

ANEXO 2

MODELOS DE SIMULACIÓN

“brIHne”

V. 1.1

Este documento se ha elaborado como una extensión de la investigación y trabajo llevado a cabo en el marco del proyecto de I+D+i: **MEDVSA. "Desarrollo e implementación de una metodología para la reducción del impacto ambiental de los vertidos de salmuera procedentes de las plantas desaladoras"** 045/RN08/03.3.

Las herramientas "brIHne" se han diseñado por el Instituto de Hidráulica Ambiental como una alternativa a los modelos comerciales, a fin de solventar parte de sus limitaciones y contar con herramientas propias que presenten un mejor ajuste a los datos experimentales y, por tanto, una mayor fiabilidad en la predicción de vertidos reales.

El acceso a estas herramientas se realiza a través del portal web: www.brIHne.ihcantabria.com

Autor del documento:

INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL (IH CANTABRIA)

Personas de contacto:

Pilar Palomar (palomarmp@unican.es)

Iñigo J. Losada (losadai@unican.es)

Javier L. Lara (lopezjav@unican.es)

ANEXO 2

1. INTRODUCCIÓN

1.1.OBJETIVOS DE LOS MODELOS “brIHne”	1
1.2.DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS “brIHne”	2
1.3.FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.4.REFERENCIAS	4

1). INTRODUCCIÓN.

El trabajo incluido en este Anexo ha sido realizado por el **Instituto de Hidráulica Ambiental**.

1.1. OBJETIVOS DE LOS MODELOS “brIHne” (MEDVSA).

Los modelos “brIHne” son herramientas básicas de modelado numérico desarrolladas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) para simular el vertido al mar de la salmuera procedente de las plantas desaladoras. Los modelos “brIHne” predicen el comportamiento del vertido bajo distintas configuraciones de vertido, abarcando las regiones de campo cercano y lejano para algunos sistemas típicos.

Los códigos de estos modelos se han programado con formulaciones avaladas por publicaciones científicas, que se basan fundamentalmente en las aproximaciones matemáticas de tipo análisis dimensional y de integración de las ecuaciones en el eje del flujo. Dichos códigos son ejecutables online desde el portal web: www:brihne.ihcantabria.com. Presentan una interfaz amigable y sencilla y, tras la ejecución de cada caso, se genera un informe de resultados con toda la información de interés en relación con la predicción del comportamiento del vertido.

Los **principales objetivos** con los que se han programado estos modelos son:

- Ofrecer herramientas básicas de modelado, sencillas de manejar y comprensibles para el usuario, con tiempos de cálculo instantáneos.

Ofrecer una alternativa a los modelos comerciales (Cormix [1], Visual Plumes [2] y VISJET [3]), al ser herramientas que superan las capacidades y el ámbito de modelado de los mismos, y que además han sido y están siendo calibradas con datos experimentales específicos de vertidos de salmuera. Dichos datos experimentales se han obtenidos a partir de ensayos experimentales con técnicas ópticas láser realizados en el laboratorio del IH Cantabria.

- Disponer de códigos brutos programados, independientes de los modelos comerciales tipo caja negra. Esto nos permite que los códigos pueden ser recalibrados y continuamente mejorados con el fin de conseguir herramientas óptimas desde el punto de vista del rigor científico y de la comodidad para los usuarios.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS “brIHne”.

Considerando el ámbito de aplicación de los modelos “brIHne”, la Tabla 1 muestra los modelos restringidos a la región del campo cercano, la Tabla 2 los modelos de campo lejano y la Tabla 3, aquellos que estiman el comportamiento continuo en campo cercano y lejano.

MOELOS DE SIMULACIÓN “brIHne” PARA CAMPO CERCANO				
TIPO DE DESCARGA	HERRAMIENTA “brIHne”	AMBITO DE MODELADO	BASADO EN	CÓDIGO DE BASE
Vertido sumergido mediante chorro individual.	brIHne -Jet	Desde boquilla hasta el punto de impacto con el fondo	Integración de las ecuaciones diferenciales	[4] (mismo que CORJET de Cormix)
Vertido sumergido mediante chorros múltiples (con o sin interacción entre chorros)	brIHne -MJets			[5] (mismo que CORJET de Cormix)
Vertido sumergido mediante chorro individual inclinado	brIHne -Jet-Spreading	Desde boquilla hasta final del campo cercano (chorro y “spreading layer”)	Análisis dimensional	[6] Calibrado con datos experimentales PIV-PLIF obtenidos en IH-Cantabria

Tabla A2-1. Herramientas de modelado brIHne para campo cercano

MODELOS DE SIMULACIÓN “brIHne PARA CAMPO LEJANO			
FENÓMENO SIMULADO	MODELO “brIHne”	BASADO EN	CÓDIGO DE BASE
Corriente de gravedad bidimensional	brIHne –Plume2D	Integración de las ecuaciones diferenciales	[7]
Corriente de gravedad tridimensional	brIHne –Plume3D		[8]

