudiendo ocurrir valores hasta los 33,1 °C, con mínimas de 25,1 °C pudiendo ocurrir valores de 22.3 °C. La humedad relativa

media para este mes es de 77,6 % pudiendo ocurrir valores mínimos de 72 % y máximos de 84 %. El viento presenta en Octubre comportamiento predominante del Este – Noreste con una rapidez media para este rumbo de 12,7 km/h con una frecuencia de calmas de 39 %. La velocidad media para el mes de 6,6 km/h. (Javier Peña González, 2009)

3.6.5. Identificación de impactos que se prevén ocasionar.

Los impactos ambientales y las acciones que los provocan, pueden ser entre otros, los siguientes separados por etapas:

Etapas de construcción de la obra

- Desbroce y eliminación de la capa vegetal.
- Excavaciones, rellenos y rehíncos de zanjas.
- Construcción y mejoramiento de caminos.
- Trabajos para nivelación parcelaria.
- Acarreo del material sobrante y su disposición final.
- Suelos y sustratos: Compactación de los suelos.
- Atmósfera: Emanación de gases de combustión y de polvos.
- Vegetación: Eliminación de la vegetación, en los lugares de construcción.

Paisajes: Cambios en el paisaje, por la construcción de diferentes objetos de obra. (Javier Peña González, 2009)

Etapas de operación de la obra

Buena operación

- Tratamiento de Lodos y su disposición final.
- Manejo de los residuales sólidos.

Mala operación.

Alteración negativa en el entorno y componentes del área de influencia. (Javier Peña González, 2009)

3.6.6. Medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales.

- Para las emanaciones de polvo a la atmósfera, se recomienda el rociado con pipas, cuando las mismas sean de magnitudes tales, que así lo requieran.
- Cubrimiento de las cargas de los camiones, para transporte de materiales de aprovisionamiento o evacuación, así como prescindir de movimientos de tierra innecesarios.
- Evitar el ruido excesivo de los equipos.
- Evitar el desbroce innecesario de la vegetación; proceder a la siembra de césped y arborización en la medida de las posibilidades.
- La capa vegetal debe proponerse y ejecutarse su acumulación, en un lugar aparte, para poder utilizarse o reponerse, una vez terminada la obra, en la jardinería de la planta y recubrimiento de taludes.
- Trabajar en horarios diurnos, para disminuir las molestias auditivas.
- Realizar trabajos de mejoramiento, que incluyan la limpieza de los desechos de la construcción.
- Evitar la creación de vertederos clandestinos, estimulados por la posible acumulación de desechos de la construcción.
- Luego de concluida la obra a realizar, debe quedar restituido el relieve con las características aproximadas a su estado inicial, al menos respetando la dirección de las líneas de flujo de las aguas superficiales, evitando la creación de montículos de tierra no acordes al relieve original.
- Evitar la contaminación de las aguas superficiales, producto de la construcción, ya sea por sedimentos acarreados hasta las corrientes superficiales, vertimiento de productos líquidos en el área, etc.

Es importante que el vertimiento de las grasas e hidrocarburos, sea en la Base de Apoyo para los equipos y no en la obra como tal, evitando la contaminación de las aguas superficiales o las zonas de pozos de abasto. (Javier Peña González, 2009)

3.6.7. Prevención para el caso de accidentes.

Todas las actividades constructivas, deben realizarse cumpliendo las normas, del Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo, familia de Normas Cubanas NC 19. (Javier Peña González, 2009)

El personal que ejecuta y dirige, las operaciones de funcionamiento de la Planta, debe velar por el cumplimiento de los requisitos de **Higiene General** de su área de trabajo, así como del **Manejo de Residuales** sólidos y líquidos, establecidos en la **NC 107-2001** y la **NC 133-2002**.

El personal que ejecuta y dirige, las operaciones de construcción y de funcionamiento, de la Planta, debe velar por el estricto cumplimiento de los requisitos establecidos, en la **Ley Nº 13** de Protección e Higiene del Trabajo de 1977 y su legislación complementaria, sobre el uso de **Medios de Protección** adecuados para el puesto de trabajo y los exámenes médicos preventivos.

Los operadores de la Planta deben ser **Inmunizados**, contra el Tétanos, Fiebre Tifoidea, Leptospirosis, Hepatitis B y C, etc., de transmisión por vía hídrica, de acuerdo al riesgo laboral específico. Se debe prever una **ropa de trabajo y guantes de protección** adecuados, para el operador de la planta, considerando el alto riesgo de contaminación biológica, de las labores que realiza. (Javier Peña González, 2009)

Conclusiones parciales.

Se obtuvieron los resultados del cálculo económico para 16 y 32 m³ así como los planos en planta y detalles de cada variante. También se definió la línea de impacto ambiental además de la prevención para el caso de accidentes.

Conclusiones.

- Se confeccionó el Estado del Arte respecto al tratamiento de las aguas residuales que permitió contar con la información necesaria para dar una adecuada propuesta de solución al problema planteado.
- Se realizó el diseño hidráulico y estructural del sistema de lechos de secado para 16 y 32 m³.
- Se realizó una valoración técnica y económicamente mediante la cual se obtuvo el valor de presupuesto real de la propuesta de solución.
- -Se definió la línea de impacto ambiental.

