

Gestión de efluentes de Tambo

Clase : Componentes de sistemas de manejo de efluentes de tambo

Facultad de Agronomía, UdelaR, Abril de 2016.

Dra. Soledad Gutiérrez
soledadg@fing.edu.uy

Contenido



- ▶ Objetivos de un sistema de manejo
- ▶ Funciones y componentes
- ▶ Separación de sólidos
- ▶ Acumulación
- ▶ Conducción y transporte

Objetivos del sistema de manejo

▶ Posibles objetivos

Deshacerse del agua y del barro de en los alrededores del tambo
Mitigar efectos adversos en aguas superficiales y subterráneas
Preservar la calidad de suelos a largo plazo
Gestionar el predio de manera integral con énfasis en los balances de nutrientes

Desarrollo histórico

- ▶ **Práctica adecuada:** Manejo del efluente/sólido que permite el aprovechamiento de los nutrientes y características del residuo por el suelo o cultivo, sin perjuicio ambiental detectable, de costo y manejo acorde a las condiciones de producción

Prácticas adecuadas



Buenas prácticas

Qué es un buen sistema de manejo de efluentes?

▶ Uno que combina:

- ▶ buen diseño y operación adaptada a las personas implicadas
- ▶ **con** asegurar que el efluente que recoge el sistema es aplicado a las pasturas en la cantidad adecuada y en el momento adecuado minimizando el impacto de la actividad en el predio.

▶ Para esto, el sistema debe conseguir:

- ▶ Conservar el efluente hasta que las condiciones sean adecuadas para el vertido a campo
- ▶ Aplicar el efluente en forma controlada
 - ▶ mm aplicados y velocidad de aplicación ajustadas al tipo de suelo y pendientes

Beneficios de un buen manejo de efluentes

- Ahorro de fertilizante usando los nutrientes del efluente y reduciendo la fuga de nutrientes fuera del predio
- Prevenir problemas de salud animal
- Mejorar la condición del suelo por la incorporación de materia orgánica, como mejora en la aereación, drenaje y capacidad de retención de agua
- Cumplir las normas lo que redonda en menores intervenciones de los organismos de control

Fuentes de efluentes y residuos

- ▶ Corral de espera
 - ▶ Sala de ordeñe
 - ▶ Patio de alimentación
 - ▶ Otros puntos de concentración de excretas
 - ▶ Ensijale
 - ▶ Quesería
- } A evaluar caso a caso

Concentraciones del efluente bruto de corral y sala "La Estanzuela"

	DQO _t	DQO _s	SST	SSV	Nt	Pt	CFT
	mg/L						UFC/mL
Baja producción	7745	2828	6855	4213	553	68	1.50E+06
Alta producción	14883	5753	14723	8650	905	150	1.50E+07

Tipos de sólidos del efluente y residuos de tambo

Sólidos inorgánicos	Piedras, arena arcilla arrastradas por las vacas al corral. Cantidad fuertemente dependiente del clima.
Sólidos Orgánicos	Material parcialmente digerido del estiércol, patios de alimentación, restos de comida. Los sólidos orgánicos pueden ser fibrosos (chala de maíz) y esto es beneficioso para la separación física. Muy variables con dieta
Otros	-Jeringas, bolsas, guantes, caravanas -pelos, dientes -palos, hojas

Variabilidad de composición del efluente crudo

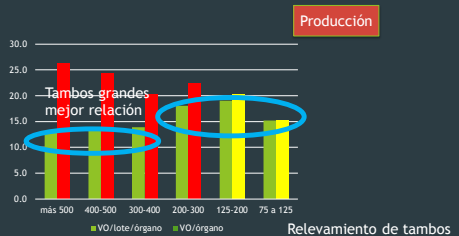
- ▶ La cantidad diaria total promedio de excreta generada por el animal, expresada en kilos de materia seca/día (MS/d), depende de:
 - ▶ la estacionalidad de la producción
 - ▶ el tiempo de permanencia de los animales en el área de ordeño
 - ▶ la cantidad de alimento consumido y su digestibilidad
 - ▶ el manejo del rodeo en ordeño en los momentos de arreo y acondicionamiento

