

TECNOLOGÍA

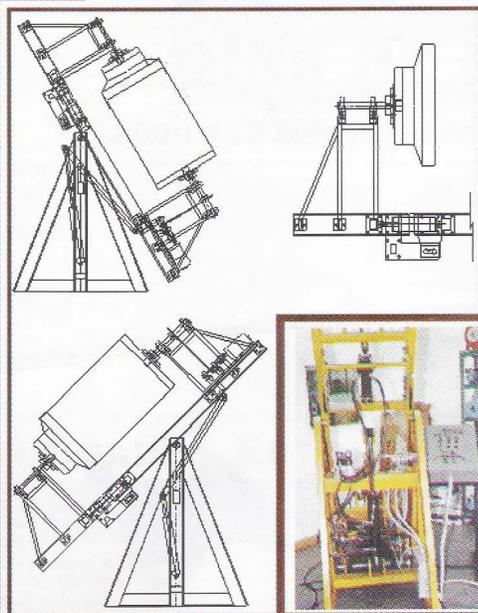
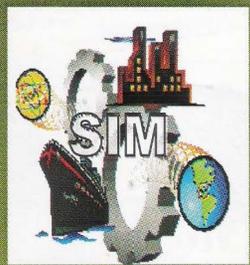
HOY

Vol.
3
Nov. 1999

Revista Anual de la Facultad de Ingeniería Mecánica
de la Universidad Tecnológica de Panamá

Áreas de:

- Energía
- Diseño e Ingeniería
- Temas de Actualidad



Preparados para el nuevo milenio

Precio: B/ 2.50

TECNOLOGÍA-HOY

CONTENIDO

EDITORIAL

El Canal de Panamá-Planificación Estratégica a Largo Plazo.

Por: Ing. Juan Wong e Ing. Boris Moreno V.

Sobre la Simetría y Asimetría del Tensor de Esfuerzo

Por: Ing. Carlos Ramón Plazaola Lorio

Capacidad Teórica de Plantas Mareomotrices de Bombeo Vertical

Por: Dr. Anatoli Markelov

El Control Numérico Computarizado en el Desarrollo Industrial

Por: Ing. Lino Ruiz T.

Estudio Numérico de Convección Térmica en una cavidad llena con dos Fluidos

Por: Dr. Angel M. Bethancourt L.

Seguridad Contra Incendios, Protegiendo el Desarrollo de Panamá y los Panameños

Por: Ing. Orelis Yabaira Dormoi Q.

Medición de la Presión de Vapor por el Método de Condensación Continua

Por: Dr. José E. Falconett F.

Estudio de Efectividad de un modelo Matemático de Dispersión de Contaminantes atmosféricos para las condiciones Meteorológicas en la Central 9 de Enero en Colón

Por: Ing. Rodolfo E. Batista e Ing. Félix Henríquez

2

3

5

6

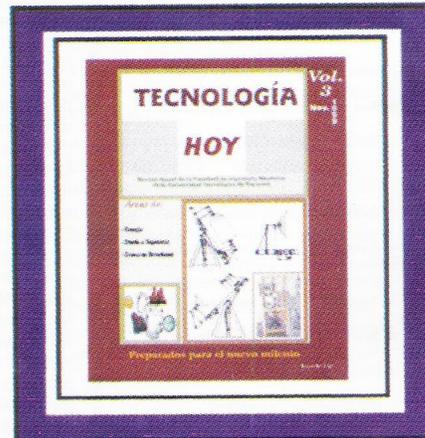
8

10

16

17

20



FOTOS DE LA PORTADA POR CORTESÍA DEL SR. ALEXIS GUZMÁN Y EL ING. GILBERTO ORTIZ

Dirección General:
Ing. Deyka García

Colaboradores:
Ing. Benigno Vargas
Ing. Lino Ruiz
Lic. Claudio Castillo
Ing. Román Altamiranda
Ing. Eric Sánchez
Ing. Jimmy Chang.

Encuéntrenos en:
<http://www.fim.utp.ac.pa>

Impresión:
Imprenta Futur Arte, S.A.
Santiago de Veraguas.

Es prohibida la reproducción total o parcial del material impreso sin autorización de los editores. Las opiniones expresadas en los artículos reflejan el punto de vista exclusivo de sus autores..

Detalles en la página 24 sobre el CONGRESO FAMILIAR DE MANTENIMIENTO

ACTIVIDADES ESTUDIANTILES

SEMANA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

La semana de la Ingeniería Mecánica se caracteriza primordialmente por brindar la oportunidad a profesionales y estudiantes de recibir y brindar aportes científico-tecnológicos en materia de ingeniería mecánica. Además el vínculo universidad-em-

presa, a través del intercambio de información, visitas técnicas y exposiciones de trabajos de investigación y proyectos tecnológicos fortalecen aun más la labor de organización y cooperación entre profesores y estudiantes. Continúa en la pág. 14

REHABILITACIÓN DE EQUIPOS

El mantenimiento y actualización de los equipos del Laboratorio de Refrigeración y A/A que realizan los estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería con especialización en Refrigeración y Aire Acondicionado, permite contar con herramientas para garantizar el aprendizaje. Continúa en la pág. 25

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Benigno Vargas G./Decano
Lic. Claudio Castillo E./Vice-Decano Académico
Ing. Lino Ruiz / Vice- Decano de Inv. Post. y Ext. a.i.
Dr. Tomás Bazán /Jefe Depto. de Energía
Lic. Miguel Chong /Jefe Depto. de Metal-Mecánica.
Ing. Plinio Hines / Jefe Depto. Materiales y Metalurgia
Ing. Lino Ruiz / Jefe Depto. Ing. Mecánica
Ing. José Ramsay / Jefe Depto. Sist. y Comp. Mecánicos
Ing. Gloria Cedeño / Coord. Carrera de Lic. Ing. Mecánica.
Ing. Orlando Aguilar /Coord. Carrera de Lic. en Tec. Mec. Industrial y Enlace con los Centros Regionales
Tec. Miguel Dorati / Coord. Carrera de Tec. Mec.Ind.
Ing. Jaime Contreras / Coord. Carrera de Tec. Re.f. y A/A
Ing. Félix Henríquez / Coord.de Maestría y PostGrado
Dr. Víctor Sánchez/Coord. de Investigación
Ing. Ika Banfield / Coord. de Extensión
Ing. Geomara de Escobar/Secretaría Académica
Ing. Aydenira Guzmán/Secretaría Administrativa, a.i.

Editorial

En el editorial de este volumen queremos mencionar el Trabajo de Grado titulado Diseño y Construcción de una Máquina para Fabricar Envases Plásticos por el Método de Rotación, controlada por PLC por Erix Rodríguez y Omar Ortega.

El estudio y análisis de este trabajo surge de la necesidad de producir partes plásticas de gran tamaño utilizando como materia prima resina de polietileno lineal de baja densidad, para que al rotar éste, alrededor de unos quemadores de gas butano, el material se distribuya uniformemente en la cavidad de un molde.

Llama la atención el hecho de que el molde debe ser montado sobre la máquina diseñada y construida la cual debe proporcionar todos los movimientos requeridos, los que a su vez son controlados para mantener posiciones y velocidades determinadas. Las fuerzas que dan los diferentes movimientos son proporcionadas por cilindros hidráulicos y el movimiento de rotación lo proporciona un motor reductor eléctrico.

La máquina es gobernada por un controlador lógico programable (PLC), el cual controla la activación y desactivación, temporización, conteo, secuencia aritmética y manejo de datos.

El proyecto nos parece interesante para las áreas de gran importancia de la ingeniería como son el diseño mecánico, sistemas oleohidráulicos y la automatización industrial.

Ello destaca que los ingenieros que forma la Facultad de Ingeniería Mecánica proyectan, desde sus inicios, diseños bajo estrictos criterios de seguridad, rendimiento y confiabilidad.

Nuestra revista felicita a todo el estudiantado por la creatividad de sus proyectos y eventos, invitándolos a darles continuidad para el perfeccionamiento de los mismos en pro del desarrollo científico-Tecnológico e industrial del país.

Dycker & Garcia S.B.



FRIO SISTEMAS, S.A.

P.O.BOX 11710, Bethania, Panamá 6, Rep. De Panamá

Bombas de Agua

Motores Eléctricos

Refrigeración

Controles Industriales

Materiales de Embobinado

Alambre de Embobinar

Calle 2da, Parque Lefevre

Edificio Torre Niza

Local # 2

Tel.: 222-3497

TeleFax: 222-2022

El Canal de Panamá: planificación estratégica a largo plazo

Ing. Juan WONG e Ing. Boris MORENO V.; Comisión del Canal de Panamá

Introducción.

Desde su inauguración en 1914 el Canal de Panamá le ha proporcionado al mundo una corta y económica ruta de enlace entre el Océano Pacífico y el Océano Atlántico. Dicha ruta ha influido notablemente sobre los patrones del comercio mundial y permite ahorrar grandes cantidades de dinero y tiempo a las embarcaciones que lo transitan. Debido a esto se han hechos todos los esfuerzos para garantizar una operación segura y eficiente del Canal para cumplir con los requerimientos de la flota mercante mundial.

En los últimos años el Canal ha tenido limitantes que han afectado su capacidad operacional y que en un futuro podrían causar deterioro en su servicio. Estos problemas son el aumento de tránsitos diarios a un valor muy cercano a la capacidad máxima del Canal y la escasez de agua.

Tráfico por el Canal.

La capacidad operacional actual del Canal es de 38 naves diarias, con un promedio de 24 horas de tiempo en aguas del Canal. Esta capacidad se reduce a 32 o menos naves diarias cuando por razones de reparación y/o mantenimiento se tiene que cerrar una de las vías. Luego de uno de estos cierres de vías, la capacidad del Canal puede aumentar hasta unas 42 naves diarias temporalmente mientras se logra aliviar el embotellamiento producto del cierre de una vía.

En 1998 hubo un promedio de tráfico diario de 37.5 naves. Las proyecciones futuras indican que el tráfico de naves seguirá aumentando y cuando sobrepase la capacidad actual del Canal, este incremento en el tráfico provocaría un dramático aumento en el tiempo promedio de las naves en las aguas del Canal y un deterioro en la calidad del servicio. Sumado a este aumento está el aumento del tráfico de los barcos tipo Panamax (actualmente un 30% del tráfico diario) los cuales requieren de mayores recursos para su tránsito.