Recomendaciones.

- Definir la ubicación exacta del área necesaria para desarrollar el proyecto ejecutivo.
- Inspeccionar el estado del colector y lagunas de oxidación que recibirán el residual.
- Tener en cuenta la topografía del terreno donde se desean construir los lechos de secado.
- El lodo entrante es patogénico, así que los trabajadores deben estar equipados con protección adecuada (botas, guantes y ropa). El lodo espesado también es infeccioso, aunque es más fácil de manejar y menos propenso a salpicar y rociar.
- Los lechos de secado deben de estar lo suficientemente lejos de los centros urbanos, debido a que los malos olores y presencia de moscas puede ser una molestia para los residentes cercanos.
- Se deben de tener en cuenta las tareas de mantenimiento de los lechos de secado, para que así mejore su funcionamiento y aumente su vida útil.

Bibliografía.

- 53-91, N. N. MANUAL DEL PROYECTISTA HIDROSANITARIO.
(IPH), E. D. I. Y. P. H. V. C. LECHOS DE SECADO.
ADALBERTO NOYOLA, J. M. M.-S., LEONOR PATRICIZ GUERECA seleccion de tecnologias para el tratamiento de aguas residuales municipales.
ADALBERTO NOYOLA, J. M. M.-S., LEONOR PATRICIZ GUERECA 2013. Seleccion de tecnologias para el tratamiento de aguas reciduales municipales.
ANONIMO Ingeniería de aguas residuales.
ANONIMO planta de tratamiento.
CEPIS-OPS/OMS 1995. Operacion y mantenimiento del lecho de secado.
ING. RAÚL ROJO PÉREZ, I. B. D. B., ING. YERANDY RODRÍGUEZ DELGADO 2015. PUNTOS VERTIMIENTO PROVINCIA VILLA CLARA
- JAVIER PEÑA GONZÁLEZ, J. A. M. G., ANA SÁNCHEZ MARRERO, HUMBERTO PÉREZ PÉREZ 2009. SOLUCIÓN PUNTOS DE VERTIMIENTO DE RESIDUALES.
MARSILLI, A. 2005. Tratamiento de aguas residuales.
SALVADOR, F. D. 2010. ESTRUCTURAS HIDRAULICAS.
TRUJILLO, Z. M. G. 2012. COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE TRES PLANTAS ACUÁTICAS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NUTRIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

ANEXOS Capitulo 2

Anexo 1

Tabla 2 Coeficientes para la determinación de las constantes C1 y C2 en los casos de viga sobre apoyo elástico con solicitaciones simétricas en ambos extremos. Para $\pi > \lambda > \frac{\pi}{4}$.

λ	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
0,50	0,497 25	0,165 48	1,033 08	0,494 83	0,123 87	0,041 31	0,490 66
0,55	0,545 60	0,199 58	0,952 96	0,492 48	0,135 71	0,049 80	0,442 19
0,60	0,593 20	0,236 51	0,890 03	0,489 41	0,147 24	0,058 94	0,400 73
0,65	0,639 91	0,276 05	0,840 89	0,485 48	0,158 42	0,068 71	0,364 51
0,70	0,685 50	0,317 97	0,803 14	0,480 59	0,169 11	0,079 04	0,332 21
0,75	0,729 72	0,361 97	0,774 97	0,474 68	0,179 26	0,089 80	0,302 96
0,80	0,772 31	0,407 69	0,755 01	0,467 59	0,188 76	0,100 91	0,266 07
0,85	0,813 01	0,454 73	0,742 17	0,459 24	0,197 48	0,112 28	0,251 04
0,90	0,851 41	0,502 63	0,735 51	0,449 10	0,205 33	0,123 72	0,227 47
0,95	0,887 64	0,550 93	0,734 24	0,438 59	0,212 20	0,135 11	0,205 13
1,00	0,921 12	0,599 09	0,737 64	0,426 24	0,218 00	0,146 27	0,183 79
1,05	0,951 73	0,646 59	0,745 02	0,412 51	0,222 64	0,157 07	0,168 35
1,10	0,979 26	0,692 91	0,755 73	0,397 46	0,226 05	0,167 33	0,143 72

Tabla 2 continuación.

