

SOFTWARE

UASBplant_pro

**DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE
PLANTAS DEPURADORAS**



MANUAL DE USUARIO

Versión 2.01

**Desarrollado por:
AquaLimpia Beratende Ingenieure**

Septiembre 2009

Copyright:

2006-2007 AquaLimpia Beratende Ingenieure. El contenido de este manual tiene derechos reservados. Ninguna parte de este manual o del programa puede ser copiado, o transferido a medios magnéticos o impresos. Tampoco puede ser traducido a otros idiomas o lenguaje de programación sin el consentimiento expreso y por escrito por parte de AquaLimpia Beratende Ingenieure.

Aspecto legal

Aqualimpia ha desarrollado este programa basándose en extensas investigaciones y conocimientos técnicos sobre el tratamiento de aguas residuales. El programa ha sido probado en todo aspecto y en el desarrollo de varios proyectos de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, Aqualimpia Hidromantis Cia. Ltda. y AquaLimpia Beratende Ingenieure no se hace responsable por el uso que se da a este programa para el dimensionamiento de estructuras de tratamiento.

Marcas registradas

Windows™ es marca registrada de Microsoft Corporation; Autocad™ es marca registrada de Autodesk Inc, UASBplant™ es marca registrada de Aqualimpia Hidromantis Cia. Ltda.

Soporte técnico

Aqualimpia provee de soporte técnico a usuarios registrados y sin costo alguno.
Para más información dirigirse a :

AquaLimpia Beratende Ingenieure
29525 Uelzen
Alemania
Email aqua@aqualimpia.com
www.aqualimpia.com

INDICE

1 INSTALACIÓN Y LLAMADA AL PROGRAMA5
1.1. Instalación5
1.2. Llamada al programa.....5
1.3. Ingreso de llave o código de acceso para ejecutar el programa6
1.4. Desinstalación6
2 APLICACIONES DEL PROGRAMA UASBPLANT6
3 BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA8
4 ABREVIACIONES UTILIZADAS9
5 UNIDADES.....10
6 CARACTERISTICAS IMPORTANTES DEL PROGRAMA10
6.1. Generalidades10
6.2. Aplicaciones11
7 INICIO DEL PROGRAMA13
7.1. Dimensionamiento del canal de aproximación, estructura de cribado y desarenador26
7.2. Dimensionamiento del digestor UASB32
7.3. Dimensionamiento de biofiltros percoladores.....43
7.4. Dimensionamiento de tanques de clarificación.....48
7.5. Dimensionamiento lechos de secado de lodos51
7.6. Diagrama eficiencias de tratamiento53
7.7. Resumen de estructuras y costos de construcción.....54
8 DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE PLANTAS COMPACTAS.....57
9 PROBLEMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO68

UASBplant

DIMENSIONAMIENTO Y
DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS

1 INSTALACIÓN Y LLAMADA AL PROGRAMA

1.1. Instalación

El programa UASBplant es una aplicación que utiliza la tecnología de 32 bits, por lo que para su funcionamiento es necesario un PC con un sistema operativo de 32 bits, por ejemplo Windows XP o Vista.

Este programa no puede ser ejecutado en sistemas operativos de 16 bits, tales como Windows 3.1x y anteriores. Tampoco lo hará en Windows NT 3.51 y anteriores.

Para instalar UASBplant en su sistema o PC, debe seguir los siguientes pasos:

- a) Haga clic en el archivo instalar que ha recibido. Windows desplegará el menú de inicio.
- b) Haga clic en la opción Ejecutar del menú de inicio. Windows abrirá el cuadro de diálogo

y mostrará un cuadro de diálogo Seleccione directorio. Este cuadro de diálogo sirve para indicar el directorio donde queremos instalar la aplicación. Por defecto, aparece:

C:\Archivos de programa\aqualimpia\uasbplant

- c) Si quiere instalarla en un directorio diferente, deberá buscar una carpeta diferente. (Si realiza la instalación por segunda vez, sin haber desinstalado previamente el programa, el instalador no preguntará por el directorio, copiando los ficheros directamente al directorio indicado en la primera instalación).
- d) Haga clic en el botón aceptar. En este momento, el instalador copiará todos los ficheros de la aplicación al directorio de destino de su disco duro.
- e) Seleccione el grupo de programas del menú de inicio donde será creado el icono de la aplicación. Por defecto aparece el grupo Aqualimpia. Puede escribir uno nuevo, o seleccionar uno de los existentes.
- f) Haga clic en el botón Aceptar. El instalador creará ahora el icono del programa, hará las modificaciones oportunas en el registro, e instalará el desinstalador. Una vez hecho esto, mostrará el cuadro de diálogo Instalación completa.
- g) Haga clic en el botón Aceptar. La pantalla de presentación del instalador desaparece, restaurando el aspecto original de Windows. El programa UASBplant ya está instalado en su sistema.

AVISO: Este producto está protegido contra copias ilegales. Aqualimpia no se hace responsable del deterioro ocasionado por intento de copia del mismo.

Nota: Por favor lea el manual y use la ayuda del programa. Aunque el manejo del programa pretende ser fácil e intuitivo, la lectura del manual y de la ayuda le dará una visión más clara de lo que el programa es capaz de hacer, y cómo hacerlo. Haga todas las pruebas previas que considere necesarias para adiestrarse en su manejo, siempre puede reinstalar el programa si quiere empezar desde cero.

1.2. Llamada al programa

Para iniciar **UASBplant**, debe seguir los siguientes pasos:

1. Haga clic en el botón de inicio de la barra de tareas. Windows desplegará el **menú de inicio**.

UASBplant

2. Haga clic en la opción **Programas**, carpeta **Aqualimpia Software** (o aquella donde se creó el icono del programa), y opción **UASBplant**

1.3. Ingreso de llave o código de acceso para ejecutar el programa

Ver las instrucciones que se adjuntan al enviar el programa

1.4. Desinstalación

Si desea instalar el programa en otro PC deberá desinstalar el programa del PC en donde se ha instalado por primera vez. Para esto utilice la opción desinstalar del programa.

Durante la desinstalación se genera un número de serie que deberá guardado inmediatamente y enviado a Aqualimpia. Cuando reinstale el programa en el otro PC recibirá un nuevo parche.

Nota: Si no anota el número de serie que se genera a la desinstalación no tendrá opción a recibir una nueva clave para que el programa lo instale en otro PC.

2 APLICACIONES DEL PROGRAMA UASBPLANT

El programa **UABplant** es una herramienta para el dimensionamiento y diseño de plantas depuradoras de aguas residuales domesticas e industriales, aplicando tratamientos biológicos anaeróbicos – aeróbicos. Estos procesos de depuración pueden aplicarse en países y zonas tropicales con temperaturas medio ambientales (aire) $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en promedio y para aguas residuales con una temperatura $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El programa puede ser aplicado para aguas residuales industriales que se originan en las siguientes industrias

- mataderos, camales, procesadoras de carne
- industrias lecheras
- industrias vinícolas
- enlatadoras de alimentos
- extractoras de aceites de palma (también en conjunto con el programa Biodigestor ¹)
- procesadoras de pescado, camaronerías, acuicultura
- curtiembres
- lixiviados de rellenos sanitarios
- procesadoras y beneficios de café
- industria cervecera
- ingenios azucareros
- vinazas en la industria de alcoholes
- industria papelera
- planteles avícolas y porcinos
- todo tipo de agroindustria que procese productos orgánicos.

También puede aplicarse para aguas residuales domesticas, municipales, que se originan por descargas de lavabos, baños, cocina, aseo personal, etc.

¹) Programa para dimensionamiento de biodigestores desarrollado por Aqualimpia

UASBplant

El programa dimensiona y diseña todas las estructuras de una planta depuradora biológica basado en las siguientes estructuras: canal de aproximación, cribado, desarenador, digestores UASB (upflow anarobic sludge blanket), biofiltros, tanques de clarificación y lechos de secado de lodos. El programa puede también aplicarse para el dimensionamiento de digestores CSTR (Completely Stirred Tank Reactor) que es una variación de los digestores UASB.



El programa puede utilizarse para el dimensionamiento de plantas depuradoras para efluentes domésticos e industriales. En el caso de los tratamientos industriales debe aplicarse para descargas biodegradables con una relación aproximada $DBO/DQO > 0,5$. Es decir para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la agroindustria y no de procesos químicos.

En caso de requerir el dimensionamiento de plantas depuradoras para aguas residuales con altos contenidos de metales pesados deberá seguir las recomendaciones expuestas en el capítulo 13.

UASBplant permite también la evaluación de sistemas de tratamiento existentes, verificación de parámetros de operación (producción de biogás, de lodos, etc.), entrenamiento de personal y para propósitos educativos en universidades.

El programa es interactivo, tiene una excelente presentación gráfica de alta calidad y es de fácil manejo. Tiene una ayuda integrada, viene con ejemplos de dimensionamiento y un explícito manual en formato PDF que se puede imprimir.

El programa permite también el dimensionamiento y diseño de plantas depuradoras para caudales en módulos desde 101 hasta 20.000 (m³/d) y compactas para caudales de 20 hasta 500 (m³/d). Ilimitado número de módulos.

3 BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA

Los procesos que se desarrollan en este programa para el dimensionamiento de los digestores UASB se basan en los fundamentos técnicos y metodologías expuestas en la literatura técnica por el Dr. Gatze Lettinga, y Adrianus van Haandel (ver bibliografía). Estos dos expertos han investigado estos procesos a profundidad y han escrito varios libros sobre este tema. Ver también informaciones indicadas e la pagina web: www.uasb.org

Es recomendable que el usuario que utiliza este programa tenga conocimientos sobre las metodologías aplicadas y las bases de ingeniería para el dimensionamiento de las estructuras de tratamiento de las aguas residuales.

Nr.	Bibliografía de consulta
1	Principios de tratamiento biológico de aguas residuales. Digestores anaerobios. Carlos Augusto de Lemos, Brasil, 2002
2	Tratamiento anaerobico de esgotos para regiones de clima caliente. 1994 Adrianus van Haandel y Gatze Lettinga
3	Oily wastewater treatment using a novel hybrid PBR-UASB system [An article from: Chemosphere by J. Jeganathan, G. Nakhla, and A. Bassi (April 1, 2007)]
4	Principles of Fermentation Technology by P F STANBURY, A. WHITAKER, and S. Hall (May 3, 1999)
5	Wastewater Engineering: Treatment and Reuse by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, and H. David Stensel
6	Biological Wastewater Treatment (Environmental Science & Pollution) (Environmental Science and Pollution Control Series, 19) by C. Leslie Grady (Oct 1, 1998)
7	Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, Second Edition by Syed R. Qasim (Oct 5, 1998)
8	Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment by Ronald L. Droste (Aug 28, 1996)
9	Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists by James C. P. Chen and Chung Chi Chou
10	Barbara Eder-Heinz Schulz / Biogas Praxis, Grundlagen, Planung, Anlagebau, 2005
11	Biogasanlagen, Goerisch, 2005
12	Beton fuer Biogasanlagen , Bauberatung Zement 1999
13	Biogasegewinnung und Nutzung, Ministerio Alemán de Agricultura, 2002
14	Handbook of Biogas, Agstar Program USA
15	Sicherheitsregeln fuer Biogasanlagen- Reglas de seguridad para operación de plantas de biogás. Asociación Alemana de Operadores de Plantas de Biogas y el TUV Alemán, 2004
16	Metcalf y Eddy 1996 Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento; vertido y reutilización. Tercera edición. U.S.A. Mc Graw Hill. Tomo I.
17	Van Haandel A C and Lettinga G 1994 Anaerobic sewage treatment.. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England
18	Sasse, L. 1986. Use of digested slurry from biogas plants. Biogas Forum 27: 2-4, Sasse, L., C. Kellner y A. Kimaro. 1991. Improved biogas unit for developing countries. Vieweg, p.3-4.
19	Domestic wastewater treatment. Departments of the Army, the Navy and the Air Force, August 1988
20	Anaerobic and complementary treatment of domestic sewage in regions Bioresource Technology
21	Anaerobic Sewage Treatment: A Practical Guide for Regions With a Hot Climate by Adrianus C. Van Haandel and Gatze Lettinga
22	Anaerobe Behandlungsverfahren, Technische Universitaet Harburg-Alemania

UASBplant

23	Pilot plant investigation of the treatment of syntactic sugar factory wastewater using the UASB process A K Ragen ¹ , L Wong Sak Hoi ¹ and T Ramjeawon, Mauritius Sugar industry Research Institute ² Faculty of Engineering, University of Mauritius
24	Ventajas del empleo de digestores UASB en el tratamiento de residuales líquidos para la obtención de biogás. Rosa C. Bermúdez, Suyén Rodríguez, Mirna de la C. Martínez, Adis I. Terry
25	GTZ-Anaerobic methods of municipal wastewater treatment. Naturgerechte Technologien, Bau- und Wirtschaftsberatung TBW GmbH, Frankfurt March 2001
26	UAS ARMY, TM 5-814-3/AFM 88-11, Volume III 12-1- CHAPTER 12- TRICKLING FILTER PLANTS

4 ABREVIACIONES UTILIZADAS

Abreviaciones		
Abreviación	Nombre	Unidades
DBO ₅	demanda bioquímica de oxígeno	(mg/l)
DQO	demanda química de oxígeno	(mg/l)
SST	sólidos suspendidos totales	(mg/l)
SO ₄	sulfatos	(mg/l)
NTK	nitrógeno total Kjeldahl	(mg/l)
H ₂ S	Sulfuro de Hidrogeno)mg/l)
pH	acides	
Qmin	caudal mínimo	(m ³ /d) -(m ³ /h) - (l/s)
Qmed	caudal medio	(m ³ /d) -(m ³ /h) - (l/s)
Qmax	caudal máximo	(m ³ /d) -(m ³ /h) - (l/s)
Vmax	velocidad máxima	(m/h)-(m/s)
Vmin	velocidad mínima	(m/h)-(m/s)
Vmed	velocidad media	(m/h)-(m/s)
mg/l	miligramos por litro	
g/h.d	gramos por habitante y por día	
l/h.d	litros por habitante y por día	
m ³ /d	metros cúbicos por día	
m ³ /h	metros cúbicos por hora	
l/s	litros por segundo	
kg	kilogramos	
°C	grados Celsius	
COV	carga orgánica volumétrica	(kgDQO/m ³ .d)
CHV	carga hidráulica volumétrica	(m ³ /m ³ .d)

UASBplant

TRH	tiempo de retención hidráulica	(horas)
TLBG	tasa de liberación de biogás	(m3/m2.h)
PDAR	planta depuradora de aguas residuales	
UASB	upflow anarobic sludge blanket	
CSTR	completely Stirred Tank Reactor,	
BF	biofiltro	
CL	clarificador	
LS	lecho de secado de lodos	
UV	rayos ultravioleta	
°	grados Celsius temperatura	(°C)

5 UNIDADES

El programa utiliza el sistema internacional de medidas (SI), sistema métrico, peso en kilogramos, temperatura en grados Celsius, volumen en litros o m3, etc.

6 CARACTERISTICAS IMPORTANTES DEL PROGRAMA

6.1. Generalidades

El programa **UASBplant** trabaja en un entorno intuitivo y permite dimensionar y diseñar una gran diversidad de sistemas de TRATAMIENTO BIOLÓGICO, pudiéndose representar desde esquemas tan sencillos como un proceso de una sola estructura compacta compuesta de un digestor UASB y un biofiltro, o para esquemas de tratamiento mucho más complejos con varias unidades separadas o varias líneas de tratamiento.

Diseñado para un rápido y fácil uso, el programa posee muchas herramientas que permiten la realización de análisis de sensibilidad y la comparación de múltiples condiciones de operación.

Las principales características de UASBplant se enumeran a continuación:

UASBplant

- Para caudales desde 20 (m³/d) hasta 20.000 (m³/día). Ilimitado número de módulos.
- Permite diseñar, dimensionar, simular y optimizar plantas depuradoras basadas en procesos biológicos anaeróbicos – aeróbicos para caudales domésticos e industriales biodegradables o con caudales combinados domésticos+industriales para diferentes cargas orgánicas (DBO₅, DQO, STT, SO₄, etc.)
- Calcula las dimensiones y simula el funcionamiento de la planta depuradora con las estructuras principales básicas como cribado (rejilla), desarenador, tanques UASB, biofiltros aireados, clarificadores y lechos de secado de lodos, en condiciones estacionarias y permite la simulación de variaciones de cargas (variación de caudales y cargas contaminantes).
- Permite el dimensionamiento de una planta depuradora compleja con varias estructuras utilizando la opción de cálculo de estructuras de tratamiento separadas, utilizando desarenadores, digestores UASB, biofiltros percoladores, biofiltros anaeróbicos, clarificadores, etc.
- El programa asume por defecto una gran cantidad de parámetros. De esta manera un usuario no muy experimentado en el diseño de plantas depuradoras puede obtener resultados satisfactorios de dimensionamiento con un bajo margen de error.
- Presenta las dimensiones de cada una de las unidades de tratamiento y el esquema, para su diseño posterior en un programa de diseño (Autocad © o similar)
- Presenta el costo de construcción, volúmenes de materiales estimado de cada una de las unidades de tratamiento y para toda la planta depuradora
- Genera la información hidráulica detallada para cada una de las estructuras y un resumen para toda la planta depuradora
- Presenta los diagramas de proceso y eficiencias de tratamiento
- Permite imprimir las imágenes de dimensionamiento mostradas en las pantallas.
- Presenta un esquema de eficiencia en donde se representan todas las estructuras con sus respectivas cargas afluentes y efluentes.
- Rapidez en el cálculo numérico
- Genera una memoria de cálculo amplia y detallada, con muchas graficas y resumen de las instalaciones. Esta memoria puede ser incorporada a cualquier estudio de factibilidad.

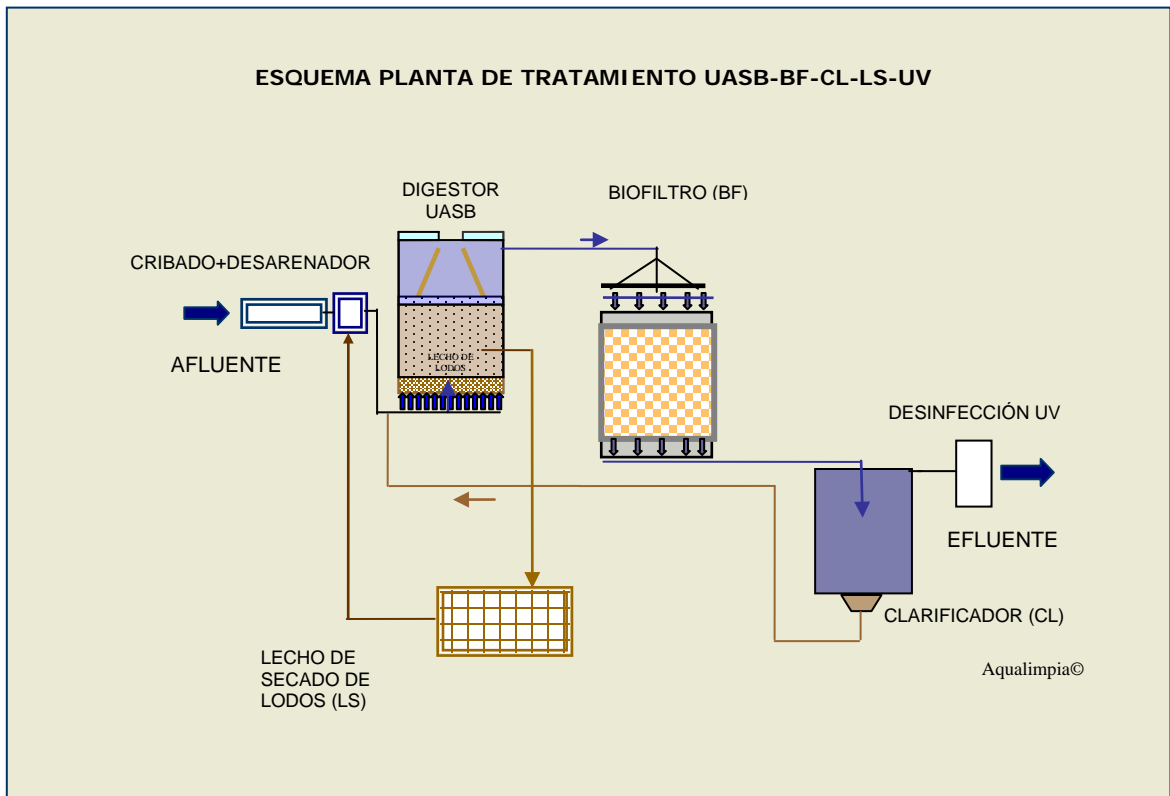
6.2. Aplicaciones

UASBplant está siendo utilizado con éxito para el diseño y dimensionamiento de plantas depuradoras en base a tratamientos BIOLÓGICOS de aguas residuales en países tropicales o para aguas residuales industriales con temperaturas mayores o iguales a 10 °C. Se ha utilizado este programa en el diseño y dimensionamiento de más de 50 plantas depuradoras en varios países Latino Americanos.