Medidas para minimizar la cantidad de efluentes generados

Producción

1. Minimizar el tiempo de ordeño
2. Reducir uso del agua en la limpieza
3. Evitar ingreso de agua limpia al sistema de efluentes

1.- Tiempo de ordeño: Órganos y lotes



Más órganos y más lotes reducen la cantidad de excretas

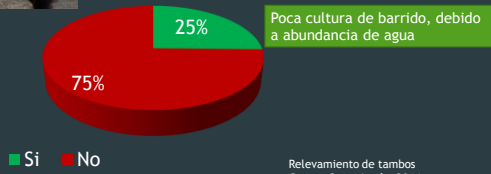
2.- Consumo de agua: 45 L/VO/d



2.- Reducir el agua: barrer antes de lavar



Producción



Poca cultura de barrido, debido a abundancia de agua

Relevamiento de tambos
Cuenca Santa Lucia, 2014

3.- No llevar agua limpia: derivación de techos



Producción

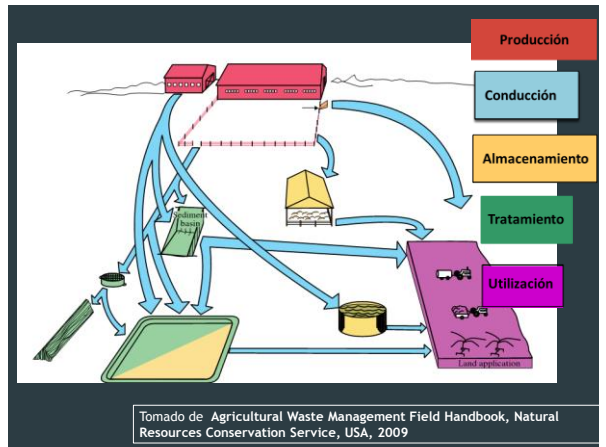
3.- No llevar agua limpia: derivación del corral

Producción

Con 1200 mm anuales, y 250 m² de área de colección de pluviales, 300 m³ más a manejar



Tomado de Northland Regional Council, NZ



Componentes

- ▶ Separación de sólidos
 - ▶ Desarenadores, separadores pasivos, separadores mecánicos
- ▶ Acumulación
 - ▶ Piletas, Conos de hormigón, Pozos estercoleros
- ▶ Conducción
 - ▶ Cisterna Estercolera de líquidos, Cisterna Estercolera de sólidos
 - ▶ Por gravedad
 - ▶ Bombeo de efluente mezclado: desde laguna y desde pozo

Tratamiento

Separadores de sólidos

Trampa de arena o desarenador función

- ▶ Retiene arena y sólidos pesados, y algo de estiércol
- ▶ Previene el taponamiento de las conducciones, alarga la vida de las bombas y los sistemas de distribución



Trampa de arena o desarenador conveniencia

- ▶ Imprescindible si el efluente crudo es bombeado
- ▶ Innecesaria si estercolero o laguna



Trampa de arena o desarenador diseño (algunos diseños)



Trampa de arena o desarenador diseño

- ▶ Profundidad nunca mayor de 1 m
- ▶ Ancho definido por la pala del tractor
- ▶ De hormigón, estriado en el sector inclinado
- ▶ Ubicado a menos de 10 m del tambo
- ▶ Agregar planchada de hormigón con drenaje hacia el sistema para pila de sólidos
- ▶ Si posible, autodrenante
- ▶ Si posible, bafles



Pendiente menor
que 1:3 (18°)



Trampa de arena, ejemplo (250 VO)



Trampa de arena, ejemplo de operación



Mantenimiento:
 Limpieza cada 15-20 días
 Maquinaria: Con pala trasera
 Tiempo requerido: 30 min
 Mano de obra: 1 persona
 Volumen recolectado 5m³/ limpieza

Distribución de sólidos: 2hs retro + 2hs
 camión
 1 vez al año (alquiler)

Trampa de arena, ejemplo de operación

Pila de sólidos a distribuir es notoriamente inferior con chapa

DESARENADOR

PARÁMETRO	VALOR
Materia seca	0,30 $g_{sól}/g_{muestra}$
Materia orgánica	0,13 $g_{sól}/g_{muestra}$
Cenizas	0,17 $g_{sól}/g_{muestra}$