En vista de esta creciente demanda de tráfico y las restricciones existentes de capacidad, la Comisión del Canal estableció la creación de un programa de modernización a corto plazo para aumentar la

capacidad del Canal. Dicho programa incrementará gradualmente la capacidad del Canal hasta un 20% y concluirá antes del año 2005. Este programa incluye los siguientes proyectos:

- Ensanche del Corte Culebra para reducir las restricciones de tránsito por el mismo.
- Aumento de la flota de remolcadores para responder al creciente aumento de tránsito de barcos Panamax.
- Compra de 26 nuevas locomotoras más eficientes.
- Reemplazo de los antiguos mecanismos electromecánicos por equipo hidráulico. Así como también de los controladores remotos por equipo automatizado con mejor tiempo de respuesta.
- Modernización del sistema actual de tránsito mediante la implementación de sistemas de posicionamiento global diferencial (DGPS).
- Reemplazo de los rieles por donde corren las locomotoras de remolque.

Para cuando este plan de modernización esté terminado, las ventajas en las operaciones se reflejarán en:

- Aumento en la capacidad operativa de 38 a 43 naves diarias.
- Aumento en la capacidad temporal de alivio de 42 a 48 naves diarias.

Estos proyectos son una respuesta para adecuar a corto plazo la capacidad del Canal. Estudios de proyecciones futuras de tránsito indican que para el año 2010 se sobrepasará el tráfico a más de 43 naves diarias.

La Cuenca Hidrográfica.

En el verano de 1998, la prolongada sequía provocada por el fenómeno del Niño causó que el nivel en el lago Gatún bajara varios pies. Esto obligó a la administración del Canal a establecer un programa de restricción de calado, para garantizar el paso seguro de las naves por el Canal. Estas restricciones comenzaron el 12 de marzo de 1998; posterior a esta restricción siguieron otras que fueron disminuyendo progresivamente el calado máximo permitido hasta un

valor crítico de 35.5 pies. Posterior a esta restricción, inesperadas lluvias así como también las rigurosas medidas para la conservación del agua permitieron subir el nivel máximo permitido antes de lo estipulado inicialmente, hasta que finalmente el 30 de junio se eliminó la última restricción.

Futuras sequías podrían llegar a provocar restricciones de calado aún mayores. Unido a esto, cada pie de calado de restricción representó pérdidas para los clientes del Canal.

La Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal.

En su afán por brindar un servicio confiable y eficiente a la flota marítima mundial mucho más allá del año 2000, la Comisión del Canal de Panamá creó en 1998 la "Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal". Dicha Oficina tiene la importante misión de diseñar un plan maestro para aumentar la Capacidad del Canal. Los objetivos primordiales de este plan maestro son:

- Permitir la ejecución del plan de manera progresiva con el crecimiento de la demanda del tráfico de naves.
- Considerar opciones innovadoras utilizando tecnología de punta.
- Ofrecer flexibilidad para facilitar su adaptación de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Inmediatamente se crearon los distintos equipos de trabajo para hacer estudios de proyectos en áreas distintas que ayudarán a aumentar la capacidad del Canal a largo plazo. Es así como nacen una serie de estudios como:

- Evaluación de nuevas fuentes de agua para ser utilizadas en el esclusaje y la generación de electricidad
- Investigación de fuentes externas a la Cuenca del Canal para proveer agua potable a la población
- Analizar la posibilidad de construir esclusas de diversos tamaños y de adaptar sistemas de ahorro de agua a las esclusas existentes.
- Evaluar la posibilidad de adaptar sistemas de elevadores de barcos para elevar los barcos de un nivel a otro en lugar de esclusas.

Cabe destacar que actualmente dos de estos estudios son desarrollados por estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá, como temas de tesis para optar por el Grado Académico de Licenciados en Ingeniería Mecánica con Tendencia Naval. El primero de estos estudios

consiste en la Evaluación de los Sistemas de Elevadores de Barcos como solución a las necesidades de expansión del Canal. Los Sistemas de Elevadores de Barcos consumen una cantidad mínima de agua durante sus operaciones y esto es lo que los hace extremadamente atractivos como alternativa.

El segundo estudio realizado por una estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica está enfocado a hacer un compendio, análisis y evaluación de los distintos tipos de válvulas, sellos, compuertas, alcantarillas, sistemas motrices y proyectos de generación hidroeléctrica que podrían ser utilizados para optimizar y modernizar el funcionamiento y aumentar la capacidad del Canal de Panamá mediante futuras esclusas.

Año 2000: año de la reversión.

Los estudios y proyectos mencionados demuestran el gran interés que tiene la Comisión del Canal en seguir brindando un excelente servicio a la comunidad internacional más allá de los 85 años después de su inauguración.

Nos corresponde a nosotros, los panameños, involucrarnos en este proceso de modernización ya que el Canal no sólo beneficia a la comunidad internacional, sino que también constituye una de las fuentes de ingreso más importantes del país, con un ingreso anual de aproximadamente \$650 millones.

En esta empresa se emplea a más de 8000 panameños y se benefician indirectamente a muchos otros mediante contratos. Es una empresa que se caracteriza por sus cursos de adiestramiento técnico y búsqueda de la excelencia.

Este es un llamado a todos los sectores del país: profesionales, sector privado, gobernantes y pueblo en general. Hace 22 años se firmó un tratado que cambió la historia de nuestro país; hoy estamos en la mira de la comunidad internacional. Faltando escasas semanas del tan anhelado traspaso de mando, nos corresponde a los panameños demostrar que podemos administrar y operar el Canal de una manera eficiente, competitiva y segura, brindando el excelente servicio que siempre ha caracterizado al Canal. Adicionalmente, nos enfrentamos a nuestro mayor reto que es mejorar y crear nuevas infraestructuras para que nuestro Canal no se vuelva obsoleto, sino al contrario, que opere con mayor eficiencia y calidad en bien de la comunidad internacional y del país mucho más allá del año 2000.

Sobre la Simetría y Asimetría del Tensor de Esfuerzo

Ing. Carlos Ramón PLAZAOLA L., correo-e: cplazaola@yahoo.com

Extracto General.

En este artículo se presenta un análisis de la manera en que las hipótesis sobre el comportamiento de los materiales, la configuración de referencia utilizada y la forma en que se define el tensor de esfuerzo, determinan las propiedades de simetría o asimetría del mismo.

Introducción.

Las discusiones y derivaciones presentadas por muchos autores [1], [2],[3], etc. al introducir el concepto de tensor de esfuerzo, concluyen que este es simétrico. El tensor de esfuerzo, sin embargo, no siempre es simétrico. La simetría o asimetría del tensor de esfuerzo depende de la versión del tensor de esfuerzo que se use, del medio continuo objeto de estudio y al menos un autor [4], cuestiona la simetría del tensor de esfuerzo de Cauchy, este último es la versión que aparece definida en una gran cantidad de textos de resistencia de materiales, mecánica de sólidos y de introducción a la mecánica de medios continuos.

Tensor de Esfuerzo de Cauchy.

La definición del tensor de esfuerzo de Cauchy está basada en la configuración final del medio, es decir en la geometría deformada. Si se define un sistema de coordenadas (x^1, x^2, x^3) que puede ser cartesiano (si se usan coordenadas curvilíneas, para una formulación más general, entonces se obtendrían las versiones covariante y/o contravariante del tensor de Cauchy), y se plantea un balance de fuerzas (esta derivación aparece en libros de mecánica de medios continuos [5], [6], y no será repetida aquí) se obtiene la familiar ecuación:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x^i} + \rho b_j = 0$$

donde:

σ_{ij} : Componente del tensor de esfuerzo de Cauchy.

ρ : Densidad del medio.

b_j : Componentes del vector de fuerzas corporales por unidad de masa (incluyendo fuerzas inerciales)

Del balance de momentos se obtiene que el tensor de esfuerzo de Cauchy es simétrico, así:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$$

En las versiones covariante y contravariante, el tensor de Cauchy es también simétrico. Existe, sin embargo, una variedad de materiales con características magnéticas, conocidos como medios continuos polares [7], para los que

al hacer balance de momentos, es necesario incluir momentos corporales distribuidos. Dependiendo del material, puede ser necesario incluir momentos superficiales distribuidos (en la frontera o en superficies internas) y/o una contribución de momentum angular intrínseco en las componentes inerciales.

Una expresión para el balance de momentos en un medio continuo polar, podría ser la siguiente:

$$\int_{\mathcal{R}} \bar{x} \times (\bar{n} \cdot \bar{\sigma}) dA + \int_{\mathcal{R}} \bar{x} \times \bar{\rho} b dV + \int_{\mathcal{R}} \bar{r} dA + \int_{\mathcal{R}} \bar{\rho} \bar{m} dV = 0$$

\bar{r} : momento por unidad de superficie

\bar{m} : momento por unidad de masa

Si en la expresión anterior se hacen cero los momentos distribuidos, ésta se reduce a la suma de las dos primeras integrales y esto llevaría a la conclusión de que el tensor es simétrico. La presencia de las dos últimas integrales en la expresión permite concluir que el tensor de Cauchy es asimétrico para medios polares, así:

$$\sigma_{ij} \neq \sigma_{ji}$$

Tensores de Esfuerzo de Piola – Kirchhoff.

El tensor de Cauchy es adecuado en el análisis de problemas de deformaciones infinitesimales, donde la geometría del medio no deformado no difiere en gran manera de la del medio deformado. En problemas de deformaciones finitas, en general, existen diferencias considerables entre la geometría del medio deformado y no deformado. Debido a estas diferencias es conveniente definir el esfuerzo en base a áreas de la superficie no deformada (configuración de referencia). El tensor de esfuerzo de Cauchy está basado en la configuración deformada, por lo tanto, es inadecuado en el análisis de problemas de deformaciones finitas.