λ	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
1,15	1,003 67	0,737 55	0,769 17	0,381 19	0,228 20	0,176 92	0,124 88
1,20	1,248 57	0,780 04	0,784 73	0,363 84	0,229 07	0,185 71	0,106 83
1,25	1,042 83	0,819 97	0,801 84	0,345 52	0,228 65	0,193 56	0,089 57
1,30	1,057 65	0,857 01	0,819 96	0,326 39	0,226 96	0,200 38	0,073 12
1,35	1,069 43	0,890 88	0,838 61	0,306 66	0,224 77	0,206 08	0,057 64
1,40	1,078 34	0,921 43	0,857 34	0,286 55	0,220 09	0,210 62	0,042 88
1,45	1,084 60	0,948 54	0,875 77	0,266 17	0,215 04	0,213 97	0,029 14
1,50	1,088 46	0,972 22	0,893 56	0,245 80	0,209 06	0,216 15	0,016 38
1,55	1,090 18	0,992 52	0,910 44	0,225 59	0,202 29	0,217 17	0,004 60
1,60	1,090 04	1,009 56	0,926 22	0,205 70	0,194 83	0,217 09	-0,006 18
1,65	1,088 35	1,023 58	0,940 74	0,186 28	0,186 80	0,215 93	-0,015 96
1,70	1,085 37	1,034 74	0,953 92	0,166 81	0,178 36	0,213 84	-0,024 77
1,75	1,081 36	1,043 33	0,955 69	0,149 35	0,169 57	0,210 85	-0,032 63
1,80	1,076 59	1,049 60	0,976 07	0,132 13	0,160 58	0,207 06	-0,039 57
1,85	1,071 27	0,053 84	0,985 09	0,115 73	0,151 47	0,202 58	-0,045 63
1,90	1,065 60	1,056 32	0,992 79	0,110 22	0,142 34	0,197 48	-0,050 85
1,95	1,059 74	1,057 31	0,999 67	0,085 66	0,133 26	0,191 86	-0,055 30

Tabla 2 continuación.

2,00	1,053 85	1,057 04	1,004 58	0,072 04	0,124 29	0,185 81	-0,059 00
2,05	1,048 04	1,055 77	1,008 86	0,059 38	0,115 50	0,179 41	-0,062 04
2,10	1,042 41	1,053 69	1,012 21	0,047 65	0,106 94	0,172 74	-0,064 45
2,15	1,037 03	1,051 00	1,014 72	0,036 86	0,098 63	0,165 85	-0,066 30
2,20	1,031 96	1,047 86	1,016 51	0,026 91	0,090 62	0,158 83	-0,067 60
2,25	1,027 24	1,044 41	1,017 67	0,017 83	0,082 91	0,151 71	-0,068 44
2,30	1,022 89	1,040 77	1,018 29	0,009 58	0,075 53	0,144 55	-0,068 85
2,35	1,018 92	1,037 05	1,018 47	0,002 10	0,068 49	0,137 38	-0,068 88
2,40	1,015 34	1,033 34	1,018 27	-0,004 64	0,061 79	-0,130 26	-0,068 57
2,45	1,012 14	1,029 70	1,017 78	-0,010 68	0,055 44	-0,123 22	-0,067 96
2,50	1,009 31	1,026 18	1,017 06	-0,016 07	0,049 44	-0,116 28	-0,067 07
2,55	1,006 83	1,022 84	1,016 16	-0,020 84	0,043 77	-0,109 46	-0,065 95
2,60	1,004 68	1,019 68	1,015 12	-0,025 04	0,038 45	-0,102 80	-0,064 63
2,65	1,002 85	1,016 76	1,014 01	-0,028 69	0,033 46	-0,096 29	-0,063 12
2,70	1,001 31	1,014 07	1,012 85	-0,031 85	0,028 79	-0,089 97	-0,061 46
2,75	1,000 01	1,011 60	1,011 67	-0,034 55	0,024 44	-0,083 83	-0,059 67

Tabla 2 Coeficientes para la determinación de la fuerza cortante, momento flector y presión de contacto en cualquier sección de una viga sobre apoyos elásticos, simétricamente cargada. Para $\pi > \lambda > \frac{\pi}{4}$.

v_0	v_1	v_2	v_3	v_4
0,00	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,000 0
0,05	0,002 5	0,000 0	0,100 0	1,000 0
0,10	0,010 0	0,000 6	0,200 0	1,000 0
0,15	0,022 5	0,002 2	0,300 0	0,999 9
0,20	0,040 0	0,005 4	0,400 0	0,999 7
0,25	0,062 5	0,010 4	0,500 0	0,999 3
0,30	0,090 0	0,018 0	0,599 3	0,998 7
0,35	0,122 5	0,028 6	0,699 6	0,997 5
0,40	0,160 0	0,042 7	0,799 3	0,995 7
0,45	0,202 4	0,060 8	0,899 8	0,993 2
0,50	0,249 8	0,083 3	0,997 9	0,989 5
0,55	0,302 2	0,110 9	1,096 7	0,984 7
0,60	0,359 5	0,143 9	1,194 9	0,978 4
0,65	0,421 7	0,182 9	1,292 3	0,970 3
0,70	0,488 7	0,228 4	1,388 8	0,960 0
0,75	0,560 6	0,280 8	1,484 2	0,947 3
0,80	0,637 1	0,340 6	1,578 2	0,931 8
0,85	0,718 3	0,408 4	1,670 4	0,913 1
0,90	0,804 1	0,484 5	1,760 7	0,890 8
0,95	0,894 3	0,569 4	1,848 4	0,864 5
1,00	0,988 9	0,663 5	1,933 5	0,833 7

Tabla 2 continuación.