43% de los sólidos son volátiles

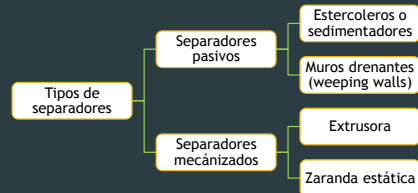
DESARENADOR con chapa

PARÁMETRO	VALOR
Materia seca	0,57 $g_{sól}/g_{muestra}$
Materia orgánica	0,11 $g_{sól}/g_{muestra}$
Cenizas	0,46 $g_{sól}/g_{muestra}$

19% de los sólidos son volátiles

Al poner chapa: Aumenta la cantidad de sólidos retenidos
Disminuye la proporción de volátiles

Separadores de estiércol



Laguna o Pileta. Una pileta profunda puede officiar de separador de sólidos que se acumulan en el fondo, como en los sistemas de doble laguna

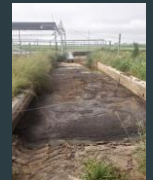
Separadores de estiércol-función

- ▶ Diseñados para retener estiércol y dejar circular el líquido
- ▶ También retienen sólidos más pesados
- ▶ Alargar el tiempo entre limpiezas de lagunas posteriores
- ▶ Distribución del líquido más eficiente, cubriendo más área con igual capacidad de bombeo
- ▶ Mejorar la palatabilidad de pasturas regadas reduciendo el rechazo
- ▶ Remoción parcial



Separadores de estiércol-conveniencia

- ▶ No siempre es necesaria o deseable la separación de estiércol.
- ▶ Probable no conveniencia cuando:
 - ▶ Rodeo pequeño
 - ▶ Generación únicamente en corral/sala
 - ▶ Uso de distribución de alta tasa
 - ▶ Sistema de doble laguna: a discutir

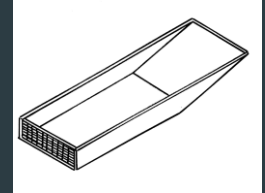


Separadores de estiércol-ventajas

- ▶ Menor Volumen de almacenamiento posterior requerido (hasta 20% menor)
- ▶ Se evita la necesidad de agitar el almacenamiento de líquido
- ▶ Menores problemas de taponamiento en la distribución del líquido
- ▶ Oportuno cuando se tienen playas de alimentación y material fibroso



Separadores pasivos de estiércol 1 Muros drenantes o weeping walls- Diseño

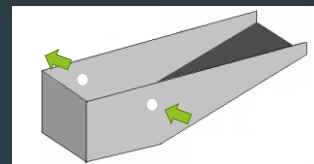


Separadores pasivos de estiércol 1 Muros drenantes o weeping walls- Diseño

- ▶ Empleado en Nueva Zelanda, en nuestro país existe poca experiencia con ellos
- ▶ Las entradas de efluente crudo deben estar siempre encima del nivel máximo para evitar taponamientos
- ▶ Ligera pendiente en la dirección del muro (0,5% máximo)
- ▶ En Nueva Zelanda se diseñan para retener el estiércol por un año
- ▶ Por ejemplo, para 200 vacas durante 300 días/año se requieren 120 m³ de volumen para almacenar el contenido de 1 año. 5 a 7 m de ancho por 25 a 75 m de largo y 1,5 m o más de profundidad (1 año de retención)

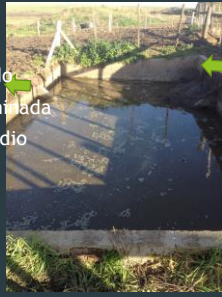
Separadores pasivos de estiércol 2 Estercolero-Diseño

- ▶ Diseño local, numerosos sistemas construidos
- ▶ Concepto similar al desarenador, pero de mayores dimensiones



Separadores pasivos de estiércol 2 Estercolero-Diseño

- ▶ Profundidad usualmente 1 -1.5 m
- ▶ Pendiente máxima 1:4
- ▶ Salida con sifón
- ▶ Entrada por encima nivel de líquido
- ▶ Eficiencia de separación no determinada
- ▶ Otro diseño 51% limpio, 25% promedio