Un tensor basado en la geometría deformada es el Primer Tensor de Esfuerzo de Piola – Kirchhoff, definido por la siguiente expresión:

$$\bar{P} = J \bar{\sigma} J^{-T}$$

donde:

- \bar{P} Primer Tensor de Esfuerzo de Piola-Kirchoff
 J Jacobiano de la Transformación de coordenadas entre las configuraciones deformadas y no deformada
 $\bar{\sigma}$ Tensor de Esfuerzo de Cauchy
 \bar{J} Tensor gradiente de deformación

Este tensor es un tensor asimétrico (aún para medios no polares) y se le conoce también como el tensor de esfuerzo nominal. La asimetría de este tensor complica la formulación de ecuaciones constitutivas al tratar de combinarlo con el tensor de deformación, que es simétrico. Para sortear este inconveniente se define el Segundo Tensor de Esfuerzo de Piola - Kirchoff, dado por:

$$\bar{T} = \bar{P} (\bar{F}^{-1})^T$$

en términos del tensor de Cauchy

$$\bar{T} = J F^{-1} \bar{\sigma} (F^{-1})^T$$

Este tensor es simétrico (para medios no polares). Los tensores Primero y Segundo de Piola - Kirchoff se reducen al tensor de Cauchy si en el análisis se consideran gradientes de desplazamiento infinitesimales.

Conclusión.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se concluye que en una formulación general de las ecuaciones de campo, el tensor de esfuerzo es, en general, asimétrico y que la simetría del tensor corresponde a un caso particular que se podría obtener luego de hacer simplificaciones en las ecuaciones generales. ♦

Referencias.

1. Gere, J.M. y Timoshenko, S.P., Mecánica de Materiales, 2^{da} ed., Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1986.
2. Dym, C.L. y Shames, I.H. ; Solid Mechanics, 1^{ra} ed., McGraw - Hill, New York, 1973.
3. Shigley, J.E. y Mischke, C.R. ; Diseño en Ingeniería Mecánica, 5^{ta} ed., McGraw - Hill, México, 1990.
4. Reissner, E. ; "Note on the Theorem of the Symmetry of the Stress Tensor". Journal of Mathematics and Physics, Vol 25, 1946.
5. Segel, L.A. ; Mathematics Applied to Continuum Mechanics, 2nd ed., Dover, New York, 1987.
6. Frederick, D. Y Chang, T.S.; Continuum Mechanics, 1st ed., Scientific Publishers, Inc., Cambridge, 1972.
7. Malvern, L.E.; Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, 1st ed., Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1969.

Capacidad teórica de plantas mareomotrices de bombeo vertical

Dr. Anatoli MARKELOV, Facultad de Ingeniería Mecánica

Existen diferentes tipos de instalaciones para convertir energía mareomotriz generalmente en energía eléctrica. El principio de conversión de energía consiste en el uso de una diferencia de niveles de agua oceánica a ambos lados de un dique que encierra un área oceánica. La diferencia de niveles causa una diferencia de presiones de agua dentro y fuera del dique, y bajo esta diferencia de presiones los chorros de agua que pasan a través del dique hacen rotar sistemas hidroturbinas-generadores produciendo de este modo energía eléctrica. El uso de dicho principio tradicional de

producción de energía eléctrica tiene una desventaja cardinal: la energía eléctrica se genera no constantemente, sino ciclicamente conforme a los ciclos de mareas. Esto significa que hay una secuencia de periodos alternantes de ausencia y generación de energía eléctrica con un período igual al período de mareas oceánicas (aproximadamente 6 horas), que en la práctica causa serias incomodidades al usar la energía eléctrica obtenida por medio de dicho principio.

En el presente trabajo analizaremos un nuevo principio de transformación de energía mareomotriz en energía

eléctrica que todavía no ha sido realizado en la práctica ingenieril para generar energía eléctrica continuamente en cualquier escala. La idea principal consiste en una múltiple (digamos, doble) conversión de energía: primeramente la energía cíclica de mareas se convierte en la energía potencial de agua oceánica acumulada en un depósito ubicado en una altura con respecto al nivel del océano, y después la energía potencial de agua oceánica se convierte continuamente en la energía eléctrica. La primera fase (cíclica) de conversión de la energía mareomotriz la transforma en energía potencial de agua oceánica se realiza por medio de plantas especiales mareomotrices de bombeo vertical, la segunda fase (continua) de conversión de la energía potencial en la energía eléctrica se realiza por medio de una estación hidroeléctrica estándar. El agua oceánica pasada por las turbinas de la central se dirige al océano.

Consideremos una planta mareomotriz de bombeo vertical e indiquemos la capacidad teórica de este tipo de planta con respecto al área del océano ocupado por esta planta. La planta consta de un flotador con el peso específico igual a 0.5 del peso específico de agua oceánica que puede desplazarse verticalmente a lo largo de barras verticales fijadas en el fondo del océano. El flotador puede fijarse en sus posiciones verticales extremas a las barras así acumulando la energía potencial

del agua que se mueve cíclicamente al cambiar el nivel del océano durante el proceso de mareas. Cuando el nivel del océano alcance su valor extremo opuesto, un sistema de control libera el flotador que empieza a moverse verticalmente bajo la acción de la fuerza de gravedad o bajo el Principio de Arquímedes. El flotador está unido con un émbolo de un cilindro fijado en el fondo del océano. El cilindro a través de un juego de válvulas y un sistema de tuberías se une con el depósito de agua oceánica ubicado en una altura de decenas de metros con respecto al nivel del océano. Al liberarse, el flotador empuja el émbolo el cual bombea el agua oceánica desde el cilindro al depósito de agua.

Desde el depósito el agua salada se baja continuamente hacia la central hidroeléctrica que produce energía eléctrica. El caudal continuo de salida de agua oceánica desde el depósito es de tal magnitud que en el depósito siempre se encuentra una cantidad de agua oceánica lo que asegura la producción continua de energía eléctrica.

La pregunta principal es sobre la capacidad teórica de un área estándar (digamos, 1 m²) de la superficie oceánica, con una cierta magnitud de diferencia de niveles extremos de mareas, para producir continuamente potencia utilizando el principio de transformación de energía por medio de la planta de bombeo vertical descrita. Los estudios del problema nos dan los resultados siguientes.

Si designamos con d la diferencia de niveles extremos del océano (en metros) y teniendo en cuenta que mientras el flotador esté sumergiendo o emergiendo la fuerza de presión que el émbolo efectúa sobre el agua oceánica que está bombeando se cambia linealmente con respecto a la magnitud de desplazamiento vertical, se puede mostrar que la energía específica de 1 m² de superficie oceánica es igual aproximadamente a:

$$4900*d*d \text{ Joule/m}^2$$

por un ciclo mareomotriz. Al aceptar que el periodo de mareas es igual a 6 horas, podemos evaluar la potencia específica continua de 1 m² de superficie oceánica que es igual aproximadamente a:

$$P = 0.227*d*d \text{ W/m}^2.$$

En la tabla presentamos algunos valores de la potencia teórica específica (en W/m²) en dependencia de la diferencia de niveles del océano (en metros).

Tabla 1
Energía Específica por Diferencia de Niveles.

Diferencia de niveles	Energía específica
2	0.908
3	2.043
4	3.632
5	5.675
6	8.172

La tabla 1 muestra que para una diferencia de niveles del océano igual a 4 metros (lo que tenemos en la costa pacífica de Panamá) un área oceánica igual a 100mX100m = 10,000 m² puede generar teóricamente 36.6 KW de energía eléctrica continuamente.

El potencial energético que es posible lograr a través de las plantas mareomotrices, podría tener una gran utilidad en proyectos aplicados al funcionamiento del Canal de Panamá; a través de los cuales se podría lograr no sólo el aprovechamiento de la energía generada, si no también el ahorro consecuente del agua que se utiliza durante la operación del Canal y con la cual también se abastece parte de la Ciudad de Panamá. ♦

"Los años enseñan muchas cosas que los días desconocen"

Emerson

El control numérico computarizado en el desarrollo industrial Parte 2: desarrollo y aplicaciones del C.N.C.

Ing. Lino RUÍZ T., Facultad de Ingeniería Mecánica

En la edición anterior nuestro principal énfasis fue el de presentar el control numérico computarizado (C.N.C.) como una alternativa tecnológica que pueda potenciar nuestro desarrollo industrial, por lo que describimos sus características principales y su incidencia en el trabajador. En el presente artículo nos enfocaremos, más al manejo de la información en las máquinas CNC, las tendencias actuales del desarrollo de las MHCNC y las tendencias industriales de nuestra época.

5. La Programación en C. N. C.

5.1 Tipos de Programación en C.N.C.

Existen dos formas de programación comúnmente empleados:

- (a) La Programación Manual.
- (b) La Programación Asistida por Computadora (C.A.P.).

La programación manual, la realizada por el operador, ya sea directamente en la Máquina de Herramienta de Control Numérico (MHCN) o a través de un computador personal. Luego de realizar el programa en el computador, éste se codifica en una cinta perforada, para que las instrucciones sean leídas por la MHCN.

En el caso de la programación asistida por computadora, la figura de la pieza se dibuja y se diseña a través de un programa CAD/CAM y luego de tener el diseño, éste se programa a través del CAM al lenguaje de CNC; es decir el mismo programa CAM, genera el programa para la MHCN.

5.2 Programación Manual vs. Programación por Computadora

Veamos ahora en forma comparativa como sería la producción de una pieza a través de programación manual vs. programación por computadora.

Programación Manual:

- (a) 30 días de diseño manual de la pieza
 - (b) 3 días de programación
 - (c) 30 días de correcciones de diseño y programa
 - (d) 10 días de producción en serie
- Total: 72 días.

Programación Asistida por Computadora:

- (a) 20 días de diseño y programación simultáneo

- (b) 2 días de correcciones
 - (c) 10 días de producción en serie
- Total: 32 días

Como se puede ver la programación asistida por computadora da una gran ventaja competitiva; por lo cual resulta importante, que si ya se cuenta con máquinas de C.N.C, entonces debe existir un importante respaldo en programas (software) orientados a dar una mayor flexibilidad y ventaja.

5.3 Comunicación de Datos

Como ya hemos dicho, el programa hecho en un computador; sólo podrá ser leído por la MHCN, a través de una lectora de cinta. Esta cinta debe contener en forma codificada las instrucciones del programa.

