

Sistema de dragado de arenas mediante tubos venturi perforados en su garganta como dispositivos de succión^(*)

II. Modelo matemático de funcionamiento. Aplicación.

Por JUAN FRANCISCO FERNANDEZ BONO

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Universidad Politécnica de Valencia.

PASCUAL ABAD MORENO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Universidad Politécnica de Valencia.

En este artículo se realiza un estudio comparativo, aplicado a un caso típico, de la rentabilidad global de sendas instalaciones de dragado de arenas por succión: la clásica a través de bomba centrífuga y la original desarrollada por los autores en la primera parte del artículo, mediante succión inducida a través de un dispositivo venturi instalado en la tubería de impulsión.

Como se deduce de la teoría de funcionamiento y se comprueba en la aplicación a un caso típico, el campo de validez práctico de la instalación de dragado por succión inducida presenta una indiscutible ventaja frente a la succión clásica, tanto en lo que se refiere al gasto de energía, como en el aumento de vida útil de la bomba centrífuga.

1. INTRODUCCION

En lo que sigue se desarrolla paso a paso el modelo matemático de funcionamiento hidráulico comparativo de las dos instalaciones alternativas de dragado de fondos arenosos por succión, la directa a través de bomba centrífuga y la inducida por un dispositivo venturi con una extensión de succión en su garganta, situado en la tubería de impulsión.

2. CONTENIDO DEL MODELO

El modelo matemático permite la determinación de los rendimientos globales de los dos tipos de instalaciones de dragado

por succión que pueden ser competitivas, o dicho de otra manera, en qué casos una instalación de dragado por succión inducida mediante venturi, empieza a ser económicamente rentable frente a una instalación de dragado por succión directa de arenas a través de la bomba centrífuga.

El tratamiento de la información en el modelo matemático es interactiva, en lo que se refiere a la introducción de las características de la instalación de dragado, así como en la introducción de las características de funcionamiento de los dispositivos de succión, sea el venturi perforado (sistema investigado) o la bomba centrífuga (sistema clásico).

La organización del modelo presenta los siguientes bloques (en orden cronológico):

— Introducción de los datos geométricos de la instalación.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de agosto de 1990.

— Velocidad de salida aconsejable para un transporte adecuado de la arena, V_f (v_{sal}), en m/seg.

— Concentración (en volumen) en la succión inducida, C_E .

— Concentración (en volumen) en la succión a través de la bomba centrífuga, C_{Eib} .

— Concentración (en volumen) en la tubería de descarga, C_m .

- Densidad de la arena, da, en Kg_m/m^3 .
- Densidad del agua dulce, dw, en Kg_m/m^3 .

— Densidad del agua salada, dws, en Kg_m/m^3 .

— Introducción de datos de la tabla (ábaco) de funcionamiento del venturi.

A partir de los datos de densidades y concentraciones podemos obtener los valores de Q31 y DEWS, que junto con el valor de SBG, nos permite acudir al modelo matemático de funcionamiento del venturi, HAQ31 (o a los gráficos y tablas adimensionales extraídas del mismo), para determinar el valor de HADIM (H^*), es decir, el valor del cociente:

$$\frac{H_3 \rho_m - H_E \rho_E}{H_1 \rho_1 - H_E \rho_E}$$

— Determinación de la energía total en la salida de la tubería de descarga (respecto de la cota de ubicación del venturi):

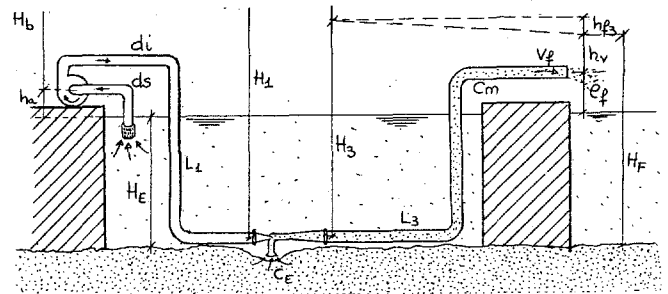
— Coeficiente de pérdidas de carga:

$$f(\text{Darcy}) = 1 / [2 \log (d_i/k) + 1,14]^2 \quad (2)$$

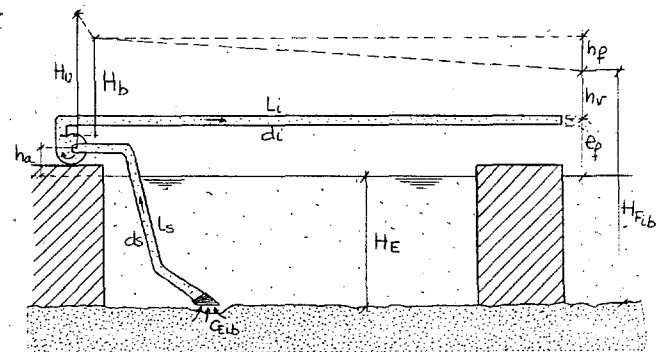
— Pérdida de carga en la tubería de impulsión tras el venturi:

$$h_{f_3} = f \cdot \frac{L_3}{d_i} \cdot \frac{V_f^2}{2g} \quad \text{---} \quad H_3 = H_F + h_{f_3}$$

en m.c.a.s. (3)



Instalación de dragado por succión inducida en la tubería de impulsión de una bomba centrífuga, mediante un venturi con una extensión de succión en su garganta.



Instalación de dragado por succión directa de arenas a través de la bomba centrífuga.

— Obtención de las características de la bomba centrífuga.

A) Venturi de succión.

$$H_1 = H_E \cdot \text{DEWS} + \frac{H_3 \cdot \text{DMWS} - H_E \cdot \text{DEWS}}{\text{HADIM}}$$

en m.c.a.s. (4)

— Sección de la tubería de impulsión:

$$SS = \frac{\pi d_i^2}{4}$$

$$Q_3 = SS \cdot V_f \quad " \quad Q_1 = Q_3 / Q_{31}$$

— Velocidad en la tubería de impulsión hasta el venturi:

$$V_i = \frac{Q_1}{SS} \quad " \quad h_{vi} = \frac{V_i^2}{2g}$$

— Pérdida de carga en la tubería de impulsión hasta el venturi:

$$h_{f1} = f \frac{L_1}{d_i} h_{vi} \quad (5)$$

— Carga resistente en la bomba centrífuga:

$$H_b = H_1 + h_{f1} - H_E \quad \text{en m.c.a.s.}$$

B) Succión a través de la bomba centrífuga.

— Carga en la salida de la tubería de impulsión:

$$H_{Fib} = \left[\frac{P_{atm}}{\rho_{eib} \cdot g} + (H_E + C_f) \right] \text{DEWSB} + \frac{V_f^2}{2g}$$

en m.c.a.s. (6)

— Pérdida de carga en las tuberías de succión e impulsión:

$$S_{suc} = \pi d_s^2 / 4 \quad " \quad V_{suc} = Q_3 / S_{suc}$$

$$h_{fsuc} = f \frac{L_{suc}}{d_s} \cdot \frac{V_{suc}^2}{2g} \quad " \quad h_{fimp} = f \frac{L_i}{d_i} \cdot \frac{V_f^2}{2g} \quad (7)$$

— Carga resistente en la bomba centrífuga:

$$H_{bib} = H_{Fib} + h_{fimp} + h_{fsuc} - H_E \quad \text{en m.c.a.s.} \quad (8)$$

— Cálculo de la potencia de entrada a la bomba centrífuga.

Las bombas centrífugas horizontales tienen unos rendimientos hidráulicos muy elevados, del orden del 80 por 100, siempre y cuando los líquidos bombeados carezcan de sólidos abrasivos; en caso contrario, como ocurre con la succión directa a través de la bomba centrífuga, el rendimiento máximo en el trasiego de líquidos con sólidos en suspensión no supera el 60 por 100, y, asimismo, el problema de la abrasión en los álabes y voluta limitan la concentración máxima de sólidos en suspensión, a un 15 por 100.