A continuación se describen algunas de estas aplicaciones:

- Diseño y dimensionamiento de nuevas plantas de tratamiento domesticas e industriales para el tratamiento biológico anaeróbico – aeróbico.
- **UASBplant** puede utilizarse para el diseño de plantas depuradoras que incluyan desarenadores, digestores UASB, biofiltros, clarificadores y lechos de secado de lodos.
- Mejora y optimización de plantas de tratamiento UASB existentes
- Enseñanza y entrenamiento de personal: Este programa es muy útil para mostrar los pasos que hay que dar para el dimensionamiento completo de una planta depuradora.
- Además los operadores de la planta depuradora pueden simular diferentes alternativas de operación y acciones de control ante cambios en el caudal o la composición físico-química del afluente.
- Dimensionamiento de estructuras independientes de depuración como cribado, desarenadores, tanques UASB, biofiltros percoladores, lechos de secado de lodos, etc..
- Enseñanza en universidades

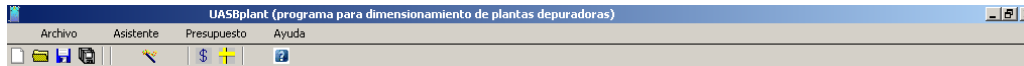
UASBplant



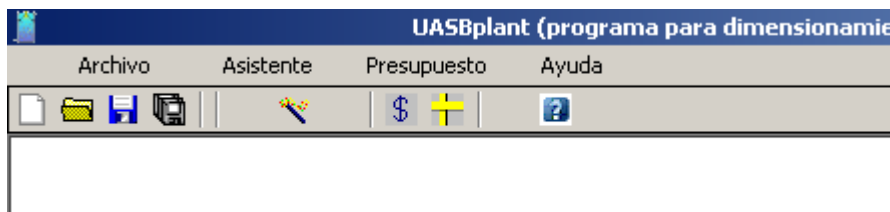
7 INICIO DEL PROGRAMA

Pantalla principal

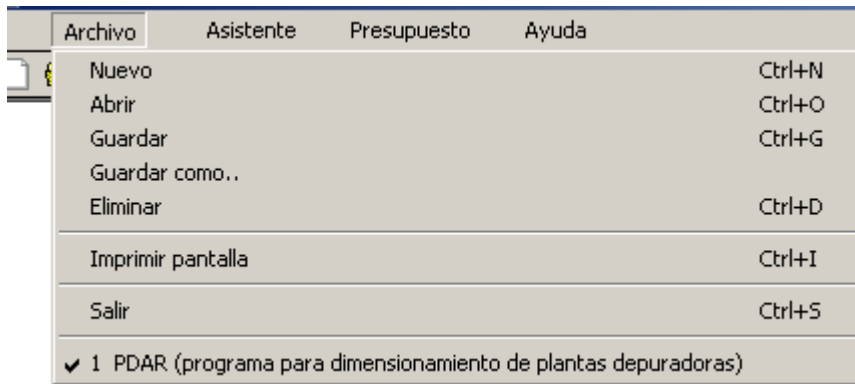
La pantalla principal del programa se presenta de esta manera:



Desde la barra de menú principal del programa se puede seleccionar las opciones: archivos (proyectos existentes, extensión "uas"), el asistente, diseño de estructuras independientes, presupuestos y la ayuda al programa



UASBplant

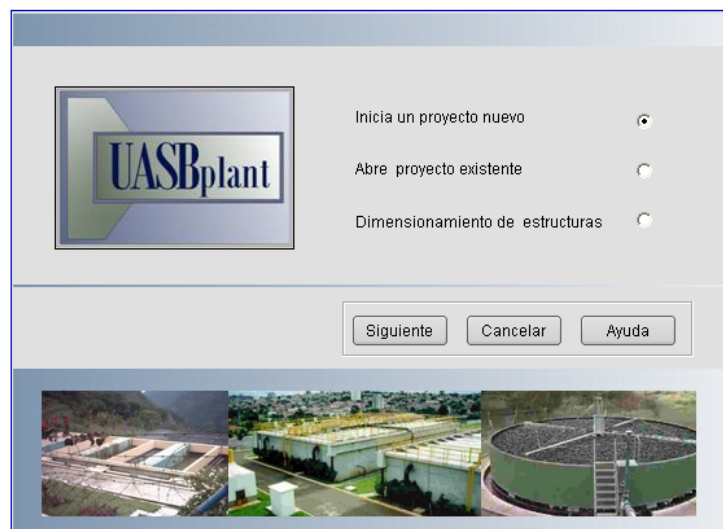
Archivos

Con el menú "archivos" puede realizar las siguientes selecciones

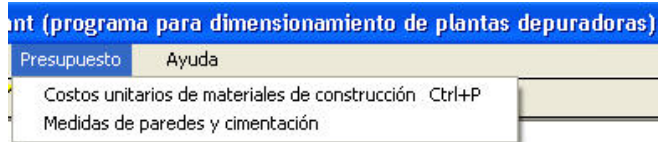
- Nuevo = inicia un proyecto nuevo
- Abrir = abre un proyecto existente
- Guardar = guarda el proyecto actual (extensión: upt)
- Guardar como = guarda el proyecto actual con el nombre
- Eliminar = elimina un archivo de proyecto existente
- Imprimir pantalla = imprime selección de pantalla
- Salir = termina el programa, guardando el archivo actual por defecto

Asistente

Si pincha "asistente" el programa muestra la pantalla siguiente



UASBplant

Presupuesto

Pinchando en este menú se despliegan dos pantallas

- Ingreso de los precios de materiales de construcción y las medidas de las paredes y cimentaciones de las estructuras.

Previo al ingreso de los datos del proyecto el usuario deberá ingresar o rectificar los datos para los precios de materiales de construcción y las dimensiones de las paredes y cimentación de las estructuras. El programa calcula los volúmenes de obra y los costos de construcción en base a estos valores.

Precios unitarios de materiales de construcción		
Excavación	6,00	(US\$/m3)
Hormigon armado (250 kg/cm2)	200,00	(US\$/m3)
Hormigon simple (110 kg/cm2)	120,00	(US\$/m3)
Hierro estructural	2,00	(US\$/kg)
Encofrado	7,00	(US\$/m2)
Enlucido	9,00	(US\$/m2)
Tuberías de alimentación DN 100 mm tanque UASB	7,00	(US\$/m)
Tuberías de descarte de lodo DN 150 mm, tanques UASB	15,00	(US\$/m)
Válvulas de cierre tuberías de descarte de lodos DN 150	250,00	(US\$/unidad)
Tuberías captacion de biogas DN 50 mm	15,00	(US\$/m)
Tuberías de descarga efluente DN 100 mm	7,00	(US\$/m)
Acero inoxidable GLS	150,00	(US\$/m2)
Medio filtrante biofiltro	30,00	(US\$/m3)
Tuberias rociador biofiltro DN 100 mm	7,00	(US\$/m)
Tuberias alimentacion y descarga clarificador	7,00	(US\$/m)
Unidad de bombeo clarificador	2000,00	(US\$/unidad)
Tuberia de drenaje lecho de secado de lodos	6,00	(US\$/m)
Compuertas lecho de secado de lodos	80,00	(US\$/unidad)
Ladrillo sobrepuestos lecho de secado de lodos	6,00	(US\$/m2)
Arena medio filtrante lecho de secado de lodos	25,00	(US\$/m3)
Grava medio filtrante lecho de secado de lodos	30,00	(US\$/m3)
Unidad de bombeo lecho de secado	2000,00	(US\$/unidad)
Quemador de biogas	5	(US\$/unidad)
Hierro por m3 de hormigon UASB, clarificador	60,00	(Kg/m3)
Hierro por m3 de hormigon lecho de secado	40,00	(Kg/m3)
Rejilla para cribado	150,00	(US\$/m2)
Compuertas para desarenador	120,00	(US\$/m2)

UASBplant

Dimensiones de estructuras para presupuesto estimado de construcción

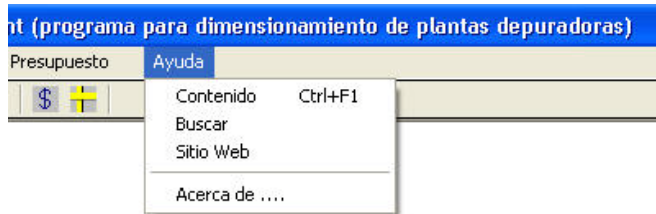
ESTRUCTURAS	DIMENSIONES	ESTRUCTURAS	DIMENSIONES
Desarenador			
Ancho de paredes	<input type="text" value="0,20"/> (m)	Clarificador	Ancho de paredes <input type="text" value="0,2"/> (m)
Losa de cimentación	<input type="text" value="0,3"/> (m)	Losa de cimentación	<input type="text" value="0,3"/> (m)
Profundidad de excavación	<input type="text" value="1,0"/> (m)	Profundidad de excavación	<input type="text" value="1"/> (m)
Biofiltros			
Ancho de paredes	<input type="text" value="0,2"/> (m)	Lecho de secado	Ancho de paredes <input type="text" value="0,2"/> (m)
Losa de cimentación	<input type="text" value="0,4"/> (m)	Losa de cimentación	<input type="text" value="0,2"/> (m)
Profundidad de excavación	<input type="text" value="1,0"/> (m)	Profundidad de excavación	<input type="text" value="1"/> (m)
Digestor UASB <input type="radio"/> Cimentación sin puntera <input checked="" type="radio"/> Cimentación con puntera		Tanques UASB Ancho de paredes <input type="text" value="0,2"/> (m) Losa de cimentación <input type="text" value="0,4"/> (m) Losa de cubierta <input type="text" value="0,2"/> (m) Profundidad de excavación <input type="text" value="1,5"/> (m)	
		Separador GLS de digestor UASB <input checked="" type="radio"/> En hormigón <input type="radio"/> En acero inoxidable	
<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Ayuda"/>			

Para la cimentación del digestor UASB tiene la opción de seleccionar la cimentación con puntera o sin puntera

Digestor UASB

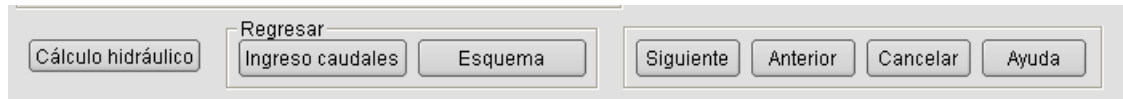
Cimentación sin puntera
 Cimentación con puntera
 Puntera (m)

UASBplant

Ayuda

Con el menú ayuda puede hacer las siguientes selecciones

- Contenido: muestra el contenido de la ayuda
- Buscar: Busca u termino en la ayuda del programa
- Ver manual: Carga el manual en pdf en la memoria
- Sitio web: carga el explorador de Internet y muestra la pagina www.aqualimpia.com
- Acerca de: muestra la versión del programa y restricciones de copyright

Botones en la parte inferior de cada pantalla

Siguiente	= el programa continua con la pantalla siguiente
Anterior	= regresa a la pantalla anterior
Cancelar	= cancela el programa y se pierden los datos ingresados
Ayuda	= carga el menú ayuda del programa
Calculo hidráulico	= muestra curvas y parámetros hidráulicos
Ingreso de caudales	= regresa a la pantalla "ingreso de caudales"
Esquema	= regresa a la pantalla "selección del esquema de depuración"

Funcionamiento del programa

El programa esta diseñado interactivamente para que en cada pantalla se realicen los cálculos correspondientes. De esta manera el usuario puede responder rápidamente si los resultados no son satisfactorios o si alguno de los parámetros está fuera de rango.

Poniendo el cursor en el signo de interrogación a la izquierda de una casilla se muestran los límites de este valor o parámetro. Pinchando en el signo de interrogación a la derecha de una casilla se despliega una tabla desde la que se puede seleccionar un valor para la casilla correspondiente.

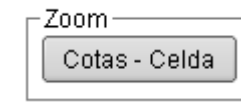
UASBplant

?	0,015	(m)
?	0,05	(m)
?	75	(°)
	1,67	?

El programa controla los rangos de los valores ingresados y los valores calculados. De esta manera el usuario puede realizar los ajustes necesarios a los parámetros ingresados o calculados.

Opción Zoom

En algunas pantallas con diagramas se ha previsto una opción “zoom” que agranda la imagen que esta dentro del círculo dibujado con líneas cortadas agranda la imagen.



Inicio del programa con la pantalla “ASISTENTE”

La mejor manera de presentar el inicio del programa es a través de un ejemplo que se detalla a continuación.

El dimensionamiento se lo inicia con la opción asistente

Pantalla: Asistente:



UASBplant

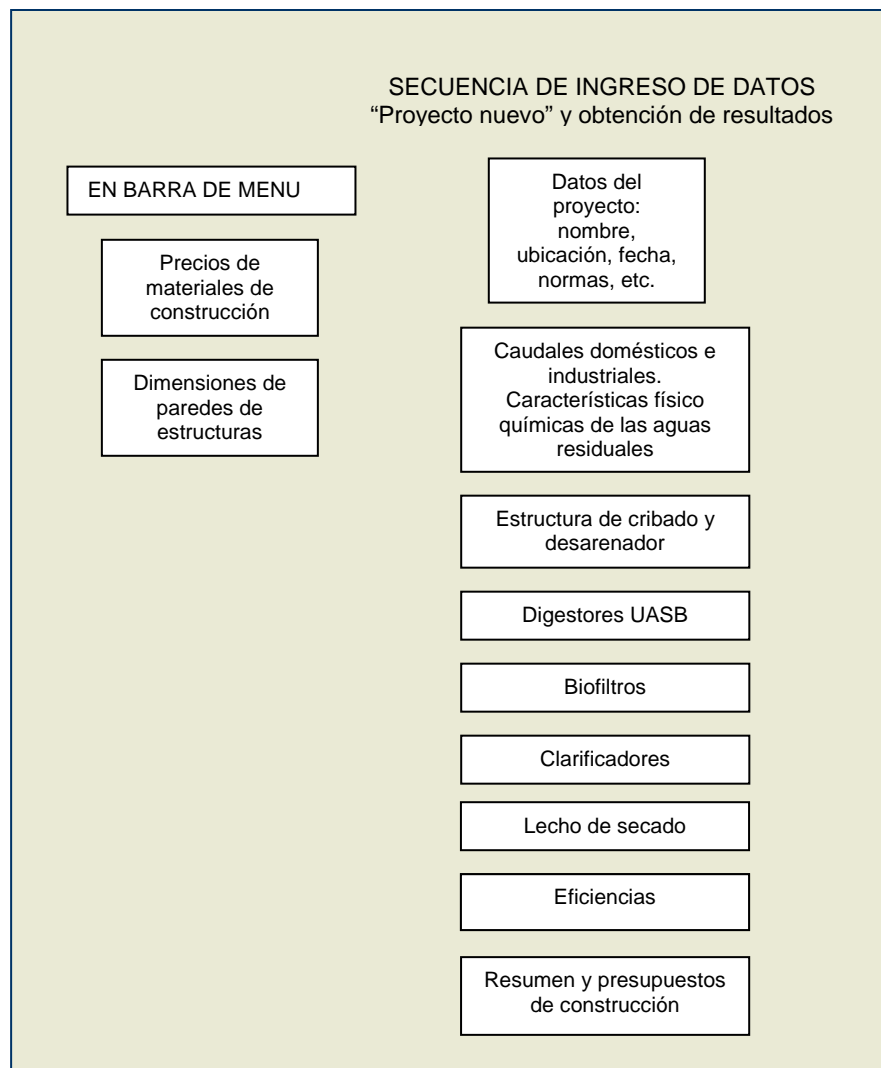
Opciones:

- a) Inicia un proyecto nuevo: inicia el dimensionamiento de un nuevo proyecto.
- b) Abre proyecto existente: trabaja con los datos de un proyecto existente previamente realizado y guardado con el programa con el programa. Debe abrir un archivo existente

A continuación se detalla la selección a) "Inicia un proyecto nuevo"


Este modulo del programa esta diseñado para el dimensionamiento de plantas depuradoras desde 20 (m3/d) – hasta 20.000 (m3/d). Cuando el usuario desea calcular y dimensionar plantas depuradoras con caudales menores o iguales a 500 (m3/d), el programa cambia automáticamente al modulo "plantas depuradoras compactas".

El proceso de dimensionamiento es idéntico para las dos opciones. Pero en el modulo "plantas compactas", el programa diseña el gestor UASB + biofiltro en una sola unidad compacta de tratamiento.



UASBplant

Pantalla: Datos del proyecto



Nombre del proyecto:

Ubicación:

País:

Provincia/Zona/Dep: Ciudad:

Proyectista:

Fecha:

Datos hidrológicos

Temperatura medio ambiente

min. °C

med °C

max. °C

Altura sobre nivel del mar:

(m. s. n. m.)

Norma - eficiencias de remoción a cumplir

DQO	<input type="text" value="100"/>	(mg/l)
DBO	<input type="text" value="50"/>	(mg/l)
NTK	<input type="text" value="20"/>	(mg/l)
SST	<input type="text" value="50"/>	(mg/l)
SO4	<input type="text" value="250"/>	(mg/l)

En esta pantalla se ingresan todos los datos relevantes al proyecto, nombre, ubicación, etc.

En el área: **Datos hidrológicos** se ingresan las temperaturas del aire (medio ambiente) y la altura del sitio del proyecto sobre el nivel del mar. La altura del sitio incide en la degradación de la materia orgánica y consecuentemente en la producción de biogás. La temperatura incide en las eficiencias de depuración de los digestores UASB y de los biofiltros. Estos valores tienen que ser ingresados.

En el área **Norma: eficiencias de remoción a cumplir** se ingresan los valores máximos que deben tener los contaminantes en las aguas residuales después del tratamiento. Estos valores se utilizan para verificar los resultados de tratamiento y las cargas contaminantes que tiene que ser degradadas en las unidades de tratamiento. Estos valores tienen que ser ingresados.

UASBplant

Pantalla: Ingreso de caudales

Ingreso de caudal doméstico

Opción ingreso de caudales domésticos

Por caudales

Por número de habitantes

Caudal doméstico - Características físico - químicas

Demanda química de oxígeno (DQO)	600	(mg/l)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	350	(mg/l)
Sólidos suspendidos totales (SST)	1000	(mg/l)
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)	50	(mg/l)
Sulfatos (SO4)	250	(mg/l)
Fosforo total	10	(mg/l)
Temperatura	20	(° C)
pH	7	

Opción ingreso de caudales domésticos

Caudales en (m3/día)

Caudales en (l/s)

Caudal doméstico - Ingreso volúmenes diarios

	(m3/día)	(l/s)
Caudal mínimo diario	1.500	17,36
Caudal medio diario	3.000	34,72
Caudal máximo horario	6.000	69,44

Ingreso de caudal industrial

Caudal industrial - Características físico - químicas

Demanda química de oxígeno (DQO)	600	(mg/l)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	350	(mg/l)
Sólidos suspendidos totales (SST)	1000	(mg/l)
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)	100	(mg/l)
Sulfatos (SO4)	250	(mg/l)
Fosforo total	10	(mg/l)
Temperatura	20	(° C)
pH	7	

Opción ingreso de caudales industriales

Caudales en (m3/día)

Caudales en (l/s)

Caudal industrial - Ingreso volúmenes diarios

	(m3/día)	(m3/día)
Caudal mínimo diario	0	0
Caudal medio diario	0	0
Caudal máximo horario	0	0

Siguiete Anterior Cancelar Ayuda

En esta pantalla puede seleccionar si es que ingresa solo caudales domésticos o industriales o los dos tipos de caudal.

Nota El modulo principal del programa admite caudales entre 20 (m3/d) hasta 20.000 (m3/d). En caso de tener un caudal mayor se puede dividir el caudal para módulos de 20.000 (m3/d). Con este procedimiento el usuario puede calcular plantas depuradoras para cualquier caudal.

Para caudales iguales o menores a 100 (m3/d), el programa utiliza el modulo "plantas depuradoras compactas"

Para caudales domésticos:

Esta pantalla permite el ingreso de número de habitantes, caudales y los resultados de los análisis físico químicos de las aguas residuales.

Se permite el ingreso por dos opciones:

- el número de habitantes y el consumo por habitante y por día
- el volumen diario de aguas residuales en (l/s) o (m3/d).

Si se selecciona el ingreso por número de habitantes se ingresan las cargas contaminantes de las aguas residuales en (g/h.d) o en (mg/l).

UASBplant

Opción: ingresa características físico químicas en (mg/l)

Ingreso de caudales

Ingreso de caudal doméstico

Opción ingreso de caudales domésticos

Por caudales

Por número de habitantes

Caudal doméstico - Características físico - químicas

Demanda química de oxígeno (DQO)	600	(mg/l)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	350	(mg/l)
Sólidos suspendidos totales (SST)	1000	(mg/l)
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)	50	(mg/l)
Sulfatos (SO4)	250	(mg/l)
Fosforo total	10	(mg/l)
Temperatura	20	(° C)
pH	7	

Opción ingreso de caudales domésticos

Caudales en (m3/día)

Caudales en (l/s)

Caudal doméstico - Ingreso volúmenes diarios

	(m3/día)	(l/s)
Caudal mínimo diario	1.500	17.36
Caudal medio diario	3.000	34.72
Caudal máximo horario	6.000	69.44

Opción: ingresa características físico químicas en (g/h.d)

Ingreso de caudales

Ingreso de caudal doméstico

Opción ingreso de caudales domésticos

Por caudales

Por número de habitantes

Caudal doméstico - Características físico - químicas

Demanda química de oxígeno (DQO)	120	(g/hab.d)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	60	(g/hab.d)
Sólidos suspendidos totales (SST)	50	(g/hab.d)
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)	10	(g/hab.d)
Sulfatos (SO4)	40	(g/hab.d)
Fosforo total	3	(g/hab.d)
Temperatura	20	(° C)
pH	7	

Ingreso por habitantes

Número de habitantes

Consumo diario por habitante

Coefficiente de retorno

C1 coeficiente máximo horario

C2 coeficiente mínimo horario

Características físico - químicas (g/hab.d)

Características físico - químicas (mg/l)

Caudal doméstico - Ingreso volúmenes diarios

	(m3/día)	(l/s)
Caudal mínimo diario	160.00	1.85
Caudal medio diario	320.00	6.67
Caudal máximo diario	576.00	3.70

Ingreso de caudal industrial

Debe ingresar siempre los caudales mínimos, medios y máximos. Siempre tomando en cuenta que los caudales mínimos deben ser menores a Qmed y los caudales máximos mayores a Qmed.

Todos los parámetros físico químicos en la pantalla tienen valores por defecto correspondientes a aguas residuales de moderada contaminación. Estos valores pueden ser variados por el usuario de acuerdo a los resultados reales de caracterización que tengan las aguas residuales a tratar.

A continuación se puede seleccionar la opción de ingreso de caudales industriales.

UASBplant

Ingreso de caudal industrial

Caudal industrial - Características físico - químicas

Demanda química de oxígeno (DQO) (mg/l)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (mg/l)

Sólidos suspendidos totales (SST) (mg/l)

Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) (mg/l)

Sulfatos (SO4) (mg/l)

Fosforo total (mg/l)

Temperatura (° C)

pH

Opción ingreso de caudales industriales

Caudales en (m3/día)

Caudales en (l/s)

Caudal industrial - Ingreso volúmenes diarios

(m3/día) (m3/día)

Caudal mínimo diario

Caudal medio diario

Caudal máximo horario

Botones:

Para los caudales industriales también debe ingresar los caudales mínimos, medios y máximos y la concentración de las cargas contaminantes

NOTA: es conveniente que ingrese los parámetros reales de los análisis físico-químicos. De esta manera obtendrá datos más confiables para el dimensionamiento de las estructuras. **Ninguno de estos valores puede ser cero**

Nota:

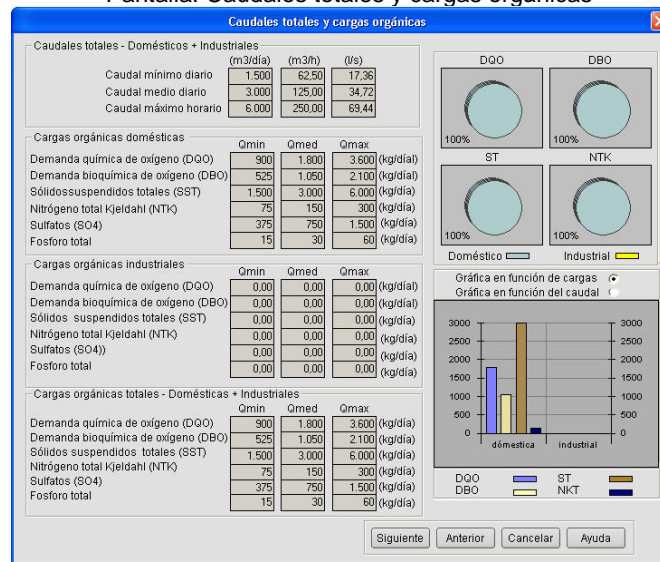
Selección de Qmax y Qmin. Los caudales Qmax se utilizan para el dimensionamiento del canal de aproximación, desarenador, biofiltros y clarificadores. Estos inciden directamente el diseño de las estructuras. También repercuten directamente en el dimensionamiento de los digestores. Es importante por lo tanto analizar muy detenidamente los valores que se asignan a los caudales Qmin, Qmed y Qmax.

Si se elige un caudal máximo muy elevado se sobredimensionan las estructuras. Si se elige un caudal máximo muy bajo y ocurren caudales mayores pueden colapsar las estructuras.

Es recomendable que se construya un by pass con un medidor de caudal y ubicarlo antes del ingreso a la planta depuradora, con un medidor de caudal, para limitar el flujo de de caudal que ingresa a la planta depuradora.

En el caso de sistemas combinados aguas residuales + aguas lluvias se deberá prever un separador de caudal antes de la planta depuradora y determinar con bastante exactitud los caudales Qmin, Qmed y Qmax que ingresan a la PDAR.