v	v_1	v_2	v_3	v_4
1,05	1,087 6	0,767 3	2,015 1	0,798 0
1,10	1,190 3	0,881 1	2,092 9	0,756 8
1,15	1,296 8	1,007 4	2,166 2	0,707 9
1,20	1,406 9	1,140 6	2,234 6	0,656 1
1,25	1,520 2	1,287 0	2,297 2	0,595 5
1,30	1,636 5	1,441 8	2,353 4	0,527 2
1,35	1,755 4	1,614 4	2,402 4	0,450 8
1,40	1,876 6	1,795 9	2,442 3	0,364 6
1,45	1,999 6	1,989 7	2,475 1	0,271 0
1,50	2,123 9	2,195 9	2,497 1	0,166 4
1,55	2,249 1	2,414 5	2,508 1	0,051 2
1,60	2,374 5	2,645 8	2,507 0	-0,075 3
1,65	2,499 6	2,889 5	2,492 7	-0,213 6
1,70	2,623 6	3,145 6	2,463 8	-0,364 4
1,75	2,745 7	3,414 1	2,419 3	-0,528 4
1,80	2,865 2	3,694 7	2,357 7	-0,706 0
1,85	2,981 2	3,987 1	2,277 7	-0,898 0
1,90	3,092 7	4,290 8	2,177 6	-1,104 9
1,95	3,198 6	4,605 4	2,056 2	-1,327 3
2,00	3,297 9	4,930 1	1,911 5	-1,565 6
2,05	3,389 3	5,264 7	1,742 5	-1,820 5
2,10	3,471 7	5,607 8	1,547 0	-2,092 3
2,15	3,543 6	5,958 7	1,324 5	-2,381 4
2,20	3,603 6	6,316 2	1,070 2	-2,688 2
2,25	3,650 1	6,679 0	0,785 2	-3,013 1
2,30	3,681 5	7,045 7	0,466 9	-3,356 2
2,35	3,696 2	7,414 6	0,113 4	-3,717 7

Tabla 2 continuación.

2,40	3,692 2	7,784 2	-0,277 2	-4,097 6
2,45	3,667 8	8,152 4	-0,706 8	-4,496 1
2,50	3,620 9	8,517 0	-1,177 0	-4,912 8
2,55	3,549 4	8,875 7	-1,690 0	-5,347 7
2,60	3,451 1	9,226 0	-2,247 2	-5,800 3
2,65	3,323 9	9,566 0	-2,850 6	-6,270 1
2,70	3,165 3	9,889 8	-3,501 8	-6,756 5
2,75	2,972 9	10,197 0	-4,202 4	-7,258 8
2,80	2,744 2	10,483 2	-4,954 0	-7,775 9
2,85	2,476 6	10,744 6	-5,758 0	-8,306 7
2,90	2,167 5	10,977 2	-6,615 8	-3,847 1
2,95	1,814 1	11,176 6	-7,528 4	-9,403 9
3,00	1,413 7	11,338 3	-8,496 9	-9,966 9

Tabla 3 Coeficientes para la determinación de la fuerza cortante, momento flector y presión de contacto en cualquier sección de una viga sobre apoyo elástico solicitada en un extremo. $\lambda > \pi$.

φ	α_1	α_2	α_3	α_4
0,0	1,000 0	0,000 0	1,000 0	1,000 0
0,1	0,900 4	0,090 3	0,990 7	0,810 0
0,2	0,802 4	0,162 7	0,965 1	0,639 8
0,3	0,707 8	0,218 9	0,926 7	0,488 8
0,4	0,617 4	0,261 0	0,878 4	0,356 4
0,5	0,532 3	0,290 8	0,823 1	0,241 5
0,6	0,453 0	0,309 9	0,762 8	0,143 1
0,7	0,379 8	0,319 9	0,699 7	0,059 9
0,8	0,313 0	0,322 3	0,635 4	-0,009 3
0,9	0,252 8	0,318 5	0,571 2	-0,065 7
1,0	0,198 8	0,309 6	0,508 3	-0,110 8
1,1	0,151 0	0,296 7	0,447 6	-0,145 7
1,2	0,109 2	0,280 7	0,389 9	-0,171 6
1,3	0,072 9	0,262 6	0,335 5	-0,189 7
1,4	0,041 9	0,243 0	0,284 9	-0,201 1
1,5	0,015 8	0,222 6	0,238 4	-0,206 8
1,6	-0,005 9	0,201 8	0,195 9	-0,207 7
1,7	-0,023 6	0,181 2	0,157 6	-0,204 7
1,8	-0,037 6	0,161 0	0,123 4	-0,198 5
1,9	-0,048 4	0,141 5	0,093 2	-0,189 9
2,0	-0,056 4	0,123 1	0,066 7	-0,179 4

Tabla 3 continuación.

