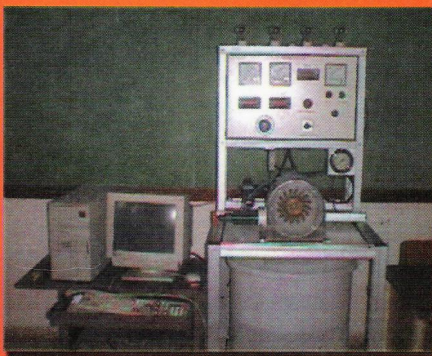
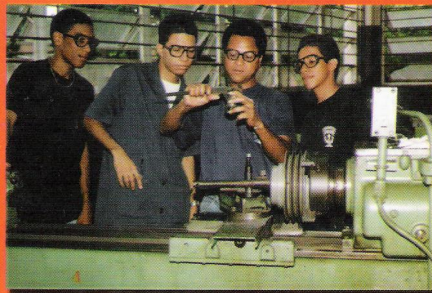
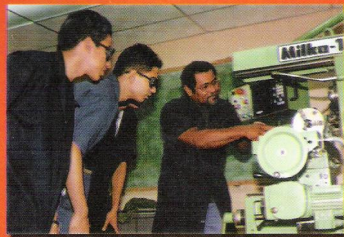
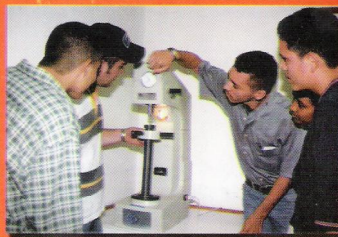
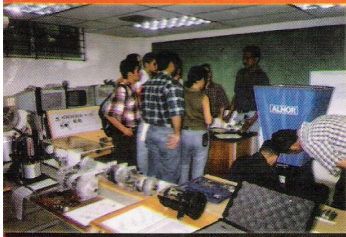


# TECNOLOGÍA HOY



VOLUMEN 4  
DIC. 2000

## 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. Mecánicas

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. Victor Sánchez/Coord. de Investigación

Ing. Iika Banfield / Coord. de Extensión

Ing. Geomara de Escobar/Secretaría Académica

Ing. Dalys Guevara/Secretaría Administrativa.

## Editorial

Nuestro editorial para este volumen desea sumarse a todos los medios que de alguna u otra forma reconocen la labor institucional a través del desarrollo y perfeccionamiento del equipo soporte para los laboratorios de cada una de las disciplinas dictadas en la Universidad Tecnológica de Panamá.

Queremos destacar esta vez , específicamente, algunos de los equipos utilizados en las áreas de Ingeniería Mecánica como lo son el Laboratorio de Mecánica de Fluidos, el Laboratorio de Metalurgia, el Laboratorio de Aire Acondicionado y Refrigeración, el Laboratorio de Neumática y algunos de los equipos en el área de Metal-Mecánica, entre otros.

Para el Laboratorio de Mecánica de Fluidos la puesta en marcha de la turbina Pelton permite el estudio y visualización del comportamiento y características de la misma, mediante experiencias como curvas características, curvas de isorendimiento o rendimiento conjunto.

En el Laboratorio de Metalurgia la máquina para medir dureza (durómetro), permite realizar pruebas que complementan los cursos de Materiales y afines.

El laboratorio de Aire Acondicionado y Refrigeración posee equipos de simulación controlados a través del computador que permiten determinar acciones correctivas y cambios significativos en los sistemas.

En el laboratorio de neumática se pueden realizar simulaciones de plantas reales, utilizando modelos mediante estaciones de control.

En el área de Metal Mecánica, uno de los equipos con que se cuenta es la Fresadora Universal Milko con pantalla digital, la cual permite mediante coordenadas x, y z, la programación de posiciones de acuerdo al trabajo a realizar, sirviendo como límites de la dimensión requerida.

Nuestra Institución al igual que nuestra Facultad, seguirán perfeccionando los recursos académicos, de investigación y de extensión con la finalidad de mantener esa vanguardia tecnológica que nos caracteriza.

*Dorika D. García B.*

# TECNOLOGÍA- HOY

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

Volumen N° 4

Diciembre

2000

## Nuestra Portada

En la Portada aparecen los equipos utilizados en los diferentes laboratorios con que cuenta la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá como lo son el Laboratorio de Mecánica de Fluidos, el Laboratorio de Metalurgia, el Laboratorio de Aire Acondicionado y Refrigeración, el Laboratorio de Neumática y Control y algunos de los equipos en el área de Metal-Mecánica, entre otros. Agradecemos a cada una de las personas que participara en la toma de fotografías para esta edición 2000.