Separadores pasivos de estiércol 2 Estercolero-Diseño

- ▶ Oportuna la ubicación de dos unidades en paralelo para tambos grandes

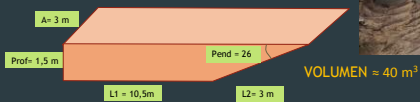


Alternar la entrada para permitir
Secado de barro antes de distribución



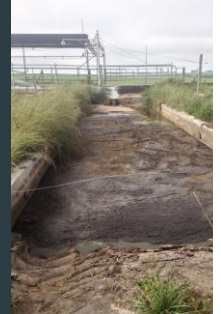
Estercolero, ejemplo (500 VO)

- ▶ Dimensiones: Largo : 10,5 m + 3 m
- Ancho: 3 m
- Profundidad: 1,5 m
- Pendiente: 26 °



Estercolero, ejemplo (500 VO)

- ▶ Mantenimiento:
 - Limpieza cada 20 días
 - Maquinaria: Con pala de tractor
 - Tiempo requerido: 45 min
 - Mano de obra: 1 persona
 - Paladas recolectadas: 20/ 1m³
 - ▶ Sólidos apilados. 500m³/año
 - ▶ Distribución: 15 horas de retro y camión
1 vez al año



Estercolero, ejemplo (500 VO)

ESTERCOLERO	
Sólidos totales (materia seca) (g_{ST}/g_m)	0,17
Sólidos volátiles (materia orgánica) (g_v/g_m)	0,1
% (SV/ST)	59
PILA DE 3 SEMANAS	
Sólidos totales (materia seca) (g_{ST}/g_m)	0,34

Humedad se redujo un 17%

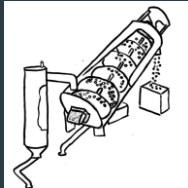
Contenido de materia orgánica
Estercolero vs. Desarenador
59% 43%-19%

Separadores mecanizados 1 Extrusora inclinada - Funcionamiento



Separadores mecanizados 1 Extrusora inclinada - Principio de Funcionamiento

- ▶ El sello que obliga al líquido a atravesar la malla se genera con una goma entre el tornillo y la malla
- ▶ Estricta remoción de arena y abrasivos requerida
- ▶ Capacidad 4.000 a 60.000 litros/hora
- ▶ Potencia eléctrica motor 2 - 5,5 kW



Separadores mecanizados 1 Extrusora inclinada - Mantenimiento

- ▶ Limpieza de malla
- ▶ Cambio malla, cada 3 años
- ▶ Regulación goma, 2 veces/año
- ▶ Cambio goma, cada 2 años

Separadores mecanizados 1

Extrusora horizontal - Principio de Funcionamiento



Separadores mecanizados 1

Extrusora horizontal - Principio de Funcionamiento



Separadores mecanizados 1

Extrusora horizontal - Funcionamiento

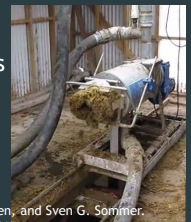
- ▶ En este caso no se requiere el sello de goma
- ▶ El líquido es obligado a atravesar la malla al ganar presión debido a la torta de estiércol que se forma



Separadores mecanizados 1

Extrusora horizontal Operación

- ▶ Se requiere flujo con alto contenido de sólidos para consolidar sello
- ▶ Material obtenido seco de 25% a 40% de sólidos
- ▶ Eficiencia de remoción de sólidos de referencia 37%*



* Solid-Liquid Separation of Animal Slurry in Theory and Practice, Malbritt Hjorth, K.V. Christensen, M.L. Christensen, and Sven G. Sommer. Sustainable Agriculture Volume 2. ISBN: 978-94-007-0393-3, 2011

Separadores mecanizados 1 Extrusoras_ requerimientos

- ▶ Punto de almacenamiento de efluente, desde el que se bombea hacia el separador
- ▶ Sistema de bombeo para alimentar el separador
- ▶ Sistema de suspensión de sólidos (revolvedor)



Separadores mecanizados 1 Extrusoras- comentarios

- ▶ Más recomendable cuando varias y concentradas fuentes de excretas
- ▶ Mejor flujo homogéneo de sólidos en el ingreso a la extrusora: homogeneizar la alimentación