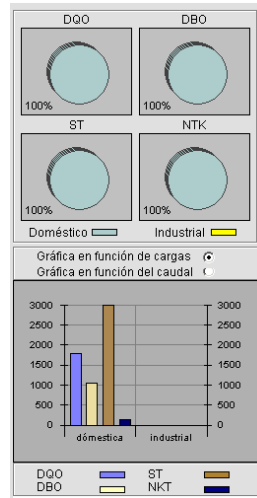
Pantalla: Caudales totales y cargas orgánicas



UASBplant

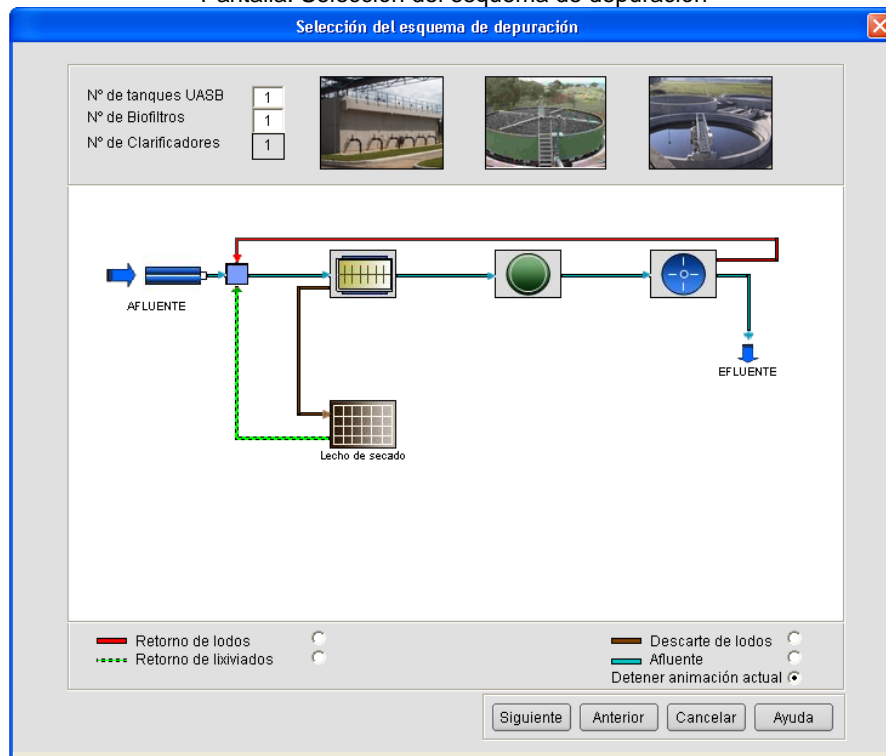
En esta pantalla se presentan los cálculos de las cargas contaminantes en (kg/d) para todos los parámetros físico químicos para los caudales domésticos e industriales por separado y para la suma de los dos caudales.

Ejemplo de diagrama cuando se ingresan también caudales industriales



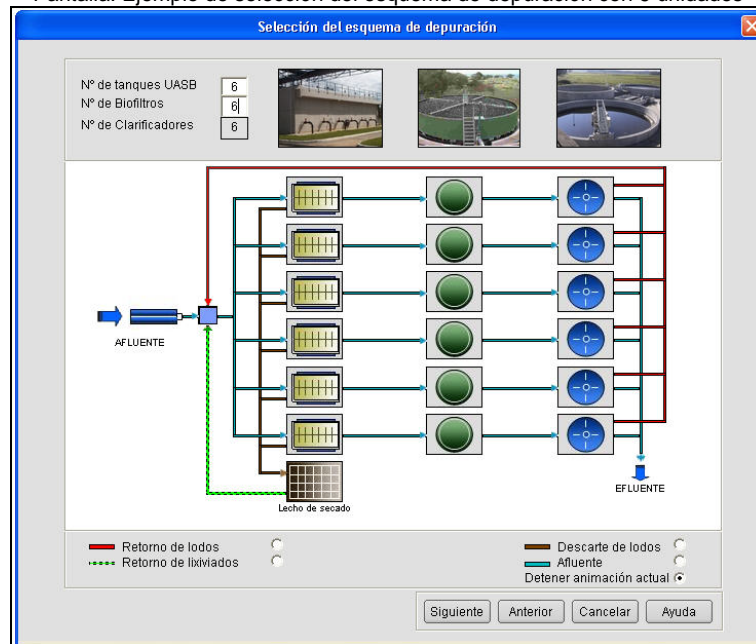
A continuación el usuario puede ingresar los componentes de la planta depuradora

Pantalla: Selección del esquema de depuración



UASBplant

Pantalla: Ejemplo de selección del esquema de depuración con 6 unidades



En esta pantalla se selecciona el esquema de tratamiento. Se selecciona el número de cada una de las estructuras que comprende la planta depuradora.

El programa está diseñado para permitir esquemas que tengan un máximo de 6 tanques UASB, 6 biofiltros y 6 clarificadores.

- Estructura de cribado y desarenador
- Digestores UASB
- Biofiltros
- Clarificadores
- Lechos de secado de lodos

El programa preselecciona el número de digestores UASB en base a los caudales y cargas contaminantes. EL usuario puede variar el número de cada una de las estructuras. Las restricciones o limitantes para el número de cada una de las estructuras es el siguiente:

- El número de biofiltros tiene que ser mayor o igual que el número de digestores UASB
- EL número de clarificadores tiene que ser igual al número de biofiltros.
- El número de clarificadores no se puede variar y es asignado por el programa de acuerdo al número de biofiltros.
- El programa siempre asigna por defecto una estructura de cribado grueso, un desarenador con dos canales y un lecho de secado de lodos.

En esta pantalla puede observar las conexiones y dirección de flujo de cada una de las estructuras.

7.1. Dimensionamiento del canal de aproximación, estructura de cribado y desarenador

VALIDO SOLO PARA PROGRAMA UASBPLANTpro

El dimensionamiento y diseño de las estructuras comienza con el canal de aproximación hacia la planta depuradora. En canal de aproximación comprende también la estructura de cribado.

Pantalla: Canal de aproximación a estructura de cribado

Ingreso de rugosidad

n	Superficie
0,010	Muy liso, vidrio, plástico ,cobre, PVC,HG. acero
0,010	Canales de hormigón acabado muy liso
0,011	Concreto muy liso
0,012	Mampostería de ladrillo
0,013	Concreto enlucido, tuberías,madera suave,metal
0,014	Canales de hormigón acabado ordinario
0,017	Canales de tierra en buenas condiciones
0,017	Mampostería de piedra
0,020	Canales vegetales de tierra libres de vegetación
0,025	Canales naturales con alguna vegetación
0,035	Canales naturales con abundante vegetación
0,040	Arroyos de montaña

	v (m/s)	v (ft/s)	v (mi/s)
Min	0,017	0,11	0,75
Med	0,035	0,18	0,88
Max	0,069	0,31	1,00

El programa calcula las dimensiones del canal de aproximación en base a los caudales máximos de diseño. Es usuario determina la velocidad máxima de aproximación y la pendiente requerida de la solera. El programa elige por defecto una velocidad máxima (Vmax) de aproximación de 1 m/s para Qmax y calcula la pendiente requerida y las dimensiones del canal de aproximación.

El usuario puede variar los siguientes parámetros hidráulicos

- Velocidad del canal de aproximación
- Tirante de aproximación
- Ancho del canal
- Pendiente
- Rugosidad

Si pincha en el botón “ver cálculos hidráulicos” accede a las curvas hidráulicas donde muestran todos los parámetros hidráulicos del canal, como radio hidráulico, velocidad, número de Froude, etc.

Pantalla: Calculo hidráulico

UASBplant

Cálculo hidráulico canal de aproximación

Q (m³/s)	T (m)	A (m²)	R (m)	V (m/s)	F _n	Observación
17.36	0.105	0.023	0.054	0.750	0.85	Flujo normal
19.97	0.117	0.025	0.057	0.776	0.82	Flujo normal
22.57	0.128	0.028	0.059	0.800	0.80	Flujo normal
25.17	0.140	0.031	0.061	0.820	0.77	Flujo normal
27.78	0.151	0.033	0.064	0.839	0.75	Flujo normal
30.38	0.162	0.036	0.065	0.855	0.72	Flujo normal
32.99	0.172	0.038	0.067	0.870	0.72	Flujo normal
34.72	0.180	0.039	0.068	0.879	0.71	Flujo normal
35.99	0.183	0.040	0.069	0.884	0.70	Flujo normal
36.19	0.194	0.043	0.070	0.896	0.69	Flujo normal
40.00	0.204	0.045	0.071	0.906	0.67	Flujo normal
43.40	0.215	0.047	0.073	0.918	0.66	Flujo normal
46.01	0.226	0.050	0.074	0.928	0.65	Flujo normal
48.01	0.236	0.052	0.075	0.937	0.64	Flujo normal
49.22	0.246	0.054	0.076	0.946	0.63	Flujo normal
53.02	0.257	0.056	0.077	0.954	0.62	Flujo normal
56.42	0.267	0.059	0.078	0.961	0.61	Flujo normal
59.03	0.277	0.061	0.079	0.968	0.60	Flujo normal
61.63	0.287	0.063	0.080	0.975	0.59	Flujo normal
64.24	0.296	0.065	0.080	0.981	0.59	Flujo normal
66.84	0.306	0.066	0.081	0.987	0.57	Flujo normal
69.44	0.316	0.067	0.082	0.993	0.56	Flujo normal

Datos básicos

Dato	Valor
Ancho de canal (m)	0.23
Altura mínima (m)	0.31
Permeabilidad (m)	0.013
Pendiente (m)	0.005

Ver tabla en función de tirante (t)

Ver curva Q-T

Ver curva Q-V

Imprimir

Cerrar

Estructura de cribado VALIDO SOLO PARA PROGRAMA UASBPLANTpro

El programa permite el cálculo de dos estructuras de cribado, una rejilla gruesa y una rejilla fina.

Pantalla: Estructura de cribado

Estructura de cribado

REJILLA GRUESA

0,38

0,84

Ver cálculos hidráulicos

Datos de rejilla gruesa

Obstrucción de espacio entre barras %

Espesor de barras (m)

Separación de barras (m)

Angulo de inclinación (°)

Coefficiente K

Ingreso datos de rejilla fina

REJILLA FINA

0,38

0,84

Ver cálculos hidráulicos

Datos de rejilla fina

Obstrucción de espacio entre barras %

Espesor de barras (m)

Separación de barras (m)

Angulo de inclinación (°)

Coefficiente K

Resultados del cálculo

Ancho de rejilla (m)

Perdida de carga para Qmax (m)

Número de barras

Resultados del cálculo

Ancho de rejilla (m)

Perdida de carga para Qmax (m)

Número de barras

Opción de ingreso de rejilla fina:

Esta pantalla permite el ingreso de los parámetros de diseño para la estructura de cribado. El usuario puede ingresar los parámetros hidráulicos para un cribado grueso y para uno fino. El cribado grueso se ubica antes del cribado fino. El cribado fino se ubica antes del desarenador. La selección del cribado fino es opcional. El cribado grueso siempre es seleccionado por defecto por el programa. Su cálculo no es opcional.

UASBplant

Los parámetros de diseño que se deben ingresar para la estructura de cribado son los siguientes:

- Espesor de barras
- Separación
- Angulo de inclinación
- Factor de forma (k)

El valor para la obstrucción del coeficiente de barras se debe seleccionar cuidadosamente. Este parámetro expresa el grado de suciedad o acumulación de basuras o escombros que tendrá la rejilla del cribado. Se entiende que la rejilla debe limpiarse cuando tiene un grado de obstrucción mayor al 25 %. Porcentajes de obstrucción mayores al 25% solo deben elegirse para realizar comprobaciones o cálculos analíticos, mas no para el diseño final del cribado. Para el diseño del cribado se recomienda aplicar un coeficiente de obstrucción de máximo 25 %.

El coeficiente de fricción se selecciona por medio de un cuadro despegable. Se selecciona el coeficiente K de acuerdo a la forma de las barras del cribado.

La separación de las barras para las rejillas debe seleccionarse de acuerdo al tipo de cribado. Para las rejillas finas debe ser menor a 50 (mm) y para las rejillas gruesas menor a 100 (mm). En caso de dudas, el usuario debe referirse a la literatura técnica para la selección de este parámetro. El programa asigna estos valores por defecto. Si el usuario cambia estos valores, el programa controla que estén dentro de ciertos rangos o límites expresados en la literatura técnica.

El espesor de las barras debe seleccionarse en base a los caudales de diseño, se considera un grosor máximo de 2 cm. El usuario puede variar (ver barra de menú... "rangos") estos valores que son asignados por defecto por el programa.

Datos de rejilla gruesa

Obstrucción de espacio entre barras % 25

Espesor de barras ? 0,015 (m)

Separación de barras ? 0,05 (m)

Angulo de inclinación ? 75 (°)

Coefficiente K 1,67 ?

Resumen de resultados

FACTOR DE FORMA PARA REJAS β									
Anch	2.42	1.83	1.67	1.083	1.10	0.76	1.79	8	(m)
Perc								3	(m)
Núm								0	

Datos de rejilla fina

Obstrucción de espacio entre barras %

Espesor de barras ? 0,01 (m)

Separación de barras ? 0,025 (m)

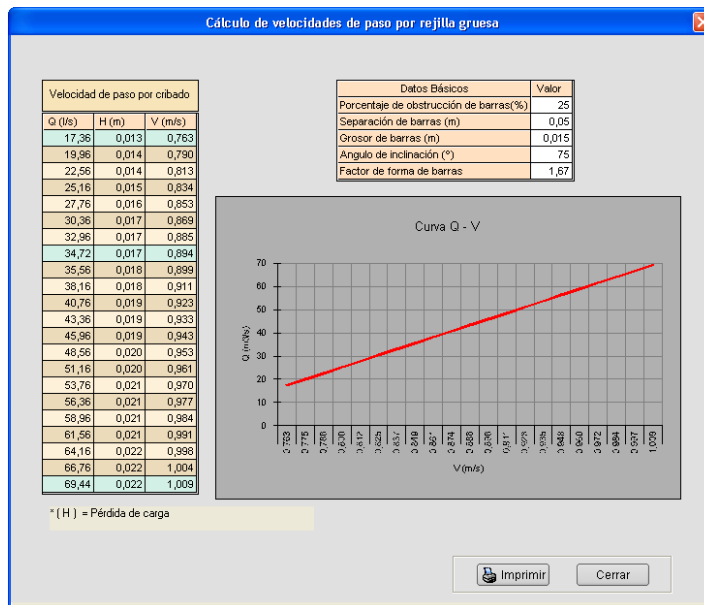
Angulo de inclinación ? 75 (°)

Coefficiente K 1,79 ?

El programa calcula los tirantes, las velocidades de paso para Q_{min} , Q_{med} y Q_{max} y las pérdidas de energía.

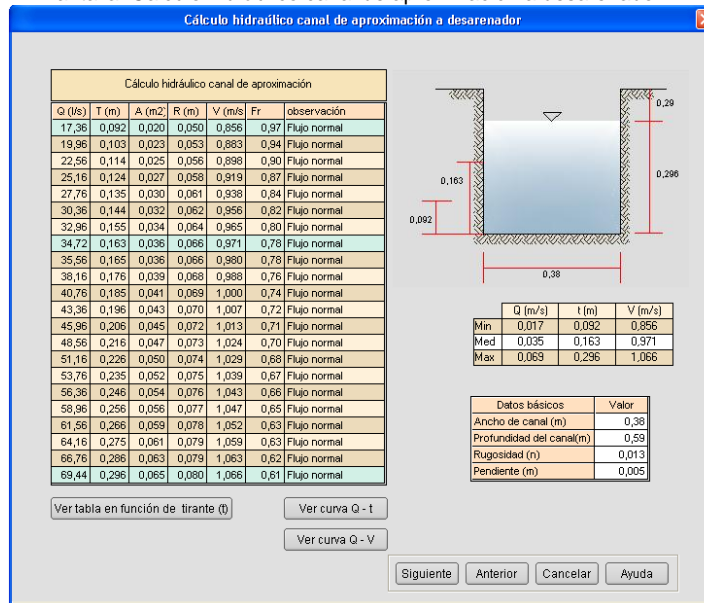
Pinchando el botón "ver cálculos hidráulicos" se accede a la curvas donde se exponen los parámetros hidráulicos del calculo.

UASBplant



En esta pantalla el programa muestra las dimensiones requeridas para el tramo del canal de aproximación entre la estructura de cribado y el desarenador. Muestra las pérdidas de carga y los tirantes del perfil de agua para los caudales Qmin, Qmed y Qmax. Presenta las curvas hidráulicas con todos los parámetros de dimensionamiento. El cálculo del canal de aproximación se basa en la formula de Manning.

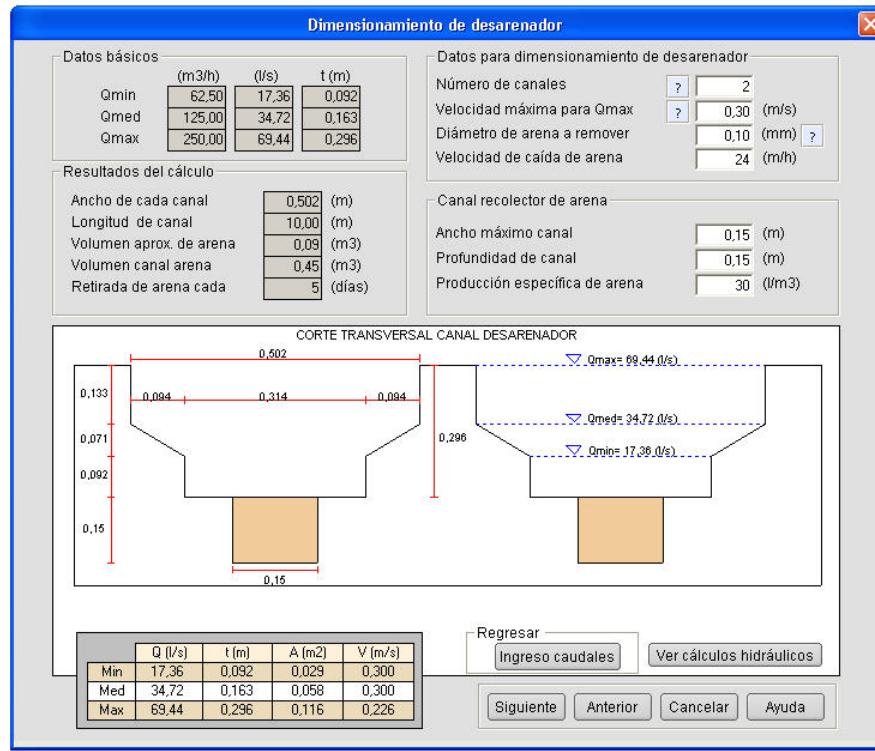
Pantalla: Calculo hidráulico canal de aproximación a desarenador



Esta pantalla muestra el dimensionamiento de los canales del desarenador. Calcula el ancho de cada canal, el largo del desarenador y dibuja a escala un corte transversal de los canales. El programa asume un valor máximo de flujo que puede ser variado por el usuario respetando los márgenes. La velocidad máxima de flujo asumida por el programa es de 0,3 m/s.

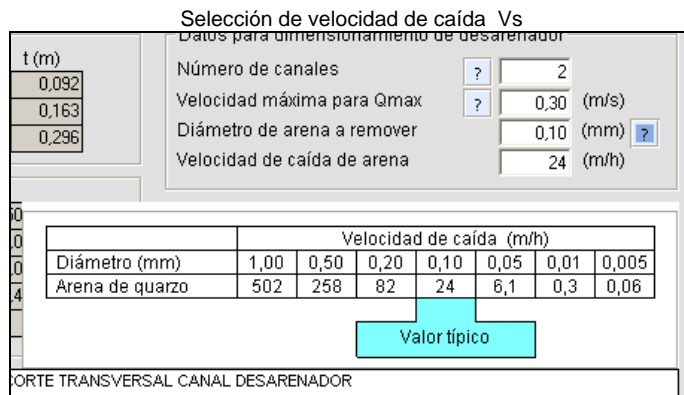
UASBplant

Pantalla: Dimensionamiento de desarenador



VALIDO SOLO PARA PROGRAMA UASBPLANTpro

El usuario selecciona a través de una pantalla plegable las velocidades de caída Vs de los granos de arena.



El programa optimiza una forma trapezoidal del canal de tal forma que las velocidades de flujo para Qmin, Qmed y Qmax se mantengan dentro de los márgenes preestablecidos por el usuario.

Por medio del botón "ver cálculos hidráulicos" usuario accede a curvas t-Q para el rango entre Qmin-Qmax y muestra los parámetros hidráulicos.

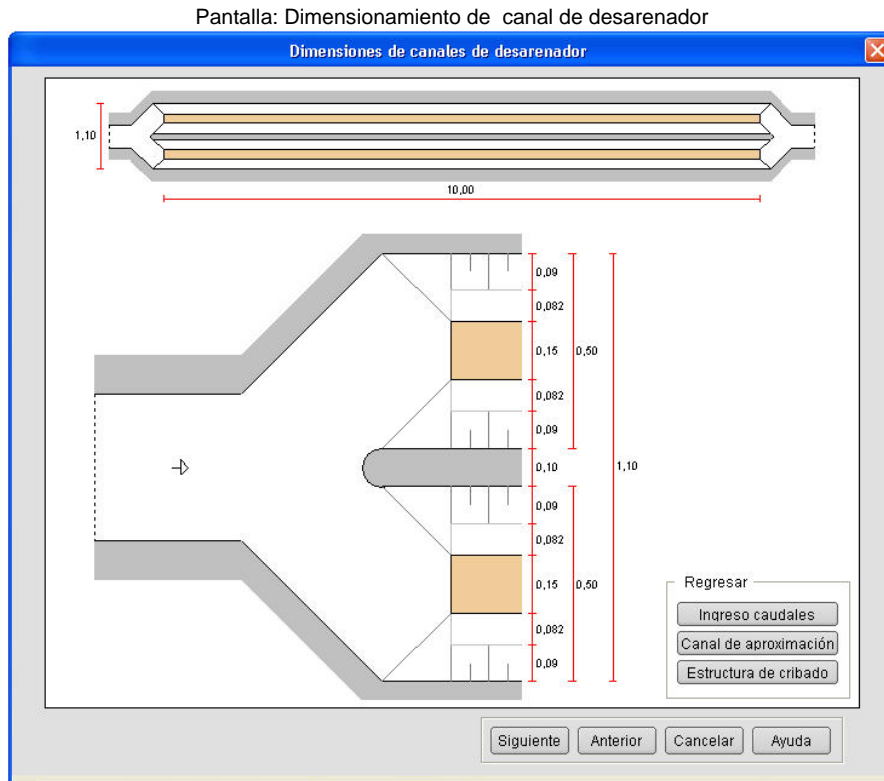
El dimensionamiento del canal del desarenador se base en la velocidad máxima de flujo y la velocidad de caída de los granos de área que deben ser atrapados por el desarenador. La base de este

UASBplant

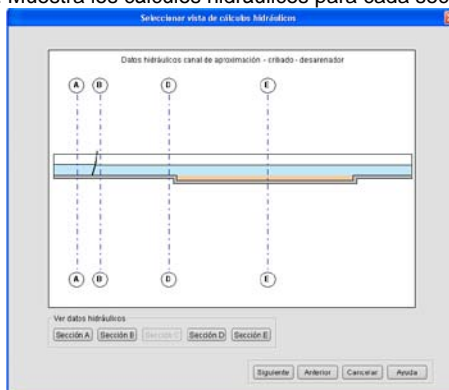
dimensionamiento es la Ley de Stokes ²⁾ y en las ecuaciones y normas alemanas expuestas en la literatura técnica ³⁾ "Hosang/Bischof Abwassertechnik"

Desde esta pantalla se puede regresar a las pantallas de inicio del programa.