Por todo ello, las potencias de entrada a la bomba centrífuga, en ambos casos serán, para trasegar la misma cantidad de material sólido en suspensión:

$$P_e = \frac{\rho_{ws} \cdot g \cdot H_b \cdot Q_1}{0,80} \quad (9. a)$$

$$P_{eib} = \frac{\rho_{eib} \cdot g \cdot H_{bib} \cdot Q_3}{0,60} \cdot \frac{C_m}{0,15} \quad (9. b)$$

Estos valores se utilizan para establecer la relación de potencias,

$$R_{pot} = \frac{P_e}{P_{eib}} \times 100 (\%) \quad (10)$$

el rendimiento de la bomba centrífuga en el caso b) a partir del cual, el dragado por succión inducida de una determinada cantidad de sólidos, exige menor potencia de entrada,

$$RBC = \frac{P_{eib}}{P_e} \times 60 (\%) \quad (11)$$

y la cantidad de sólidos dragados (idéntica en ambos casos):

$$T_{mhora} = \rho_a \cdot C_m \cdot Q_3 \cdot 3600 \quad (12)$$

— Condiciones de funcionamiento respecto a cavitación.

Es evidente que, si se produce cavitación, el rendimiento de la instalación descenderá bruscamente: las vibraciones asociadas con la creación y destrucción de burbujas de vapor de líquido, destruyen las turbomáquinas y las conducciones, y el oxígeno liberado las corroe. Por estos motivos debe evitarse.

A continuación se establecen, pues, las restricciones que deberán cumplir las instalaciones de dragado, para que en ningún punto se produzca la cavitación. Se van a basar en el concepto de «carga positiva neta de succión», (NPSH), que es una medida de la carga (en valor absoluto) referida al punto mas desfavorable (susceptible de cavitarse) de la instalación, menos la carga de vaporización:

$$NPSH = \frac{P_o \text{ (abs)}}{\gamma} + \frac{V_o^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

en m.c. líquido

En la práctica, el fabricante es el que suministra el valor del NPSH requerido (en función del caudal), y el NPSH disponible debe ser superior al requerido.

Concretamos pues, los valores de NPSH requerido (r) y disponible (d) en las dos instalaciones de dragado que estamos analizando.

A) Venturi de succión.

La zona más susceptible de cavitarse corresponde a la sección (Sb) de la boquilla del venturi. En ella tendremos:

$$\begin{aligned} NPSH &= \frac{P_b \text{ (abs)}}{\gamma_1} + \frac{V_b^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma_1} = \frac{V_b^2}{2g} = \\ &= \left(\frac{Q_1}{S_b} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \end{aligned} \quad (13)$$

$$S_b = \pi \cdot db^2/4$$

$$db = \text{diámetro de la boquilla} = \sqrt{S_{BG}} \cdot \frac{di}{1,9}$$

$$\begin{aligned} NPSH_d &= \left[H_E - (K_e + 1) \frac{Q_E^2}{2g S_o^2} \right] \cdot DEWS + \\ &+ \frac{V_b^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma_1} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{donde } \frac{P_v}{\gamma_1} = h_{cav} = 0.256 \text{ m.c.a.s.}$$

B) Succión directa a través de la bomba centrífuga.

La zona más peligrosa respecto a la aparición de la cavitación corresponde, en este caso, al ojal de entrada a la bomba desde la tubería de succión. La NPSH requerida la suministra el fabricante para cada bomba. La disponible será:

$$NPSH_r = f(Q_3)$$

$$\begin{aligned} NPSH_d &= \frac{P_{atm}}{\gamma_{eib}} - \frac{8 f}{g \pi^2} \cdot \frac{L_s \cdot Q_3^2}{d_s^5} - \\ &- \frac{C_f}{DEWSB} - h_{cav} \end{aligned} \quad (15)$$

El modelo matemático de funcionamiento hidráulico comparativo entre las dos instalaciones alternativas (propuesta y existente), lo hemos denominado INSTAL.For, que a su vez utiliza el modelo matemático de funcionamiento hidráulico del venturi de succión, denominado HAQ31.For.

3. APLICACION

Se pretende dilucidar la instalación de dragado por succión más económica en el caso hipotético de aplicación a un puerto comercial-deportivo en cuya dársena principal ha disminuido la cota batimétrica necesaria para la navegación sin peligro, por la acumulación continua de arena transpor-

tada por las corrientes dominantes. La situación actual es de cota batimétrica igual a 8 m. y la necesaria, 9 m.