φ	α_1	α_2	α_3	α_4
2,1	-0,061 8	0,105 7	0,043 9	-0,167 5
2,2	-0,065 2	0,089 6	0,024 4	-0,154 8
2,3	-0,066 8	0,074 8	0,008 0	-0,141 6
2,4	-0,066 9	0,061 3	0,005 6	-0,128 2
2,5	-0,065 8	0,049 1	-0,016 6	-0,114 9
2,6	-0,063 6	0,038 3	-0,025 4	-0,101 9
2,7	-0,060 8	0,028 7	-0,032 0	-0,089 5
2,8	-0,057 3	0,020 4	-0,036 9	-0,077 7
2,9	-0,053 5	0,013 3	-0,040 3	-0,066 6
3,0	-0,049 3	0,007 0	-0,042 3	-0,056 3
3,1	-0,045 0	0,001 9	-0,043 1	-0,046 9
3,2	-0,040 7	-0,002 4	-0,043 1	-0,038 3
3,3	-0,036 4	-0,005 8	-0,042 2	-0,030 6
3,4	-0,032 2	-0,008 5	-0,040 8	-0,023 7
3,5	-0,028 3	-0,010 6	-0,038 9	-0,017 7
3,6	-0,024 5	-0,012 09	-0,036 59	-0,012 41
3,7	-0,021 0	-0,013 10	-0,034 07	-0,007 87
3,8	-0,017 7	-0,013 69	-0,031 38	-0,004 01
3,9	-0,014 7	-0,013 92	-0,028 62	-0,000 77
4,0	-0,011 97	-0,013 86	-0,025 83	0,001 89
4,1	-0,009 55	-0,013 56	-0,023 09	0,004 03
4,2	-0,007 35	-0,013 07	-0,020 42	0,005 72
4,3	-0,005 45	-0,012 43	-0,017 87	0,006 99
4,4	-0,003 80	-0,011 68	-0,015 46	0,007 91
4,5	-0,002 35	-0,010 86	-0,013 20	0,008 52
4,6	-0,001 10	-0,009 99	-0,011 12	0,008 86
4,7	-0,000 2	-0,009 09	-0,009 21	0,008 98

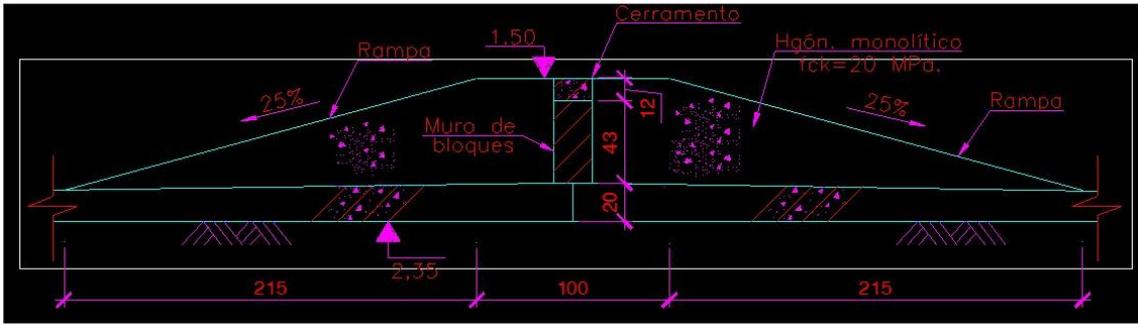


Figura 3 Rampa

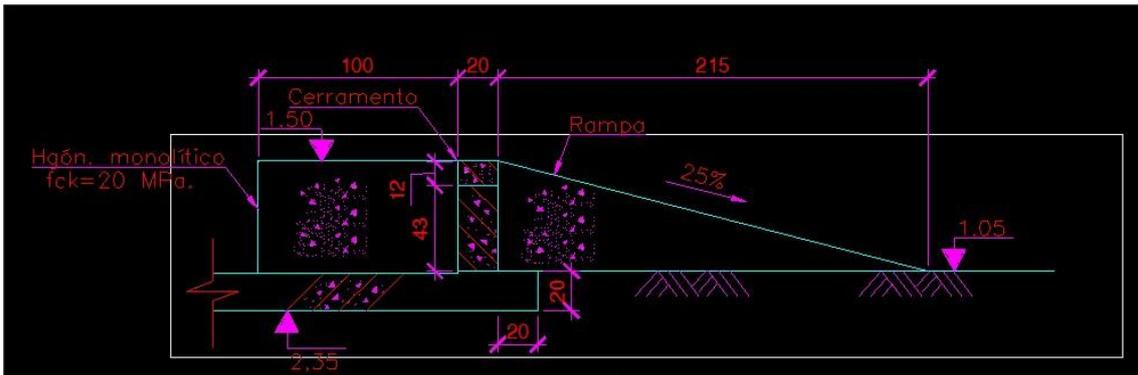


Figura 4

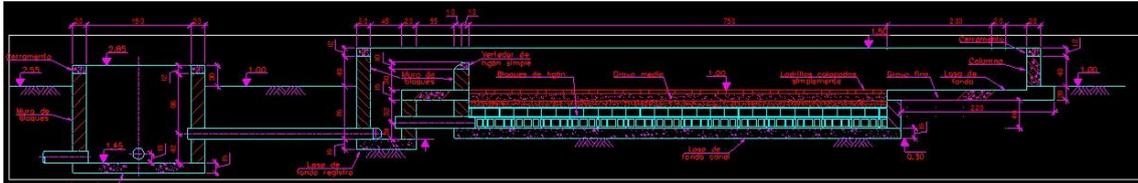


Figura 5

Capítulo 3

Anexo 2

Tabla 3.1 Listado de materiales y cantidades. Módulo de 16 m³

Ítem	Descripción	Cantidad	Especificaciones Técnicas	U.M
1	Tubería ø 160 PE	40	corrugada SN-4 para alcantarillado	m
2	Tubería ø 160 PEAD.	10	lisa para alcantarillado	m