Existen dos tipos de códigos o lenguajes para cintas perforadas:

- (a.) El código ISO
- (b.) El Código EIA

Estas cintas son normalmente de una pulgada de ancho y poseen ocho canales o líneas de perforación; es decir disponible para ser perforados. También posee unas perforaciones más pequeñas con el propósito de su alimentación en la perforadora o lectora.

Normalmente la MHCN posee un interruptor para adecuarse al tipo de programa en la cinta, ya sea ISO o EIA. Lo mismo que se revisa en un protocolo de compatibilidad a fin de que la comunicación de datos entre el computador y la MHCN, sea correcto y oportuno.

6 Tendencias del Desarrollo de C.N.C.

Las tendencias de desarrollo en los equipos de Control Numérico es necesario analizarlas en dos direcciones importantes:

1. El desarrollo de las características de capacidad de ejecución de los equipos (Hardware).
2. El desarrollo del aspecto operativo del proceso, asociado normalmente a los programas (Software)

Veamos ahora estos aspectos:

6.1 Desarrollo en Hardware:

1. Máquinas más rígidas para altas RPM y avance.
2. Altas RPM.
3. Mayor precisión.
4. Mejores métodos para la colección de virutas.
5. Limpieza de las piezas con aire y agua a alta presión.
6. Instalación de cubiertas para la seguridad del operario.
7. Los accesorios y demás equipos se adecuaran hacia un diseño mas integral. (F.M.C.).

6.2 Desarrollo de Software

1. Medición automática durante el proceso de producción.
2. Inspección de daños de la herramienta de corte
3. Control de la vida útil de la herramienta de corte
4. Programa selector de la herramienta de corte a fin de considerar aspectos como fatiga, vida útil, etc.
5. Programa para salto automático del avance de la herramienta de corte para continuar el corte sobre otras piezas.
6. Inspección automática de la carga del motor del eje principal.
7. Ahorro del tiempo muerto.
8. Aumento en la capacidad de memoria
9. Aumento en el número de ejes controlables.
10. Programación y operación simultánea.
11. Diseño para ambientes menos controlados.

7 Tendencias de la Automatización en la Industria Nacional.

Las Industrias Modernas exhiben dos tipos de panorama, en términos del tipo de país en la cual se ubica. Cuando se trata de países desarrollados es posible encontrar las siguientes características:

1. Cada vez se exige mayor precisión y alto control de calidad.
2. Los diseños de los productos son cada vez más complicados.
3. La diversidad de productos crea la necesidad de flexibilidad en las maquinarias.
4. Hay aumento en el tiempo de inspección.
5. La fecha de entrega de los productos es cada vez menor.
6. El costo de fabricación de moldes es mayor y es necesario minimizar errores.
7. La formación de instructores es más difícil, pues es necesario personal, más experimentado.

En cuanto al ambiente de trabajo se observa:

1. Escasez de la mano de obra calificada
2. Producción de múltiples modelos y en grandes cantidades.
3. El Ambiente de taller no resulta atractivo.

En el caso de países de menor desarrollo (subdesarrollados), se puede encontrar otro panorama con distintos problemas como por ejemplo:

1. Notable desactualización.
2. Baja competitividad
3. Organizaciones rígidas
4. Debilidad en el recurso humano al no conocer las nuevas tecnologías.

Lo cual también se acompaña de grandes necesidades de ayuda tales como:

1. Programas de gestión tecnológica
2. Modelos de cooperación entre empresas
3. Programas de cooperación internacional.

Tal como se puede observar el panorama desde estas dos perspectivas no es igual, sin embargo a través de una correcta orientación de planes, es posible ir escalando los niveles tecnológicos, adecuándolos cultural y técnicamente a los objetivos de desarrollo.

Siempre para este tipo de gestión, es necesario integrar los esfuerzos de la empresa privada, la Universidades y los Centros de Formación Profesional, a fin de encontrar los canales más adecuados de transferencia tecnológica. Igualmente es posible trabajar en la actualización de los recursos humanos y en la generación de ambientes confiables que fomenten la consulta de las empresas. Una última meta común y necesaria podría ser el desarrollo de la actividad de investigación que en la actualidad es muy pobre en las universidades y nula a nivel de las empresas nacionales.

Como siempre, para emprender este difícil camino es necesario que exista una voluntad política ejecutiva. Este aspecto muchas veces es uno de los más difíciles a salvar, sin embargo todo depende de que surja un clima que los impulse. Lo cual puede darse; cuando los empresarios, como potenciales beneficiarios directos de esta gestión desarrollen estrategias para lograr este clima político impulsor.

Debo aclarar que no tratamos de decir que la automatización es la única alternativa de desarrollo. Si no, más bien, que es necesario definir una línea o un plan con el cual se logre este desarrollo. La automatización es sólo una muy buena alternativa pues su dirección es hacia delante, la cual es tal vez la mejor dirección. ♦

Referencias

[1] Boon, G.K.; Mercado, A.; Automatización Flexible en la Industria; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1991.

[2] Martino, R.L.; Sistemas Integrados de Fabricación; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1990.

Estudio numérico de convección térmica en una cavidad llena con dos fluidos

Ing. Angel BETANCOURT L., Institute of Computational Fluid Dynamics, Tokyo, Japón.

Extracto General.

Un estudio numérico fue conducido para analizar los procesos de convección térmica en una cavidad sujeta a transferencia de calor en las paredes verticales y llena con dos fluidos que obedecen la aproximación de Boussinesq. Resultados en forma de vectores de velocidad y coeficientes de transferencia de calor son presentados en los casos en que una condición de frontera térmica que depende del tiempo es impuesta en la pared caliente. Las ecuaciones de continuidad, momento y energía gobiernan el comportamiento de los fluidos. La curvatura de la interface y los esfuerzos cortantes en la interface son incorporados en la discretización de las ecuaciones. Como se quiere que sólo los efectos de la condición de frontera en la pared caliente estén presentes, convección de Marangoni ($Ma=0$) no fue tomada en cuenta. La posibilidad de que el fenómeno de resonancia ocurra dentro de la cavidad es investigada. Con este fin, un detallado análisis de los cambios en los campos de velocidad y temperatura debido a las variaciones de la frecuencia de oscilación ω es llevado a cabo.

Introducción.

En un reciente artículo[1], un modelo numérico fue implementado con el propósito de simular un sistema compuesto por dos fluidos en una cavidad. Comparaciones fueron efectuadas con los resultados de experimentos y simulaciones por ordenador reportados en previos artículos. Los resultados mostraron la habilidad del presente método de reproducir los datos de los previamente mencionados artículos. En un siguiente artículo[2], los efectos de las relaciones de las propiedades físicas de los fluidos fue estudiada en mayor detalle basado en los análisis de los campos de velocidad y temperatura. Fue claramente demostrado como las estructuras del campo de flujo dentro de la cavidad dependen de los valores de las relaciones de las propiedades termo-físicas de los fluidos. En estos estudios, las paredes verticales de la cavidad fueron mantenidas a temperatura constante mientras que las paredes horizontales bajo condiciones adiabáticas. Usando esta configuración como referencia, este artículo pretende estudiar los efectos en los campos de velocidad y temperatura dentro de la cavidad cuando la condición de frontera en la pared caliente es reemplazada por una onda senoidal, especialmente la posibilidad que el fenómeno de resonancia ocurra.

Método de Solución: 1. Ecuaciones Básicas.

Un esquemático del modelo físico y sistema de coordenadas es mostrado en la Figura 1. La cavidad está completamente llena con dos fluidos que no se mezclan, formando un sistema estratificado estable. Adicionalmente, las siguientes condiciones son asumidas: 1. flujo incompresible, 2. El análisis se efectúa en dos dimensiones, 3. la aproximación de Boussinesq es válida. El flujo en cada región obedece las ecuaciones de conservación de masa, momento y energía. Para satisfacer las condiciones en la interface de los fluidos, un balance de masa, fuerza y calor es llevado a cabo en esta región. Una completa descripción de la formulación matemática puede ser encontrada en la referencia [1]. Para poder medir el grado de oscilaciones dentro de la cavidad, el número de Nusselt es normalizado de la siguiente forma $Nu^* = (Nu - Nu_{ref})/Nu_{ref}$, donde ref indica el caso de referencia ($\varepsilon=0$). La amplitud $A(Nu)$ del número de Nusselt durante un período de oscilación es definida de la siguiente forma $A(Nu) = [\text{Max}\{Nu(\tau)\} - \text{Min}\{Nu(\tau)\}]/2$, donde $\tau_0 \leq \tau \leq \tau_0 + 2\pi/\omega$.

2. Método de discretización.

Después de transformar las ecuaciones básicas en un sistema generalizado de coordenadas, ellas son discretizadas utilizando el método de diferencias finitas. El método de solución está basado en el algoritmo PISO [3]. Las derivadas espaciales son discretizadas

utilizando diferencias finitas centrales de segundo orden con la excepción de los términos convectivos no-lineales en los cuales un esquema de tipo UPWIND de tercer orden es usado [4]. La integración en el tiempo es llevada a cabo usando el método de Euler. Debido a que la posición de la interface cambia con el tiempo, re-construcción del sistema de celdas es necesario durante el transcurso de la simulación. Un sistema de 33x65 celdas es utilizado cuando el número de Rayleigh es 3.57×10^5 , y 49x65 celdas cuando el número de Rayleigh es 3.57×10^6 .

3. Condiciones de Frontera.

Como es mostrado en la Figura 1, las siguientes condiciones son impuestas: los componentes del vector de velocidad son cero en las paredes de la cavidad, no flujo de calor a través de las paredes horizontales, un valor constante de temperatura es mantenido en la pared fría ($\theta = -0.5$), en la pared caliente una condición de frontera que depende del tiempo es impuesta ($\theta = 0.5 + \varepsilon \sin(\omega\tau)$); donde, ε , ω y τ son los normalizados valores de la amplitud, frecuencia y tiempo de las oscilaciones de la temperatura en la pared. Inicialmente, los fluidos están inmóviles y mantenidos a igual temperatura; entonces, los cambios térmicos en las condiciones de frontera son impuestos y la simulación numérica empieza.

Resultados y Discusión.

