

EXAMEN – INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA SANITARIA. 15/12/2025

Nombre y apellido:

Documento:

N° de hojas entregadas:

PARTE 1 – Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

1. Explica en qué consiste cada uno de los tratamientos de valorización de residuos sólidos urbanos previos a la disposición final.
2. Define el término “composición de los Residuos Sólidos Urbanos” y explica porque resulta importante su determinación en la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.
3. Menciona los elementos de diseño necesarios para que un sitio de disposición final de RSU pueda ser definido como un relleno sanitario.
4. Menciona un ejemplo para cada uno de estos términos: reciclaje, recuperación, reutilización.

PARTE 2 – Instalaciones sanitarias internas

1. ¿Cómo se clasifican las aguas residuales dentro de un local? ¿Cuáles son los componentes de la red de desagüe que deben ser diseñados dentro de local? ¿Cómo están compuestos y en los planos, con que colores se representan? ¿Qué función cumple el sistema de ventilación en una red de desagüe?
2. Menciona dos elementos sifonados de uso corriente en una instalación sanitaria interna, uno de uso en un baño y otro en una cocina. Indica en cada caso su función y las especificidades de su instalación.
3. Se tiene un edificio de 10 pisos con 2 apartamentos por piso, uno de 2 dormitorios y otro de 1 dormitorio. Calcular el volumen doméstico del depósito superior. Dibujar esquemáticamente el depósito superior, indicando todas sus tuberías y accesorios. ¿De qué depende y como se proyecta el volumen del depósito inferior?

PARTE 3 – Aguas de consumo

1. Menciona las etapas del proceso de potabilización convencional.
2. Explica la diferencia entre la remoción e inactivación de un contaminante, e indica en qué etapa/s del proceso convencional se realiza cada una.
3. Explica qué es un sistema de abastecimiento de agua potable, y menciona cuáles son sus componentes.
4. ¿Cuál es la empresa pública encargada de prestar el servicio de abastecimiento de agua potable en Uruguay, y cuál es el ente que regula y controla a esa empresa?



Examen diciembre de 2025



PARTE 4 – Sistemas de saneamiento

1- Ejercicio -colector separativo-

a) En una pequeña localidad en expansión, se pretende diseñar un primer tramo de colector separativo. Para dicho proyecto se conocen cuáles serán los caudales en servicio:

- Caudal máximo horario de 0,12 m³/s al final del período de previsión
- Caudal máximo horario de 0,08 m³/s al inicio del período de previsión

La pendiente del colector será de 2% (0,02m/m).

Determinar el diámetro requerido para el colector y verificar la auto-limpieza del mismo. Considerar, además, $n=0,013$ y que se debe cumplir que el tirante no sea mayor a 75% del diámetro del colector.

Tabla de diámetros comerciales:

D exterior (mm)	250	315	400	500
Espesor (mm)	6,2	7,7	9,8	12,3
D interior (mm)	237,6	299,6	380,4	475,4

Formulas:

$$\theta(\text{rad}) = 2 \cos^{-1} \left[1 - \frac{2h}{D} \right] = 2 \cos^{-1} [1 - (2 \cdot 0.75)] = 4,19$$

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta) \quad P = \frac{D\theta}{2} \quad R_h = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} \left[\frac{\theta - \sin \theta}{\theta} \right]$$

$$\text{Ecuación de Manning: } Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} I^{1/2}$$

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot I$$

b) En el hipotético caso que no se cumpla con la condición mínima que asegura la autolimpieza del sistema diseñado, ¿qué parámetro de diseño podría ajustar para asegurar el arrastre de las partículas orgánicas e inorgánicas? ¿Que condiciona a dicho parámetro?

2- Comente los sistemas de saneamiento que conoce, ejemplos, ventajas, desventajas, y donde implementaría cada sistema.



PARTE 5 – Tratamiento de efluentes

1. Explica brevemente en qué consiste el tratamiento biológico de aguas residuales.
2. Explica a qué corresponde la demanda bioquímica de oxígeno de una muestra de agua residual.
3. Una localidad del interior del país cuenta con un sistema de saneamiento por red de efluentes decantados que conduce las aguas residuales hacia una laguna facultativa y dos lagunas de maduración en serie.