Separadores mecanizados 1 Extrusoras - Ejemplo

- ▶ Tambo 350 VO
- ▶ Carga de sólidos de corral, sala y patio de alimentación
- ▶ Extrusora inclinada
- ▶ Caudal a procesar: 15.000 L/h
- ▶ Motor: 2,2 kW
- ▶ Tiempo encendida: 3 - 4 hs/día

Extrusoras Ejemplo - Distribución de sólidos

- ▶ Distribución: cada 3 o 4 meses
- ▶ Tiempo empleado: 6 hs
- ▶ Mano de obra requerida: 2 personas
- ▶ Viajes realizados: 6 - 7
- ▶ Maquinaria usada:
 - ▶ 1 tractor con pala
 - ▶ 1 tractor con carro de 10m³



Pila de sólidos

Extrusoras Ejemplo - Análisis sólido

PARÁMETRO	VALOR
Sólidos totales a (materia seca) (g/gm)	0,116
Sólidos volátiles (materia orgánica) (g/gm)	0,102
Proporción de sólidos volátiles	87%

Separadores mecanizados 2 Zaranda estática- Funcionamiento



Separadores mecanizados 2 Zaranda estática- Principio de Funcionamiento

- ▶ Caja de alimentación, canal de descarga y colección de sólidos deshidratados.
- ▶ Malla metálica de 0.1 a 10 mm



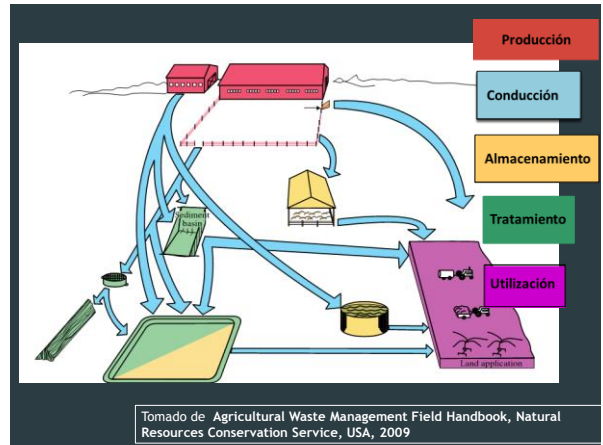
Separadores mecanizados 2 Zaranda estática Operación

- ▶ Eficiencia de separación variable 28% - 65%, (tamaño de rendija, del sólido y concentración en el efluente)
- ▶ Mejor si efluentes cargados (un efluente del lavado de corral y sala suele tener bajo contenido de sólidos, por lo tanto la zaranda no suele resultar apropiada para el caso en que la corriente venga exclusivamente de este tipo de manejo)
- ▶ Requerimiento energético sólo para impulsar el efluente para la alimentación del equipo.

Separadores mecanizados 2

Zaranda estática - Requerimientos y mantenimiento

- ▶ Requerimientos
 - ▶ Punto de almacenamiento temporario
 - ▶ Sistema de bombeo para alimentar el separador
 - ▶ Sistema de suspensión de sólidos (revolvedor)
- ▶ Mantenimiento
 - ▶ Limpieza malla manual a cepillo de acero y agua, cada 3 días tiempo requerido 10-15 min



Almacenamiento

Tratamiento

Acumulación

Acumulación

- ▶ Estructuras para coleccionar y retener el efluente previo a su distribución
- ▶ Volumen depende de:
 - ▶ Cantidad de material a manejar
 - ▶ Plan de distribución
- ▶ Construidos en hormigón, tierra, tanques
- ▶ Considerar agitación ($\tau > 5$ días)

Pozo de bombeo

Almacenamiento

- ▶ Estructura generalmente de hormigón que recibe efluente de corral para su bombeo
- ▶ 3000 a 10000 litros para 100 VO (capacidad de almacenamiento de 1 o 2 días)
- ▶ Control on off de nivel para la bomba
- ▶ Desnivel de fondo con la bomba instalada en la parte más profunda
- ▶ Entrada por encima de salida
- ▶ Prever desborde de emergencia y destino