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

Impresión:  
Imprenta EDICANO,  
S.A.  
Panamá, Rep. de

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

## CONTENIDO

Remoción de fenoles por adsorción en subproducto del beneficio del carbón mineral (SBCM) Alexis Tejedor De León <i>Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil</i>	3
Nota preliminar de convección térmica en una cavidad. Angel M. Bethancourt Ph.D. <i>The Institute of Space and Astronautical Science, Japan</i>	6
Tratamiento del agua aceitosa y de sentina de los equipos flotantes y talleres del área de Gamboa. César Villacorta <i>Egresado Facultad de Ing. Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá.</i>	11
Estudio de las emisiones de combustión en los vehículos usados, equipados con motor diesel, importados a Panamá. Orlando A. Aguilar G. <i>CIEA/ Facultad de Ing. Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá</i>	16
Breve exposición del método de elementos de frontera. María Him de Chang <i>Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá</i>	18
Aritmética racional vs aritmética de punto flotante. Anatoli Markdov Ph.D. <i>Universidad Tecnológica de Panamá</i>	20
El análisis termodinámico de los procesos de intercambio de los gases en los motores de combustión interna. Leonid Matyukhin Ph.D., Benigno Vargas <i>Universidad Tecnológica de Panamá</i>	22
Contaminación por ruido debido al tráfico vehicular: un problema diario que va en aumento en la ciudad de Panamá. Alexander Corrales H. <i>Facultad de Ingeniería Mecánica, Centro Regional de Veraguas</i>	24

**Dirección General:**  
Ing. Deyka García

**Colaboradores:**  
Ing. Benigno Vargas  
Ing. Lino Ruiz  
Lic. Claudio Castillo  
Lic. Nitza Valdés  
Inst. Elizabeth Sánchez  
Inst. Mirna Jaramillo  
Inst. Adán Vega

## SEMANA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

La facultad de Ingeniería Mecánica brinda, una vez más, la oportunidad a profesionales y estudiantes de recibir y brindar aportes significativos en el ámbito científico-tecnológicos en

materia de ingeniería mecánica. El vínculo universidad- empresa, sigue siendo el valiente de todos los proyectos, visitas técnicas y exposiciones de trabajos de investigación que duran-

te esta semana se presentan. Todos fortalecen la labor de organización y cooperación entre profesores y estudiantes. Para mayores detalles diríjase a la página 12.

# Remoción de fenoles por adsorción en subproducto del beneficio del carbón mineral (SBCM)

**Por:** Alexis Tejedor De León; Doctorando en Ing. de Minas y Medio Ambiente; Universidad Federal de Rio Grande do Sul – BRASIL

## Resumen.

Los efluentes líquidos que contienen compuestos fenólicos son originados en diferentes tipos de industrias, y se constituyen en un grave problema ambiental. Los procesos actuales de remoción de estos poluentes, son casi siempre onerosos y/o de baja eficiencia. El presente trabajo práctico examina la posibilidad de utilizar un subproducto del beneficio del carbón mineral (SBCM) como material sorbente para remover compuestos fenólicos de los efluentes. Los ensayos de laboratorio se realizaron a temperatura ambiente y utilizando SBCM, ya sea en su forma natural o tratado con peróxido de hidrógeno, organosilanos, ácidos o álcalis. Los resultados obtenidos indican que el SBCM no es un buen material sorbente de compuestos fenólicos en su forma natural, sin embargo, los mejores resultados, en términos de remoción (35%), se obtuvieron con el SBCM tratado con sustancias ácidas.

**Palabras clave:** Fenoles, sorción, subproducto, remoción, tratamiento superficial.

## INTRODUCCIÓN

En los procesos industriales, especialmente en las refinerías de petróleo, en la industria química, en la metalúrgica, en la de plásticos y otras, se generan efluentes líquidos con altas concentraciones de compuestos orgánicos, en donde tienen gran destaque la presencia de sustancias fenólicas. (GUL YAS, 1995; ABDO *et*

*al.*, 1997; CLEVELAND *et al.*, 1996; LEE *et al.*, 1996; POLPRASERT & SOOKHANICH, 1995).

