



Modelación Numérica de la Descarga Térmica del Sistema de Enfriamiento de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde.

Por el M. en C. Claudio Iván Campos Pérez, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional.



Por el Dr. Hermilo Ramírez León, Instituto Mexicano del Petróleo. Programa de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Computación.



Por el Dr. Juan Manuel Navarro Pineda, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional.



ANTECEDENTES

El desarrollo de los procesos industriales aunado al crecimiento poblacional han incidido en un brusco y extraordinario aumento en la recepción de los cuerpos de agua de sustancias externas contaminantes, el problema de la contaminación de los diferentes cuerpos de agua, es un fenómeno que responde al desarrollo industrial que se viene dando en las últimas décadas, por ello la toma de conciencia del hombre por dicha contaminación.

La contaminación de las zonas costeras es cada vez más intensa, que origina alteración de los parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas, en consecuencia a los ecosistemas correspondientes. Entre las principales fuentes contaminantes tenemos las que se derivan de las actividades industriales, agrícolas, y domésticas, así como los derrames naturales y artificiales de petróleo; por otro lado las descargas térmicas de plantas nucleoelectricas y termoeléctricas que generalmente contribuyen con aguas a temperaturas mayores a las del agua del medio receptor. La causa fundamental de este tipo de perturbación es la construcción de centrales eléctricas de diversos tipos, cada vez más grandes, principalmente las centrales nucleoelectricas las cuales requieren grandes volúmenes de agua para su sistema de enfriamiento. Este tipo de descargas a la biodiversidad del lugar llegan a ser catastróficas si las aguas que se descargan no se regulan con respecto a una normatividad de la región. En este trabajo se presenta el estudio del impacto al ecosistema de la descarga térmica del sistema de enfriamiento de Central Nucleoeléctrica Laguna Verde (CNLV), en el Estado de Veracruz. El estudio es hecho considerando un modelo numérico en donde se reproducen los principales escenarios ambientales.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es estudiar la dispersión de la pluma contaminante proveniente de la descarga térmica a superficie libre del sistema de enfriamiento de la CNLV, mediante la implementación de un modelo numérico tridimensional que tome en consideración las principales variables ambientales y oceanográficas del medio receptor, de tal forma que prediga la distribución y estratigrafía de la pluma térmica en el mismo. Con este estudio se determina el impacto que tiene la pluma térmica tanto en el medio receptor como al sistema de enfriamiento de la Central Nucleoeléctrica. Los resultados numéricos se verificaron con resultados medidos en campo.

DESCRIPCIÓN CENTRAL

El sistema de enfriamiento de la CNLV, es de tipo abierto, en el cual el agua destinada para el enfriamiento de los condensadores no se vuelve a utilizar (CFE, 2005). Aunque es difícil definir los límites de una descarga, para el caso de la CNLV, se inicia con el aumento de la temperatura que se produce en el condensador y termina hasta el punto en que el efluente se mezcla y enfría en el mar. Para la CNLV, el gasto necesario para enfriar los condensadores es de 63 m³/s, mismo que se descarga al mar a través de un canal con un incremento de temperatura (figura 1).

MÉTODO DE SELECCIÓN NUMÉRICA

Por tal motivo se llevaron a cabo simulaciones numéricas de la descarga térmica del sistema de enfriamiento de la CNLV para observar el comportamiento espacial y temporal de los campos térmicos obtenidos, mediante el desarrollo, calibración y validación del modelo numérico YAXUM/3D, el cual resuelve las ecuaciones para la hidrodinámica de flujos a superficie libre en aguas someras en 2 y 3 dimensiones, el método numérico se basa en el método de diferencias finitas utilizando un esquema semi-implícito integrado en la vertical y en multicapas (Casullí, 1992), las ecuaciones que se resuelven son las siguientes (Abbott, 1982):



Figura 1.- Sistema de enfriamiento de la CNLV

Ecuaciones para las velocidades:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{U}}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial \bar{U}}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial \bar{U}}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \bar{U}}{\partial z} &= -\frac{1}{\bar{\rho}_0} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} - \frac{\partial \bar{u}'u'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{u}'v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{u}'w'}{\partial z} - f_x \\ \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \bar{V}}{\partial z} &= -\frac{1}{\bar{\rho}_0} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} - \frac{\partial \bar{v}'u'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{v}'v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{v}'w'}{\partial z} - f_y \\ \frac{\partial \bar{W}}{\partial z} &= -\left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

Ecuación media de transporte para la temperatura:

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \bar{T}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_{tx} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{ty} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{tz} \frac{\partial \bar{T}}{\partial z} \right) + \{Q\}$$

Razón de cambio temporal de la temperatura Cambio de la temperatura por advección Cambio de la temperatura por difusión Flujo de calor en la superficie

RESULTADOS

Para simular los efectos de la descarga térmica se realizaron tres escenarios de simulación los cuales correspondieron a épocas de secas (febrero-mayo), época de lluvias (junio-septiembre) y épocas de Nortes (octubre-enero), para ello se procesó la información topográfica, batimétrica, hidrológica, oceanográfica y meteorológica ambiental, así como las políticas de operación de la CNLV para generar dichos escenarios de modelación (figura 2).