Pozo estercolero ciego

Almacenamiento

- ▶ Estructura generalmente de hormigón cerrada que recibe efluente tipo pozo ciego, a menudo concebida para ser desagotado con cisterna estercolera
- ▶ Capacidad de almacenamiento del orden de 1 semana a 10 días
- ▶ Desborde de emergencia y su destino



Piletas de hormigón

Almacenamiento

Tratamiento

- ▶ Estructura de forma cónica: captación de sólidos facilitada
- ▶ Capacidad de almacenamiento del orden de semanas
- ▶ Especialmente recomendable si suelo permeable o arcilla no disponible



Cono de hormigón Ejemplo

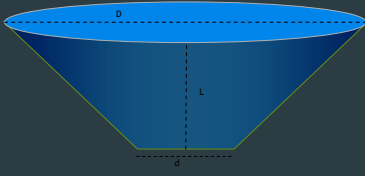
- ▶ Tambo con 350 VO
- ▶ Efluente corral y patio
- ▶ 2 conos idénticos



Cono de hormigón Ejemplo

- ▶ Dimensiones:
 - ▶ D: 14 m
 - ▶ L: 3,5 m
 - ▶ d: 3 m
- ▶ $\tau = 12$ días en cada cono

VOLUMEN $\approx 225 \text{ m}^3$ cada uno



Piletas excavadas

Almacenamiento

Tratamiento

- ▶ Una o varias piletas o lagunas en serie
- ▶ Excavadas en la tierra
- ▶ Fondo impermeable (arcilla compactada o membrana sintética)
- ▶ Capacidad de almacenamiento del orden de meses

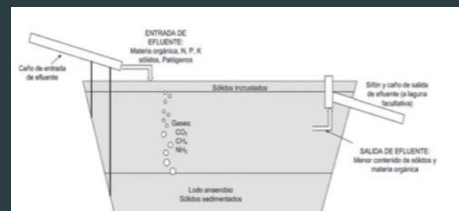


Piletas- Función

- 1.- Retener líquido hasta que sea conveniente su distribución
- 2.- Reducir la carga bacteriana y contaminante (reúso o distribución)
- 3.- Digestión parcial de sólidos en el interior de la laguna, favoreciendo sus propiedades como mejorador de suelos y reduciendo la cantidad



Pileta única sin agitación/primera pileta- Función

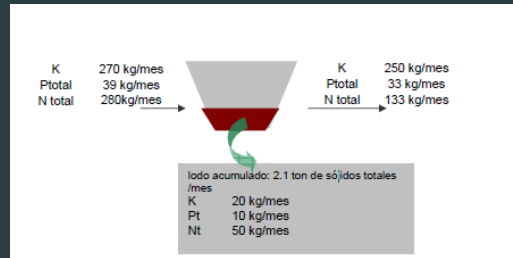


Oficina de sedimentador, digestor y acumulador de sólidos

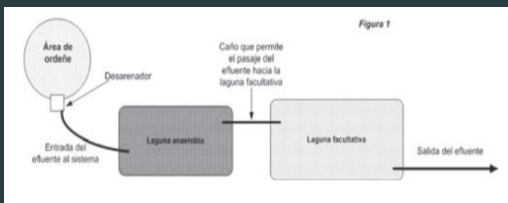
Componentes en laguna_ Ejemplo

	SST	SSV	DBO5	DQOt	Nt	Pt	K
	kg/mes						
Entrada laguna anaerobia	3611	2347	1500	4000	278	39	271
Salida laguna anaerobia	536	405	280	1150	133	33	251
Eficiencia de remoción acumulada	85%	83%	83%	71%	52%	15%	7%

Nutrientes en laguna_ Ejemplo

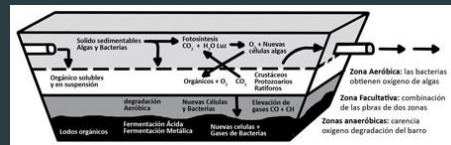


Doble pileta tradicional



Segunda pileta- función

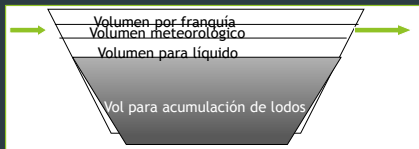
- Remoción de patógenos y materia orgánica
- Alguna remoción de Nitrógeno, mínima remoción de Fósforo
- Líquido de salida clarificado (distribución eficiente)
- Capacidad extra de sedimentación (primera colmatada)



Piletas/ Diseño

Laguna Anaerobia

$$V_{laguna1} = V_{anual\ lodo\ acum} \times \theta \times \frac{3}{2}$$



V laguna1 es el volumen correspondiente a vol. para acumulación de lodos y líquido necesario para poder bombear esos lodos.