Por las dimensiones geométricas de la dársena, se prevé un máximo de 200 m. de tubería de impulsión. Se desconoce, por otra parte, la bomba centrífuga necesaria, así como las dimensiones de las conducciones.

La zona de descarga de los caudales sólidos y líquidos trasegados, será el exterior del puerto, a sotavento de las corrientes principales que llegan al mismo.

Tal como se ha demostrado en la presente investigación, para las arenas de los fondos marinos mediterráneos ($\rho_a = \text{Kg/m}^3$) la concentración en la entrada de succión inducida es de $C_e = 0.35$ mientras que en la succión directa mediante bomba centrífuga, debe limitarse a $C_{eib} = 0.15$, por los problemas de abrasión.

La relación óptima boquilla-garganta está en el rango $[0.30, 0.35]$. Así pues, podemos tomar el valor $\text{SBG} = 0.32$.

Si existe la necesidad de un dragado intensivo, elegiremos un diámetro para la tubería de impulsión relativamente grande, por ejemplo, $d_i = 0.55$ m. De acuerdo con las características comerciales de las bombas centrífugas, ello conduce a un diámetro de succión, de $d_s = 0.40$ m.

Para el caso de succión inducida, situaremos el dispositivo venturi centrado en la tubería de impulsión, por lo que tendremos:

Longitud de impulsión tras venturi, $L_3 = 100$ m.

Longitud de impulsión hasta venturi, $L_1 = 100$ m.

Elegiremos una tubería con cierta flexibilidad para permitir su desplazamiento por el fondo arenoso. Su rugosidad absoluta es de $K_{abs} = 0.000025$ m.

Tomaremos, además,

Densidad del agua salada, $\rho_{ws} = 1025 \text{ Kg/m}^3$

Velocidad de salida aconsejable para un transporte adecuado de la arena, $V_F = 2.50$ m/seg.

Cota de salida de la tubería de descarga respecto del nivel de la superficie libre, $e_r = 0.50$ m.

A) Características del dragado de arenas por succión inducida en el venturi.

La energía total en la salida, fórmula (1), es:

$$H_F = H_{\text{presión}} + H_{\text{vel.}} + H_{\text{geom.}} = 10,25 \text{ m.c.a.s. (rel.)}$$

La pérdida de carga tras el venturi, fórmula (3), es:

$$h_{f_3} = f \frac{L_3^{\text{eq.}}}{d_i} \cdot \frac{V_f^2}{2g} = 0,60 \text{ m.c.a.s.}$$

con lo que la energía inmediatamente aguas abajo del venturi, será:

$$H_3 = H_F + h_{f_3} = 10,85 \text{ m.c.a.s. (rel.)}$$

Si queremos obtener una concentración en la tubería de descarga, de $C_m = 0.10$, resultará

$$\frac{Q_3}{Q_1} = Q_{31} = 1.400$$

$$\rho_E / \rho_{ws} = \text{DEWS} = 1.566$$

y entrando en la curva de la figura 1, obtenemos $\text{HADIM} = 0.176$ (NOTA: Este resul-

$$\text{SBG} = 0.32 \cdot \text{DEWS} \in [1.00, 2.00]$$

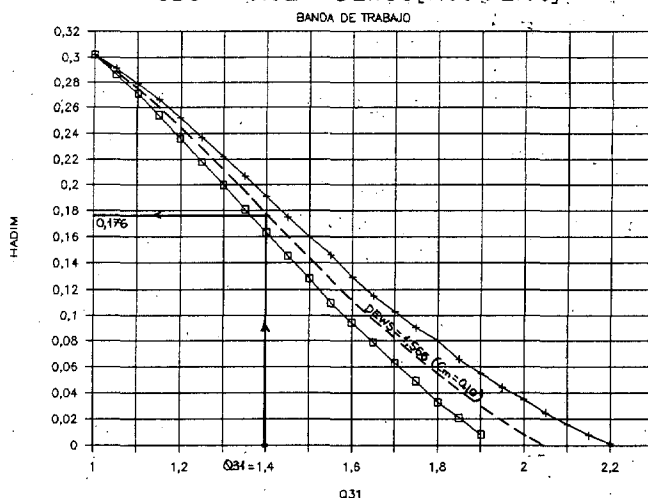


Figura 1

tado puede obtenerse mediante el programa HAQ31.For).