Los efluentes fenólicos deben ser tratados adecuadamente debido a su alta toxicidad, incluso en bajas concentraciones; en este sentido, diversos procesos han sido estudiados y otros aplicados para la remoción de estos contaminantes de los efluentes industriales.

Dentro de los procesos utilizados, la adsorción ha sido aplicada con gran suceso en el tratamiento de efluentes líquidos contaminados con fenoles. En este contexto, el carbón activado se ha constituido en el material sorbente de mayor utilización (ABDO *et al.*, 1997; CLEVELAND *et al.*, 1996; KOLB & WILDERER, 1997); sin embargo debido a los altos costos involucrados, principalmente en la etapa de regeneración, hacen prohibitivo la utilización de este material a gran escala y diversos materiales sorbentes alternativos han sido propuestos en su lugar. (ABDO *et al.*, 1997; ALEMANY *et al.*, 1996).

En el presente trabajo experimental se estudió la adsorción de fenoles contenido en soluciones acuosas sintéticas utilizándose como material sorbente un subproducto del beneficio de carbón mineral (SBCM). Se evaluó inicialmente, los parámetros operacionales de la adsorción, pH del efluente, concentración del material sorbente y

el tiempo de reacción; adicionalmente se estudió el empleo de diferentes reactivos para el tratamiento superficial del sorbente con el objetivo de optimizar su capacidad de sorción.

## 1.0 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

El fenol es un compuesto orgánico aromático, obtenido industrialmente a partir del alquitrán del carbón; también por la fusión del benzosulfonato de sodio con hidróxido de sodio o por el calentamiento del monoclorobenceno con hidróxido de sodio a altas presiones. A temperatura ambiente, el fenol es cristalino e incoloro, de forma acicular o también pueden ser cristales de masa blanquecina; adicionalmente puede presentar una coloración rojiza cuando expuesto a la luz directa o en la presencia de alcalinidad. Esta sustancia posee olor característico (KOLOCZKOWSKI *et al.*, 1997; THE MERCK INDEX, 1983)

Las propiedades más significativas del fenol, determinadas por SITTIN, FORD, POLA e LU, CHANG *et al.*, citados por CLEVELAND *et al.* (1996 p.236), son presentadas en la tabla 1

Las concentraciones de los efluentes fenólicos industriales varían entre 10 y 2000 ppm – partes por millón, dependiendo del tipo de industria-(NANOTI *et al.*, 1997), y cuando en contacto directo con ser humano, esta sustancia puede ser absorbida a través de las membranas de las mucosas de la piel. Las características de toxicidad del fenol en función de su concentración se presentan en el cuadro 1.

Por las características presentadas, algunas normas ambientales son particularmente severas y el límite de concentración de fenol en los efluentes líquidos industriales, previamente tratados, es de orden de 0.1 a 1 ppm (AMORNPRASERTSOOK & POLPRASERT, 1996; NANOTI *et al.*, 1997 SSMA n° 01/89)

Además de sus efectos adversos presentados, el destino final del fenol en el ambiente y su remoción es complicado y difícil por diversos factores; ALEMANY *et al.* (1996) mencionan algunos de ellos: su alta solubilidad en el agua a temperatura ambiente, su habilidad para ionizarse, su baja presión de vapor y su tendencia a

la oxidación. Como consecuencia de eso, su remoción se ha convertido en un serio problema de separación y cada vez más surgen técnicas innovadoras para su tratamiento, por ejemplo: extracción por solventes, adsorción en carbón activado, oxidación química, extracción electroquímica y el tratamiento biológico, entre otras; algunas variantes significativas se presentan en el cuadro 2

## 2.0 Resultados y Discusiones

La figura 1 presenta los resultados de la absorción del fenol para diferentes valores de pH, para una concentración de SBCM de 500 ppm y tiempo de reacción de 10 min.. En esta figura se puede observar una remoción del fenol del orden del 4%, la cual fue obtenida para un pH menor de 5.

En este rango del pH, el SBCM presenta una carga superficial positiva (COSTA, 1998) y debido a la disociación del fenol, parece ser que la atracción electrostática entre el SBCM y el fenol es la responsable de la remoción observada. Para valores de pH mayores, se observó un aumento en la concentración final del fenol, esto puede ser causado por la liberación de compuestos fenólicos por el propio SBCM.

