

Manual para el uso de la planilla de calculo de desarenadores del programa de pequeña agricultura.

Introducción.

Este manual tiene por finalidad guiar al usuario en la utilización de la planilla de cálculo de un desarenador. Para ello se deberá contar con información del canal existente aguas arriba y del canal proyectado aguas abajo, diámetro de la partícula presente en el agua que se desea decantar y definir una sección transversal del sedimentador, de acuerdo con el espacio físico disponible.

Para obtener el diseño de un sedimentador, el presente documento desarrollara principalmente 4 aspectos:

- 1.- Marco Teórico
- 2.- Diseño del desarenador.
- 3.- Diseño estructural del desarenador.
- 4.- Cubicación y diseño del desarenador

El objetivo principal de este manual es definir un método de cálculo practico y específico para los suelos presentes en el territorio nacional, que permita definir la longitud efectiva del sedimentador y así decantar las partículas de interés.

Desarenador.

1.- Marco Teórico.

Los desarenadores (figura 1), son obras hidráulicas que sirven para separar (decantar) y remover (evacuar), el material sólido que lleva el agua de un canal. Es decir, esta obra permite decantar el sedimento en suspensión a fin de no dañar bombas, rodetes, filtros o cualquier otra parte componente u obra hidráulica que se encuentre aguas debajo de alguna toma de agua de río natural o canal artificial, entre otros.

Algunas de las ventajas de los sedimentadores, son:

- Una gran parte del material sólido va depositándose en el fondo de los canales disminuyendo su sección. Esto aumenta el costo anual de mantenimiento y produce interrupciones en el servicio del canal.
- Alivian carga a filtros físicos.
- Evitan depositación de sedimentos en canales de aducción y también en todo tipo de embalses.

Componentes.

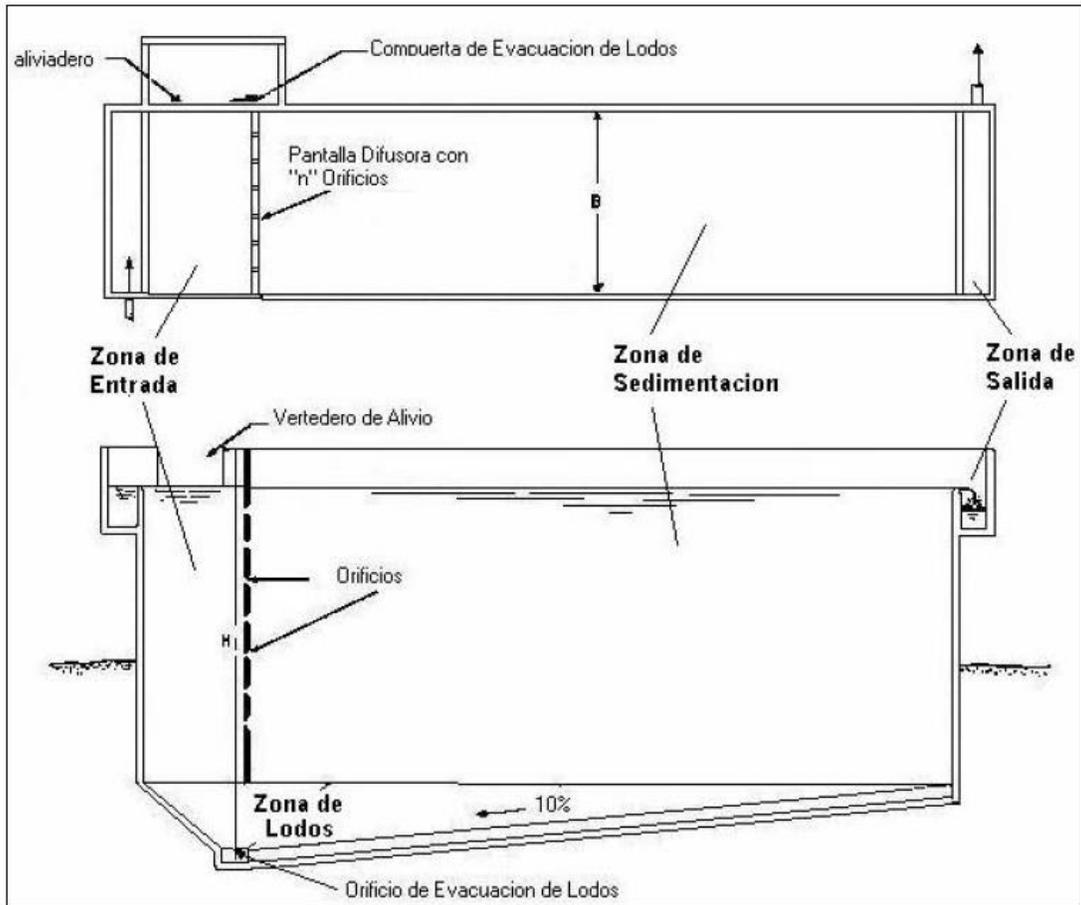


Figura 1 – Sedimentador tipo (Planta y corte longitudinal).