Durante las presentes simulaciones, los siguientes valores fueron utilizados para representar las propiedades físicas de los fluidos: $Pr_1 = 93.4$, $Ma = 0$, $Ca = 2.7 \times 10^{-5}$, $\rho_1 = 0.7800$, $\beta_1 = 1.1700$, $k_1 = 0.5600$, $\mu_1 = 0.8142$, $\nu_1 = 1.0438$, $\alpha_1 = 0.9150$, $H/L = 2.0$, $\varepsilon = 0.05$. El valor de ω fue sistemáticamente variado. (Nota: Pr es el número de Prandtl, Ma es el número de Marangoni, Ca es el número de Capilaridad, ρ es la densidad, β es el coeficiente de expansión térmica, α es el coeficiente de difusividad térmica, k es el coeficiente de conductividad térmica, μ es el coeficiente de viscosidad cinemática y r indica la relación entre las propiedades de los fluidos, $\rho_1 = \rho_2 / \rho_1$)

La distribución de la velocidad en el plano vertical medio ($x = 0.5$) es mostrada en la Figura 2. La forma en que la velocidad está distribuida indica que una célula rotando en la dirección del reloj llena cada nivel de la cavidad. Grandes gradientes son observados a lo largo

de las paredes como también a lo largo de la interface entre los fluidos; mientras que en el núcleo de cada nivel el fluido está casi inmóvil ($U_{x=0.5} \approx 0$). Cuando una distribución senoidal es impuesta en la pared caliente, un estado oscilatorio es obtenido dentro de la cavidad. La magnitud absoluta del vector de velocidad es incrementada (decrecida) dependiendo en la condición relativa de calentamiento (enfriamiento) en la pared caliente.

Las fluctuaciones de Nu^* como una función de la frecuencia ω son mostrada en la Figura 3. Se puede observar que el valor de Nu_h^* aumenta cuando ω aumenta. El comportamiento de Nu_c^* es completamente contrario, su valor disminuye a medida que ω aumenta. Esto es explicado en la medida que el período de oscilación disminuye al aumentar ω ; por lo tanto, perturbaciones en la pared caliente no penetran completamente en la cavidad. Concerniente a Nu_m^* , los resultados muestran que cierto grado de intensificación en los flujos es obtenido for $\omega \sim 0.3$; especialmente, en el caso de $Ra_1 = 3.57 \times 10^6$ (Ra es el número de Rayleigh). Este resultado es similar con los resultados presentados en [5], cuando un sólo fluido es analizado. En caso de que el número de Rayleigh sea aumentado (por ejemplo, en el orden de 10^7), el flujo no alcanza un estado estable en el caso de $\omega = 0.0$; por lo tanto, las pertinentes comparaciones no pueden ser llevadas a cabo. La Figura 3 también sugiere que a mayores valores de ω , las oscilaciones dentro de la cavidad son disipadas y los efectos de las condiciones de frontera en la pared caliente son confinados a una región en la vecindad de la pared. Hay que tener presente que durante las presentes simulaciones, los números de Prandtl utilizados son del orden de $O(100)$; por lo tanto, efectos disipativos son de importancia. Las partes oscilatorias de las corrientes de flujo ($\psi = \psi - \psi_{ref}$) y temperatura ($\theta = \theta - \theta_{ref}$) son mostradas en la Figura 4. Cuando $\omega = 0.3$, inicialmente ($\omega\tau = 0$) una célula existe en cada nivel rotando en la dirección contraria al reloj (CCW) debido a la condición relativa de enfriamiento en el ciclo previo. La condición relativa de calentamiento en la pared caliente ($\theta > 0$) origina una nueva célula en cada nivel rotando en la dirección del reloj (CW) que eventualmente desplaza la CCW célula ($\omega\tau = \pi$). Cuando $\theta < 0$, el proceso antes descrito se invierte. Como fue explicado en [5], este comportamiento sincronizado debido a las oscilaciones de temperatura es la causa de la gran intensificación del flujo. Cuando $\omega = 0.05$, el período de oscilación de la pared caliente es mayor que el tiempo requerido por las

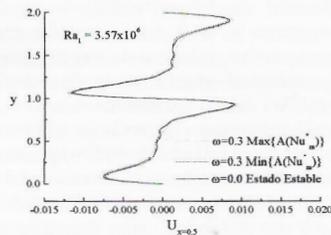
perturbaciones para ocupar toda la cavidad, debido a esto hay residuos de los efectos del relativo enfriamiento (calentamiento) del ciclo anterior, dando como resultado una disminución en las fluctuaciones de los fluidos. Cuando $\omega \sim 1.0$, los cambios de la condición de frontera son tan rápidos que sus efectos son sólo sentidos en la vecindad de la pared caliente. Estos efectos continúan en existencia aún cuando la condición relativa de calentamiento (enfriamiento) cambia; como resultado una estratificación de las oscilaciones obtenidas que inhiben la amplificación del flujo.

Conclusiones.

Un estudio numérico fue conducido para analizar los efectos de un condición de frontera dependiente del tiempo en las propiedades de transporte dentro de una cavidad llena con dos fluidos. Bajo las condiciones del presente artículo, se pudo observar que los campos de flujo y de temperatura fueron intensificados cuando un valor de $\omega \sim 0.3$ es impuesto. Este comportamiento es más claramente observado cuando el valor mayor del número de Rayleigh es usado.

Referencias

- 1) Bethancourt L., A.M., *et al.*, 1999, "Natural Convection of a two-layer fluid in a side-heated cavity," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 42, pp. 2427-2437
- 2) Bethancourt L., A.M., *et al.*, 1999, "Bouyant convection of a two-layer liquid system in a cavity:



Effects of property variations", *Int. J. Heat Mass Transfer*, submitted for publication

- 3) Issa, R.I., 1985, "Solution of the implicitly discretised fluid flow equations by operator-splitting," *J. Comp. Phys.*, vol. 62, pp. 40-65
- 4) Kuwamura, T., and Kuwahara, K., 1984, "Computation of high Reynolds number flows around a circular cylinder with surface roughness," *ALAA paper 84-0340*
- 5) Kwak, H.S., and Hyun, J.M., 1996, "Natural convection in an enclosure having a vertical sidewall with time-varying temperature," *J. Fluid Mech.*, vol. 329, pp. 65-88

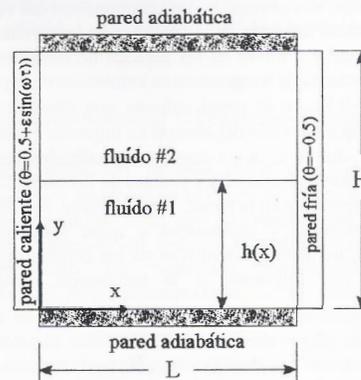


Figura 1. Esquemático del modelo físico y del sistema de coordenadas

Figura 2. Componente horizontal del vector de velocidad en el plano vertical medio

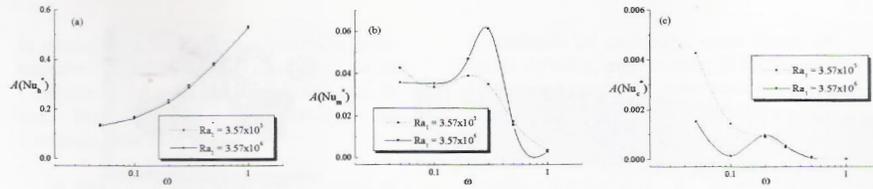


Figura 3. Oscilaciones del número de Nusselt con respecto a la frecuencia. (a) pared caliente $x=0$, (b) plano medio $x=0.5$, (c) pared fría $x=1.0$

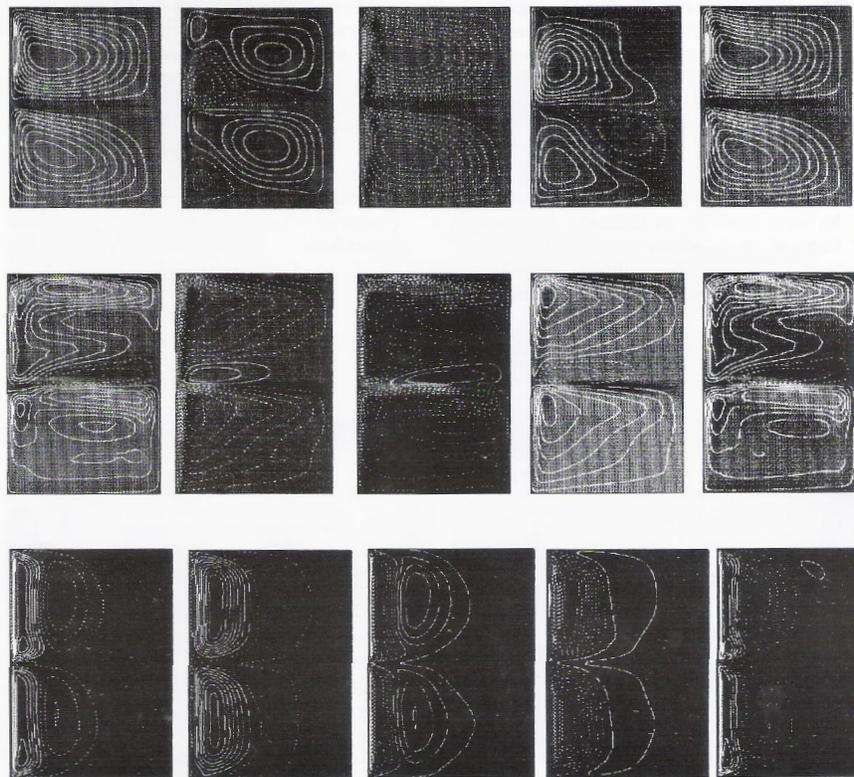


Figura 4. Oscilaciones de las corrientes de flujo (líneas de contorno) y temperatura (rojo(max.)->azul(min.)) $Ra_1=3.57 \times 10^6$. (a) $\omega=0.3$, (b) $\omega=0.05$, (c) $\omega=1.0$

Seguridad Contra Incendios: Protegiendo el Desarrollo de Panamá y los Panameños.

Ing. Orelis Yahaira DORMOI Q., Empresa Grupo Simplex

“**P**anamá, un país en vías de desarrollo”. Todos los días me impresiono cuando veo que en cualquier lugar de nuestra ciudad, se levantan enormes edificios; los cuales servirán para diversos negocios, tales como hoteles, apartamentos, centros comerciales, oficinas particulares, etc. Todo esto, involucran la adquisición de nuevos materiales de construcción y decoración, y nuevas infraestructuras tecnológicas.