En esta pantalla se muestran a escala las dimensiones del canal del desarenador



Pantalla: Muestra los cálculos hidráulicos para cada sección A-E



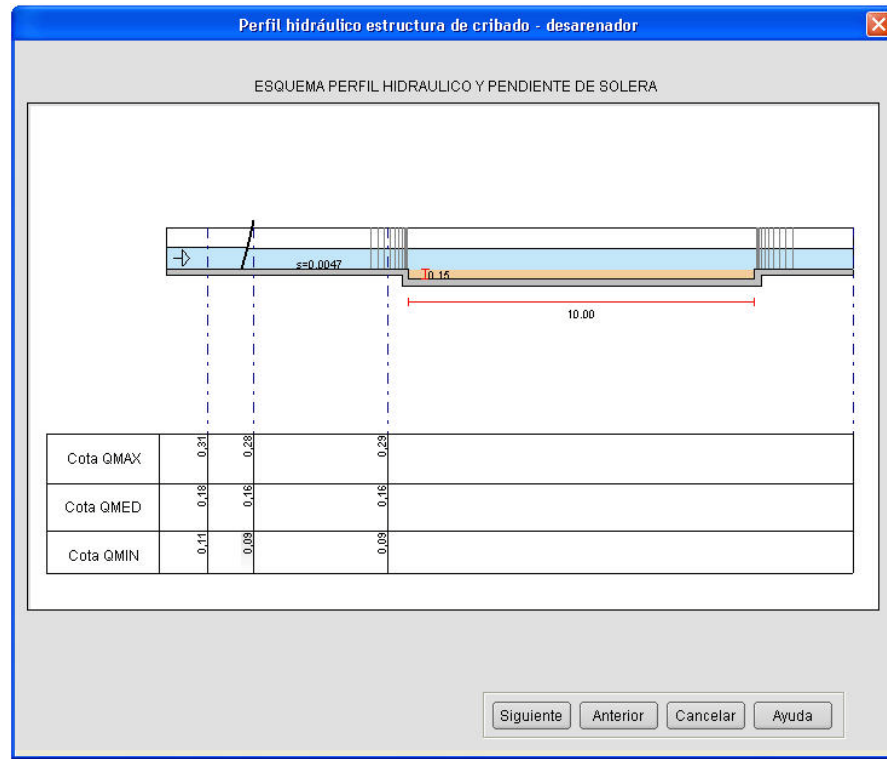
²⁾ <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/stokes/stokes.html>

³⁾ "Hosang/Bischof Abwassertechnik" B.G. Teubner Stuttgart-Leipzig

UASBplant

Pinchando en los botones “sección A – B – C – D – E” se accede a las curvas hidráulicas para esa sección y el programa retorna después a esta misma pantalla. El boton B se “prende2 únicamente cuando se ha seleccionado un cribado fino.

Pantalla: Muestra el perfil hidráulico del desarenador



7.2. Dimensionamiento del digestor UASB

En esta pantalla se inicia el dimensionamiento de los digestores UASB. La metodología de diseño y dimensionamiento se basa en los expuestos y ecuaciones técnicas descritas en los manuales “Principios de tratamiento biológico de aguas residuarias, digestores anaeróbicos” del Dr. Carlos Augusto de Lemos del Departamento de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Minas Gerais – Brasil y en el manual “Tratamiento anaeróbico de esgotos del Dr. Adrianus van Haandel y Gatzte Lettinga”. El Dr. Lettinga desarrolló en Holanda 1971 la tecnología para el tratamiento de aguas residuales por medio de digestores UASB.⁴). Los criterios de dimensionamiento del digestor UASB se exponen en el capítulo 11.

Primeramente el usuario selecciona la altura máxima útil, el borde libre y las cargas orgánicas volumétricas permisibles para el digestor (COV – kgDQO/m³.d). El programa asigna por defecto estos valores. Estos pueden ser cambiados por el usuario. Todos estos valores que ingresa el usuario los verifica el programa para que no excedan ciertos rangos o límites permisibles. De esta manera el usuario no podrá ingresar datos que estén fuera de rango.

⁴ Van Haandel A C and Lettinga G 1994 Anaerobic sewage treatment.. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England <http://www.lettinga-associates.wur.nl/>

UASBplant

Pantalla: Parámetros de diseño para dimensionamiento de digestor UASB

Parámetros de dimensionamiento digestores UASB

INICIA DIMENSIONAMIENTO DE PROCESO ANAERÓBICO EN BASE A DIGESTORES UASB (UPFLOW, ANAEROBIC, SLUDGE, BLANKET)

Número de digestores

Altura máxima útil digestor (m)

Borde libre en digestor UASB (m)

Carga orgánica permisible por DQO (kgDQO/m³.d)

Distribución de afluente

Diámetro de tubería de distribución de afluente (mm)

Area de descarga máxima por tubo de alimentación (m²)

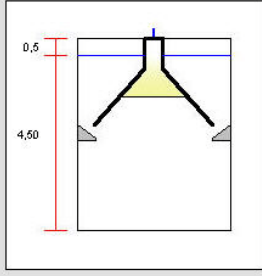
Producción y descarte de lodos

Coefficiente de producción de sólidos (kg SST/kgDQO apl)

Coefficiente producción sólidos en términos de DQO (kgDQO/lodo/kgDQOapl)

Concentraciones en lodo de descarte (%)

Densidad de lodo (kg SST/m³)



Para concentraciones \Rightarrow a DQO 900 (mg/l), el programa realiza el dimensionamiento en base a la COV y no al tiempo de retención (TRH). Para concentraciones DQO menores a 900 (mg/l) el dimensionamiento del digestor se lo realiza considerando el tiempo de retención hidráulica (TRH). Para el calculo del TRH, el programa toma en cuenta la temperatura promedio de las aguas residuales (mezcla) domestica e industrial y considera la temperatura del medioambiente (aire). Los caudales domésticos tienen concentraciones DQO menores a 900 (mg/l), por lo tanto se calcularan en base al TRH.

La selección de la carga orgánica volumétrica COV en (kgDQO/m³.d) es muy importante. Esta es la carga orgánica máxima DQO que puede soportar el digestor para su óptimo funcionamiento. Usualmente este valor debe estar entre 1,0 - 3, 5 (kgDQO/m³.d). Sin embargo hay sistemas industriales que se diseñan para cargas mayores de hasta 15 (kgDQO/m³.d). Este es el caso para el tratamiento de vinazas resultantes de la producción de alcohol. Cuando se dimensionen para estas cargas elevadas se deben incorporar sistemas de agitación CSTR en los digestores.

El coeficiente de producción de sólidos en términos de DQO indica el volumen de lodos que se espera por la degradación de 1 kg DQO. Este valor fluctúa entre 0,10-20 (kgSST/kgDQO)

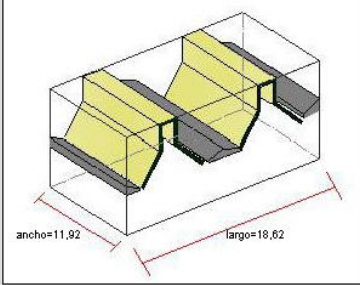
En base a estos parámetros de diseño ingresados por el usuario, el programa procede a dimensionar los digestores, calcular los componentes del digestor como separadores gas – liquido – sólido (GLS), las tuberías de alimentación, las tuberías de descarga del efluente, las tuberías de captación de biogás y las tuberías de descarte de lodos. El programa verifica que todos los parámetros hidráulicos calculados estén dentro de los rangos establecidos e informa al usuario en caso de que algún valor este fuera del límite o no cumpla con estas condiciones establecidas. De esta manera el usuario puede hacer los ajustes necesarios modificando el número de digestores, sus dimensiones o los parámetros de diseño.

UASBplant

Pantalla: Dimensionamiento de los digestores

Dimensiones digestor UASB

Valores asumidos para el cálculo		Corrección largo del tanque	
Número de digestores	<input type="text" value="1"/>	Largo	<input type="text" value="18,62"/> (m)
Altura máxima adoptada	<input type="text" value="4,5"/> (m)	Volumen	<input type="text" value="1.000"/> (m ³)
DQO promedio agua residual (mezcla)	<input type="text" value="600"/> (mg/l)	Altura útil	<input type="text" value="4,5"/> (m)
DQO promedio agua residual (mezcla)	<input type="text" value="1.800"/> (kg/día)	Ancho	<input type="text" value="11,92"/> (m)
DBO promedio agua residual (mezcla)	<input type="text" value="350"/> (mg/l)		
DBO promedio agua residual (mezcla)	<input type="text" value="1.050"/> (kg/día)		
Temperatura promedio agua residual (mezcla)	<input type="text" value="20"/> (°C)		
Relación largo/ancho de cada tanque	<input type="text" value="1,562"/>		

Resultados del cálculo digestores UASB		
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	<input type="text" value="8,00"/> (h)	
Volumen total de tanques	<input type="text" value="1.000"/> (m ³)	
Area total requerida	<input type="text" value="222"/> (m ²)	
Volumen requerido de cada tanque	<input type="text" value="1.000"/> (m ³)	
Area de cada tanque	<input type="text" value="222"/> (m ²)	
Altura de tanque	<input type="text" value="4,5"/> (m)	
Largo de tanque	<input type="text" value="18,62"/> (m)	
Ancho de tanque	<input type="text" value="11,92"/> (m)	
Verificaciones		
Carga orgánica volumétrica (COV)	<input type="text" value="1,80"/> (kgDQO/m ³)	
Carga hidráulica volumétrica (CHV)	<input type="text" value="3,00"/> (m ³ /m ³ .d)	
Velocidad ascensional para Qmed	<input type="text" value="0,56"/> (m/h)	
Velocidad ascensional para Qmax	<input type="text" value="1,13"/> (m/h)	

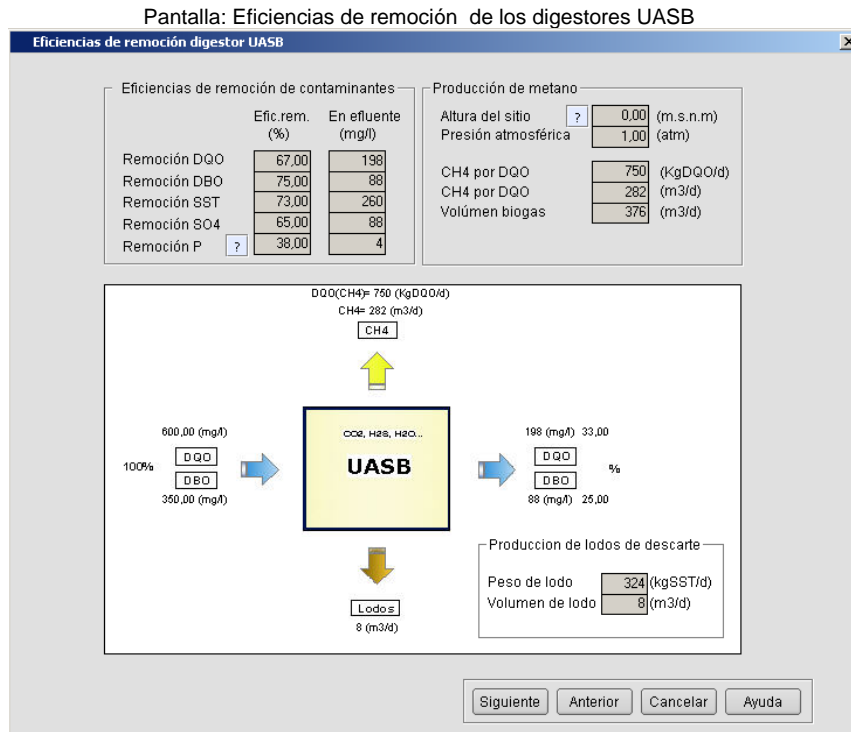
La pantalla muestra los valores asumidos para el cálculo y el dimensionamiento de los digestores UASB. El usuario puede regresar a la pantalla ingreso de caudales o al esquema de tratamiento para realizar los cambios que estime necesario. En esta pantalla se muestran las verificaciones para las cargas orgánicas aplicadas, las cargas hidráulicas y las velocidades ascensionales. El programa controla los resultados e informa al usuario en caso que uno de estos parámetros este fuera de rango.

En esta pantalla el usuario puede variar el ancho y largo del dimensionado del digestor, de acuerdo a su disponibilidad de espacio y forma del terreno, siempre y cuando se mantengan los volúmenes requeridos. El programa limita, por razones constructivas y operativas el volumen máximo de cada digestor UASB a 1200 m³. Corresponde a un digestor de mas o menos 20 x 13 (m) en área.

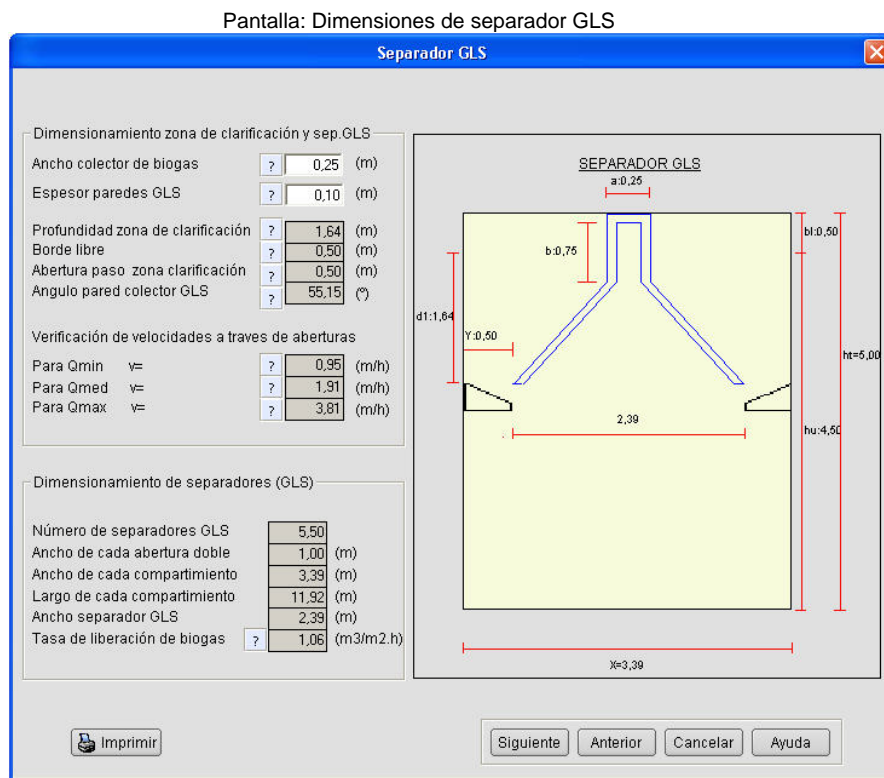
A través de los botones de ayuda el usuario accede a información sobre los rangos de estos parámetros o los valores calculados.

En la pantalla siguiente se muestran los resultados de eficiencias de remoción de DQO y DBO y los resultados de cálculo para la cantidad de biogás y lodo de descarte que se producen en el digestor.

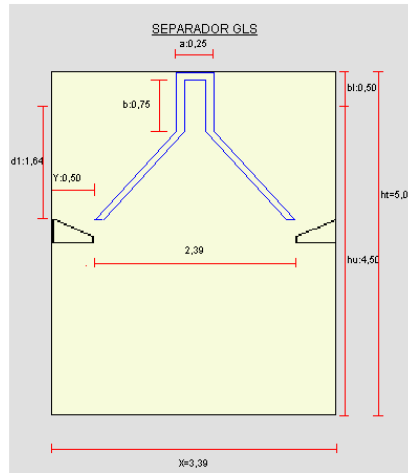
UASBplant



Seguidamente el programa procede a dimensionar y diseñar los separadores GLS y la zona de clarificación y verifica los rangos de las velocidades de paso por los deflectores y de las tasas de aplicación superficial.



UASBplant



Por medio del botón "imprimir" se puede imprimir en impresora el esquema con las dimensiones del separador GLS

Fecha:	Proyecto: PLANTA_DEPURADORA
01/03/2007	Dibujo: Separador GLS
	Proyectista: X

Pantalla: Dimensiones de separador GLS

Dimensiones separador GLS

Verificación de tasas de aplicación superficial en zona de clarificación

Para Qmed v= (m/h)
 Para Qmax v= (m/h)

Tiempo de retención hidraulica zona de clarificación

Para Qmed v= (h)
 Para Qmax v= (h)
 Volúmen de clarificación (m3)
 Volúmen de clarificación (%)

Dimensiones separador GLS

Número de separadores GLS	5.50
Ancho colector de biogas	0.25 (m)
Ancho de la campana GLS	2.39 (m)
Altura canal colector de gas	0.75 (m)
Largo de cada compartimiento	11.92 (m)
Ancho de cada compartimiento	3.39 (m)
Inclinación paredes laterales GLS	55.15 (°)
Abertura simple	0.50 (m)

Vista en 3D

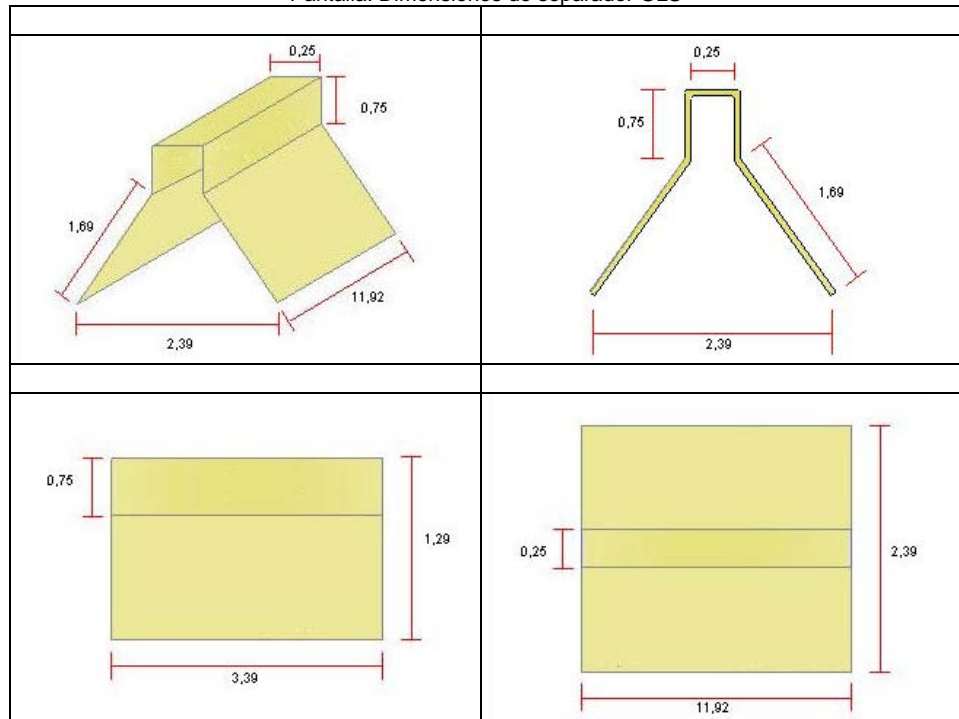
Imprimir

Siguiente Anterior Cancelar Ayuda

EL programa muestra las dimensiones del separador GLS. Por medio de las flechas ubicadas en la parte inferior de la imagen puede acceder a las dimensiones para las cuatro vistas del separador. Las cuatro vistas del separador GLS generadas por el programa se muestran a continuación.

UASBplant

Pantalla: Dimensiones de separador GLS

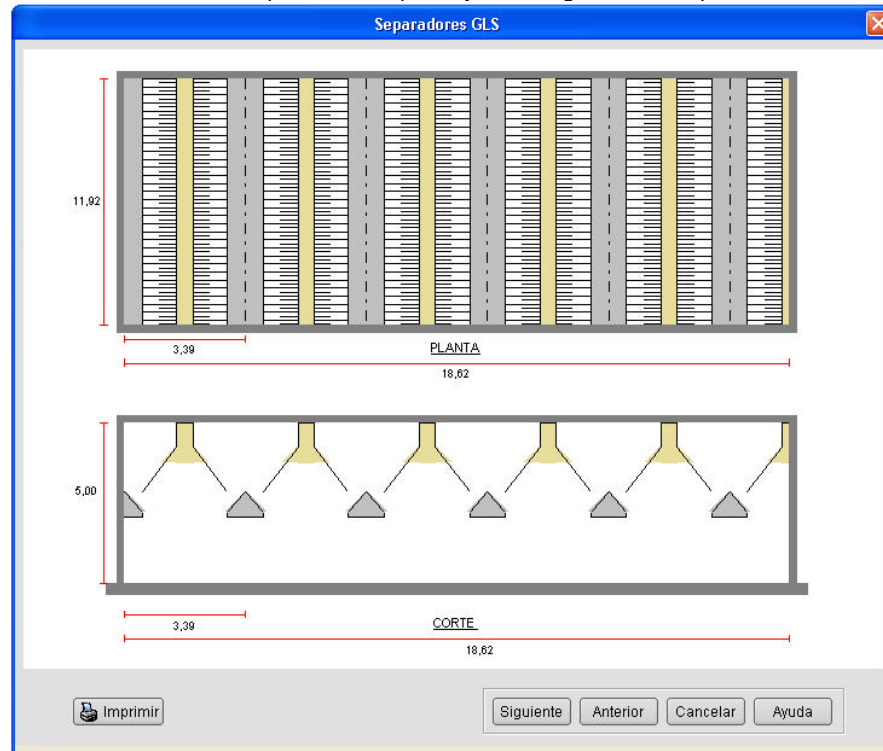


La pantalla siguiente muestra la optimización del número de separadores GLS. EL programa calcula el número óptimo en cumplimiento de las inclinaciones de las paredes ($>45^\circ$) del separador, el ancho de las aberturas de paso a la zona de clarificación, la tasa de liberación de biogás y la tasa de aplicación superficial en la zona de clarificación. El programa va variando la altura del canal de recolección de biogás de cada separador hasta alcanzar la inclinación adecuada de las paredes y el volumen requerido para la zona de clarificación. En caso de que no se cumpla la TLBG⁵, el usuario deberá agrandar o achicar el ancho del canal de recolección de biogás. Hay ocasiones en que le programa calcula $\frac{1}{2}$ separador. En caso de que el usuario, por razones constructivas no este de acuerdo con $\frac{1}{2}$ separador, puede variar el largo del digestor hasta que el programa calcule solo números enteros para los separadores.

