

Ficha 1.

# PRESENTACIÓN DE LAS FICHAS DESCRIPTIVAS DE LOS MODELOS COMERCIALES

V. 1.1

Este documento se ha obtenido como resultado 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.**

La Guía Metodológica desarrollada en MEDVSA incluye los documentos:

- *GUÍA METODOLÓGICA*
- *Anexo 1. Fichas descriptivas de los modelos comerciales*
- *Anexo 2. Modelos de simulación brHne.*
- *Anexo 3. Formulación basada en los resultados experimentales*
- *Anexo 4. Caracterización de clima marino*
- *Anexo 5. Reglas básicas para la implementación de modelos CFDs en la simulación de campo cercano*
- *Anexo 6. Reglas básicas para la implementación de modelos hidrodinámicos en la simulación de campo lejano*
- *Anexo 7. Medidas preventivas y Programa de Vigilancia Ambiental*

El presente documento es parte del **Anexo 1: Fichas descriptivas de los modelos comerciales**

*Autores:*

**INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL (IH CANTABRIA)**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEDEX)**

## PRESENTACIÓN DE LAS FICHAS DESCRIPTIVAS.

### 1. SIMULACIÓN DE VERTIDOS AL MAR DE EFLUENTES DE FLOTABILIDAD NEGATIVA

El efluente salmuera se caracteriza por su exceso de salinidad y, por tanto, su mayor densidad con respecto al medio receptor marino, lo que implica que su flotabilidad será negativa.

En el comportamiento del vertido en medio acuoso del efluente salmuera se distinguen dos regiones fundamentales: el campo cercano y el campo lejano. El campo cercano es la zona alrededor del vertido, o zona de mezcla inicial, donde el comportamiento del efluente depende fundamentalmente de los parámetros de descarga y donde se produce la máxima dilución del efluente con el fluido del medio receptor. El campo lejano es la zona alejada del punto de vertido, donde la salmuera forma una corriente de gravedad que se desplaza sobre el fondo marino, con una dilución que depende fundamentalmente de las condiciones en el medio receptor.

Las ecuaciones que gobiernan el comportamiento del vertido de salmuera son la ecuación de Continuidad, las de Conservación de la Cantidad de Movimiento y la de Transporte o conservación de la masa de trazador. La ecuación de Estado relaciona la temperatura, salinidad y densidad, en un fluido considerado incompresible. Estas ecuaciones pueden resolverse con un enfoque euleriano o lagrangiano.

En función de las hipótesis simplificativas asumidas para el fenómeno y del planteamiento de las ecuaciones, se distinguen tres grupos principales de modelos para el cálculo del comportamiento del flujo:

- Modelos basados en el análisis dimensional del fenómeno.
- Modelos de ecuaciones integradas en la sección del flujo.
- Modelos hidrodinámicos completos.

La mayor parte de los modelos comerciales que se utilizan para la simulación del vertido al mar de la salmuera fueron diseñados originalmente para vertidos de efluentes con flotabilidad positiva, como es el caso de las aguas residuales urbanas en el mar. Posteriormente han adaptado sus códigos al caso de efluentes de flotabilidad negativa. Sin embargo, uno de las principales carencias detectadas en estos códigos se refiere a su calibración y validación en la simulación de efluentes hiperdensos, que en la mayor parte de los casos es muy escasa o inexistente.

Entre los modelos comerciales más utilizados para simular el vertido y comportamiento de la salmuera destacan los software CORMIX, VISUAL PLUMES y VISJET.

Se ha realizado un estudio y análisis en profundidad de la base teórica, manejo y posibilidades de estos modelos comerciales. Como resultado se han elaborado una serie de **FICHAS DESCRIPTIVAS DE LOS SOFTWARE COMERCIALES**, particularizándolas para cada uno de los submodelos que permiten simular el vertido al mar de la salmuera de las plantas desaladoras.