La energía inmediatamente aguas arriba del venturi de succión, necesaria para que el chorro proveniente de la boquilla provoque la succión inducida con las características anteriores, resulta (fórmula 4):

$$H_1 = H_E \cdot DEWS + \frac{H_3 \cdot DMWS - H_E \cdot DEWS}{HADIM} = 12,93 \text{ m.c.a.s. (rel.)}$$

La pérdida de carga en la tubería de impulsión hasta el venturi, vale:

$$h_{f1} = f \cdot \frac{L_1^{eq}}{d_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} = 0,31 \text{ m.c.a.s.}$$

con lo que la carga necesaria a la salida de la bomba centrífuga, será:

$$H_b = H_1 + h_{f1} - H_E = 12,93 + 0,31 - 8,0 = 5,24 \text{ m.c.a.s.}$$

y la carga útil (carga a la entrada) de la bomba centrífuga:

$$H_u = \frac{H_b}{\tau} = \frac{5,24}{0,80} = 6,55 \text{ m.c.a.s. (rel.)}$$

La potencia necesaria para proporcionar esa carga útil será:

$$P_e = \rho_{ws} \cdot g \cdot H_u \cdot Q_1 = 27,90 \text{ Kw}$$

y la cantidad de sólidos dragada,

$$Q_{sól.} = \rho_a \cdot C_m \cdot Q_3 \cdot 3600 = 573,91 \text{ Tm/hora}$$

B) Características del dragado de arenas por succión directa a través de bomba centrífuga.

Para que podamos comparar el rendimiento de ambas instalaciones, el caudal succionado por la bomba centrífuga debe ser igual a $Q_3 (= Q_1 + Q_e) = 0.594 \text{ m}^3/\text{seg.}$

La carga en la salida de la tubería de impulsión, será:

$$H_{Fib} = h_p + h_v + h_g = 10,97 \text{ m.c.a.s. (rel.)}$$

y la pérdida de carga en la tubería de impulsión,

$$h_{fimp.} = 1,20 \text{ m.c.a.s.}$$

Si la cota batimétrica está a 8 m. bajo el nivel del mar, la longitud de succión la tomaremos con un total de 14 m. ($Z_e +$ longitud en superficie hasta la b.c.), y la pérdida en dicha tubería,

$$h_{fsuc.} = 0,41 \text{ m.c.a.s.}$$

Con todo ello, la carga resistente a la salida de la b.c. valdrá:

$$H_{bib} = H_{Fib} + h_{fimp} + h_{fsuc} - H_E = 4,57 \text{ m.c.a.s.}$$

La opinión experta en el tema del rendimiento de las b.c. en la succión de sólidos en suspensión en el líquido trasgado, admite que el rdto. hidráulico no debe pasar del 60 % y es el valor que tomaremos en este ejemplo. Por tanto, la carga útil será:

$$H_{uib} = \frac{H_{bib}}{\tau_{ib}} = \frac{4,57}{0,60} = 7,62 \text{ m.c.a.s. (rel.)}$$

y la potencia de entrada,

$$P_{eib} = \rho_{eib} \cdot g \cdot H_{uib} \cdot Q_3 \cdot \frac{0,10}{0,15} = 37,71 \text{ Kw.}$$

donde el último factor es la relación de concentraciones en ambos casos, para poder comparar las P_e en el caso del dragado de la misma cantidad de materia sólida en suspensión.

Dicha relación de potencias resulta:

$$R_{pot} = \frac{P_e}{P_{eib}} \times 100 = 73,99 \%$$

o dicho de otra manera, que el rendimiento de la b.c. en el caso B) a partir del cual el

dragado clásico por succión directa exige menor potencia de entrada, sería

$$RBC = \frac{P_{eib}}{P_e} \times 60 = 81,09 \% > 60 \% \text{ (Máximo)}$$

que es bastante mayor que el máximo sancionado por la práctica.

A esta economía en el gasto de energía de la instalación de dragado por succión inducida, hay que unir el aumento de vida útil de la b.c. al succionar agua relativamente cercana a la superficie, limpia de arenas, lo cual implica, asimismo, menos problemas (o ninguno) de cavitación en el ojal de succión de la bomba.