Tabla A2-2. Herramientas de modelado brIHne para campo lejano

MODELOS DE SIMULACIÓN “brIHne” PARA CAMPO CERCANO-LEJANO			
FENÓMENO SIMULADO	MODELO “brIHne”	BASADO EN	CÓDIGO DE BASE
Chorro60°, spreading layer y pluma hipersalina 2D	brIHne-Jet-Plume2D	Campo cercano: análisis dimensional Campo lejano: ecuaciones integradas	<u>Campo cercano:</u> [6] Calibrado con datos experimentales PIV-LIF obtenidos en IH-Cantabria <u>Campo lejano:</u> [7]

Tabla A2-3. Herramientas de modelado brIHne para campo cercano-campo lejano

Todas las herramientas brIHne van acompañadas de la siguiente información complementaria descargable en formato "pdf":

- **Documento de especificaciones técnicas** del modelo.
- Cuadro de **valores recomendados y realistas para los datos de entrada al modelo**.
- Fichero de Aviso ("warning") con los principales aspectos a considerar en relación con el modelo.

Los modelos "brIHne" **se ejecutan online desde el portal web www.brIHne.ihcantabria.com**. El acceso a estos modelos y a su información complementaria descargable se obtiene mediante un curso previo de formación en el que se explican en detalle la base teórica, capacidades y limitaciones, fiabilidad y manejo de cada uno de estos modelos. Mediante este curso, se garantiza que el futuro usuario cuente con el conocimiento necesario para utilizar de manera correcta las herramientas "brIHne".

Para obtener más información sobre los modelos "brIHne" y el acceso a los mismos, se puede consultar el portal web o contactarnos en brIHnecurso@ihcantabria.com

1.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Se proponen las siguientes líneas de investigación para mejorar los modelos de simulación "brIHne" ya programados y desarrollar nuevas herramientas en esta misma línea:

- **Validar** los modelos "brIHne" con datos experimentales y datos de campo. Estimar el error en sus predicciones con respecto a estos datos, y su grado de fiabilidad.
- **Recalibrar** todos los modelos "brIHne" de modo que se obtenga un mejor ajuste a los datos experimentales. Partiendo de la base de datos experimentales generada en el marco del proyecto MEDVSA (Ver el Anexo 3), se procederá de distinta forma según el caso:
 - o Para los **modelos basados en la integración de las ecuaciones**, se utilizarán los campos de concentraciones y velocidades generados mediante las técnicas ópticas no intrusivas PIV y LIF (Ver Anexo 3), a partir de los cuales:
 - Se revisará el grado de aproximación del flujo a las hipótesis simplificadoras adoptadas por estos modelos.
 - Se estudiará el peso que cada término tiene en las ecuaciones de gobierno del flujo, incluyendo los términos de las magnitudes turbulentas.
 - Se valorarán la necesidad de introducir nuevas variables en las ecuaciones integradas para considerar términos de segundo orden; en caso positivo se implementarán nuevos términos.
 - Se revisará y re-calibrará la fórmula de "entrainment" (incorporación de agua al flujo).
- **Diseñar nuevas herramientas "brIHne"**, incluyendo **distintas configuraciones de descarga**, a medida que se disponga de datos experimentales para calibrar estos modelos.
- Adaptar los modelos "brIHne" a un **medio receptor dinámico**, incluyendo términos en las ecuaciones que consideren la presencia de corrientes ambientales de distinta dirección.

1.4. REFERENCIAS.

- [1] Doneker, R. L., Jirka, G. H. (2001). "CORMIX-GI systems for mixing zone analysis of brine wastewater disposal". *Desalination*, vol. 139, pp. 263 – 274.
- [2] Frick, W. E. (2004). "Visual Plumes mixing zone modelling software". *Environmental modelling & software*, vol. 19, pp 645 - 654.
- [3] Lee, J. H. W., Cheung, V. (1990) "Generalized Lagrangian model for buoyant jets in current". *Journal of environmental engineering*, vol. 116 (6), pp. 1085 - 1105.
- [4] Jirka, G. H. (2004). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: The single round jet." *Environmental fluid mechanics*, vol. 4, pp. 1 – 56.
- [5] Jirka, G. H. (2006). "Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part II: Plane jet dynamics resulting from multiport diffuser jets". *Environmental fluid mechanics*, vol. 6, pp. 43 –100.
- [6] Roberts, P. J. W., Ferrier, A. and Daviero, G. (1997). "Mixing in inclined dense jets". *Journal of hydraulic engineering*, vol. 123, N 8, pp. 693 - 698.
- [7] García, M. H. (1996). "Environmental Hydrodynamics", Argentina: Publications Center, Universidad Nacional del Litoral.
- [8] Alavian, V. (1986). "Behaviour of density current on an incline". *Journal of hydraulic engineering*, vol. 112, No 1, pp. 27-42.