Elementos de un desarenador

Para cumplir su función, el sedimentador se compone de los siguientes elementos:

a) Zona de entrada

Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

b) Zona de sedimentación

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

Según Dubuat, las velocidades límites por debajo de las cuales el agua cesa de arrastrar diversas materias son:

- Para la arcilla 0.081 m/s
- Para la arena fina 0.16 m/s
- Para la arena gruesa 0.216 m/s

c) Zona de salida

Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

d) Zona de recolección de lodos

Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

Metodología de cálculo de la longitud del desarenador.

En primer lugar, se debe definir el tamaño del sedimento en suspensión a abatir o decantar y el diseño considerará abatir el 100% de las partículas más grandes que esta.

En la generalidad de los proyectos el tamaño a abatir se encuentra en el rango de 0,3 a 0,5 mm. Principalmente porque es el que interesa eliminar para el buen funcionamiento de los equipos de riego tecnificado.

Se deja presente que existen varios métodos de calculo para el diseño de sedimentadores y/o desarenadores, sin embargo, aquí se desarrollara un método que da resultados conservadores, los cuales se han dado buenos resultados en los proyectos donde se ha utilizado.

Una vez seleccionado el tamaño de la partícula a sedimentar, se debe calcular la velocidad de sedimentación, la cual se calcula con la siguiente expresión:

$$w_0 = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot d_s}{C_d} \cdot (S - 1)}$$

Donde:

- w_0 [m/seg]: Velocidad de sedimentación de la partícula de diámetro d_s
- S [-]: Relación entre la densidad del sedimento y densidad del agua, se asume un valor de 2.65
- g [m/seg²]: Aceleración de gravedad
- C_d [-]: Coeficiente de arrastre
- d_s [m]: Tamaño de la partícula

El termino Coeficiente de arrastre, queda en función del numero de Reynolds, el cual se define según la siguiente expresión:

$$Re = \frac{w_0 \cdot d_s}{\nu}$$

Donde:

- Re [-]: Numero de Reynolds de la partícula
- ν [m²/seg]: Viscosidad cinemática del agua, supuesta a 20°C

Sin embargo, este término, varía según el autor, por lo cual, se especifica el rango en el cual cada expresión es válida.

Schiller et al. (1933):

$$C_d = \frac{24}{Re} \cdot (1 + 0.15 \cdot Re^{0.687}); Re < 800$$

Dalawalle (1943):

$$C_d = \frac{24.4}{Re} + 0.4$$

Olson et al. (1959):

$$C_d = \frac{24}{Re} \cdot \sqrt{1 + \frac{3}{16} \cdot Re}; Re < 100$$

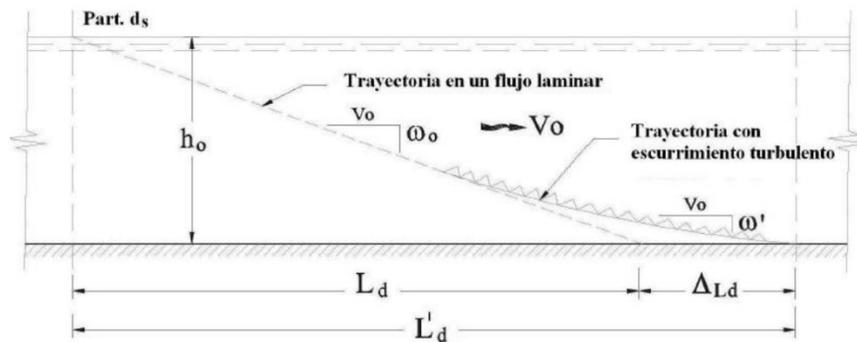
Stokes:

$$C_d = \frac{24}{Re}; Re \ll 1$$

Como se puede apreciar, los términos tienen dependencia entre ellos, por lo cual, se procede a realizar un proceso iterativo para encontrar la solución óptima, que determine la velocidad de sedimentación.

Una vez obtenida la velocidad de sedimentación, se procede a realizar una corrección por turbulencia.

Turbulencia en el flujo puede disminuir o aumentar la velocidad de sedimentación. El caso más desfavorable es cuando se disminuye la velocidad de sedimentación.