Todo este proceso de determinación de las energías en los distintos puntos de las instalaciones, así como la comparación final de potencias y rendimientos, se realiza mediante el programa INSTAL.For. Dicha comparación, que nos especifica claramente si la solución a este problema concreto cae (económicamente) en el campo de aplicación de la succión inducida o clásica, también se resuelve rápidamente con la utilización de la figura 2, en la que entraremos con el valor $C_m = 0.10$, como se desprende de las relaciones siguientes:

$$\rho_m = \frac{Q_{1E} + DEWS}{Q_{1E} + 1} \times \rho_{ws} \sim C_m = \frac{\rho_m - \rho_{ws}}{\rho_a - \rho_{ws}} = 0,10$$

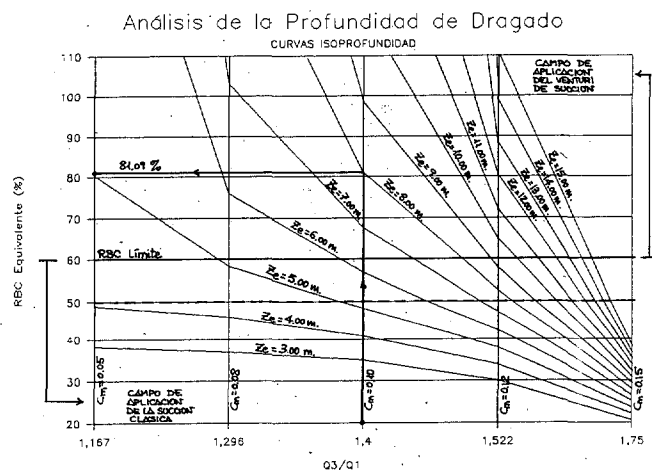


Figura 2

Para sancionar estos resultados, que avallan la decisión de realizar el dragado de esta dársena hipotética con el sistema de succión inducida mediante venturi, hemos de comprobar las condiciones de funcionamiento respecto a cavitación, pues si este fenómeno ocurre, el rendimiento de la instalación descenderá bruscamente y los resultados serán muy distintos.

A) Succión inducida. Condiciones de cavitación en la sección de la boquilla del venturi.

Debe cumplirse: $(NPSH)_{disp.} > (NPSH)_{req.}$

En nuestro caso:

$$(NPSH)_d = 49,97 \text{ m.c.a.s.} > (NPSH)_r = 23,92 \text{ m.c.a.s.}$$

B) Succión directa. Condiciones de cavitación en el ojal de entrada a la b.c. desde la tubería de impulsión.

Si la carga positiva neta requerida por la b.c. viene expresada por la función

$$(NPSH)_r = 2,25 Q_3 + 8 \cdot Q_3^2 + 0,5$$

queda:

$$(NPSH)_d = 8,80 \text{ m.c.a.s.} > (NPSH)_r = 4,66 \text{ m.c.a.s.}$$

Luego ambos sistemas están adecuadamente dimensionados respecto a cavitación, lo que nos permite concluir definitivamente de este estudio comparativo de instalaciones de dragado, que el rendimiento global (rentabilidad global) de la instalación es mayor en el caso del dragado por succión inducida mediante tubos venturi en la tubería de impulsión.

La hoja de resultados siguiente resume todo el proceso numérico manual realizado en este artículo. Basta introducir los datos geométricos, de fluidos y flujo de la instalación, en el modelo INSTAL.For, para llegar a estas conclusiones en escasos segundos de tiempo de ordenador.

Succión inducida por Venturi

Succión exclusiva por Bomba centrífuga

Características de la succión

ls = 2.00 m.
ds = .40 m.
ze = 8.00 m.

1s = 14.00 m.
ds = .40 m.
re = 1606. Kg/m³.

Características de la impulsión

lib1 = 100.00 m.
li3f = 100.00 m.

di = 55 m.
vs = 2.50 m/s.
Kabs = .0000250m.
csal = .50 m.

libf = 200.00 m.