Ítem	Descripción	Cantidad	U.M
1	Hgón armado en losa fondo fck=30MPa.	80,00	m3
2	Hgón armado en columnas fck=30MPa.	0,45	m3
3	Hgón armado en cerramentofck=30MPa.	7,00	m3
4	Hgónmonolít. losa fondo canal fck=30MPa.	8,00	m3
5	Hgónmonolít. losa fondo registros fck=30MPa.	1,45	m3
6	Hgónmonolít. en rampas fck=30MPa.	9,40	m3
7	Muros de bloques de hgón e=20 cm.	180,00	m2
8	Salpicado en pared.	200,00	m2
9	Repello grueso en pared.	200,00	m2
10	Repello fino en pared.	90,00	m2
11	Grava gruesa (granulometría de 3 a 5 cm).	8,00	m3
12	Grava media (granulometría de 1 a 3 cm).	4,00	m3
13	Grava fina (granulometría de 0,3 a 0,5 cm).	5,00	m3
14	Capa de ladrillos simplemente colocados	40,00	m2
15	Bloques de hormigón e=15 cm (Dren)	530,00	u

Ítem	Descripción	Masa	U.M
1	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	101,7	kg
2	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	795,44	kg
3	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	127	kg
4	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	291,04	kg

5	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	49,09	kg
7	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	1287,48	kg
8	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	112,46	kg
9	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	20,27	kg
10	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	26,24	kg
11	Acero Ø12 mm barra recta en columna	106,47	kg
12	Acero Ø12 mm barra recta en cerramiento	214,7	kg
13	Acero Ø16 mm barra recta en cerramiento	8,28	kg
14	Acero Ø10 mm barra doblada en cerramiento	21,84	kg

Tabla 3.2 Listado de materiales y cantidades. Módulo de 32 m³

Ítem	Descripción	Cantidad	Especificaciones Técnicas	U.M
1	Tubería ø 160 PE	40	corrugada SN-4 para alcantarillado	m
2	Tubería ø 160 PEAD.	10	lisa para alcantarillado	m

Ítem	Descripción	Cantidad	U.M
1	Hgón armado en losa fondo fck=30MPa.	150.00	m3
2	Hgón armado en columnas fck=30MPa.	0.45	m3
3	Hgón armado en cerramiento fck=30MPa.	12.5	m3
4	Hgónmonolít. losa fondo canal fck=30MPa.	11.40	m3
5	Hgónmonolít. losa fondo registros fck=30MPa.	1.45	m3
6	Hgónmonolít. en rampas fck=30MPa.	9.40	m3

7	Muros de bloques de hgón e=20 cm.	180.00	m2
8	Salpicado en pared.	360.00	m2
9	Repello grueso en pared.	360.00	m2
10	Repello fino en pared.	180.00	m2
11	Grava gruesa (granulometría de 3 a 5 cm).	11.25	m3
12	Grava media (granulometría de 1 a 3 cm).	7.50	m3
13	Grava fina (granulometría de 0,3 a 0,5 cm).	7.50	m3
14	Capa de ladrillos simplemente colocados	75.00	m2
15	Bloques de hormigón e=15 cm (Dren)	980.00	u

Ítem	Descripción	Masa	U.M
1	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	165.4	kg
2	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	1085.44	kg
3	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	172.95	kg
4	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	472.94	kg
5	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	66.79	kg
6	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	1592.38	kg
7	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	1036.05	kg
8	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	112.46	kg
9	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	20.27	kg
10	Acero Ø12 mm barra recta en losa de fondo	26.24	kg
11	Acero Ø12 mm barra recta en columna	106.47	kg

12	Acero Ø12 mm barra recta en cerramiento	214.7	kg
13	Acero Ø16 mm barra recta en cerramiento	8.28	kg
14	Acero Ø10 mm barra doblada en cerramiento	21.84	kg

Capitulo 3

Anexo 3.