⁵ TLBG = tasa de liberación de biogás

UASBplant

Pantalla: Implantación en planta y corte longitudinal de separadores GLS

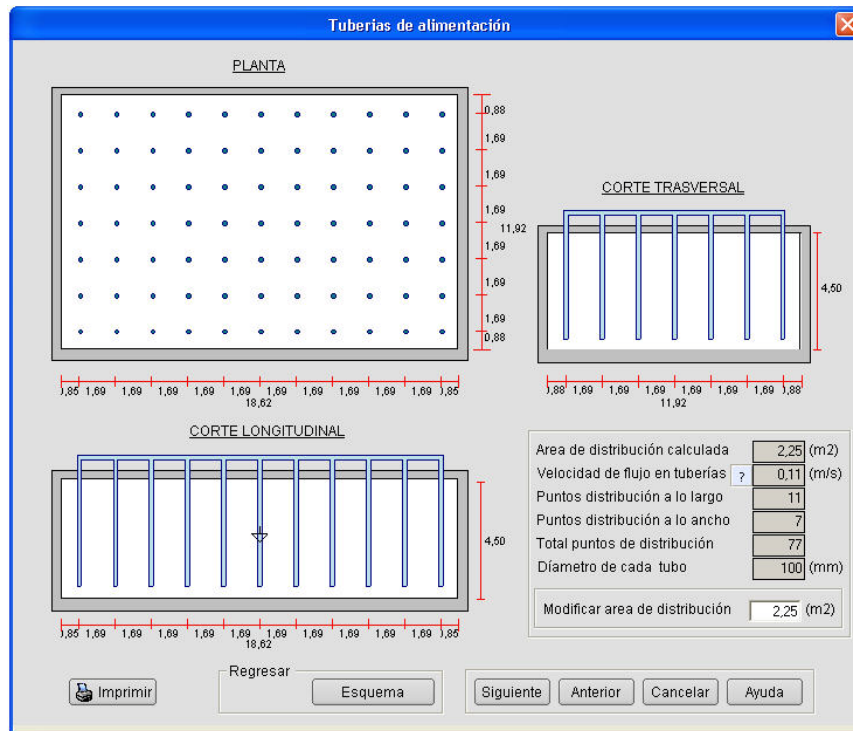


El trazado de las tuberías de alimentación sobre la losa del digestor es solo esquemático. En la práctica hay varias alternativas que se pueden utilizar para la alimentación del digestor. En caso que el usuario analice otras alternativas deberá mantener el número y el diámetro de tuberías de alimentación al fondo del digestor. La distribución sobre la losa del digestor puede realizarse por medio de canales abiertos o tuberías.

Pantalla: Deflectores y separador GLS

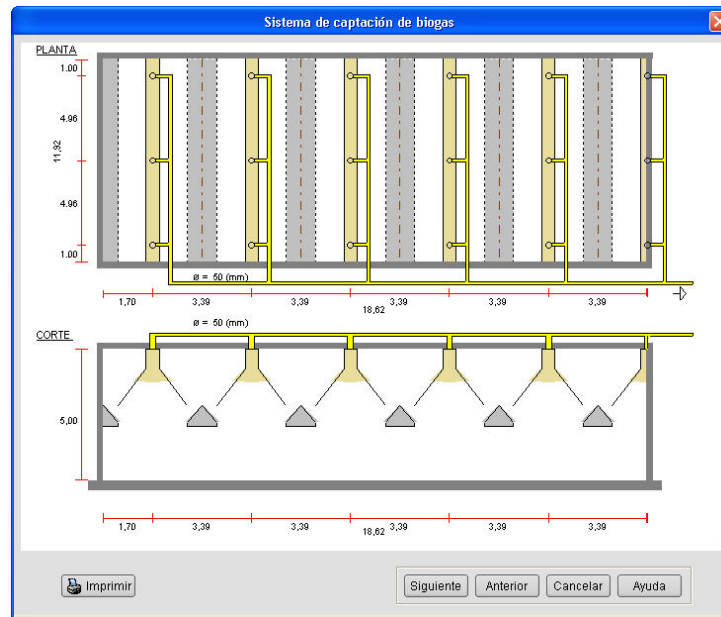
UASBplant

Pantalla: Implantación en planta y corte longitudinal tuberías de descarga



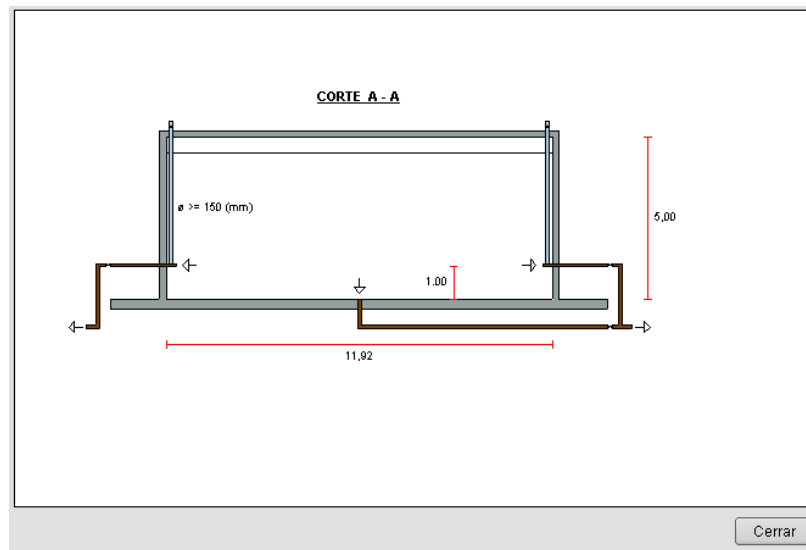
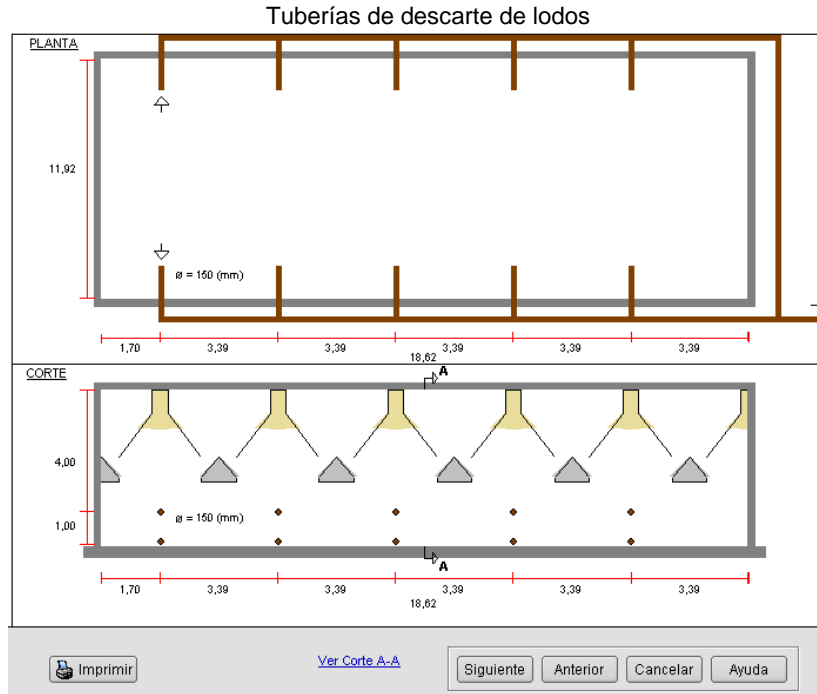
El programa realiza el dimensionamiento hidráulico de las tuberías de captación de biogás considerando una velocidad máxima de flujo de 3 (m/s). Sin embargo cuando el diámetro calculado es menor que 50 mm, asigna por defecto este valor.

Tuberías de captación de biogás



UASBplant

El diámetro de las tuberías de descarte de lodos es asignado por el programa por defecto en 150 mm. El diámetro mínimo que se debe utilizar es de 100 mm.



UASBplant

Resumen de dimensionamiento digestores UASB

El programa presenta un cuadro resumen donde se exponen los caudales, cargas orgánicas, parámetros hidráulicos de diseño y las dimensiones de los digestores. Presenta además las verificaciones para la carga orgánica volumétrica, carga hidráulica volumétrica, velocidades ascensionales y tasas de aplicación superficial. Incluye también el peso y volumen de lodos que se deben extraer del digestor.

En la práctica, el usuario deberá fijar las tandas de descarte de lodos de acuerdo a los requerimientos del proyecto y los espacios o áreas para la construcción de los lechos de secado de lodos. Es recomendable la extracción de lodos cada 3-4 semanas. Hay que tener en cuenta que siempre se debe dejar un mínimo del 20 % de lodos en el digestor.

En esta tabla también se presentan las dimensiones de los digestores, número de separadores GLS, y la cantidad de tuberías de distribución.

Pantalla: Resumen de dimensionamiento digestores UASB

Resumen de dimensionamiento digestores UASB

Datos básicos			
	Valor	Unidades	
Número de habitantes	0	(u)	
Caudal por habitante	0	(l.hab/d)	

Caudales			Totales	
Q	Doméstico	Industrial	(m3/d)	(l/s)
Qmin	1.500	0,00	1.500	17
Qmed	3.000	0,00	3.000	35
Qmax	6.000	0,00	6.000	69

Contaminantes		
Parámetro	(mg/l)	Cargas (kg/día)
Demanda química de oxígeno (DQO)	600	1.800
Demanda bioquímica de oxígeno	350	1.050
Nitrógeno amoniacal Kjeldahl (NTK)	50	150
Sólidos totales (ST)	1.000	3.000

Resultados del dimensionamiento		
Parámetro	Valor	Valor
TRH	8,00	Horas
Volumen total requerido	1.000	(m3)
Número de digestores	1	unidades

Dimensiones de cada digestor UASB		
Volumen	1.000	(m3)
Area	222	(m2)
Altura	4,5	(m)
Largo	18,62	(m)
Ancho	11,92	(m)
Número de tuberías distr.	77	unidades
Velocidad de flujo	0,11	(m/s)
Número de colectores GLS	5,50	unidades

Descarte de lodos		
Peso de lodo	324	(kgSST/d)
Volumen de lodo	8	(m3/d)

Verificaciones							
Tasa de aplicación superficial en clarificación		Cargas aplicadas			Velocidades ascensionales		Velocidades de paso a zona de clarificación
Q	(m/h)			unidades	Q	(m/h)	(m/s)
Qmin	-	COV	2,50	(kgDQO/m3.d)	Qmin	-	0,95
Qmed	0,65	CHV	3,00	(m3/m3.d)	Qmed	0,56	1,91
Qmax	1,49	TLBG	1,06	(m3/m2)	Qmax	1,13	3,81

Regresar

UASBplant

7.3. Dimensionamiento de biofiltros percoladores

El dimensionamiento de los biofiltros percoladores se basa en dos metodologías de diseño. Norma alemana ATV – DVWK A-281⁶), expuesta en el manual “Verfahren und Anlagen der Abwasserbehandlung” (Tratamientos y estructuras para tratamientos de aguas residuales) de la Universidad de Weimar – Alemania y en la norma y procedimientos de calculo expuestos en las normas del Nacional Research Council de USA (NRC) y en manual “Domestic wastewater treatment. Departments of the Army, the Navy and the Airs Force, August 1988.”

Por defecto el programa realiza el dimensionamiento por la norma alemana. En la misma pantalla el usuario puede realizar el dimensionamiento por la norma del NRC.

La norma alemana basa el dimensionamiento del biofiltro en la degradación de la carga orgánica DBO considerando una carga orgánica volumétrica entre 0,2 – 0,8 (kgDBO/m³.d).

El programa dimensiona el biofiltro y analiza los requerimientos de recirculación de caudal para el cumplimiento de la norma y de los parámetros de descarga, en particular de la carga orgánica DBO₅. Según la norma alemana la concentración DBO (mg/l) en el afluente al biofiltro debe ser <=150 (mg/l). El programa asigna un caudal de recirculación cuando la concentración DBO (mg/l) es mayor que 150 (mg/l).

Es recomendable que el área específica del material del medio filtrante (piedra pómez, trozos de ladrillo, o piedras de lava, etc.) sea de aproximadamente 80-100 m²/m³. Materiales plásticos con áreas específicas mayores tienden a taponarse y dificultar la circulación del agua residual.

Pantalla: datos de entrada y dimensionamiento biofiltro

Dimensionamiento biofiltro

Valores asumidos para el cálculo

Número de biofiltros:

	(m ³ /h)	(l/s)
Q min	63	17,36
Q med	125	34,72
Q max	250	69,44

	(mg/l)	(kg/d)
DBO efuente de UASB	88	528
Carga organica NTK	50	300

Reducción de nutrientes

Con reducción NTK: ?

Sin reducción NTK:

Metodo de cálculo

Norma alemana ATV-DVWK A-281: ?

Norma NRC-USA: ?

Parámetros de diseño norma alemana ATV

Carga organica volumetrica DBO: ? (kgDBO/m³.día)

Tasa de aplic. superf. para Qmax: ? (m³/m².d)

Tasa aplicación por NTK: ? (kgNTK/m³.día)

Medio filtrante: area volumetrica especifica: ? (m²/m³)

Coefficiente producción de lodos: ? (kgSST/kgDQOr.)

Resultados del cálculo, norma ATV

Volumen por carga DBO	1056	(m ³)
Volumen para desnitrificación (NTK)	1800	(m ³)
Volumen total	2.856	(m ³)
Volumen requerido para cada biofiltro	2.856	(m ³)
Area de cada biofiltro	600	(m ²)
Altura medio filtrante	4,76	(m)
Eficiencia de remoción DBO	77	(%)
DBO en efuente de biofiltro	21	(mg/l)
Eficiencia de remoción NTK	60	(%)
Producción de lodos	162	(kg/d)
Volumen de lodos	16	(m ³ /d)

Dimensiones de cada biofiltro

Diametro de cada filtro: (m)

Parámetros hidráulicos			
Q (m ³ /h)	CHV (m ³ /m ³ .d)	Tasa apl. sup. (m/h)	COV (kgDBO/m ³ .d)
63	0,53	0,11	0,13
125	1,05	0,21	0,25
250	2,10	0,42	0,50

⁶ <http://www.wwa-bt.bayern.de/abwasser/reinigen/tropfkoerper.htm>

UASBplant

Resultados del cálculo, norma ATV		Resultados del cálculo, norma NRC- USA	
Volumen por carga DBO	1056 (m3)	Factor de recirculación	0,08
Volumen para desnitrificación (NTK)	1800 (m3)	Caudal de recirculación requerido	19 (m3/h)
Volumen total	2.856 (m3)	DBO afluente después de recirculación	83,04 (mg/l)
Volumen requerido para cada biofiltro	2.856 (m3)	Volumen por carga DBO	1.320 (m3)
Area de cada biofiltro	600 (m2)	Volumen para desnitrificación (NTK)	1.800 (m3)
Altura medio filtrante	4,76 (m)	Volumen total	3.120 (m3)
Eficiencia de remoción DBO	77 (%)	Volumen requerido para cada biofiltro	3.120 (m3)
DBO en efluente de biofiltro	21 (mg/l)	Area de cada biofiltro	690 (m2)
Eficiencia de remoción NTK	60 (%)	Altura medio filtrante	4,52 (m)
Producción de lodos	162 (kg/d)	Eficiencia de remoción DBO	0 (%)
Volumen de lodos	16 (m3/d)	DBO en efluente biofiltro	50 (mg/l)
		Eficiencia de remoción NTK	60 (%)
		Producción de lodos	91 (kg/d)
		Volumen de lodos	9 (m3/d)

Pantalla: selección de condiciones operacionales Norma NRC

Reducción de nutrientes Con reducción Sin reducción

Metodo de cálculo: **Norma alemana** / **Norma NRC-L**

Dimensiones	Condiciones operacionales				
	Carga baja	Carga intermedia	Carga alta	Carga super alta	Carga elevada
Tasa de aplicación superficial (m/d)	1 - 4	4 - 10	10 - 40	15 - 90	60 - 180
Carga orgánica volumétrica [(kgDBO/m3.día)	0.08 - 0.4	0.24 - 0.5	0.30 - 1.0	0.30 - 1.0	1.0 - 8.0
Area específica medio filtrante (m2/m3)	80	80 - 100	100 - 150	200	200 - 250

Parámetros de diseño norma NRC - USA

Condiciones operacionales: **Carga intermedia**

Carga organica volumetrica DBO: 0,4 (kgDBO/m3.día)

Tasa de aplicación superficial: 10 (m3/m2.d)

Tasa de aplicación por NTK: 0,1 (kgTNK/m3.d)

Area especifica medio filtrante: 80 (m2/m3)

Coefficiente producción de lodos: 0,80 (kgSST/kgDQOr.)

Parámetros hidráulicos			
Q (m3/h)	CHV (m3/m3.d)	Tasa apl. sup.(m/h)	COV (kgDBO/m3.d)
63	0,53	0,11	0,13
125	1,05	0,21	0,25
250	2,10	0,42	0,50

Pinchando el botón “calculo hidráulico” el programa muestra la tasa de aplicación superficial para diferentes rangos de caudal comprendidos entre Qmin y Qmax.

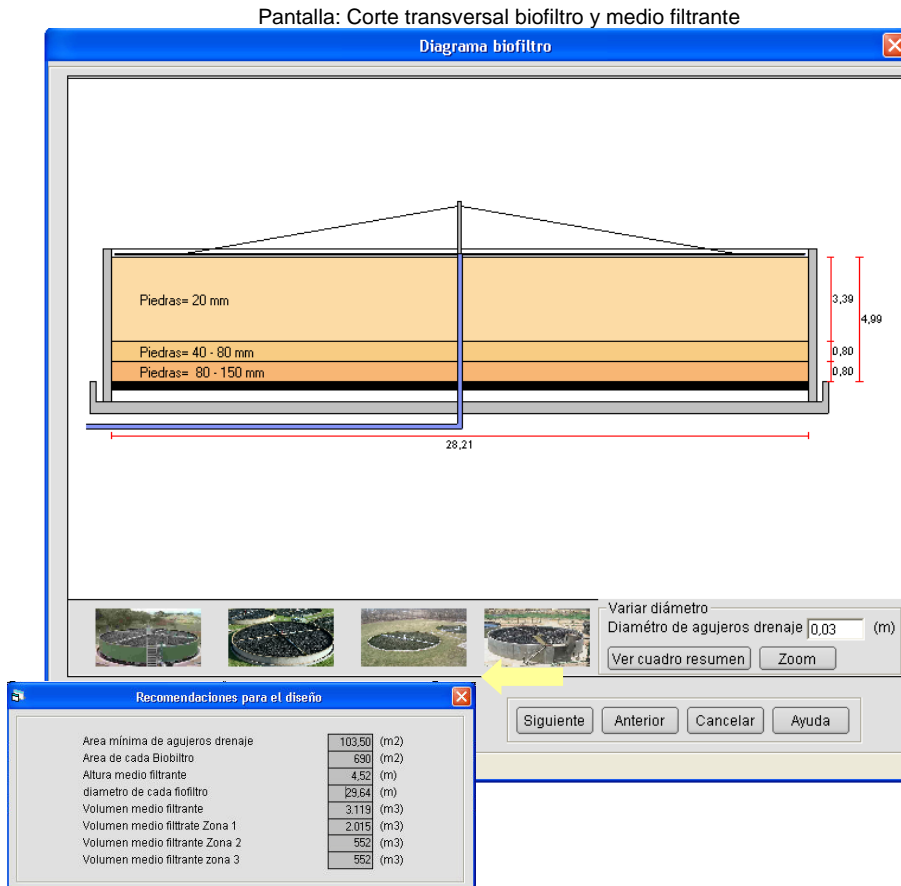
A continuación el programa muestra el dimensionamiento a escala del biofiltro, la altura del medio filtrante, recomienda una estructura de filtros, dimensiona los agujeros de drenaje y los orificios de ventilación. El usuario puede cambiar estos valores dentro de ciertos rangos que son controlados por el programa.

El programa muestra en esta pantalla los caudales de recirculación desde el clarificador hacia el biofiltro en caso de que sea necesario. Según norma ATV-281 el efluente al biofiltro debe mantener una concentración de DBO₅ <= 150 (mg/l) para garantizar una operación y descontaminación efectiva.

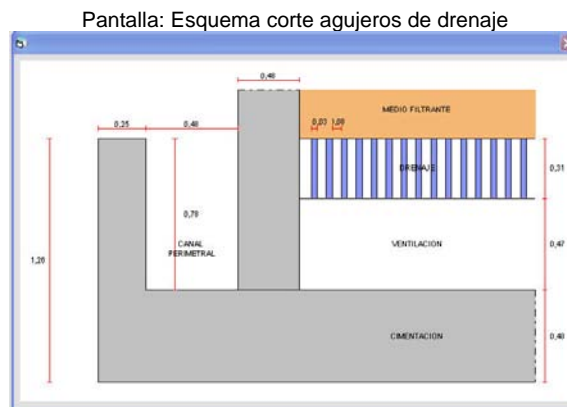
La norma NRC ⁷⁾ siempre asigna un caudal de recirculación.

⁷⁾ Domestic wastewater treatment. Departments of the Army, the Navy and the Airs Force, August 1988

UASBplant

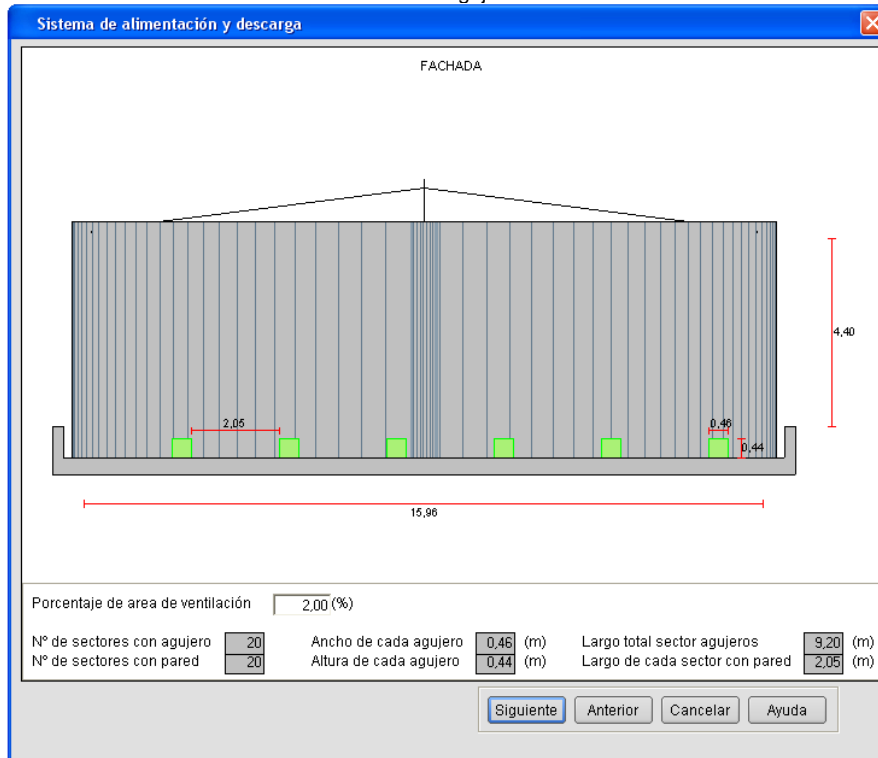


El programa hace el cálculo de los requerimientos mínimos de de área de agujeros para la losa de soporte del medio filtrante y presenta un esquema para la ubicación de los agujeros de drenaje. En caso que el usuario utilice para la construcción del digestor soportes prefabricados deberá tomar en cuenta que se mantengan las áreas mínimas para los agujeros de drenaje. Para biofiltros pequeños es común que los agujeros de drenaje se construyan con pedazos de tubo incrustados en la losa de soporte.