## 3.0 CONCLUSIONES

A partir de los resultados parciales obtenidos podemos concluir que el SBCM en su forma natural presenta muy poca selectividad para remover compuestos fenólicos en solución. Sin embargo, este material, cuando tratado superficialmente con soluciones ácidas presenta una selectividad moderada hacia el fenol.

Los mejores valores de remoción (35%) de fenoles en los efluentes sintéticos se alcanzaron con el SBCM tratado superficialmente con soluciones ácidas para una concentración de 1000 ppm de solvente, pH natural de la suspensión y tiempo de remoción de 7 horas.

**TABLA 1- Propiedades significativas del fenol**

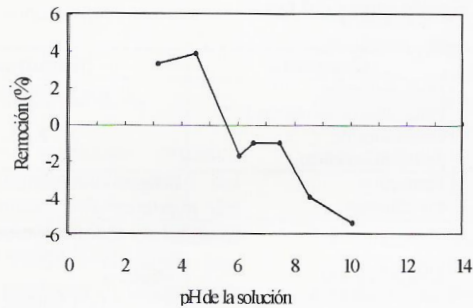
Parámetro	Grandeza	Magnitud
Propiedades químicas	Masa molecular	94
	Porcentaje de solubilidad	6.7
	Coefficiente de partición orgánico	2.7 Kg/L
Características tóxicas	Producto y sus efluentes	Peligroso y contaminante prioritario*
Constantes de Freundlich	K (mg/L) y 1/N	21 y 0.51 Carbón activado 1
		0,259 y 0,621 Carbón de Maghara
		106,36 y 6,51 Carbón activado 2
		0,314 y 0,584 Resinas

**CUADRO 1- Toxicidad del fenol en función de su concentración.**

Concentración	Toxicidad
1.5 g	Dosis oral letal para un adulto
> 200 ppm	Inhibe la actividad biológica del suelo (AMORNPRASERTSOOK & POLPRASERT, 1996) y se torna bactericida (KOLACZKOWSKI <i>et al.</i> , 1997)
5 – 25 ppm	Dosis letal para la vida acuática (AMORNPRASERTSOOK & POLPRASERT, 1996; POLPRASERT & SOOKHANICH, 1995).
2 – 2.5 ppm	Le da al agua de beber sabor y olor característico cuando combinado con cloro (POLPRASERT & SOOKHANICH, 1995; ABDO <i>et al.</i> , 1997)

**CUADRO 2 – Técnicas de remoción de compuestos fenólicos de efluentes líquidos.**

Técnica	Variantes
Tratamientos Biológicos	Columnas de filtración con lodo activado
	Remoción enzimática por la $\beta$ -tyrosinase
	Lagunas de estabilización con plantas <i>Typha</i>
	Adsorción en carbón activado y biodegradación
Extracción Líquido – Líquido	Remoción con <i>Pseudomonas alcaligenes</i>
	Emulsiones oleosas y cáusticas soportadas en fibras microporosas de polipropileno
Adsorción	Emulsiones oleosas y cáusticas con N <sub>503</sub>
	Columna de lecho fijo con carbón activado modificado superficialmente
	Columna de lecho fijo con mezcla de diferentes carbones
Oxidación	Materiales sorbentes alternativos: hollín y cenizas volantes
	Oxidación a altas temperaturas y presiones



**Figura 1. Efecto del pH en la absorción del fenol por el SBCM**

## NOTA PRELIMINAR DE CONVECCION TERMICA EN UNA CAVIDAD

**Angel M. Bethancourt L. Ph.D.  
The Institute of Space and Astronautical Science, Japan**

Un estudio numérico preliminar fue conducido para analizar los procesos de convección térmica en una cavidad sujeta a transferencia de calor en las paredes verticales y llena con un fluido incompresible que obedece la aproximación de Boussinesq. Las ecuaciones de continuidad, momento y energía son resueltas usando diferencias finitas (método multi-direccional) con un esquema "upwind" de tercer orden para los términos no-lineales. Los patrones de flujo son analizados en detalle bajo las condiciones  $10^3 \leq Ra \leq 10^6$ . Atención es puesta en la condición cuando el número de celdas utilizadas no es suficiente para resolver la capa límite térmica.

## 1. Introducción

Los procesos térmicos en una cavidad con las paredes horizontales sometidas a una condición adiabática y las paredes verticales, bajo la condición de temperatura constante  $T_c$  y  $T_h$  ( $\Delta T \equiv T_h - T_c$ ) ha sido frecuentemente usada para verificar las propiedades de los algoritmos. Resultados por un amplio rango de valores del número de Rayleigh han sido reportados en la literatura [1],[2].