 Presupuesto por Renglones Variantes y Unidades de Obra 04202 - Emp. de Invest. y Proj. Hidrául. Villa Clara							
							Página: 1
							Fecha de impresión: 28/8/2015
Obra :12515 PID PUNTOS DE VERTIMIENTO PROVINCIA VILLA CLARA 16 M3 y 32M3							
RV/UO	Suministro	Descripción	UM	Cantidad	Costo Unit	Costo Total	% Listado Cantidades
Listado de Cantidades :							
VERTIMIENTO 16M3							
Brigada:	120	Organizacion y Presupuesto					
Eta:	1209	Hormigon en Cerramiento					
042424		CON CUALQUIER CALIDAD DE HORMIGON	m3	7.0000	\$6.90	\$48.30	0.19
042424	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	7.0700	\$113.55	\$802.80	3.17
Total del RV / UO:						\$851.10	
301303		* DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	0.2140	\$688.91	\$147.43	0.58
301305		* DE 16 MM DE DIAMETRO	tm	0.0080	\$686.28	\$5.49	0.02
301401		* DE 10 MM DE DIAMETRO	tm	0.0210	\$736.99	\$15.48	0.06
305321		HASTA 16 MM EN VIGAS	tm	0.2430	\$37.00	\$8.99	0.04
311521		DE CERRAMIENTO HASTA 0.30 M Y 4.00 M DE PUNTAL	m2	1.0000	\$7.83	\$7.83	0.03
Total Etapa o Especialidad:						\$1,036.31	
Eta:	1212	Muro de Bloques					
031121		DE 0.15 M ESPESOR ASENTADO CON MORTERO	m2	44.0000	\$11.71	\$515.24	2.04
031152		* MURO DE BLOQUE DE 0.20 MACIZADO CON HORMIGON DE 175 KG/CM2 EN OBRA	m2	180.0000	\$26.99	\$4,858.20	19.20
031201		DE 0.60 M DE ESPESOR ASENTADO CON MORTERO	m2	40.0000	\$80.05	\$3,202.00	12.65
131101		RESANO CON MORTERO EN PAREDES HASTA 3.00 M ALTURA .	m2	200.0000	\$1.98	\$396.00	1.56
131201		EN PAREDES HASTA 3.00 ALTURA CON MORTERO.	m2	90.0000	\$1.45	\$130.50	0.52
131311		PAREDES CON MORTERO	m2	200.0000	\$2.04	\$408.00	1.61
Total Etapa o Especialidad:						\$9,509.94	

Figura1 Cálculo del presupuesto de la obra.

Eta:	1217	Columna					
042125		CON CUALQUIER CALIDAD DE HORMIGON	m3	0.4300	\$8.62	\$3.88	0.02
042125	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	0.4340	\$113.55	\$51.55	0.20
Total del RV / UO:						\$55.43	
301303		* DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	0.1060	\$688.91	\$73.02	0.29
305323		HASTA 16 MM EN COLUMNAS	tm	0.1060	\$37.00	\$39.22	0.02
311311		CUADRADAS O RECTANGULARES HASTA 4.00 M DE ALTURA	m2	1.0000	\$9.15	\$9.15	0.04
Total Etapa o Especialidad:						\$141.53	
Eta:	1218	Hormigon en losas de fondo					
044324		CUAL QUIER ESPESOR CON HORMIGON DE 100 - 300 KG/CM2	m3	89.4500	\$4.87	\$435.62	1.72
044324	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	90.3400	\$113.55	\$10,258.11	40.53
Total del RV / UO:						\$10,693.73	
301303		* DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	2.8100	\$688.91	\$1,935.84	7.65
305361		HASTA 16 MM EN LOSAS SOBRE RELLENO	tm	2.8100	\$65.29	\$183.46	0.72
311711		HASTA 0.15 M DE ESPESOR	m2	1.0000	\$0.86	\$0.86	0.00
Total Etapa o Especialidad:						\$12,813.89	
Eta:	1228	Hormigon en rampa					
044124		CUAL QUIER ESPESOR CON HORMIGON DE 100 - 300 KG/CM2	m3	9.4000	\$4.79	\$45.03	0.18
044124	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	9.4900	\$113.55	\$1,077.59	4.26
Total del RV / UO:						\$1,122.62	
Total Etapa o Especialidad:						\$1,122.62	
Eta:	1617	Camaras frias					
162211		DE 100, 150 O 200 MM DE DIAMETRO CON JUNTA DE MANGUITO	m1	40.0000	\$9.35	\$374.00	1.48
162211	HPTC000160	TUBERIA PEAD CORRUGADA Dn 160 MM	M	40.0000	\$3.48	\$139.20	0.55
Total del RV / UO:						\$513.20	
163324		INSTALACION DE TUBERIA PLASTICA DE 160-180 MM DE DIAM	u	1.0000	\$8.80	\$8.80	0.03
163324	374892H040	MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	M	10.0000	\$11.81	\$118.10	0.47
163324		TUBERIA PEAD DN- 160 MM PN-0.60 Mpa	M	10.0000	\$11.81	\$118.10	0.47
Total del RV / UO:						\$118.10	

Figura 2 Continuación.

163355	MONTAJE DE TUBERIA DE PEAD DE 100-150 MM DE DIAMETRO CON JUNTA SOLDADA A TOPE	m	10.0000	\$4.27	\$42.70	0.17
Total Etapa o Especialidad:					\$682.80	
Total Brigada:					\$25,307.09	
Total del Listado de Cantidades:					\$25,307.09	

Figura 3 Continuación.