En tiempo húmedo, el ascenso del nivel freático provoca infiltraciones a una tasa de 0,4 L/s/km en la red. Considerando que esta tiene una extensión total de 4 km, ¿cuál es el tiempo de retención hidráulico en la laguna facultativa en estas condiciones? ¿Se encuentra dentro del rango recomendado? En caso contrario, comenta qué problemas puede generar al funcionamiento de la laguna facultativa.

Datos Parte 5.3

Aportes de agua residual de origen doméstico

$$Q = 101 \text{ m}^3/\text{d}$$

Dimensiones útiles de laguna facultativa:

- Largo = 60 m;
- Ancho = 30 m;
- Profundidad = 1,5 m.

PARTE 1 – Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (20 puntos)

1. Explica en qué consiste cada uno de los tratamientos de valorización de residuos sólidos urbanos previos a la disposición final.
Definir: reciclaje y compostaje aerobio. Si definen incineración, también es válido.
2. Define el término “composición de los Residuos Sólidos Urbanos” y explica porque resulta importante su determinación en la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.

COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La composición se refiere a la cantidad relativa de los distintos componentes individuales que forman los RSU.

Se expresa habitualmente como porcentaje en peso:

$$\% \text{ Peso} = \frac{\text{Peso del componente contenido en la muestra}}{\text{Peso total de la muestra}}$$

La determinación de la composición permite tomar decisiones relacionadas con el diseño de los sistemas de gestión de residuos, en cuanto a posibles tratamiento de valorización, características de elementos de diseño del sistema de recolección como los tipos y servicio de recolección y disposición final.

3. Menciona los elementos de diseño necesarios para que un sitio de disposición final de RSU pueda ser definido como un relleno sanitario.
- Preparación del terreno para lograr un fondo impermeable.
 - Sistema de drenaje y tratamiento de lixiviados.
 - Cobertura diaria.
 - Sistema de Operación.
 - Sistema de recolección y venteo/quema/tratamiento de gases.
 - Gestión de pluviales.
 - Infraestructura conexa.
 - Monitoreo de variables ambientales.

- Clausura y Post-clausura del relleno sanitario

4. Define: reciclaje, recuperación, reutilización. Menciona un ejemplo para cada uno de estos términos.

Reciclaje

Los RSU son esencialmente una mezcla de distintos materiales, algunos de los cuales pueden ser aprovechados mediante:

- el reuso o reutilización (rescate del material en su forma original para volverlo a usar con el mismo fin)
- la recuperación (rescate del material en su forma original para volverlo a usar en otras aplicaciones)
- el reciclaje (reincorporación al ciclo productivo como materia prima para la fabricación de nuevos bienes).





PARTE 2 – Instalaciones sanitarias internas

Las aguas residuales pueden clasificarse en aguas servidas y aguas pluviales. A su vez, las aguas servidas se categorizan en aguas negras y grises, según el tipo de contaminantes que son susceptibles de transportar de acuerdo con su punto de generación:

Aguas negras o amoniacales. Son las provenientes de la limpieza de inodoros. Poseen un alto contenido de sólidos, materia orgánica y microorganismos, los que potencialmente incluyen agentes patógenos.

Aguas grises. Son todas las provenientes de los diversos aparatos sanitarios, excepto el inodoro. Son aguas usadas y que arrastran una cierta cantidad de grasas, jabones, detergentes, etcétera. Se suelen subdividir en aguas con grasa (o aguas grises propiamente dichas) y aguas jabonosas (sin grasa, también llamadas aguas blancas) jabonosas se generan en los diferentes artefactos del baño —excluido inodoro y bidé— y en el lavarropas, y las aguas con grasa son las de cocina.

Aguas pluviales. Son las aguas que se colectan en diferentes puntos y superficies como resultado de las precipitaciones pluviales. Incluyen escurrimiento en techos, terrazas, patios, jardines, etcétera. Aunque estrictamente no son «usadas» en el padrón, en líneas generales se las considera una categoría más de aguas servidas.

La red de desagües de todo local puede dividirse en cuatro secciones claramente identificables, a saber:

Desagües primarios. Están compuestos por cañerías, dispositivos y artefactos que reciben y conducen aguas amoniacales, o que están en contacto con los gases provenientes de estas. En los planos de sanitaria se indican en color rojo (bermellón).