En [1], resultados fueron obtenidos basados en la configuración antes descrita, y número de Rayleigh  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$  y  $10^6$ . Un detallado análisis de los campos de velocidad y temperatura, como también de los coeficientes de transferencia de calor fueron reportados. Estos resultados sirvieron como referencia para la evaluación de varios métodos numéricos y programas de computadora [2]. En [3], modificaciones a las ecuaciones básicas fueron implementadas para tomar en cuenta cuando grandes diferencias en temperatura ( $\Delta T \equiv T_h - T_c$ ), y la aproximación de Boussinesq no es válida. Los efectos de esta condición en los campos de velocidades y temperaturas fue estudiada en detalle, como también los efectos en el valor crítico del número de Rayleigh para que las inestabilidades estáticas y oscilatorias ocurran.

En las publicaciones antes mencionadas fue obvio que suficiente número de celdas tienen que ser utilizadas para resolver la capa límite que se desarrolla en las paredes sujetas a calentamiento o enfriamiento, en caso contrario los resultados obtenidos no corresponderán a los esperados. Sin embargo, un incremento en el número de celdas (especialmente si el tamaño de las celdas es uniforme) necesariamente implica un incremento en el tiempo de computación y

en la necesidad de memoria adicional para mantener la información. Este es el caso cuando tenemos números de Rayleigh  $Ra$  grandes. En [4], la relación entre viscosidad y la capa límite ( $\nu_{\text{boundary}} : \delta^2$ ) es

incorporada explícitamente en el algoritmo, donde el tamaño de la capa límite  $\delta$  es relacionado con el tamaño de la celda. Esto fue propuesto como una manera "razonable" de incorporar los efectos de la capa límite en la simulación sin necesidad de un incremento desmesurado de celdas. Resultados de los campos de flujo y vorticidad en una cavidad a un número de Reynolds  $Re$  grande  $10^6$  fueron presentados en [4]. El transiente de las estructuras conteniendo los vórtices fueron utilizados para mostrar la transición a flujo turbulento.

Esta nota pretende estudiar la aplicación de la relación presentada en [4] a problemas con transferencia de calor. Para ese efecto, la configuración de referencia [1] es utilizada, y simulaciones son llevadas a cabo a número de Rayleigh  $10^3 \leq Ra \leq 10^6$ . Resultados son presentados en términos de coeficientes de transferencia de calor y campos de flujo.

## 2. Método de Solución

### 2.1 Ecuaciones Básicas

El flujo obedece las ecuaciones de conservación de masa, Navier-Stokes y energía. Un esquema del modelo físico y sistema de coordenadas es mostrado en la Figura 1. Adicionalmente, las siguientes condiciones son asumidas: 1. flujo incompresible, 2. análisis es efectuado en dos dimensiones, 3. la aproximación de Boussinesq es válida.

### 2.2 Método de discretización.

Las ecuaciones básicas son discretizadas utilizando el método de diferencias finitas. El procedimiento de solución está basado en el método de proyección, por



lo tanto, el campo de presión es obtenido resolviendo la ecuación de Poisson. El tamaño de las celdas es mantenido constante (uniforme).

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 [5]. La integración en el tiempo es llevada a cabo usando el método implícito de Crank-Nicolson. Este método tiene una precisión de segundo orden. Las ecuaciones básicas y la ecuación de Poisson son resueltas iterativamente a cada intervalo de tiempo usando el método de SOR (successive overrelaxation) en conjunto con una técnica de multiceldas (multigrid). Un sistema de 32x32 celdas es utilizado en el presente artículo, posteriormente sistemas de 64x64 y 128x128 son usados para mostrar las diferencias a número de Rayleigh grandes, como también la validez de la relación presentada en [4].

### 2.3 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 ( $T_c = T_o - \Delta T/2$ ) y la pared caliente ( $T_h = T_o + \Delta T/2$ ). Inicialmente, los fluidos están inmóviles y mantenidos a igual temperatura  $T_o$ ; entonces, los cambios térmicos en las condiciones de frontera son impuestos y la simulación numérica empieza.