Por otro lado, la evolución acelerada que está ocurriendo en el área tecnológica. En donde poco a poco, se va sustituyendo el papel y los grandes archivos, por servidores de datos, que sirven para el almacenamiento de gran cantidad información, el intercambio de datos a través de redes de comunicaciones, el control automatizado de procesos, etc.

Es satisfactorio saber que Panamá está tomando un nuevo rumbo, que no nos estamos quedando atrás en lo que respecta a infraestructura y tecnología. Pero qué preocupante es el hecho de que paralelo con este crecimiento, aumenta también el nivel de riesgo de estas instalaciones.

Es típico encontrar, en las nuevas construcciones, mucho interés en lo que respecta a la decoración, funcionalidad y eficiencia de sus equipos; pero son muy pocas las personas que se preocupan por la seguridad física de sus instalaciones, equipos y personal.

A pesar de que Panamá es un país pequeño, no escapa a la realidad que representan los riesgos de incendios. Según estudios realizados, en mi investigación de tesis¹, Panamá ha experimentado un crecimiento en el número de incendios, en un 36% desde 1990; y se espera que éstos sigan creciendo, paralelo al crecimiento y desarrollo comercial e industrial que se está experimentando.

Dentro de las causas principales de incendios, en la ciudad de Panamá, se encuentran: problemas de tipo eléctrico (como sobrecarga de circuitos, chispas, otros),

sobrecalentamiento de equipos eléctricos (por nulo o mal mantenimiento, equipos defectuosos), y casos dolosos o intencionales.

Cabe destacar, que se han comprobado casos, en el que dueños de empresas provocan los incendios, para así poder cobrar las primas a las compañías aseguradoras, sin medir las consecuencias que acarrearían; esto además de inmoral, representa un riesgo a edificios contiguos y a la vida de las personas.

Actualmente, se encuentra en vigencia el código que reglamenta las instalaciones de los sistemas de alarmas y sistemas manuales de extinción de incendios, pero lamentablemente, no hemos llegado al nivel de conciencia sobre la importancia que tienen estos sistemas (que no son meros requisitos).

Adicional, hace más de un (1) año, entró en vigencia el reglamento sobre los sistemas automáticos de rociadores de agua (Resolución 264); y son muy pocas las edificaciones que cumplen con éste.

Por otro lado, es una realidad que el Cuerpo de Bomberos de Panamá, no cuenta con equipo para combatir eficientemente incendios en edificios de gran altura; aunado a esto, la presión de agua en los hidrantes públicos no cumple con los estándares recomendados. En esto es importante destacar que atendiendo al tipo de incendio, existen métodos de extinción y agentes extintores especiales, es decir, no todos los incendios pueden ser apagados con agua. Además, las personas que se encuentran en estas edificaciones usualmente, no son entrenadas para operar los sistemas manuales de extinción, y uno de los factores más importantes, a la hora en que se inicia un fuego, es el factor tiempo; ya que si no se controla rápidamente, podría convertirse de un conato a un incendio devastador.

Como parte de la investigación de tesis realizada, se presentó a la Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos, una propuesta para revisión y posterior reglamentación, de los Sistemas Automáticos de Extinción de Incendios con Agentes Limpios,

Disoluciones Acuosas, CO₂; basados en una adecuación de las normas de la NFPA (National Fire Protection Association); sin embargo, hasta el momento no se ha tomado ninguna acción al respecto.

Usualmente las pérdidas causadas por los incendios en cualquier tipo de empresa, no sólo incluyen los daños a las instalaciones, mercancías o equipo, sino también las pérdidas por la no-venta, salarios caídos y tiempo de ocio de los empleados mientras que la empresa esté cerrada, y gastos de restablecimiento de las operaciones. Además, la pérdida irreparable que representa la vida de las personas, ya sea que laboren en ella, o un personal del Cuerpo de Bomberos, quienes arriesgan sus vidas para auxiliar una víctima o tratar de salvar los bienes de las empresas.

Está comprobado que muchas de las empresas que sufren estos siniestros, no vuelven a operar, lo que contribuye al aumento del índice de desempleo.

Por tal razón, es hora que tomemos conciencia de la importancia que tienen para las operaciones de los negocios y para la vida de las personas, los Sistemas de Protección de Incendios. En estos sistemas se incluyen desde la selección del tipo de material que se utilizará

en la construcción de una edificación hasta los sistemas de extinción de incendios.

Por ejemplo: limitar el uso de materiales combustibles (como cartones, materiales plásticos, etc.), aislar los riesgos de otros contiguos utilizando barreras contra incendios, realizar instalaciones eléctricas a través de personal idóneo, instalar sistemas de alarmas, sistemas manuales y automáticos de extinción de incendios (como por ejemplo: tuberías húmedas, extintores portátiles, sistemas de rociadores de agua o basados en agentes químicos, según sea la aplicación), y entrenar personal para establecer brigadas de incendios.

Ahora, los ingenieros Mecánicos, Mecánicos Industriales y Electromecánicos, tenemos otra responsabilidad en nuestro campo laboral. Ya que recientemente, salió la regulación que otorga a éstos, la idoneidad para el diseño y supervisión de las instalaciones de los Sistemas Automáticos de Extinción de Incendios. Poniendo en práctica nuestros conocimientos, podremos salvar vidas.

Referencia

O.Y.Dormoi, M.G. Ayala; "Diseño, Instalación, Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Sistemas de extinción de Incendios", Tesis, Universidad Tecnológica de Panamá"; 1998

Medición de la presión de vapor por el método de condensación continua

Lic. José E. FALCONETT F., Fac. de Ciencias y Tecnología, U.T.P.

Extracto General

La presión de vapor es una de las propiedades más importante y útil de los líquidos, de algunos sólidos y de las disoluciones líquidas a las condiciones que predominan en nuestro entorno ecológico. La propiedad en estudio es una variable importante en el diseño y operación de procesos industriales Químicos, Físicos y Biológicos como consecuencia de la existencia de interfase en las que participe un vapor.

Los procesos industriales y naturales se realizan a través de un transporte o transferencia de tres propiedades, el momentum, la energía y la masa. La transferencia de la propiedad pertinente se realiza a través de interfases. Todas las interfases muestran una resistencia a la transferencia de la propiedad. La interfase compuesta de vapor presenta una resistencia significativa.

La presión de vapor de un líquido es la presión gaseosa que ejercen las moléculas vaporizadas (vapor) en equilibrio con el líquido. La presión de vapor solo depende de la

naturaleza del líquido y de su temperatura. A mayor temperatura mayor presión de vapor y viceversa. La presión de vapor de un líquido dado a temperatura constante será aproximadamente constante en el vacío, en el aire o en presencia de cualquier otra mezcla de gases.

El punto de ebullición de un líquido (T_{eb}) es la temperatura en la que su presión de vapor es igual a la presión atmosférica

Utilizando la gráfica de $P(\text{vapor}) = [\text{mmHg}]$ vs $T = [^{\circ}\text{C}]$ y redefiniendo las coordenadas como $\ln P(\text{vapor}) = [\text{mmHg}]$ vs $1/T = [1/\text{K}]$, tenemos la relación cuantitativa entre la presión de vapor de un líquido (mmHg) y la temperatura (K) dada por la ecuación de Clausius y Clapeyron:

$$\ln P = - \Delta h_v / RT + C$$

Donde:

Δh_v = calor latente molar de vaporización

C = constante de integración = valor de P cuando $1/T = 0$.
A dos temperaturas distintas tenemos dos presiones de vapor distintas, luego:

$$\ln(P_1/P_2) = \Delta h_v / R (1/T_2 - 1/T_1)$$

Propuesta para la medición de la presión de vapor

Por este método se determina la presión de vapor de un líquido a diferentes temperaturas. Se coloca una muestra del líquido problema, en ausencia de aire, en un sistema separado hidráulicamente del exterior. Se calienta el sistema hasta la ebullición del líquido problema a presión atmosférica, logrando las condiciones de saturación (equilibrio líquido - vapor). Luego se cierra herméticamente el sistema y se procede a medir su presión a cada temperatura mientras el sistema se enfría espontáneamente. Todas las temperaturas registradas y sus correspondientes presiones son condiciones de saturación. Con los datos obtenidos y utilizando la ecuación de Clausius y Clapeyron se calcula el calor molar de vaporización del líquido problema.

Aparato: universal (1), tapón de caucho NO. 8 dihoradado (1), tapón de caucho No. 8 monohoradado (1), termómetro de -20°C a 150°C en 1°C (1), tripode (1), tubo de ver diagrama. Aparato constituido por el siguiente material:

Embudo (1), matraz kitasato de 500mL o menos (1), malla de asbesto (1), manguera de plástico de 60cm de largo y $1/4$ " de diámetro interno (1), manómetro Bourdon para vacío (30 in Hg) (1), mechero Bunsen (1), pinzas para Erlenmeyer (1), prensa de soporte (1), prensa de tornillo (1), policial (1), soporte vidrio de 20cm de largo y $1/4$ " de diámetro externo (1), tubo de vidrio de 10cm de largo y $1/4$ " de diámetro externo (2), vaso químico de 250mL (1), vaso químico de 2L (1).

Sustancias:

Líquido problema (agua, acetona, etc.) 500mL o menos, disolución saturada de sal (NaCl) en agua, reciclable (1L).