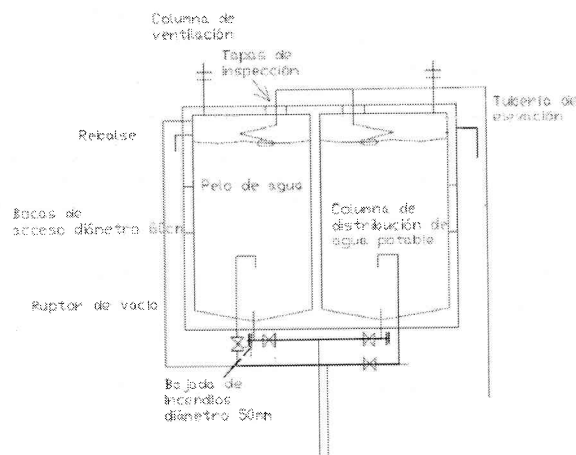
Desagües secundarios. Están compuestos por cañerías, dispositivos y artefactos que reciben y conducen aguas grises y no están en contacto con los gases provenientes de aguas amoniacales. En los planos de sanitaria se indican en color marrón.

Desagües pluviales. Comprende las cañerías y dispositivos a ser utilizados para la captación y conducción de las aguas pluviales exclusivamente. En los planos de sanitaria se indican en color amarillo.

Ventilación. Comprende las cañerías y dispositivos a ser utilizados para la aspiración, circulación y evacuación de aire, a los efectos de dar salida a los gases provenientes de la red pública o de la red interna del edificio; así como mantener la presión atmosférica en el interior del sistema de desagües en todo momento. En los planos de sanitaria se indican en color verde.

En edificaciones destinadas exclusivamente a la vivienda, suelen aplicarse también algunas fórmulas en función del número i de dormitorios de las n unidades habitacionales comprendidas, siendo D la dotación en $[L/(\text{hab. día})]$:

$$\text{Consumo diario} = \sum_{k=1}^{k=n} [(i+1) \times D]_k$$



PARTE 4 – Sistemas de saneamiento

$D_{\text{ext}} = 315 \text{ mm}$

$Th_{ao} = 15.8 \text{ Pa}$, cumple.

b) Pendiente I (m/s). Zona de estudio/tipo de suelo.

PARTE 3 – Aguas de Consumo (20 puntos)

Pregunta 1 (5 puntos)

Las etapas del proceso de potabilización convencional son: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Pregunta 2 (6 puntos)

La remoción de un contaminante consiste en la separación física del mismo. Se produce en las etapas de sedimentación y filtración. La inactivación consiste en tornar inefectivo al contaminante, y se realiza en la desinfección.

Pregunta 3 (7 puntos)

Definición (4/7 puntos)

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de instalaciones y equipos destinados a la potabilización de agua bruta y posterior distribución de agua potable a una comunidad.

Componentes (3/7 puntos):

Captación; Aduktoras; Planta Potabilizadora; Estaciones de bombeo; Depósitos; Red de distribución.

Pregunta 4 (2 puntos)

Prestador de servicio: OSE.

Ente regulador: URSEA



PARTE 5 – Tratamiento de Efluentes (20 puntos)

Pregunta 1 (5 puntos)

El tratamiento biológico consiste en la utilización microorganismos heterótrofos para degradar y transformar la materia orgánica en biogás y biomasa que luego se separa como lodo.

Pregunta 2 (5 puntos)

La DBO corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo específico y a una temperatura determinada.

Pregunta 3 (10 puntos)

$$Q_{\text{infiltración}} = 0,4 \left(\frac{\frac{L}{s}}{km} \right) * 4km * 3600 * \frac{24}{1000} = 138 \text{ m}^3/d$$

El tiempo de retención hidráulico en la laguna facultativa con infiltración resulta:

$$t_h^*(\text{días}) = \frac{V_{LF}(\text{m}^3)}{Q + Q_{\text{infiltración}}(\text{m}^3/d)} = \frac{2700 \text{ m}^3}{(101 + 138) \text{ m}^3/d} = 11 \text{ días}$$

El valor se encuentra fuera del rango recomendado para lagunas facultativas (15 a 45 días). Esto puede afectar el funcionamiento del sistema, ya que el tiempo obtenido es menor al recomendado para que los microorganismos puedan llevar a cabo la estabilización de la materia orgánica en las lagunas facultativas.