Características de los fluidos

dws = 1025. Kg/m³
ce = .35

dw = 999. Kg/m³
ceib = .15

da = 2684. Kg/m³
cm = .10

RESULTADOS

Características del dragado de arenas por succión inducida en el venturi

hg = 8.50 m.
h3 = 10.85 m.
q31 = 1.400

hv = .32 m.
hadim = .176
q3 = .594 m³/s.
dhb1 = .31 m.
hb = 5.23 m.

dh3f = .60 m.
h1 = 12.93 m.
q1 = .424 m³/s.
vb = 21.44 m/s
pe = 27.90 kw

hvi = .16 m.
R (max) = 90 %

NPSH requerida = 23.92 m.c.a.

NPSH disponible = 49.97 m.c.a.

Características del dragado de arenas por succión a través de bomba centrífuga

1s = 14.00 m.
vs = 2.50 m/s
dhbf = 1.20 m.

1i = 200.00 m.
hv = .32 m.
dhsb = .41 m.

q3 = .594 m³/s
hg = 8.50 m.
hb = 4.57

NPSH requerida = 4.66 m.c.a.

NPSH disponible = 8.80 m.c.a.

Rdto. max. en succión de arenas = 60 %

pe = 37.71 kw

Relación de potencias venturi/bomba = 73.99%

Para la extracción de la misma cantidad de arena, el rdto. de la bomba centrífuga debe ser del 81.09%

La cantidad de arena extraída es de 573.91 Tm/hora

APENDICE I. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Fernández Bono, J.F.; Fullana Serra, V.

Sistema de dragado de arenas mediante tubos venturi perforados en su garganta como dispositivos de succión. Publicación III-89, 232 páginas (1989). Laboratorio de Diseño y Modelación de Obras Hidráulicas Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia.

Fernández Bono, J.F.; Abad Moreno, P.

Sistema de dragado de arenas mediante tubo venturi perforados en su garganta como dispositivos de succión. I: Desarrollo de la teoría. Revista de Obras Públicas, Mes abril - Año 1990 - Págs. ...

APENDICE II. NOTACION

$DEWS = PE / \rho_{ws}$ (succión inducida)

$DEWSB = PE / \rho_{ws}$ (succión directa)

$DMWS = \rho_m / \rho_{ws}$ (succión inducida)

INSTAL: Modelo matemático de funcionamiento hidráulico de las instalaciones de dragado por succión directa e inducida mediante venturi con extensión de succión.

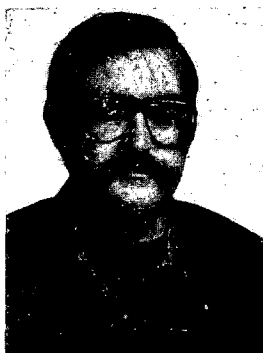
$HADIM = (H_3 \cdot \rho_m - H_E \cdot PE) / (H_1 \cdot \rho_1 - H_E \cdot PE)$

HAQ31: Modelo matemático de funcionamiento hidráulico del venturi de succión.

$Q31 = Q3 / Q1$

SBG: Rendimiento de la bomba centrífuga a partir del cual el dragado por succión inducida de una determinada cantidad de sólidos, exige menor potencia de entrada que el dragado por succión clásico.

Juan Francisco Fernández Bono

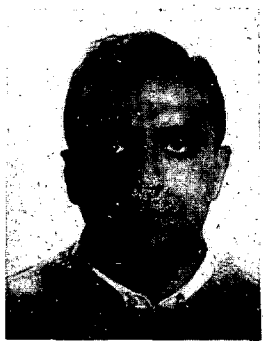


Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, título obtenido en 1983 en la Universidad Politécnica de Valencia.

Desde 1979 viene desarrollando estudios, proyectos y trabajos de investigación en la áreas de la Hidráulica Fluvial, Crecida, Hidráulica Urbana, Modelación Física a escala reducida de Obras Hidráulicas.

Actualmente es profesor Titular Numerario del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia, Director de los Laboratorios de Hidráulica y Obras Hidráulicas del citado Departamento y Responsable de la Unidad de Diseño y Modelación de Obras Hidráulicas.

Pascual Abad Moreno



Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la E.T.S. de Ing. de Caminos, C. y P. de Valencia (1989), con Matrícula de Honor en el Ejercicio Final de Carrera.

Desde 1987 colabora regularmente, como becario, en diversos trabajos de investigación hidráulico-hidrológicos, en la Unidad de Diseño y Modelación de Obras Hidráulicas del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.

to de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.