Procedimiento:

Ensamblaje del aparato (ver diagrama)

- 1- Al matraz limpio y seco (A) se le adapta el tapón (B) que posee el tubo de vidrio (J) y el termómetro (F) ambos colocados a través del tapón solo mostrándose apenas por la parte inferior del mismo. Al tubo (J) se le adapta la línea de plástico y vidrio (N) con la prensa de tornillo (D). Por el otro extremo de la línea en mención se coloca el tapón (E). El tapón (E) se introduce en el vaso químico (M) que debe contener líquido problema para cubrir el tapón, formando el cierre hidráulico. Por la salida lateral del matraz (A) se adapta un tubo de vidrio en "L" con manguera plástica en sus dos extremos (1).
- 2- El conjunto del vaso químico (M) y el tapón (E) con su tubería se colocan a una altura superior al tapón (B). A la línea (1) se le adapta un embudo simple por el que se introduce el líquido problema hasta llenar completamente el matraz y toda la línea que conduce al cierre hidráulico en el tapón (E). Debe evitarse toda burbuja de aire en cualquier parte del sistema que contiene el líquido problema.
- 3- Cierre la prensa de tornillo (D). Quite el embudo de la tubería (1) y en su lugar adapte el manómetro de Bourdon.
- 4- Abra la prensa de tornillo (D). Introduzca más el termómetro (F) hasta que el extremo de su bulbo quede a una distancia de 6cm de la boca del matraz (A). Introduzca el tubo de vidrio (J) hasta que extremo quede separado del fondo del matraz (A) unos 3.5 cm. Ajuste firmemente el tapón (B) al matraz (A).
- 5- Baje el conjunto (M) y (E) a la mesa de trabajo. Coloque el sistema que hemos ensamblado dentro del vaso químico (O). Agregue salmuera (H) al vaso químico (O) para formar el baño término del sistema hasta que el nivel de la salmuera ligeramente supere el borde inferior del tapón (B).
- 6- Coloque el baño térmico con el sistema sobre el tripode (L) con su malla de asbesto.

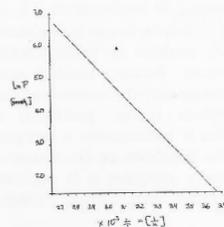
Operación:

1. Encienda el mechero de Bunsen (K). Caliente el sistema hasta la ebullición del líquido problema a presión atmosférica.
2. Lograda la ebullición del líquido problema, permita que el líquido problema salga del matraz (A) por el tapón (E). Cuando el nivel del líquido problema esté a 5cm del extremo libre del tubo (J), apague el mechero y acto seguido cierre la prensa (D). (Usted es libre de elegir el volumen de líquido problema que desea que salga pero es necesario que algo de líquido esté presente en el matraz (A). Se ha alcanzado la condición de saturación.

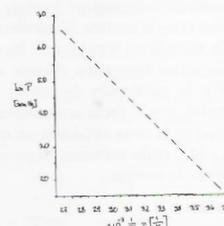
- Agite la salmuera (H) del baño térmico con un policial para uniformar la temperatura del sistema. Proceda a medir temperatura del sistema a intervalos de 5°C y su correspondiente presión en pulgadas de vacío mientras el sistema se enfría espontáneamente hasta alcanzar los 30 a 28°C.
- Retire la salmuera (H) del vaso químico (O). Llene el vaso químico (O) con hielo y adicione salmuera lo justo y necesario para que el líquido moje las paredes del matraz y el vaso químico (O).
- Cuando se alcance la temperatura más baja, registre la presión. Retire el hielo y la salmuera (H). Mantenga el matraz (A) dentro del vaso químico (O) vacío para evitar variaciones bruscas de temperatura. Continúe midiendo la temperatura a intervalo de 5°C ahora ascendiendo y su presión respectiva.
- Efectuadas las mediciones deseadas y terminada la experiencia, saque el tapón No. 8 de caucho (E) del baño de cierre hidráulico y luego abra la prensa de tornillo (D). Normalizada la presión proceda a desarmar el aparato.

Cálculos:

Convierta los datos de temperatura en °C a K. Convierta los datos de presión de pulgada de Hg de vacío mmHg de vacío. Calcule las presiones de vapor a las temperaturas correspondientes.



Presión de vapor del agua
(Datos de la bibliografía)



Presión de vapor del agua
Método por condensación continua

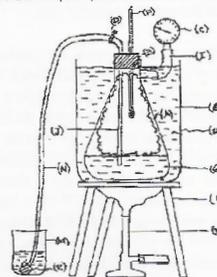
$$P(\text{liq.}) = P(\text{barométrica}) - P(\text{manométrica})$$

Grafique $\ln P(\text{liq.})$ Vs. Trace la mejor línea recta entre los puntos. Calcule su pendiente. Utilizando la ecuación de Clausius y Clapeyron, calcule ΔH_v .

Resultados:

- La propuesta de medición de la presión de vapor se desarrolló con varios líquidos puros. Únicamente se presenta la gráfica para el agua.
- Se presentan las gráficas $\ln P(\text{agua})$ vs $1/T$ desarrollada con los datos de la propuesta y la gráfica correspondiente para el agua desarrollada con los datos de la literatura. Se muestra una aproximación muy cerrada al sobreponer ambas gráficas.
- La propuesta de medición de la presión de vapor carece de un control de temperatura para mantenerla constante por varios minutos y lograr una condición de saturación óptima antes de cada lectura de presión. La situación anterior explica la ligera variación de la gráfica de la propuesta con respecto a la gráfica de los datos de la bibliografía.
- La propuesta puede determinar presiones de vapor arriba de la presión atmosférica con una modificación en el vaso químico (M).

Presión de vapor por condensación continua



- INDICAR:
- (A) = MATRAZ KITASATO (900ml)
 - (B) = TAPON No.8 DE CAUCHO DIBORADADO
 - (C) = MANÓMETRO DE BOURDON
 - (D) = PRESNA DE TORNILLO
 - (E) = TAPON No.8 DE CAUCHO MICHORADADO
 - (F) = TERMOMETRO
 - (G) = LÍQUIDO PROBLEMA
 - (H) = SALMUERA
 - (I) = TUBO 1" DE VIDRIO Y PLÁSTICOS EN LOS EXTREMOS
 - (J) = TUBO DE VIDRIO DE 20cm DE LARGO
 - (K) = MECETRO DE BUNSEN
 - (L) = TRIPULTE
 - (M) = VASO QUÍMICO 250ml
 - (N) = MANCUBERA DE PLÁSTICO DE 6cm DE LARGO Y SU CONEXIÓN DE VIDRIO
 - (O) = VASO QUÍMICO 2L

Estudio de efectividad de un modelo matemático de dispersión de contaminantes atmosféricos para las condiciones meteorológicas en la Central 9 de Enero en Colón

Ing. Rodolfo E. BATISTA e Ing. Félix HENRÍQUEZ, Centro de Investigación Energética y Ambientales, Fac. de Ing. Mecánica e Ing. Civil / U.T.P.

Extracto General

El trabajo de investigación titulado: Estudio de Efectividad de un Modelo Matemático de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos para las Condiciones Meteorológicas en la Central 9 de Enero en Colón, utilizando los modelos matemáticos de dispersión CDM 2.0 (Climatological Dispersion Model) y ISC2 (Industrial Source Complex), fue orientado a obtener una herramienta adecuada para el diagnóstico teórico de los niveles de concentración de gases contaminantes de la atmósfera monóxido de carbono, dióxido de carbono y azufre con el fin de conocer los posibles impactos negativos de los mismos sobre la salud y el ambiente, en base a las normas permisibles establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés).

Metodología desarrollada para el monitoreo de campo y recolección de contaminantes de las fuentes estacionarias

El objetivo principal del estudio en campo (sitios receptores), es la captación de los niveles de concentración de Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre (calidad de aire), en cada punto receptor, lo cuales serán utilizados como control local o normativa (testigo), para comparar resultados evidentes coadyuvando a mejorar la precisión de la hipótesis de investigación y por consiguiente la aplicación de los modelos para estudios futuros en nuestro país.

Para el monitoreo directo de los gases de combustión y cálculos respectivos y dadas las condiciones óptimas (mecánicas y operativas) fue utilizada la caldera No.2 a la cual, en el extremo del conducto de salida de los gases que comunica con la chimenea de ésta, se hizo un orificio que permitió introducir la sonda del equipo analizador de gases, las mediciones se llevaron a cabo durante las horas pico de demanda de electricidad (08:00 a las 14:00) con una frecuencia de mediciones de 15 a 30 minutos.

Los parámetros analizados en esta caldera fueron Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Oxígeno (O₂), Temperatura Ambiental y Velocidad del Viento (m/s); las mediciones de velocidad del viento fueron realizadas a una altura de 2.8 (m) sobre el nivel del suelo, además, fueron registradas las temperaturas de los gases de combustión en el ducto de salida hacia la chimenea y eficiencia de operación de la caldera.

Resultados.

- a. Al ejecutarse la corrida de los modelos los resultados de las concentraciones de los gases Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), obtenidos en cada sitio receptor muestran que se encuentran dentro de los valores o rangos máximos registrados durante el monitoreo en campo (≤ 1.0 a ppm, equivalente a $\leq 10^6$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- b. La hipótesis de investigación ($H_a \leq 1.0$ ppm ó 10^6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se acepta, lo que hace elocuente la aplicación de estos modelos en zonas industriales como una herramienta teórica rápida para conocer las concentraciones de emisiones de contaminantes atmosféricos (gases, partículas) de las fuentes puntuales o estacionarias e interpretar los posibles impactos negativos de las mismas a la salud y el ambiente y proceder a la implementación de las medidas para evitar, corregir y mitigar los mismos.
- c. Culminando con esta investigación se pudo observar que debido a la privatización del IRHE se incrementó el consumo de Energía por lo que se instalaron otras máquinas de combustión interna a sí como la entrada en servicios de las unidades que se encontraban en reparación durante el desarrollo del estudio y la instalación de nuevas unidades (ciclo combinado), por lo tanto se recomienda realizar otro monitoreo en la zona estudiada, ya que la generación de CO y SO₂ pudo aumentar en proporción directa a la demanda de energía.

Gráficas y Tablas con resultados

Tabla No. 1
Resultados de las Tasas de Emisión Q (g/s), Para Las
Condiciones Promedio Y Máxima.

	Monóxido Carbono CO		Dióxido Azufre SO ₂		Dióxido Carbono CO ₂	
	Prom.	Max.	Prom.	Max.	Prom.	Max.
U.No.1	0.62	1.06	42.74	80.43	-	-
U.No.2	20.143	21.471	162.04	180.09	10,430	10,453
U.No.4	1.45	1.91	99.81	144.77	-	-
Tgas 6	1.73	2.42	40.80	63.57	-	-
Caterp (1)	1.332	1.512	0.601	0.83	-	-

Tabla No. 2
Parámetros de Operación y Diseño Utilizados en los Modelos Matemáticos de Dispersión.