## 2. FICHAS DESCRIPTIVAS

Se han elaborados las siguientes **FICHAS DESCRIPTIVAS:**

BASE TEÓRICA GENERAL	Software CORMIX	Software VISUAL PLUMES	Software VISJET
Ficha General de teoría de chorros y plumas	Cormix - Ficha general Cormix 1 Cormix 2 D-Cormix Corjet	Visual Plumes - Ficha General UM3, DKHW	JetLag

Tabla 1: Software comerciales analizados. Modelos con ficha explicativa

A continuación se indica el contenido principal de cada una de las diez Fichas descriptivas que se han elaborado. Para todas ellas, la descripción y análisis se ha orientado a la simulación de vertidos de efluentes de flotabilidad negativa, como es el caso de la descarga al mar de la salmuera.

### 1. Ficha General de Teoría de chorros y plumas:

Breve descripción del comportamiento de los chorros y plumas convectivas, describiendo los principales procesos físicos, ecuaciones de gobierno, hipótesis y planteamiento de resolución. Se indican las referencias y bibliografía recomendada para una mayor profundización en el tema.

### 2. Ficha General del software CORMIX.

Descripción y análisis del software CORMIX. Se indican las principales herramientas, se describe la base teórica en que se sustentan sus distintos subsistemas y módulos de cálculo, se exponen las principales posibilidades y limitaciones como modelo, las recomendaciones generales de uso y datos prácticos en relación con la compra e instalación del software.

De las herramientas que ofrece el software CORMIX se han seleccionado las aplicables al modelado de efluentes hiperdensos, elaborándose para cada una de ellas fichas individualizadas:

**3. Ficha del subsistema CORMIX1:** vertidos sumergidos mediante chorro individual.

**4. Ficha del subsistema CORMIX2:** vertidos sumergidos mediante chorros múltiples.

**5. Ficha del modelo CORJET:** vertidos sumergidos mediante chorro individual o chorros múltiples.

**6. Ficha del subsistema D-CORMIX:** vertidos mediante chorro sumergido cercano a la superficie, chorro emergido cercano a la superficie y vertido directo superficial.

En las páginas siguientes se indica el índice detallado de cada una de estas herramientas de modelado.

### 7. Ficha General del software VISUAL PLUMES.

Descripción y análisis del software VISUAL PLUMES. Se indican las principales herramientas, se describe la base teórica en que se sustentan sus distintos subsistemas y módulos de cálculo, se exponen las principales posibilidades y limitaciones como modelo, las recomendaciones generales de uso y datos prácticos en relación con la compra e instalación del software.

De las herramientas que ofrece el software VISUAL PLUMES se han seleccionado aquellas que son aplicables al modelado de efluentes hiperdensos, elaborándose fichas individualizadas para cada una de ellas:

**8. Ficha del modelo UM3:** vertidos sumergidos mediante chorro individual o chorros múltiples.

**9. Ficha del modelo DKHW:** vertidos sumergidos mediante chorro individual o chorros múltiples.

En las páginas siguientes se indica el índice detallado de cada una de estas herramientas de modelado.

**10. Ficha del software JETLAG de VISJET.**

Descripción y análisis del software JetLag de VISJET. Se analiza su base teórica, principales posibilidades y limitaciones como modelo, las recomendaciones generales de uso y datos prácticos en relación con la compra e instalación del software.

En las páginas siguientes se indica el índice detallado de cada una de estas herramientas de modelado

Con el fin de facilitar su uso y manejo y la comparación entre los modelos comerciales, las fichas se han elaborado con la misma estructura y apartados, de acuerdo al siguiente **índice**:

**INDICE DE LAS FICHAS:**

**MODELO COMERCIAL**

1. *Introducción. Autores. Desarrollo.*
2. *Descripción del Modelo. Base Teórica.*
3. *Hipótesis Simplificativas.*
4. *Componentes y opciones del modelo. Posibilidades y limitaciones.*
5. *Análisis de sensibilidad del modelo frente a variaciones en los parámetros de entrada.*
6. *Calibración y validación del modelo presentada por los autores para efluentes de flotabilidad negativa.*
7. *Validación del modelo con nuevos datos experimentales de ensayos en modelo físico.*
8. *Recomendaciones de aplicación y manejo del modelo.*
9. *Acceso al modelo y a la información, precio, instalación, manejo, tiempo de computación.*
10. *Referencias y bibliografía recomendada.*