Fuente: Mery, H.

Para ello se utilizará la expresión de Sokolov:

$$u = 0.152 w_0$$

Por lo tanto, la velocidad de sedimentación corregida es:

$$w_0' = w_0 - u$$

De una simple "regla de tres" se obtiene que:

$$\frac{w_0}{v_0} = \frac{h}{L}$$

$$L = \frac{h \cdot v_0}{w_0}$$

Donde:

- h_0 [m]: Altura de sedimentación
- w_0 [m/seg]: Velocidad de sedimentación no corregida
- v_0 [m/seg]: Velocidad del flujo en el sedimentador
- L [m]: Largo del sedimentador

De esta última expresión, se obtiene la longitud del desarenador.

Cálculo de altura de escurrimiento sobre vertedero de pared gruesa.

Una vez el agua haya decantado las partículas, pasará sobre un vertedero frontal de pared gruesa y la altura de escurrimiento sobre dicho vertedero se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$Q = b \cdot m_0 \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Donde:

b Ancho de la barrera (m)

m_0 Coeficiente de gasto del vertedero frontal

El coeficiente de Boussinesq (m_0) depende del tipo de canal, según el siguiente detalle:

(β)	Tipo de canal
1.05	Artificiales
1.17	Naturales
1.25	Ríos de planicie

Tabla de Valores medios del factor de BOUSSINESQ (β)
--

2.- Diseño sedimentador.

En este capítulo se detalla el procedimiento para la utilización de la planilla de cálculo, la cual permite obtener la longitud del sedimentador, longitud que permitirá que los sólidos en suspensión decanten.

A continuación, se presenta la planilla de cálculo, la cual contiene 2 pestañas: la primera se denomina “Diseño” (Figura 2) y la segunda se denomina “Cubicación y presupuesto” (Figura 3):

Planilla para calculo de sedimentador para programa de Pequeña Agricultura.

<i>Calculo de las medidas del desarenador</i>				Celdas a modificar
				Resultados
1)	Seleccione tamaño de la partícula (mm)	0.35		
2)	Qdis (m3/s) = 1	*Caudal debe ser menor o igual a 2m3/s	Ancho (m)= 2 Profundidad (m)= 1	(b) (h) * Valor maximo no puede superar los 1.8 mts
3)	La longitud del desarenador debe ser de	11	m (L)	largo minimo de 4 mts
La entrega de agua limpia, se realizara sobre vertedero de pared gruesa .				
4)	hv+rev (mts)= 0.4	hvr		
hv: altura de escurrimiento sobre el vertedero rev: revancha				
La profundidad final, considerando la altura de escurrimiento sobre el vertedero mas la revancha, es de:		1.4	m (hf)	

Diseño | Cubicacion y presupuesto | +

Accesibilidad: es necesario investigar | Configuración de visualización

Figura 2 – Pestaña diseño.

Esta primera pestaña, nos permitirá obtener la longitud del desarenador y la armadura a considerar en muros y radier, de acuerdo con los datos que se ingresen y que corresponden a: tamaño representativo del sedimento que se desea eliminar mediante el proceso de decantación (mm), caudal (m3/s), ancho (m), profundidad (m).

3)	La longitud del desarenador debe ser de	11	m (L)	largo mínimo de 4 mts
	La entrega de agua limpia, se realizara sobre vertedero de pared gruesa .			
4)	hv+rev (mts)=	0.4	hvr	
	hv: altura de escurrimiento sobre el vertedero rev: revancha			
	La profundidad final, considerando la altura de escurrimiento sobre el vertedero mas la revancha, es de:	1.4	m (hf)	

Se ha definido una longitud mínima del desarenador proyectado de 4 mts, es decir, en caso de que por calculo baste con una longitud de 2 mts para que la partícula seleccionada decante, la planilla dará como resultado, una longitud mínima de 4 mts.

3.- Diseño estructural (Armadura a considerar en muros y losa).

En este punto de la planilla de cálculo, desarrolla el cálculo estructural, para ello primero se debe seleccionar la zona sísmica, la cual se debe seleccionar de las tablas y figura de la NCh 433 of 96.

Una vez seleccionada la comuna y su zona sísmica correspondiente, esta se debe seleccionar en el punto 5 de la planilla de cálculo, en este ejemplo práctico, se selecciona una comuna que se ubica en la zona sísmica 3:

5.-	Seleccione zona sismica	3	* Ver Nch 433 o Nch 2369
-----	-------------------------	---	--------------------------

En el **punto 6** de la memoria de cálculo, se entrega el espesor para muros y radier, de acuerdo a lo especificado en el Instructivo Técnico Civil – 03 (ITC-03) punto 4.4 y 4.5

4.4. Espesor de muros de canal

De acuerdo a indicaciones del USBR para asegurar facilidad constructiva y una correcta unión entre el acero y el hormigón, el espesor de los muros de los canales mayores a 0,5 m, debe ser de 2,5 cm por cada 0,3 m de altura (13 cm mínimo y redondeando al valor menor) para paredes de hasta 2,4 m de altura.