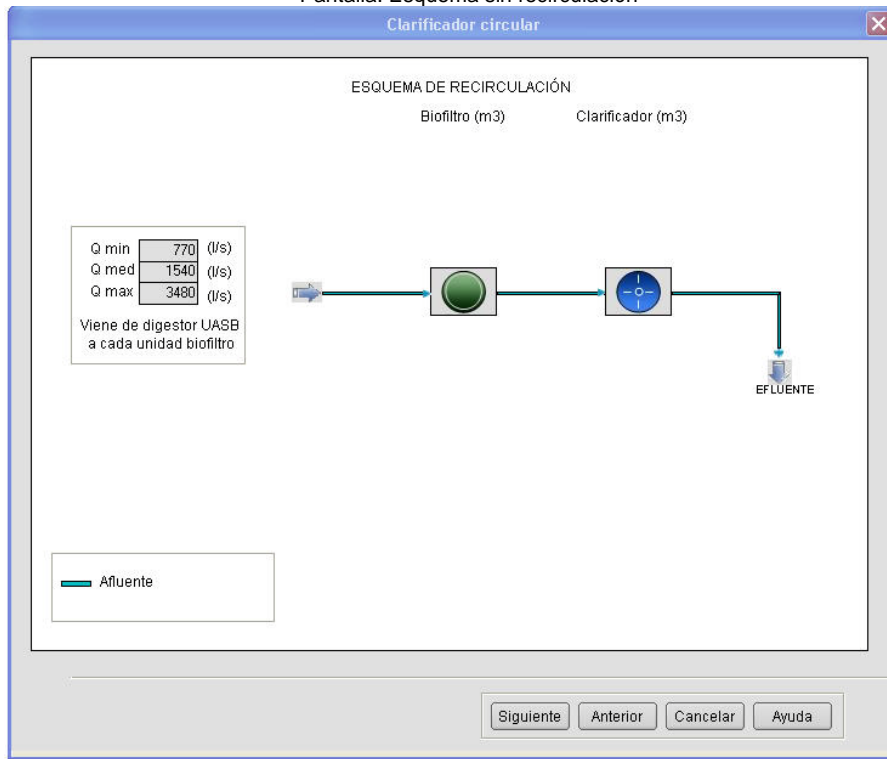


UASBplant

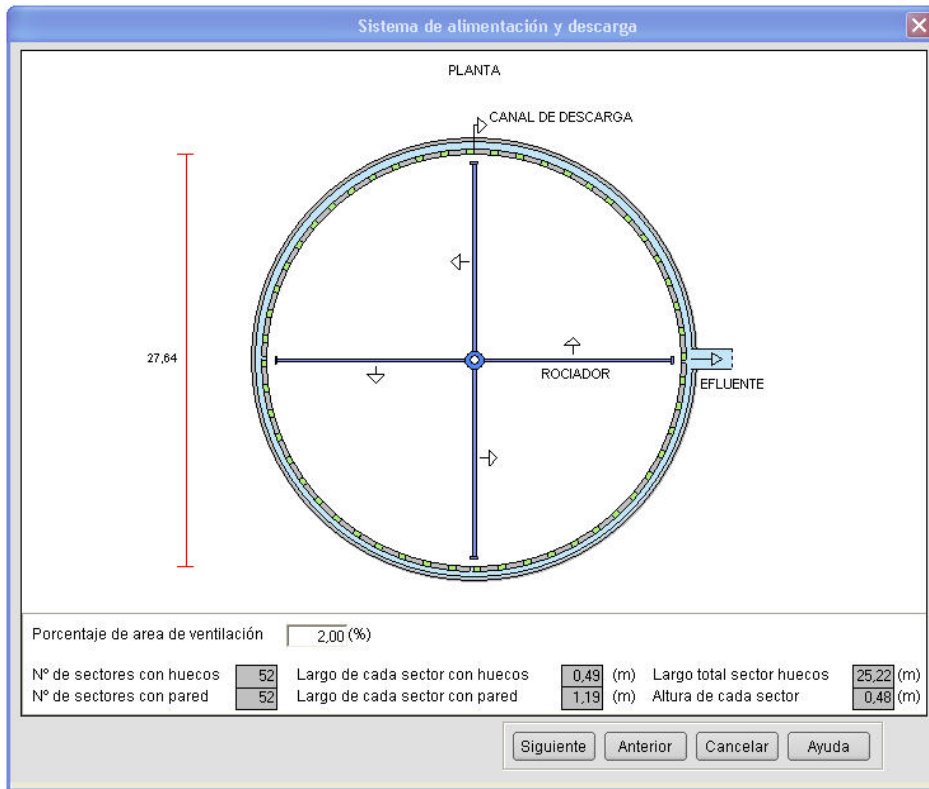
Pantalla: Fachada con agujeros de ventilación



Pantalla: Esquema sin recirculación



UASBplant



7.4. Dimensionamiento de tanques de clarificación

El programa asigna por defecto el mismo número de clarificadores igual al número de biodigestores. En la práctica, el número de digestores debe ser mayor al número de biofiltros. De esta manera se pueden realizar tareas de mantenimiento. El usuario puede variar el número de clarificadores de acuerdo a su experiencia y requerimientos. Permite la selección entre un clarificador rectangular y un circular.

El dimensionamiento se lo realiza en base a la tasa de aplicación superficial y se basa en las ecuaciones y lineamientos expuestos en el manual "Abwasserbehandlung" (tratamientos de aguas residuales) del Dr. Ing. J. Londong de la Universidad Bauhaus Weimar de Alemania. El manual en idioma alemán se puede bajar de <http://www.uni-weimar.de/cms/Publikationen.1398.0.html>

Pantalla: Dimensionamiento del tanque de clarificación

Valores asumidos para el cálculo

Número de clarificadores: 1

DBO afluente al clarificador: 50,00 (mg/l)

Norma DBO efluente de clarificador: 50 (mg/l)

Factor de recirculación: 0,05

	(m3/h)	(l/s)
Q min	65,63	18,23
Q med	131,25	36,46
Q max	262,50	72,92

Parámetros de diseño

Tasa de aplicación superficial: 30 (m3/m2.d)

Tiempo de retención hidráulica: 2 (h)

Forma geométrica

Rectangular:

Circular:

Relacion largo/ancho: 8

Borde libre: 0,50 (m)

Resultados del cálculo

Volumen total requerido: 551 (m3)

Area total requerida: 221 (m2)

Volumen de cada clarificador: 551 (m3)

Area: 221 (m2)

Pozo de lodos

Volumen pozo de lodos: 9 (m3)

Produccion de lodos BF: 5,50 (m3/d)

Retorno de lodos a digestor UASB cada: 39,26 (horas)

Dimensiones clarificador rectangular

Largo: 42,00 (m)

Ancho: 5,25 (m)

Profundidad media: 2,50 (m)

Parámetros hidráulicos				
Q (m3/h)	V (cm/s)	Fr * 1000	Tasa apl. sup. (m/h)	TRH (h)
65,63	0,139	0,044	7,50	8,00
131,25	0,278	0,088	15,00	4,00
262,50	0,556	0,177	30,00	2,00

Regresar

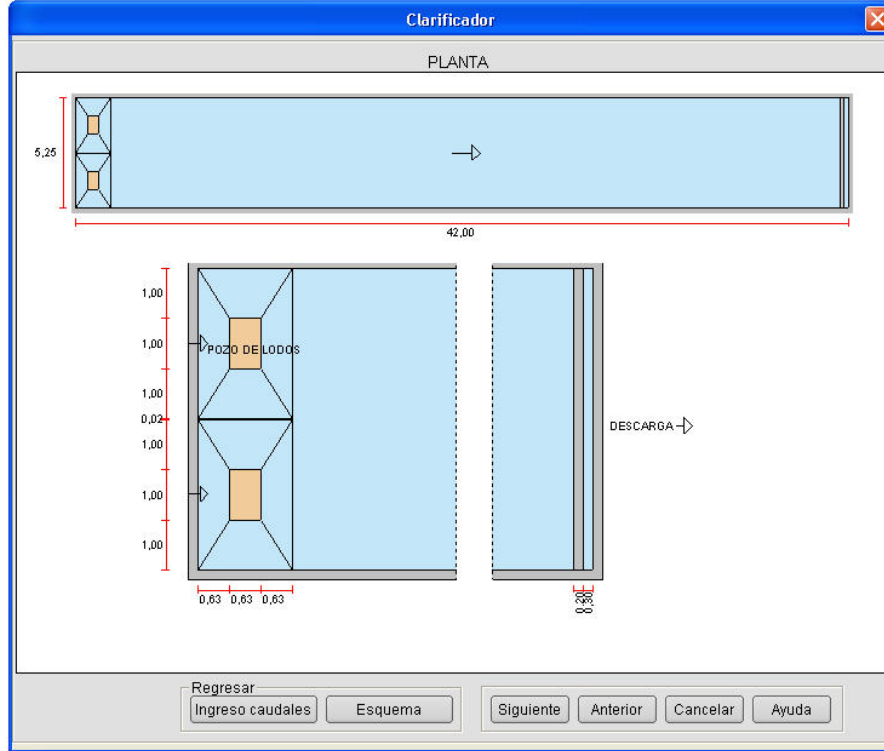
Ingreso caudales Esquema Siguiente Anterior Cancelar Ayuda

El programa asigna la carga de aplicación superficial por defecto y puede ser variada por el usuario dentro de ciertos rangos que son controlados por el programa. De esta manera el usuario no podrá cometer errores al asignar estos valores.

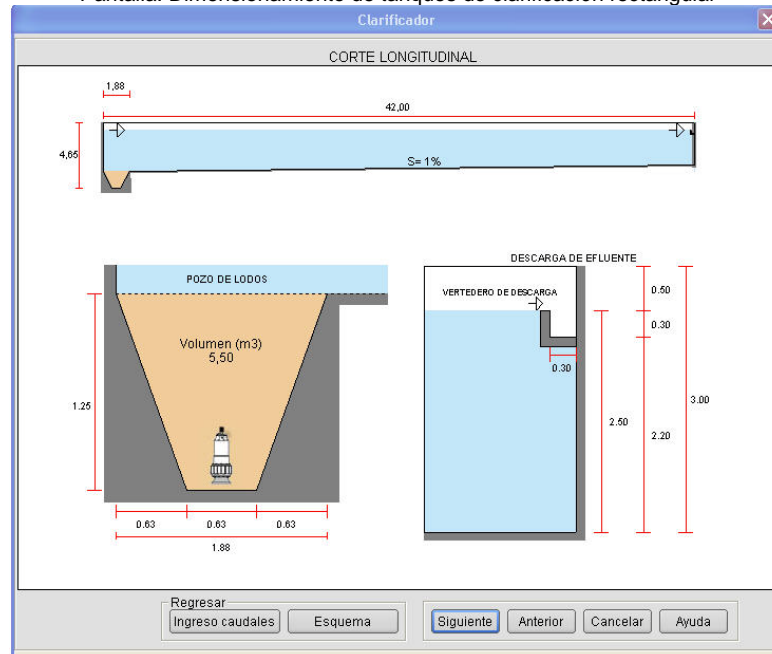
EL programa calcula el pozo de lodos. El número de tolvas (pozo de lodos) es optimizado por el programa, controlando las inclinaciones permisibles de las paredes de los pozos. El programa dimensiona y diseña toda la estructura.

UASBplant

Pantalla: Dimensionamiento de tanques de clarificación rectangular

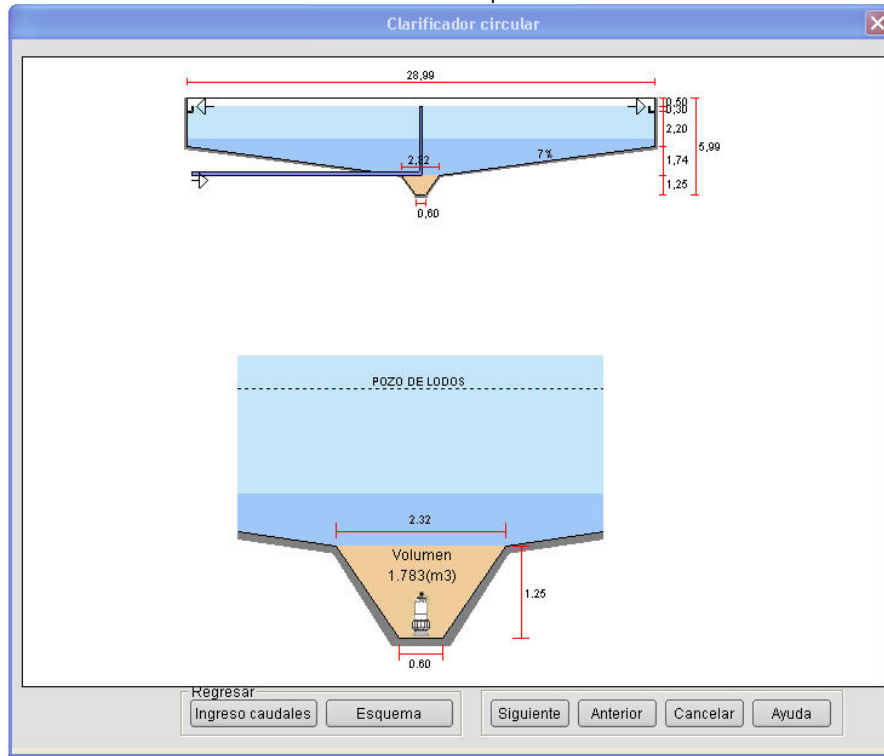


Pantalla: Dimensionamiento de tanques de clarificación rectangular



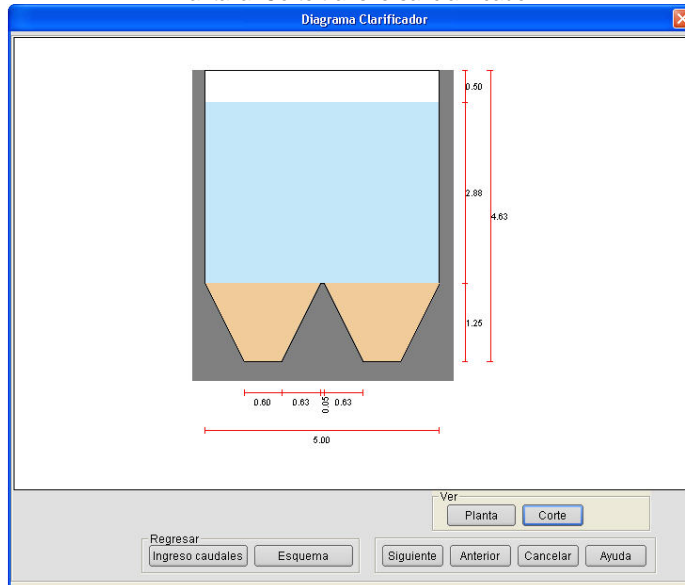
UASBplant

Pantalla: Dimensionamiento de tanques de clarificación circular



A continuación el programa dibuja a escala el tanque de clarificación con su respectivo pozo para la retención de sedimentos y lodos. Estos lodos se bombean al tanque UASB. El efluente del clarificador se conduce al los sistemas de desinfección en caso que la norma así lo requiera.

Pantalla: Corte transversal clarificador



7.5. Dimensionamiento lechos de secado de lodos

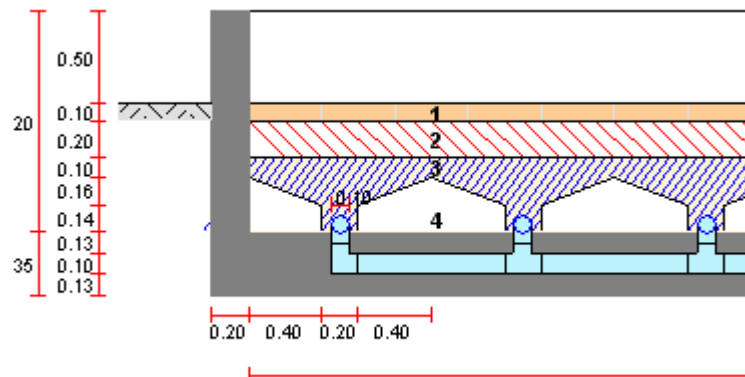
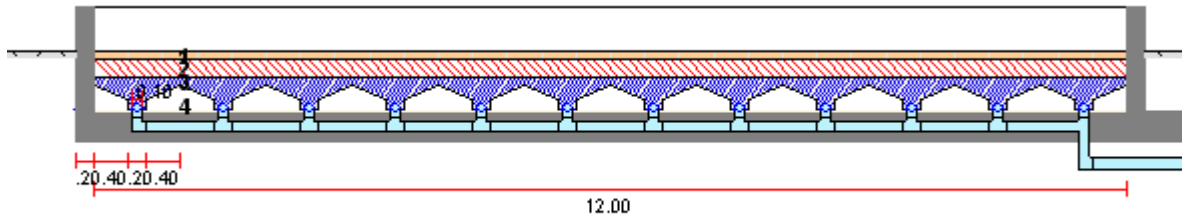
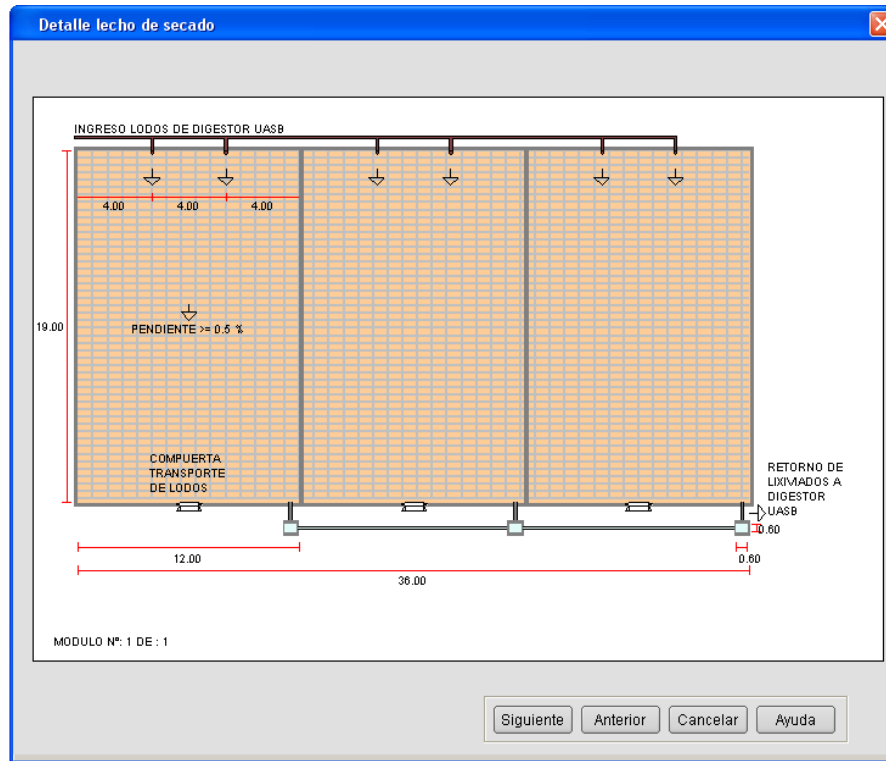
El programa permite el dimensionamiento y diseño esquemático de los lechos de secado de lodos. El dimensionamiento se lo realiza tomado en cuenta los intervalos en la descarga de lodos, el volumen de descarga y las eficiencias del lecho de secado. El dimensionamiento debe considerar también otros factores como ubicación geográfica del proyecto, precipitación, tasa de evaporación, etc. Todas las metodologías de cálculo existentes se basan en datos empíricos o en resultados de plantas piloto desarrolladas en el Brasil. Para la correcta interpretación de los resultados, se recomienda verificar los procedimientos para el dimensionamiento de los lechos de secado en la siguiente literatura ⁸). En la pantalla siguiente se presentan los resultados del diseño y dimensionamiento

La siguiente pantalla muestra la vista en planta de un lecho de secado de lodos. En la parte superior se indican las tuberías (numero mínimo) para la descarga de lodos. Se debe prever una tubería de descarga por cada 10 m de largo de celda. En la parte inferior se indica la ubicación de las compuertas de acceso para el transporte de lodos. EL ancho mínimo de cada compuerta es de 0.80 m. Se debe prever una rampa para el acceso a los lechos a través de estas compuertas.

Esta pantalla tiene una opción zoom para el acercamiento a las tuberías de drenaje y medio filtrante y la impresión de los diseños.

⁸ Tratamento e destino final do lodo gerado em reatores anaerobios. Tratamento de esgotos sanitarios por preceso anaerobio e disposicao controlada bo solo, Universidad Minas Gerais, Brasil, 1999

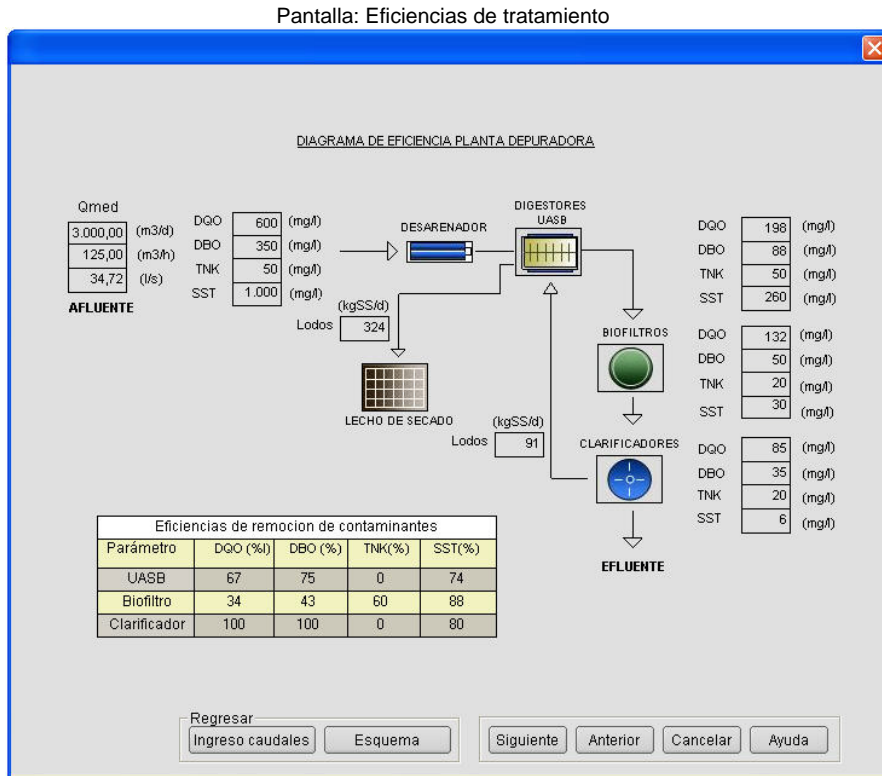
UASBplant



UASBplant

7.6. Diagrama eficiencias de tratamiento

En esta pantalla se muestra las eficiencias de tratamiento de todo el sistema de depuración. En base a este diagrama el usuario puede realizar ajustes al dimensionamiento, ampliando o reduciendo el numero o tamaño de las unidades de tratamiento como digestores UASB, biofiltros o clarificadores.



Para el dimensionamiento del biofiltro el programa asume como cargas orgánicas, los efluentes del digestor UASB. Este el caso de los parámetros de diseño que se utilizan para el dimensionamiento del biofiltro como DBO.

UASBplant

7.7. Resumen de estructuras y costos de construcción

Previo a cálculo de los costos de construcción, el usuario deberá ingresar en las pantallas respectivas bajo Presupuestos, al inicio del programa, las dimensiones aproximadas de las estructuras y los costos unitarios de construcción. Para el caso de los digestores UASB se deberá indicar en la pantalla si los separadores GLS se construirán en hormigón armado o en acero inoxidable, También puede elegir una opción para la losa de cimentación del digestor UASB indicando si esta tiene un talón alrededor de todo el tanque. El talón incide en los costos de construcción.