**ANEXOS**

*Anexo 1: Ejemplo de aplicación del modelo a un vertido de salmuera.*

*Anexo2: Rango de valores realistas y recomendados para los parámetros de entrada del modelo, en la simulación de un vertido al mar de salmuera*

*Anexo 3. Resultados numéricos del análisis de sensibilidad.*

### 3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS COMERCIALES

#### 3.1. Software CORMIX

El software **CORMIX** ("Cornell Mixing Zone Expert System") es un programa subvencionado inicialmente por la EPA, que incluye distintos subsistemas: Cormix 1, 2 y 3, cuyas fórmulas de cálculo se han obtenido fundamentalmente del análisis dimensional del fenómeno, del que derivan fórmulas semiempíricas de tipo escalas de longitud. Incluye también modelos, como el CORJET, que se basan en la integración de las ecuaciones en la sección transversal del flujo. CORMIX es capaz de simular el comportamiento de efluentes de flotabilidad positiva y negativa, que se vierten bajo diferentes configuraciones de descarga (chorro individual sumergido o emergido, chorros múltiples en tramo difusor con distintos diseños, vertido directo superficial, etc.).

Tiene en cuenta las condiciones en el medio receptor (corrientes y estratificación de densidad e la columna de agua). El modelo predice, bajo hipótesis simplificadoras importantes, el comportamiento del efluente hiperdenso en las regiones de campo cercano y lejano, considerando de forma aproximada los efectos de la interacción del flujo con los contornos y de la interacción de los chorros entre sí.

El modelo simplifica la geometría del medio receptor, considera un estado estacionario y no permite realizar un análisis estadístico de los resultados. Se trata de un modelo comercial y no es de carácter gratuito. ([www.cormix.info/](http://www.cormix.info/)).

#### 3.2. Software VISUAL PLUMES

El software **VISUAL PLUMES** ha sido desarrollado por la EPA e incluye distintos modelos para la simulación de vertidos de efluentes de flotabilidad positiva y negativa. Para efluentes hiperdensos, la configuración de descarga que es posible simular se limita a vertidos mediante chorro individual o chorros múltiples dispuestos en un tramo difusor.

Los modelos que en este caso utiliza están basados en la integración de las ecuaciones en la sección transversal del chorro, asumiendo medio receptor ilimitado y limitando su ámbito de aplicación al campo cercano, antes del impacto del chorro con algún contorno.

El modelo UM3 (Updated MErge 3D) resuelve las ecuaciones en planteamiento lagrangiano, y DKHW en planteamiento euleriano. Los modelos de Visual Plumets tienen en cuenta las condiciones en el medio receptor (corrientes y estratificación de densidad) que, en este caso, pueden ir variando a lo largo de la columna de agua. Incluye la opción de cargar archivos externos con datos correspondientes a series temporales de las variables, simulando escenarios donde las condiciones varían a lo largo del tiempo. El software es de carácter gratuito. ([www.epa.gov/ceampubl/swater/vplume/](http://www.epa.gov/ceampubl/swater/vplume/)).

#### 3.3. Software JETLAG de VISJET

El software **VISJET** ("Innovative Modeling and Visualization Technology for Environmental Impact Assessment") ha sido desarrollado por la Universidad de Honk Kong, e incluye el modelo JetLag para la simulación de vertidos de efluentes de flotabilidad positiva y negativa, mediante chorro individual o chorros múltiples a través de un tramo difusor con diferentes diseños.

Se trata de un modelo lagrangiano de ecuaciones diferenciales integradas en la sección transversal del chorro, asumiendo medio receptor ilimitado, de modo que la simulación del vertido hiperdenso se limita a la zona de campo cercano, antes del impacto del flujo con los contornos. JetLag tiene en cuenta las condiciones en el medio receptor (corrientes y estratificación de densidad en la columna de agua). No permite introducir series temporales de los datos de entrada, ni realiza un tratamiento estadístico de los resultados. Se trata de un modelo comercial y no es de carácter gratuito. (<http://www.aoe-water.hku.hk/visjet/visjet.htm>)