Pileta única: agitar o no agitar?



- a.- Acumular sólidos y vaciarlos cada varios años, mientras que el líquido se vacía frecuentemente
- b.- O puede ser agitar la laguna y vaciar frecuentemente líquidos y sólidos todo junto

Volumen depende de si es a.- o b.-

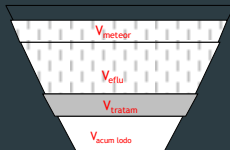
Pileta de acumulación de sólidos/distribución de líquido- Diseño.

$$V_{LM} = V_{eflu} + V_{meteor} + V_{acum\ lodo} + V_{tratamiento}$$

$$V_{efluente} = V_{agua} + V_{estiércol}$$

$$V_{meteor} = (V_{tormenta} + V_{pptac} - V_{evap})_{laguna} + (V_{tormenta} + V_{pptac})_{área\ a\ recu\ pluv}$$

$$V_{acum\ lodo} = V_{anual\ lodo\ acum} \times \theta$$

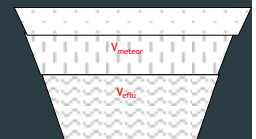


Pileta de acumulación de efluente mezclado- Diseño

$$V_{LA} = V_{eflu} + V_{meteor}$$

$$V_{efluente} = V_{agua} + V_{estiércol}$$

$$V_{meteor} = (V_{tormenta} + V_{pptac} - V_{evap})_{laguna} + (V_{tormenta} + V_{pptac})_{área\ a\ recu\ pluv}$$



Pileta única /anaeróbica

- ▶ Profundidad 3 m o más
- ▶ Franquía 50 cm
- ▶ Pendiente de talud máxima 2:1
- ▶ Entradas y salidas no enfrentadas
- ▶ En lo posible, alimentado por gravedad
- ▶ Entrada por encima del nivel de líquido
- ▶ Salida por debajo (T)

Segundas piletas

- ▶ Profundidad hasta 1,5 m
- ▶ Franquía 50 cm
- ▶ Pendiente de talud recomendada 2:1
- ▶ Entradas y salidas no enfrentadas

Piletas: ejemplo de operación 1

- ▶ 360 V.O
- ▶ Dos piletas pequeñas

PILETAS	1 ^{ra}	2 ^{da}
Largo (m)	30	30
Ancho (m)	10	13
Profundidad (m)	3,5	1,5
Volumen (m ³)	470	340
Relación Vol/V.O	1,3	0,9

Piletas: ejemplo 1 de operación

- ▶ 360 V.O
- ▶ Dos piletas pequeñas
- ▶ Primera pileta vaciada con estercolera frecuentemente



Figura 5.4 - Primera pileta



Figura 5.3 - Segunda pileta

Ejemplo de operación de pileta

- ▶ Largo: 30 m
 - ▶ Ancho: 10 m
 - ▶ Profundidad: 3.5 m
- VOLUMEN CALCULADO = 470 m³
- Se llena en un mes



Ejemplo Pileta operación Limpieza efectuada de primera pileta

- ▶ 3-4 veces al año
- ▶ Distribución con cisterna:
 - ▶ Volumen estercolera: 16.000 L
 - ▶ 30 viajes

Conducción

Distribución

Estercolera de Sólidos y Líquidos

- ▶ Requieren inversión inicial
- ▶ Brinda libertad en cuanto la selección del predio de distribución
- ▶ Altos Gastos de MO y combustible
- ▶ Deterioro del terreno
- ▶ Opción: servicio contratado



Impulsar el líquido



Impulsar el líquido y sólido mezclados