UASBplant (programa para dimensionamiento)

Archivo Asistente Presupuesto Ayuda

Dimensiones

Resumen de estructuras

ESTRUCTURA	Unidades	Dimensiones					Volumen unitario (m3)	Volumen total(m3)
		Largo(m)	Ancho(m)	Diam.(m)	Prof. (m)	Altura(m)		
Cribado	1	-	0,38	-	-	-	-	-
Desarenador	2	10,00	0,50	-	0,59	-	-	-
Digestores UASB	1	18,62	11,92	-	-	5,00	1.000	1.000
Biofiltros	1	-	-	27,64	-	4,76	2.856	2.856
Clarificadores	1	40,00	5,00	-	2,50	-	500	500
Lechos de secado	1	26	39	-	-	-	-	-

Parámetros hidráulicos

ESTRUCTURA	COV (kgDQO/m3.d)	COV (kgDBO/m3.d)	CHV (m3/m3.d)	Tasa apl. sup.(m3/m3.d)	Vel. flujo (/s)	Carga suprf. (kgST/m2)
Desarenador	-	-	-	-	1,00	-
Digestores UASB	1,80	-	3,00	-	-	-
Biofiltros	-	0,50	-	10,00	-	-
Clarificadores	-	-	-	30,00	-	-
Lechos de secado	-	-	-	-	-	15,00

COV= carga orgánica volumétrica
CHV= carga hidráulica volumétrica

Regresar

Ingreso caudales Esquema Siguiete Anterior Cancelar Ayuda

UASBplant

Resumen hidráulico				
Costos aproximados de construcción por unidad				
Cribado - desarenador	Unidad	Cantidad	Precio unitario(US\$)	Subtotal (US\$)
Excavación	(m3)	18,20	15,00	273,00
Hormigón	(m3)	24,78	100,00	2.478,00
Hormigón simple relleno	(m3)	8,26	60,00	495,60
Hierro estructural	(kg)	1.486,80	1,20	1.784,16
Encofrado	(m2)	23,01	5,00	115,05
Enlucido	(m2)	29,01	8,00	232,08
Rejillas	(m2)	0,32	200,00	63,84
Compuertas	(m2)	0,59	150,00	88,50
Subtotal				5.183,10
Digestor UASB	Unidad	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Subtotal (US\$)
Excavación	(m3)	351,49	15,00	5.272,34
Hormigón	(m3)	242,65	100,00	24.265,43
Hierro estructural	(kg)	14.559,26	1,20	17.471,11
Encofrado	(m2)	1.350,13	5,00	6.750,65
Enlucido	(m2)	2.037,64	8,00	16.301,15
Separadores GLS	(m2)	-	-	-
Tuberías captación biogás	global	72,12	15,00	1.081,74
Tuberías de alimentación	(m)	442,75	12,00	1.081,74
Tuberías descarte de lodos	global	13,75	15,00	2.956,25
Tuberías de descarga	(m)	333,76	10,00	3.337,60
Subtotal				77.436,27

Nota:
Los volúmenes de obra contienen rubros para paredes, losa de cimentación, losa de cubierta, separadores GLS, deflectores, tuberías de alimentación, de descarga, descarte de lodos y captación de biogás.

Material de separadores GLS en: [hormigón armado - volúmenes de obra incluidos](#)

Regresar

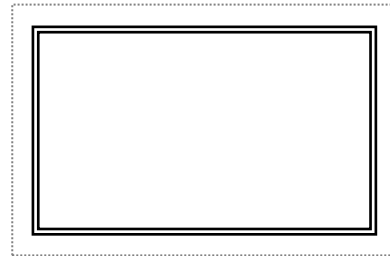
UASBplant

PLANTA

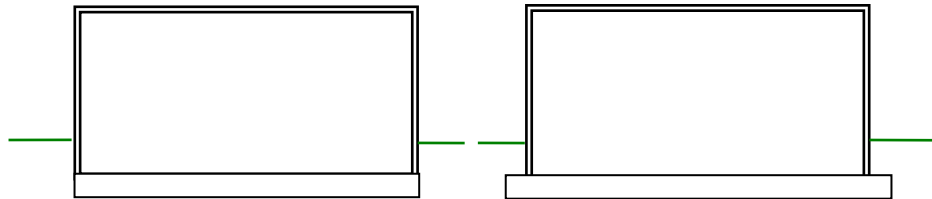
Cimentación de digester sin talón



Cimentación de digester con talón



CORTE TRANSVERSAL



8 DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE PLANTAS COMPACTAS

El módulo principal del programa permite el cálculo y diseño de plantas depuradoras para caudales de 100 hasta 20.000 (m³/d). Por razones económicas o de espacio es necesario en ocasiones el diseño de plantas depuradoras compactas que incorporen en una sola unidad el digestor UASB y biofiltro. El diseño de las plantas compactas se realiza siguiendo los mismos criterios que para las plantas de mayor capacidad o tamaño.

Este módulo “**plantas compactas**” dimensiona y diseña plantas compactas para caudales desde 20 – 100 (m³/d). El programa selección automáticamente este modulo cuando el usuario ingresa caudales <= 100 (m³/d).

Parámetros de diseño digestor UASB

Altura útil	?	4,50	(m)
Borde libre	?	0,45	(m)
Carga organica permisible (DQO)	?	2,50	(kgDQO/m ³ .d)
Coefficiente de producción de sólidos	?	0,18	(kg SST/kgDQO)
Concentraciones en lodo de descarte	?	4,00	(%)
Densidad de lodo	?	1020	(kg SST/m ³)

Parámetros de diseño digestor UASB

	(l/s)	(m ³ /h)	(m ³ /d)
Qmin	2,89	10,42	250
Qmed	5,79	20,83	500
Qmax	11,57	41,67	1.000

Tiempo de retención hidráulica (TRH) ? 12,13 (h)

Resultados de cálculo digestor UASB

Volumen de digestor	252,61	(m ³)
Area total requerida	37,03	(m ²)
Altura total	4,95	(m)
Largo	6,84	(m)
Ancho	8,20	(m)

Verificaciones

Carga org. vol. para Qmed (COV)	?	1,19	(kgDQO/m ³)
Carga org. vol. para Qmax (COV)	?	2,38	(kgDQO/m ³)
Carga hidr. vol. para Qmed (CHV)	?	1,98	(m ³ /m ³ .d)
Carga hidr. vol. para Qmax (CHV)	?	3,96	(m ³ /m ³ .d)
Velocidad ascensional para Qmed	?	0,56	(m/h)
Velocidad ascensional para Qmax	?	1,13	(m/h)

Zona de clarificación

Velocidad de paso por aberturas a zona clarificación

Velocidad de paso para Qmed	?	1,41	(m/h)
Velocidad de paso para Qmax	?	2,82	(m/h)

Tasa de aplicación superficial en zona de clarificación

Tasa para Qmed	?	0,43	(m/h)
Tasa para Qmax	?	0,85	(m/h)

Volumen zona de clarificación

Volumen zona de clarificación	48,49	(m ³)	
Volumen zona de clarificación	?	19,20	(%)

Siguiente Anterior Cancelar Ayuda

En esta pantalla el usuario ingresa los parámetros para el dimensionamiento del digestor UASB

Parámetros de diseño digestor UASB			
Altura útil	?	4,50	(m)
Borde libre	?	0,45	(m)
Carga organica permisible (DQO)	?	2,50	(kgDQO/m ³ .d)
Coefficiente de producción de sólidos	?	0,18	(kg SST/kgDQO)
Concentraciones en lodo de descarte	?	4,00	(%)
Densidad de lodo	?	1020	(kg SST/m ³)

Altura útil: altura máxima de nivel de agua en el digestor, fluctúa entre 4-6 (m)

Borde libre: altura o espacio entre el nivel máximo de agua en el digestor y la losa de cubierta, fluctúa entre 0,30-0,50 m.

UASBplant

Carga orgánica DQO (kgDQO/m³.d): carga orgánica permisible para carga del digestor. Influencia considerablemente el tamaño del digestor, el TRH y la eficiencia de remoción. Fluctúa entre 1-15 (kgDQO/m³.d). La selección de este parámetro deber realizarse muy concienzudamente. Parámetros muy elevados ocasionan una sobrecarga del digestor y una reducción del grado de eficiencia.

Esta es la carga orgánica máxima DQO que puede soportar el digestor para su óptimo funcionamiento. Usualmente este valor debe estar entre 1,0 - 3, 5 (kgDQO/m³.d). Los valores promedio son de aproximadamente 2,5 (kgDQO/m³.d). Sin embargo hay sistemas industriales que se diseñan para cargas mayores de hasta 15 (kgDQO/m³.d). Este es el caso para el tratamiento de vinazas resultantes de la producción de alcohol. Cuando se dimensionen para estas cargas elevadas se deben incorporar sistemas de agitación CSTR en los digestores.

Coeficiente de producción de sólidos: El coeficiente de producción de sólidos en términos de DQO indica el volumen de lodos que se espera por la degradación de 1 kg DQO. Este valor fluctúa entre 0,10-20 (kgSST/kgDQO)

Concentraciones en lodo de descarte; indica el porcentaje de sólidos que contiene el lodo de descarte, este valor fluctúa entre 2-5%.

La densidad de lodo indica el peso específico del lodo de descarte; fluctúa entre 1020-1040 (kgSST/m³)

Los parámetros de diseño para el dimensionamiento del digestor son calculados por el programa. EL tiempo de retención hidráulica es calculado en base a la concentración del afluente, a la carga orgánica permisible por m³ de digestor y a la temperatura del afluente. Este valor no puede ser variado por el usuario.

En el área "resultados de cálculo digestor UASB" se indica el volumen necesario para el digestor UASB, las dimensiones del digestor y las verificaciones para determinar si se cumplen los parámetros de diseño. En los botones de ayuda para cada valor calculado se indican los rangos de cada valor.

El programa optimiza automáticamente las dimensiones del digestor para cumplir con los valores permisibles de COV y CHV.

Zona de clarificación	
Velocidad de paso por aberturas a zona clarificación	
Velocidad de paso para Qmed	1,41 (m/h)
Velocidad de paso para Qmax	2,82 (m/h)
Tasa de aplicación superficial en zona de clarificación	
Tasa para Qmed	0,43 (m/h)
Tasa para Qmax	0,85 (m/h)
Volumen zona de clarificación	48,49 (m ³)
Volumen zona de clarificación	19,20 (%)

En esta pantalla se indican las verificaciones que realiza el programa para la velocidad de paso por las aberturas hacia la zona de clarificación y las tasas de aplicación superficial. Todos estos valores son optimizados por el programa para no sobre pasar los valores máximos.

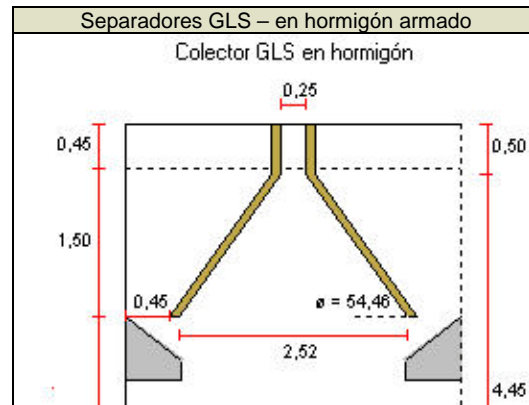
En la pantalla siguiente se indica las dimensiones para el separador GLS. El programa optimiza el ancho de cada separador, teniendo en cuenta que las dimensiones sean adecuadas para cumplir con los parámetros de diseño (tasa de liberación de biogás, inclinación de paredes del separador, volumen de zona de clarificación, etc.)

En la parte superior derecha de la pantalla y pinchando las flechas izquierda – derecha se ven las dimensiones del separador desde varios lados.

Para caudales ≤ 100 (m³/d). El programa dimensiona y diseña el separador en acero inoxidable, con un espesor mínimo de 3 mm. Se adopta estas medidas debido que el separador de hormigón (espesor de paredes de mas de 10 cm) ocuparía mucho espacio. Sin embargo el usuario puede construir el separador siempre en hormigón armado.

El separador en acero inoxidable forma el canal de liberación de biogás en una sola pieza, mientras que el separador en hormigón utiliza la loza del tanque como parte del canal. Esto se puede apreciar en el cuadro siguiente.

UASBplant



Form3

Dimensiones separador GLS

Número de separadores GLS	2,00
Ancho colector de biogas	0,25 (m)
Ancho de la campana GLS	2,52 (m)
Altura canal colector de gas	0,50 (m)
Largo de cada compartimiento	6,84 (m)
Ancho de cada compartimiento	3,42 (m)
Inclinación paredes laterales GLS	54,46 (°)
Abertura simple	0,45 (m)
Tasa de liber. de biogas (Qmed)	0,64 (m ³ /m ³ .h)
Tasa de liber. de biogas (Qmax)	1,27 (m ³ /m ³ .h)

Colector GLS en hormigón

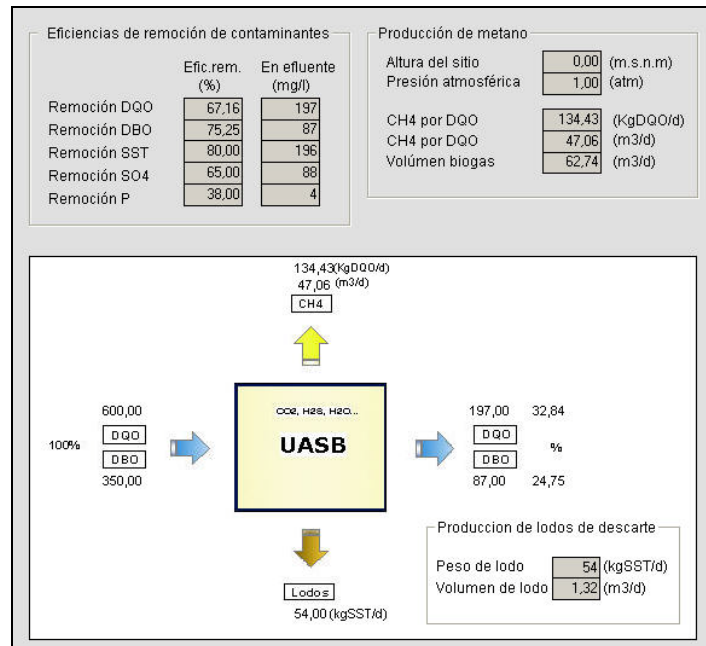
SEPARADORES GLS

DEFLECTOR

Siguiente Anterior Cancelar Ayuda

En la pantalla siguiente se muestran los resultados de eficiencias de remoción de DQO y DBO y los resultados de cálculo para la cantidad de biogás y lodo de descarte que se producen en el digestor. Las eficiencias de remoción de contaminantes se calculan en base a las ecuaciones expuestas en el capítulo 12.

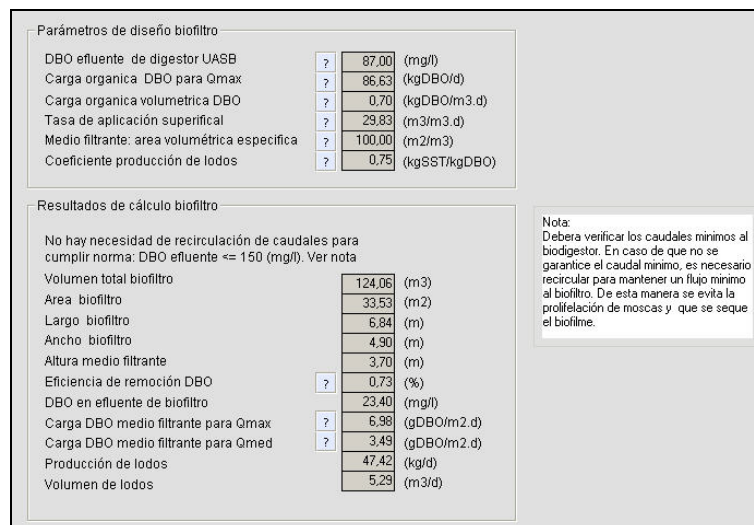
UASBplant



Dimensionamiento y diseño de biofiltro

El programa dimensiona y diseña el biofiltro asumiendo por silo los valores máximos para la tasa de aplicación superficial y para la carga orgánica volumétrica. Estos valores son optimizados para que queden dentro de los rangos preestablecidos. Para la carga superficial 30 (m3/m2.d) y 1 (kgDBO/m3.d) para la carga orgánica. El usuario no puede variar estos parámetros.

El programa calcula el caudal de recirculación necesario para cumplir la norma alemana ATV-281 que limita la concentración DBO a 150 (mg/l) en el afluente al biofiltro.

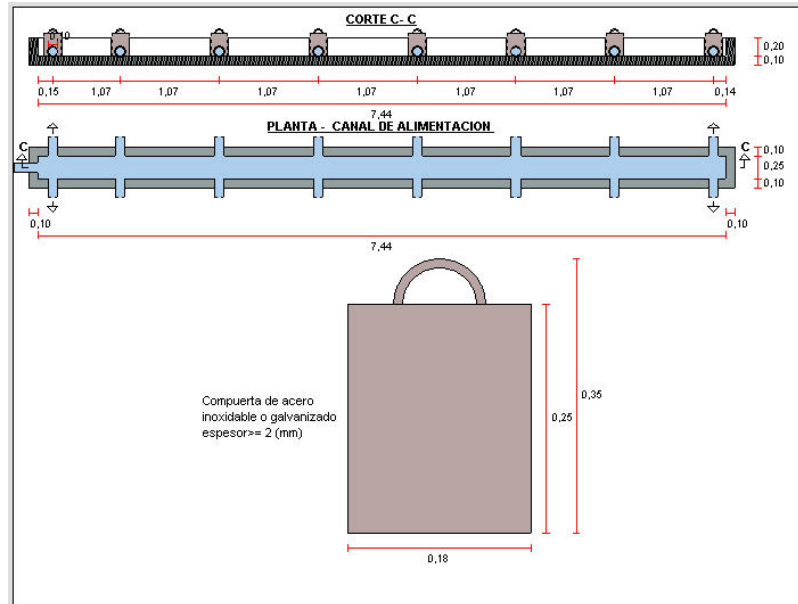
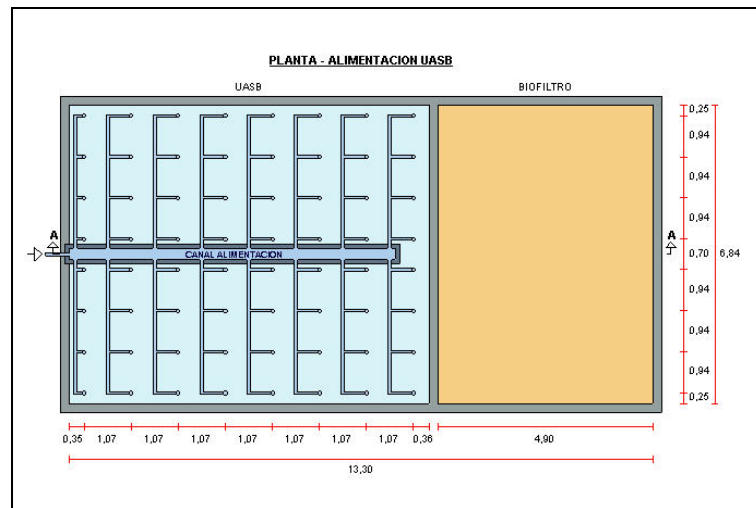


El volumen de lodos que se producen en el biofiltro se estima en base a la carga orgánica aplicada. Estos lodos son descartados en el efluente del biofiltro hacia el tanque de clarificación.

UASBplant

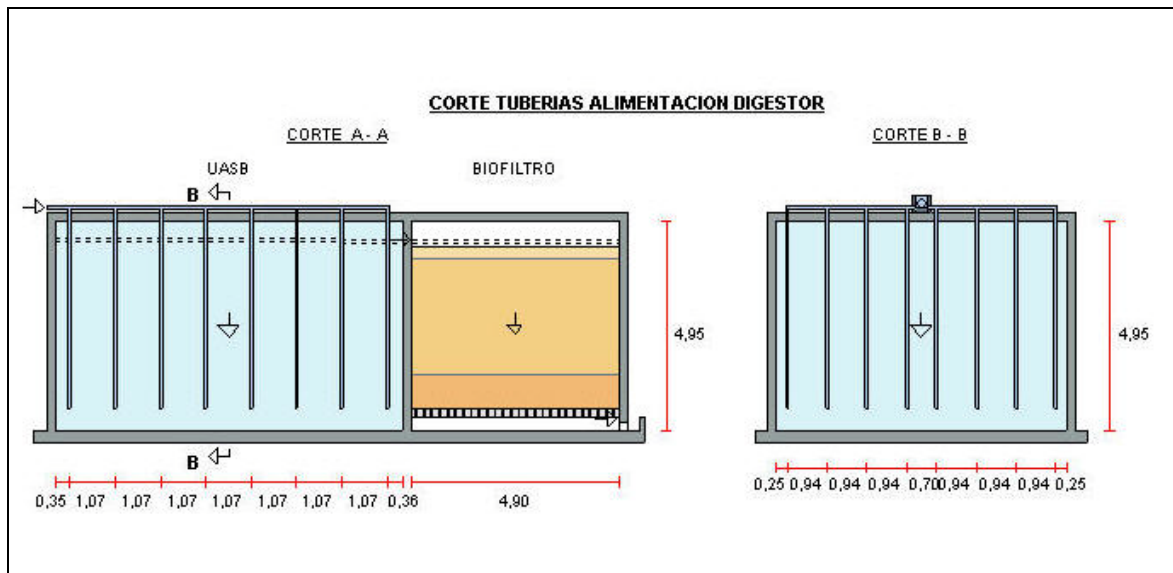
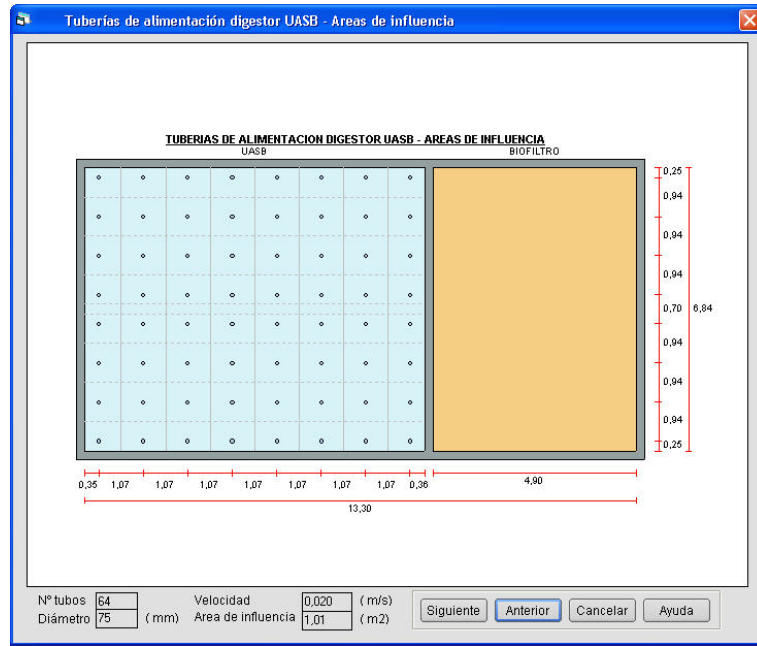
Pantalla: sistema de distribución - tuberías de alimentación

En esta pantalla se dimensiona y diseña todo el sistema de alimentación al digestor UASB. El programa dimensiona el canal de distribución y determina el número mínimo de tuberías de alimentación. Asume un diámetro de 70 (mm) para las tuberías de distribución. Indica también la separación de las tuberías de alimentación. Para el diseño de estas tuberías y la forma como se sujetan al fondo del digestor se debe referir al capítulo 12 de este manual.