Listado de Cantidades : VERTIMIENTO 32M3

Brigada:	120	Organizacion y Presupuesto					
Etapa:	1209	Hormigon en Cerramiento					
042424		CON CUALQUIER CALIDAD DE HORMIGON	m3	12.5000	\$6.90	\$86.25	0.21
042424	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	12.6300	\$113.55	\$1,434.14	3.57
Total del RV / UO:						\$1,520.39	
301303		* DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	0.2140	\$688.91	\$147.43	0.37
301305		* DE 16 MM DE DIAMETRO	tm	0.0080	\$686.28	\$5.49	0.01
301401		* DE 10 MM DE DIAMETRO	tm	0.0210	\$736.99	\$15.48	0.04
305323		HASTA 16 MM EN VIGAS	tm	0.2430	\$37.00	\$8.99	0.02
311521		DE CERRAMIENTO HASTA 0.30 M Y 4.00 M DE PUNTAL	m2	1.0000	\$7.83	\$7.83	0.02
Total Etapa o Especialidad:						\$1,705.60	
Etapa:	1212	Muro de Bloques					
031121		DE 0.15 M ESPESOR ASENTADO CON MORTERO	m2	76.0000	\$11.71	\$889.96	2.22
031152		* MURO DE BLOQUE DE 0.20 MACIZADO CON HORMIGON DE 175 KG/CM2 EN OBRA	m2	180.0000	\$26.99	\$4,858.20	12.10
031201		DE 0.60 M DE ESPESOR ASENTADO CON MORTERO	m2	75.0000	\$80.05	\$6,003.75	14.95
131101		RESANO CON MORTERO EN PAREDES HASTA 3.00 M ALTURA.	m2	360.0000	\$1.98	\$712.80	1.77
131201		EN PAREDES HASTA 3.00 ALTURA CON MORTERO.	m2	180.0000	\$1.45	\$261.00	0.65
131311		PAREDES CON MORTERO	m2	360.0000	\$2.04	\$734.40	1.83
Total Etapa o Especialidad:						\$13,460.11	
Etapa:	1217	Columna					
042125		CON CUALQUIER CALIDAD DE HORMIGON	m3	0.4500	\$8.62	\$3.88	0.01
042125	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	0.4540	\$113.55	\$51.55	0.13
Total del RV / UO:						\$55.43	
301303		* DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	0.1060	\$688.91	\$73.02	0.18
305323		HASTA 16 MM EN COLUMNAS	tm	0.1060	\$37.00	\$3.92	0.01
311311		CUADRADAS O RECTANGULARES HASTA 4.00 M DE ALTURA	m2	1.0000	\$9.15	\$9.15	0.02
Total Etapa o Especialidad:						\$141.53	

Figura 4 Continuación.

Etapa:	1218	Hormigón en losas de fondo					
044324		CUALQUIER ESPESOR CON HORMIGON DE 100 - 300 KG/CM2	m3	162.8500	\$4.87	\$793.08	1.97
044324	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	164.4800	\$113.55	\$18,676.70	46.50
Total del RV / UO:						\$19,469.78	
301303		* DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	4.7500	\$688.91	\$3,272.32	8.15
305361		HASTA 16 MM EN LOSAS SOBRE RELLENO	tm	4.7500	\$65.29	\$310.13	0.77
311711		HASTA 0.15 M DE ESPESOR	m2	1.0000	\$0.86	\$0.86	0.00
Total Etapa o Especialidad:						\$23,053.09	
Etapa:	1228	Hormigón en rampa					
044124		CUALQUIER ESPESOR CON HORMIGON DE 100 - 300 KG/CM2	m3	9.4000	\$4.79	\$45.03	0.11
044124	44510204CE	HORMIGON PREMEZCLADO 100% GRAVILLA Fck 300 KG/CM2	M3	9.4900	\$113.55	\$1,077.59	2.68
Total del RV / UO:						\$1,122.62	
Total Etapa o Especialidad:						\$1,122.62	
Etapa:	1617	Camaras frias					
162211		DE 100, 150 O 200 MM DE DIAMETRO CON JUNTA DE MANGUITO	ml	40.0000	\$9.35	\$374.00	0.93
162211	HPTC000160	TUBERIA PEAD CORRUGADA Dn 160 MM	M	40.0000	\$3.48	\$139.20	0.35
Total del RV / UO:						\$513.20	
163324		INSTALACION DE TUBERIA PLASTICA DE 160-180 MM DE DIAM MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	u	1.0000	\$8.80	\$8.80	0.02
163324	374892H040	TUBERIA PEAD DN- 160 MM PN-0.60 Mpa	M	10.0000	\$11.81	\$118.10	0.29
Total del RV / UO:						\$126.90	
163355		MONTAJE DE TUBERIA DE PEAD DE 100-150 MM DE DIAMETRO CON JUNTA SOLDADA A TOPE	m	10.0000	\$4.27	\$42.70	0.11
Total Etapa o Especialidad:						\$682.80	
Total Brigada:						\$40,165.75	
Total del Listado de Cantidades:						\$40,165.75	
Total General:						\$65,472.83	

Figura 5 Continuación.