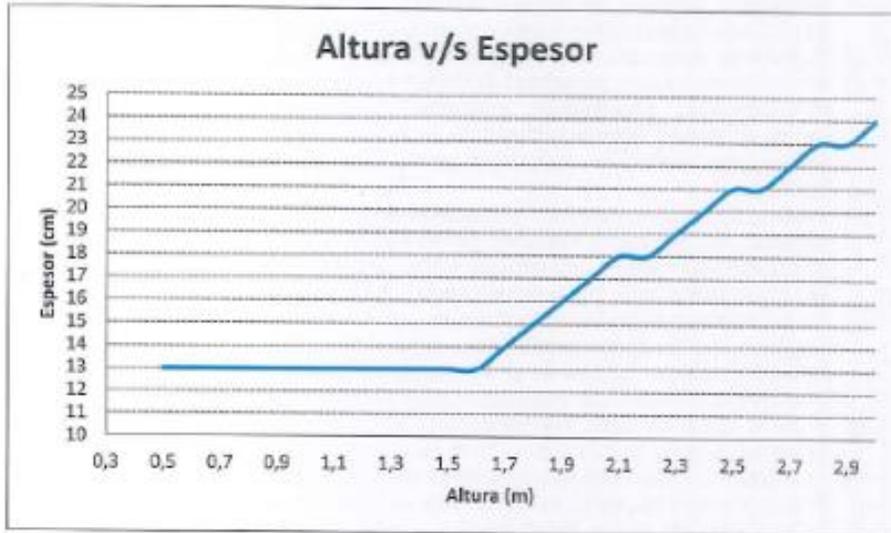
Para muros mayores a 2,4 m de altura, el espesor mínimo debe ser de 20 cm más 2 cm por cada 0,3 m de altura extra.

Por lo tanto, se utilizar el siguiente gráfico, para lo cual, se hará uso de la altura de muros (obtenida de diseño hidráulico), la cual, permitirá obtener el espesor de acuerdo a indicaciones del USBR.

Dichos espesores serán exigibles para muros mayores a 0,5 m, para muros menores o iguales a 0,5 m resulta suficiente espesor de 0,1 m con acero centrado. Dada la indicación del Código ACI, donde se indica que el recubrimiento mínimo para dicho tipo de obras es 5 cm.

4.5. Recubrimiento:

De acuerdo a indicaciones del código ACI, los elementos de hormigón armado que se encuentren sometidos a condiciones de humedad deberán considerar un recubrimiento mínimo de 5 cm, y será dicho valor el exigido en los proyectos que se presenten a concurso.



En este ejemplo práctico, al tener una profundidad del sedimentador de 1,4 mts (hf), corresponde un espesor de 13 cm.

6.-	El espesor de los muros y radier es de:	0.13	mts
-----	---	------	-----

En el **punto 7**, la memoria de calculo especifica la armadura a considerar en muros y radier, para este caso particular, corresponde doble malla C-295.

7)	La armadura corresponde a :	C-295
	Nota: Se considera hormigon grado G-20	

Bibliografía

Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.

Sturm, T. W. (2001). *Open channel hydraulics*. McGraw-Hill.

Vanoni, V. A. (Ed.). (2006). *Sedimentation engineering: Processes, measurements, modeling, and practice* (ASCE Manual No. 54). American Society of Civil Engineers.

Instituto Nacional de Normalización. (1996). *NCh433.Of1996: Diseño sísmico de edificios*. Santiago, Chile.

Ministerio de Obras Públicas (MOP) – Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). (2005). *Instructivo Técnico Civil – 03 (ITC-03)*. Santiago, Chile.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2009). *Manual de carreteras – Volumen 3: Estructuras*. Santiago, Chile.

FAO. (1992). *Manual de diseño de canales de riego* (Boletín de Riego y Drenaje N° 52). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Comisión Nacional de Riego (CNR). (s.f.). *Manuales técnicos para proyectos de riego*. Santiago, Chile.

Dubuat, P. B. (1893). *Traité d'hydraulique*. Paris: Librairie Polytechnique Ch. Béranger.

Sokolov, A. A. (1953). *Theory of sedimentation tanks*. Moscow: Gosstroyizdat.