Esta pantalla muestra el detalle del canal de alimentación y las compuertas de regulación para cada tubería. Las compuertas recomendadas por el programa son sistema “sube-baja”, sencillas en su operación. Este es un sistema recomendado por el programa, el usuario puede adoptar sistemas diferentes para la distribución del afluente.

UASBplant

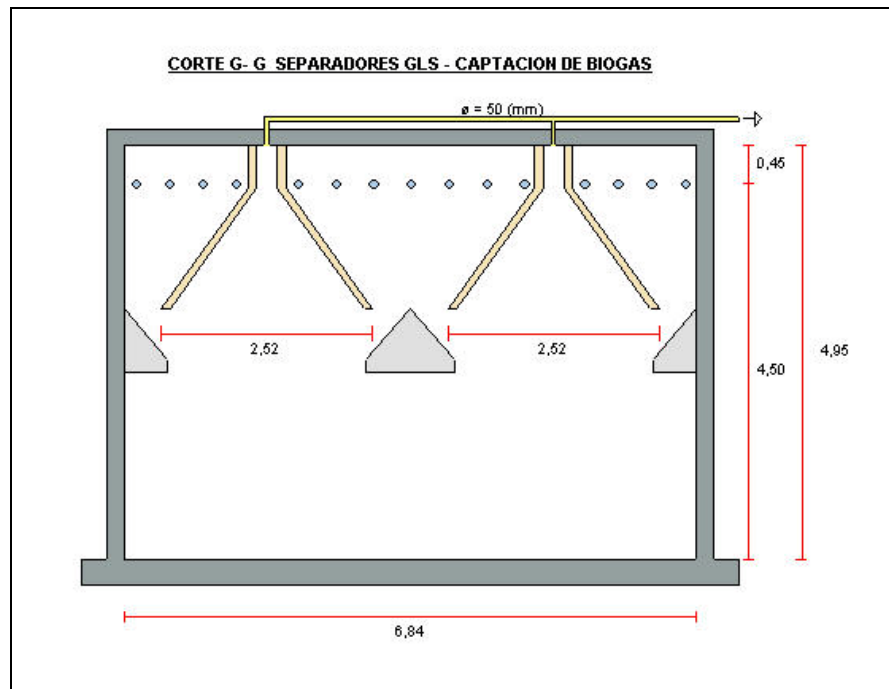
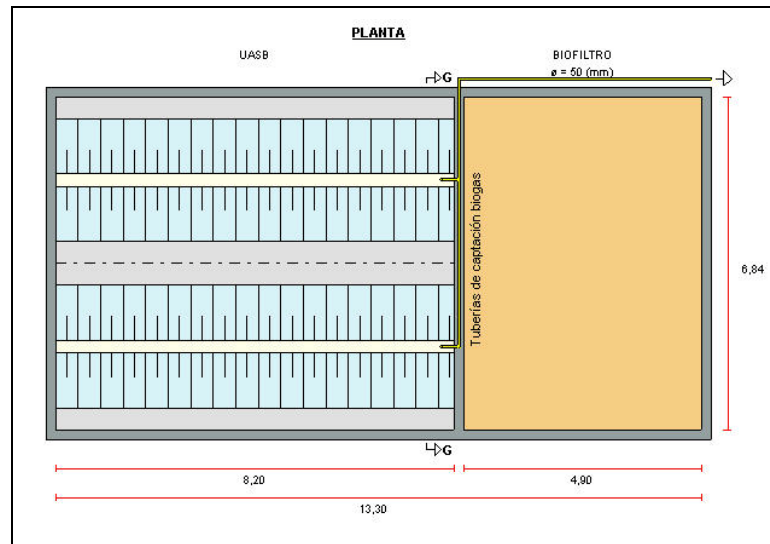


Esta pantalla muestra las tuberías de alimentación al digester UASB. Las tuberías llegan hasta 0,50 m del fondo del tanque y deben sujetarse al fondo. En el capítulo 16 se muestra un detalle para sujetar estas tuberías.

Pantalla: captación de biogás

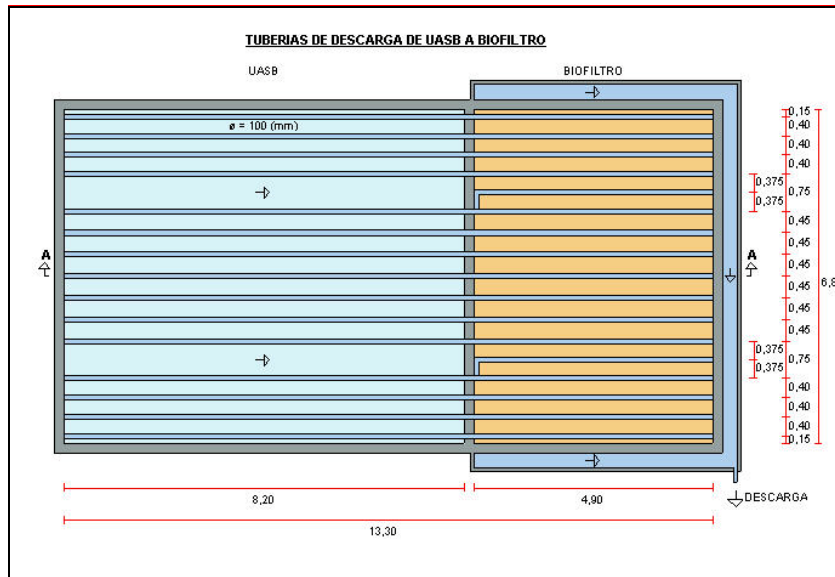
Esta pantalla muestra el dimensionamiento de las tuberías de captación de biogás. El programa asume un diámetro mínimo de 50 (mm) para las tuberías de captación. El biogás se capta de cada separador GLS. Debido a la carga orgánica aplicada al digester es suficiente una sola captación. Esta tubería debe conducirse hacia el quemador de biogás o hacia el filtro de remoción de H2S en caso que se aproveche el biogás como combustible para una caldera o para la generación de energía eléctrica.

UASBplant

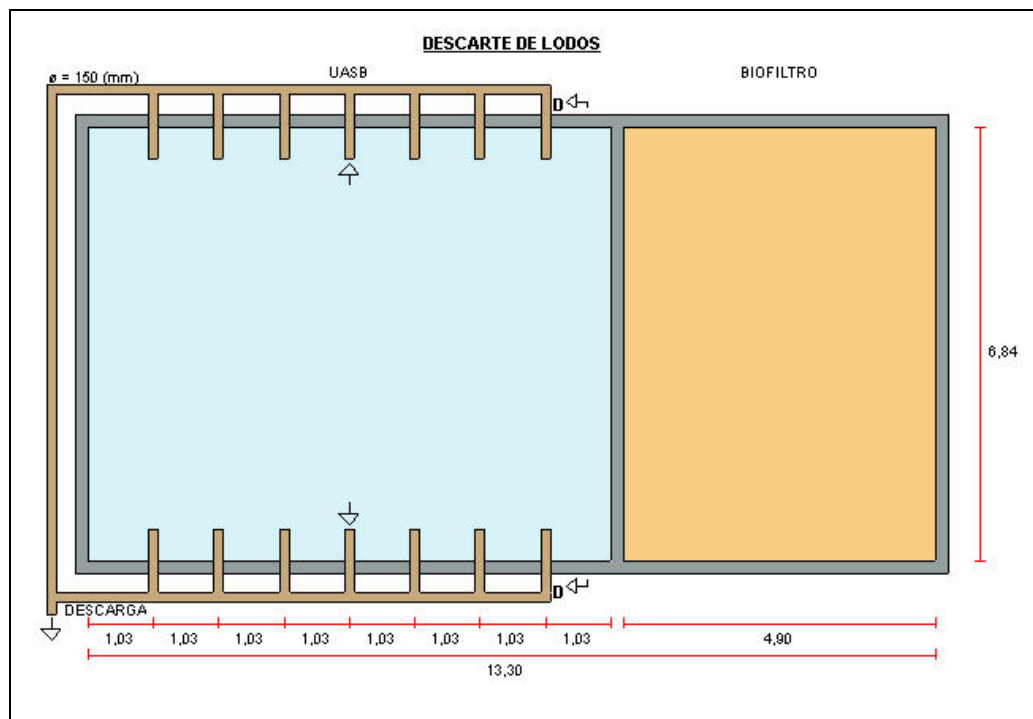
Pantalla: tuberías de descarga del digestor UASB hacia el biofiltro

La planta compacta se diseña como una sola unidad. En un tanque se construye el digestor y el biofiltro, separados por una pared común. La descarga desde el digestor UASB se la hace por gravedad en la parte superior del digestor. Las tuberías son agujereadas para permitir en zona del biofiltro la entrada del efluente y también son agujereadas en la zona del biofiltro para permitir la descarga del efluente sobre el medio filtrante. El programa asume un diámetro de 100 (mm) por defecto. Este valor no puede ser cambiado por el usuario. Sin embargo durante la ejecución del proyecto puede instalarse con tuberías de mayor o menor diámetro. En el capítulo 16 se exponen mas criterios para la construcción del sistema de descarga – alimentación digestor UASB-biofiltro.

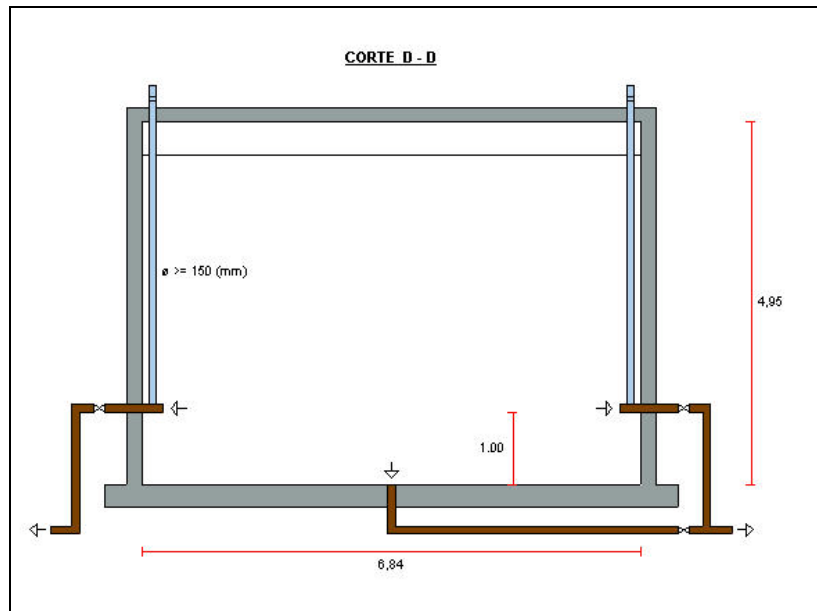
UASBplant



Pantalla: tuberías de descarte de lodos



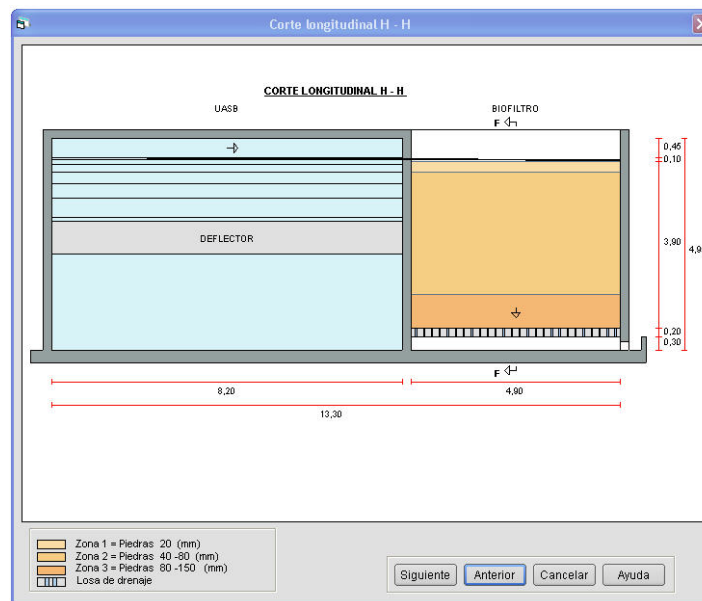
UASBplant



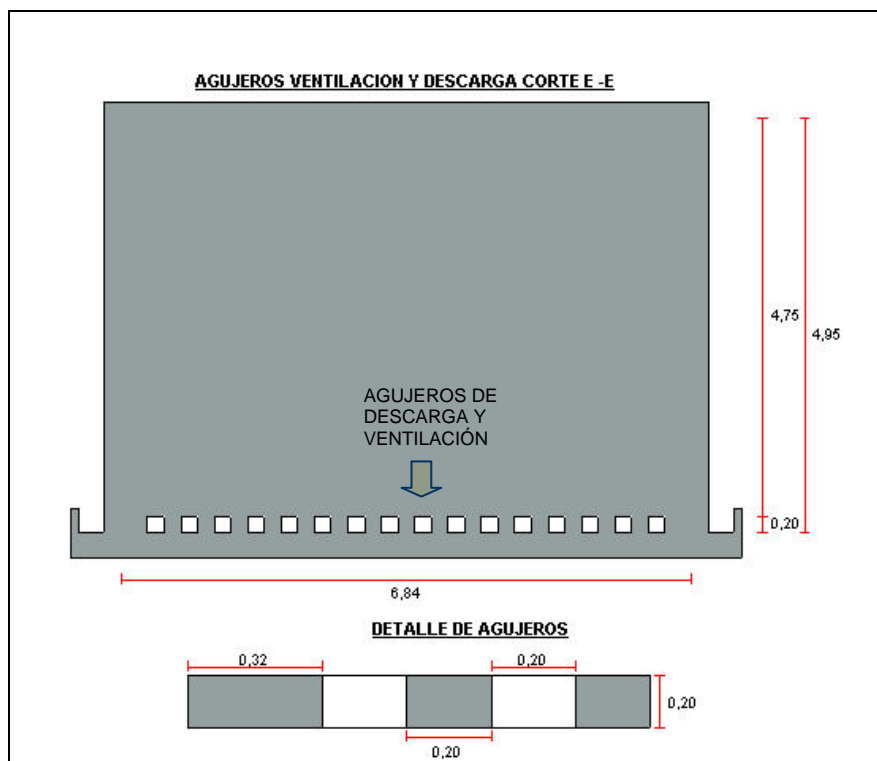
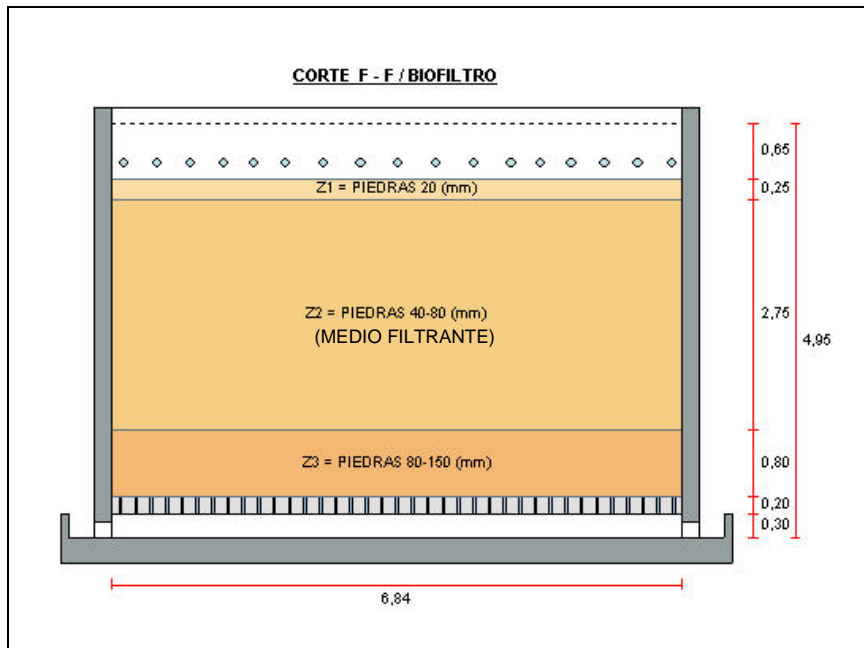
El programa dimensiona y diseña las tuberías de captación de biogás. Asume un diámetro de 150 mm para las tuberías. En la pantalla “corte tuberías descarte de lodos” se puede apreciar la ubicación de las tuberías y la altura de captación sobre el fondo del digestor.

Pantallas: diseño del biodigestor

En las siguientes pantallas se muestra diseño del biofiltro; disposición de las capas para el medio filtrante y los agujeros de ventilación.



UASBplant



Pantalla: Pantalla descarga de efluente desde biofiltro

9 PROBLEMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO

Dimensionamiento de cribado y desarenador

Elección de un tirante de agua muy pequeño para el canal de aproximación: el programa calcula por defecto un tirante de agua en base a la velocidad de aproximación, asumiendo que el tirante debe ser mayor que el ancho del canal. El usuario puede variar este tirante y cambiarlo de acuerdo a sus requerimientos. Hay que tomar en cuenta que automáticamente con cada cambio de velocidad, pendiente, tirante, ancho o rugosidad, se calculan hidráulicamente los demás parámetros para mantener la velocidad requerida. Puede ser que por mantener la velocidad de aproximación requerida se calcule un tirante muy pequeño o un ancho de canal muy grande. Este ancho y tirante del canal incide en el dimensionamiento del desarenador.

La pendiente del canal de aproximación se mantiene todo el tramo hasta el desarenador. Por eso es importante calcular o asignar una pendiente baja para que la velocidad de flujo en el desarenador pueda mantenerse con el tirante del canal de aproximación. El tirante de del canal aproximación se mantiene hasta el paso por desarenador, lógicamente restando las pérdidas de carga por el paso del caudal por las dos estructuras de cribado.

Es importante seleccionar un numero de canales adecuado para mantener la velocidad de flujo en los rangos máximos establecidos $v \geq 0,30 < 0,60$ m/s. El programa realiza iteraciones hasta determinar un perfil del canal de los desarenadores, el cual mantenga los límites de velocidad de flujo ingresados por el usuario para los rangos de caudal entre Q_{min} y Q_{max} .

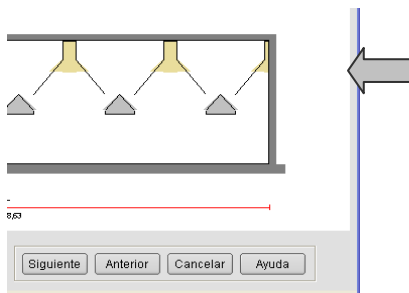
Es importante que la selección de los caudales Q_{min} , Q_{med} y Q_{max} este de acuerdo a la realidad. EL caudal mínimo no puede seleccionarse menor a $Q_{med}/2$ ya que sería imposible hidráulicamente calcular un perfil que mantenga una velocidad entre los rangos establecidos.

El valor de Q_{max} debe ser de igual manera mayor que Q_{med} . Como mínimo $2 \times Q_{med}$ y como máximo $3 \times Q_{med}$.

Puede haber problemas de dibujo del perfil del desarenador si es que se elije una profundidad del canal-pozo de retención de arenas demasiado grande. Estas dimensiones deber elegirse de acuerdo a los caudales y a los volúmenes de arena esperados.

Dimensionamiento de digester UASB

Hay ocasiones en que el programa calcula un número entero de separadores GLS más la mitad de un separador. El ejemplo que se expone en este manual es un caso típico. El programa asigna un número de separadores GLS manteniendo las inclinaciones de las paredes de los separadores y los anchos permitidos del canal de recolección de biogás, cumpliendo la tasa máxima de liberación de biogás. Y hay ocasiones que no pueden seleccionarse un número mayor de separadores para mantener estos valores permisibles. Para que el programa seleccione un numero entero de separadores GLS hay que variar el largo del digester en la pantalla correspondiente. El programa calcula el ancho necesario del digester para mantener el volumen requerido.



En caso de que el programa reporte valores fuera del rango para la carga orgánica volumétrica o la carga hidráulica volumétrica, se deberá regresar a la pantalla de selección del esquema de depuración y aumentar el número de digestores.

El programa no realiza automáticamente estos ajustes, ya que las cargas orgánicas volumétricas permisibles puede ser ajustadas y seleccionadas considerado también otros parámetros y aspectos que debe conocer mejor el ingeniero diseñador de la planta depuradora en base a su experiencia. Siempre hay que tener en cuenta que cualquier programa es solo una herramienta de apoyo y que es el diseñador el que esta mas capacitado para la selección de los parámetros de diseño.

Dimensionamiento del biofiltro

Durante el dimensionamiento de los biofiltros, hay ocasiones en que el programa reporta valores muy bajos para la altura del medio filtrante. El diseñador puede variar la tasa de aplicación superficial de acuerdo al tipo de medio filtrante que va a instalar en el biofiltro. El programa recomienda en estos casos variar el número de biofiltros o la tasa de paliación superficial. Esta variación la debe realizar en diseñador de acuerdo a su experiencia y a los requerimientos del proyecto.

Cuando se calcula por medio de las ecuaciones del NRC de USA, pueden obtenerse volúmenes y áreas diferentes para los biofiltros en comparación con los resultados que se obtienen con la norma alemana. Esto se debe a que la metodología alemana realiza el dimensionamiento considerando únicamente los volúmenes de carga DBO y NTK que hay que degradar para cumplir la norma, sin importar las eficiencias del sistema, mientras que la metodología NRC basa su cálculo en base a las eficiencias requeridas por el sistema.

El usuario deberá realizar los dos cálculos y determinar cual de las dos metodologías da resultados más convenientes para su proyecto.

Para las dos metodologías el programa realiza los cálculos del volumen y área de los biofiltros en base a los caudales máximos de diseño. Es importante por lo tanto analizar muy concienzudamente los caudales Q_{min} , Q_{med} y Q_{max} que se asignan al proyecto ya que inciden directamente el diseño de los biofiltros. Si se elige un caudal máximo muy elevado se sobredimensionan las estructuras.

Remoción de fósforo

El programa no prevé el cálculo exacto de la remoción de fósforo debido a que no existen ecuaciones matemáticas que permitan el cálculo de la degradación biológica en los digestores y biofiltros. Gran parte del fósforo puede ser retenido en el manto de lodos en el digestor UASB o degradado biológicamente en la fase anaeróbica en el digestor y en la fase aeróbica en el filtro biológico. Cuando se descartan los lodos de los digestores, estos contienen fósforo en cantidades cercanas a los 15 (g/kgSST).

El fósforo es requerido como nutriente para la formación y crecimiento de las bacterias metanogénicas en el digestor UASB. El fósforo puede degradarse también en parte biológicamente en un proceso llamado 'retiro biológico realzado del fósforo'. En este proceso específicamente bacteriano hay organismos que se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la masa bacteriana se somete inicialmente al ambiente anaerobio en el digestor UASB, los microorganismos parece que tienen tendencia a no consumir fósforo para el crecimiento debido a la presencia de ácido acético. Sin embargo, si posteriormente y cuando se descargan en el biofiltro percolador, que es un sistema aerobio, consumen con "avidez" fósforo, pueden sedimentar y ser separados.

Sin embargo, si la exigencia en eliminación de fósforo fuese superior a la alcanzable con el sistema biológico descrito, se puede realizar una adición de sales de hierro (cloruro férrico) o sulfato de aluminio en el tanque de clarificación, sistema denominado de "coprecipitación", ampliamente experimentado, de fácil operación y mínima inversión, ya que sólo requiere el equipo de dosificación y almacenamiento del reactivo. Los lodos que se sedimentan en el clarificador por coagulación no deben ser recirculados al digestor UASB.