	Chimenea		Combustible		Veloc. Gas		T °C. Gas		Oxigeno	
	(m)		Gal/hra.		(m/s)		Salida		O ₂	
	H	D	Prom.	Max.	Prom.	Max.	Prom.	Max.	Prom.	Max.
U.No.1	30.2	1.7	982.1	1,680	10.70	18.40	167.0	167.0	-	-
U.No.2	33.6	2.6	3,049	3,056	12.70	13.00	151.4	158.0	4.5	4.1
U.No.4	33.6	2.6	2,293	3,024	9.54	10.04	180.0	180.0	-	-
T.Gas 6	12.9	3.9	1,985	2,772	23.00	26.50	560.0	560.0	-	-
Caterp.	6.4	0.3	88.78	100.8	48.55	48.55	412.0	412.0	-	-

Tabla No. 3
Parámetros Ambientales Promedio del Monitoreo

Temp. Ambiental °C	Veloc. Viento (m/s)	Dirección Viento	Altura Mezclado* (m)
29.0	1.48	Datos de la Rosa de los Vientos	750

* FUENTE: Promedio de valores típicos en los E.U., Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire, Noel de Nevers, 1997.

Tabla No. 4
Resultados de las Emisiones Obtenidas por el Modelo
Cdm 2.0 para Condiciones Promedio de Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre

PUNTO	RECEPTOR	MONOXIDO CARBONO CO (ppm)	DIOXIDO AZUFRE SO ₂ (ppm)
No.1	Puerto Pílon	0.0	37.0 E-06
No.2	Nuevo Colón	0.0	13.0 E-06
No.3	San Judas Tadeo	3.0	46.0 E-06
No.4	IDAAN	0.0	46.0 E-06
No.5	Cativá	0.0	44.0 E-06
No.6	Matadero	21.0 E-06	48.0 E-06
No.7	Hosp.CSS	0.0	115.0 E-06
Total		24.0 E-06	349.0 E-06

TABLA No. 5
Resultados de las Emisiones Obtenidas por el Modelo
Cdm 2.0 para Condiciones Máximas de Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre

PUNTO	RECEPTOR	MONOXIDO CARBONO CO (ppm)	DIOXIDO AZUFRE SO ₂ (ppm)
No.1	Puerto Pilón	0.0	38.0 E-06
No.2	Nuevo Colón	0.0	34.0 E-06
No.3	San Judas Tadeo	0.0	50.0 E-06
No.4	IDAAN	0.0	46.0 E-06
No.5	Cativá	0.0	45.0 E-06
No.6	Matadero	21.0 E-06	51.0 E-06
No.7	Hosp.CSS	0.0	115.0 E-06
Total		21.0 E-06	379.0 E-06

Conclusiones y recomendaciones

- a. Referente a los equipos portátiles o instrumentación disponible para realizar los monitoreos, cabe mencionar que los mismos no fueron los más adecuados, el rango de medición es muy amplio (ppm), presentan baja sensibilidad y confiabilidad de los datos registrados, sin embargo, el interés y esfuerzo realizado, así como los resultados obtenidos en esta investigación exploratoria y descriptiva, revelan que la aplicación de estos modelos en nuestro país, para la autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), Ministerio de Salud y otras instituciones o *agencias que lo requieran, pueden servir de método orientador de diagnóstico rápido y oportuno para conocer el grado de los niveles de concentraciones emitidas por una fuente puntual o estacionaria.*
- b. El tiempo de monitoreo establecido, de las condiciones meteorológicas y climáticas existentes al momento de la investigación, las condiciones de diseño y operativas de las unidades de la térmica y otros parámetros indispensables no aplicados en la corrida de los modelos de dispersión (topografía del terreno, altura de edificios y de mezclado, fuentes no monitoreadas), son factores que influyeron en los resultados de los niveles de concentraciones de los gases contaminantes CO y SO₂ arrojados por los modelos.
- c. El valor de altura de mezclado utilizado para el desarrollo del estudio, el cual es 750 metros, es un parámetro indispensable para la corrida de los modelos y resultados esperados. El mismo representa un concepto clave en la meteorología de la contaminación del aire; como parámetro, determina el límite superior para la dispersión de los contaminantes atmosféricos y su principal efecto es producir un buen mezclado vertical de los contaminantes incluyendo aquellos liberados a nivel del suelo.

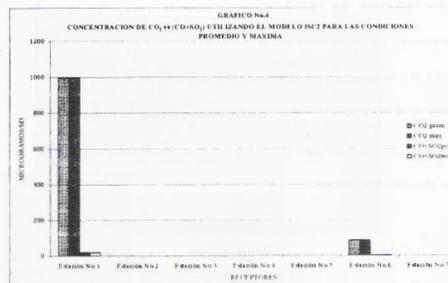
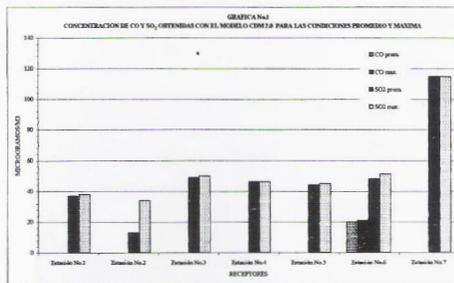
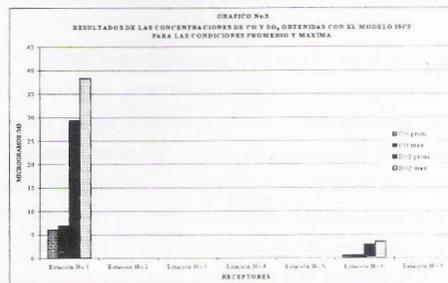
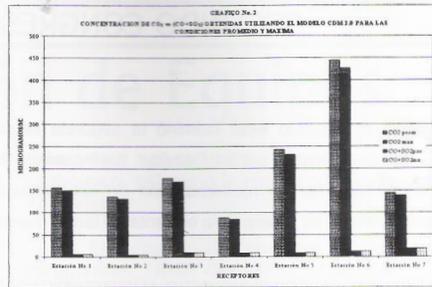
Dado que en Panamá no existe la instrumentación adecuada para el registro de este parámetro requerido en la corrida de los modelos, el valor promedio fijado está basado en los valores típicos de la altura de mezclado en los Estados Unidos durante la estación de verano en horas de la mañana.

- d. Los resultados arrojados por los modelos teóricos de dispersión en cada estación de interés (receptor), demuestran que existe correlación significativa entre los valores de campo y los obtenidos por los modelos ISC2 y CDM 2.0 por tal razón, la Hipótesis de Investigación ($Ha \leq 1.0 \text{ ppm} \text{ ó } 10^6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se acepta, lo que hace elocuente la aplicación de estos modelos en zonas industriales como una herramienta teórica rápida para conocer las concentraciones de emisiones de contaminantes atmosféricos (gases, partículas) de las fuentes puntuales o estacionarias e interpretar los posibles impactos negativos de las mismas a la salud y al ambiente y proceder a la implementación de las medidas para evitar, corregir y mitigar los mismos.
- e. Los resultados arrojados por los modelos teóricos (ISC2 y CDM 2.0) para cada estación de interés (receptor) bajo las condiciones existentes (climáticas, de índole operativo y otros factores incontrolables) revelan que durante el corto tiempo programado de experimento, los niveles de concentraciones de los gases estudiados no sobrepasaron los valores máximos permisibles establecidos por la OMS / OPS / EPA, es decir, el impacto no fue significativo.

Referencias

1. Warner, Peter O. "Análisis de los Contaminantes del Aire", Editora Paraninfo, 1985.
2. Arthur C. Stern, "Air Pollution", Third edition, Vol.I, Academic Press, New York, 1976.

3. John S. Irwin, Thomas Chico and Joseph Catalano, "Climatological Dispersion Model", User's Guide, EPA/600/8-85/029 November 1985.
4. B. Retallack "Compendio de Meteorología", Vol.I, Parte 2-Meteorología Física, OMM-No.364.
5. Kenneth Wark; Cecil F. Warner "Contaminación del Aire: Origen y Control", Editora Limusa.
6. Douglas C. Montgomery; "Diseño y Análisis de Experimentos", Grupo Editorial Iberoamérica.
7. P. Aarne Vesilind, J. Jeffrey Peirce, Ruth F. Weiner, "Environmental Pollution and Control", Third Edition, Butterworth-Heinemann.
8. Dr. Mariano Seoanez Calvo y Equipo de Colaboradores, "Ingeniería del Medio Ambiente", Ediciones Mundi-Prensa, Catelló 37-28001 Madrid.



COMENTARIO FINAL

La Facultad de Ingeniería Mecánica preocupada por la actualización integral de cada una de sus áreas, apoya cada una de las actividades que en ella, o fuera de ella, realizan estudiantes, docentes e investigadores.

La revista Tecnología-Hoy no es más que el medio para dar a conocer todos estos proyectos, eventos, investigaciones y actividades en general. Por ello se procura que exista un vínculo entre todas las actividades y las empresas que permiten que las mismas se lleven a cabo.

Retomando el sin número de cooperaciones, recibidas, queremos hacer llegar las gracias a cada una de las empresas por todo el apoyo brindado de las muy distintas formas, exhortándolos a seguir vinculados de manera directa con la enseñanza- aprendizaje de nuestros estudiantes y sus futuros clientes y/o trabajadores.

Cabe destacar que la promoción y participación en toda esta experiencia incrementa, sin lugar a dudas, el fortalecimiento de la Institución.

Revista Tecnología-Hoy: Facultad de Ingeniería Mecánica Universidad Tecnológica de Panamá / E-mail: dgarcía@ciar.utp.ac.pa

¡La Alternativa Inteligente en Equipo de Construcción!

Cargadores

Tractores

Retroexcavadora

JOHN DEERE

DEERE

copama
compañía panameña de maquinarias, s.a.

Visite nuestras nuevas instalaciones.

Excavadoras

Motorveladoras

Via Tocumen frente a Villa Luere.
tel.: 274-9000 fax: 274-9090 Azuero: 996-7868 David: 775-4292
Apartado Postal 1154, Panamá 1, Panamá. e-mail: copama.indusefaxeom.com