### 3. Resultados y Discusión.

Durante las presentes simulaciones, los siguientes valores fueron utilizados para representar las propiedades físicas de los fluidos:  $Pr=0.709$ ,

$T_o=295K$ ,  $\Delta T=2.95K$  (Nota:  $Pr$  es el número de Prandtl) y  $H/L=1.0$

Los valores del número de Nusselt ( $Nu=hL/\kappa$ ) obtenidos en [1] son presentados en la Tabla 1. Hay que aclarar que los valores en [1] son valores extrapolados de las soluciones originales en diferentes sistema de celdas, esto con el objeto de aumentar la precisión de las respuestas. Las presentes simulaciones (Tabla 2) reproducen los valores adecuadamente aun cuando el tamaño del sistema de celdas es pequeño (32x32). Los valores entre paréntesis representan la diferencia porcentual cuando los presentes valores son comparados con los valores de referencia. Cuando el número de Rayleigh es  $10^5$  y  $10^6$ , claramente se muestra que la resolución del sistema de celdas no es adecuado y que la capa límite térmica no es definida apropiadamente. Con el objeto de mejorar la evaluación de la transferencia de calor en las paredes, la correlación

$$v_{\text{boundary}} \propto h^2 \quad (\text{donde } h \text{ es el tamaño de la celda})$$

descrita en [4] es usada. Los valores obtenidos son presentados en la Tabla 3 para  $Ra=10^5, 10^6$ . Se puede observar que en general los valores cuando  $Ra=10^5$  muestran un ligero mejoramiento en las propiedades. Sin embargo, cuando el número de Rayleigh es aumentado ( $Ra=10^6$ ), claramente se muestra un deterioro en los valores calculados dentro de la cavidad, hay que recordar que debido a que estamos normalizando la coeficiente de viscosidad en las paredes, el campo de velocidad es severamente afectado. Por el contrario se puede apreciar que el valor del número de Nusselt en la pared es apropiadamente calculado. En este artículo, el valor del coeficiente de viscosidad es calculado a través del promedio aritmético entre la viscosidad del fluido y la viscosidad de la pared. Cambios (que no son mostrados en la presente nota) en la forma de evaluar este valor han mostrado un mejoramiento en la

evaluación de los campos de flujo, lo cual sugiere que este valor puede ser optimizado para obtener mejores resultados. Esto y una apropiada resolución (sugerida por los resultados obtenidos cuando  $Ra=10^5$ ) en el sistema de celdas. Finalmente, la Figura 2 muestra la distribución de velocidad a  $y=0.5$ . Se puede observar que cuando  $Ra=10^5$ , el perfil de velocidad es adecuadamente reproducido aun cuando un sistema de celdas  $32 \times 32$  es usado. Se puede comprobar que al menos una de las celdas está dentro de la capa límite. Cuando  $Ra=10^6$ , la modificación del coeficiente de viscosidad en las paredes, incrementa el tamaño de la capa viscosa afectando considerablemente los patrones de flujo dentro de la cavidad.

#### 4. Conclusiones

Las propiedades de transporte en una cavidad fueron estudiadas numéricamente. A número de Rayleigh grandes, una modificación en el coeficiente de viscosidad en las paredes fue introducido para compensar por el tamaño del sistema de celdas utilizado. Cualitativamente los patrones de flujo reproducen el comportamiento esperado, sin embargo, cuando  $Ra=10^6$  cuantitativamente la solución se deteriora. Una optimización del coeficiente de viscosidad en las paredes y del sistema de celdas parece ser necesario, al menos para el flujo interno bajo consideración.

#### Referencias

- 1) De Vahl Davis, G., 1983, "Natural Convection of Air in a Square Cavity: A Bench Mark Numerical Solution," *Int. J. Numerical Methods in Fluids*, Vol. 3, pp. 246-64
- 2) De Vahl Davis, G., and Jones, I.P., 1983, "Natural Convection in a Square Cavity: A Comparison Exercise", *Int. J. Numerical Methods in Fluids*, Vol. 3, pp. 227-248
- 3) Chenowet, D.R., and Paolucci, S., 1986, "Natural Convection in an Enclosed Vertical Air Layer with Large Horizontal Temperature Differences," *J. Fluid Mech.*,

vol. 169, pp. 173-210

- 4) Kuwahara, K., 1998, "Cavity Flow a high Reynold Number," *Japan 12<sup>th</sup> Symposium on Numerical Fluid Dynamics*, pp. 451
- 5) Kuwamura, T., and Kuwahara, K., 1984, "Computation of high Reynolds number flows around a circular cylinder with surface roughness," *ALAA paper 84-0340*

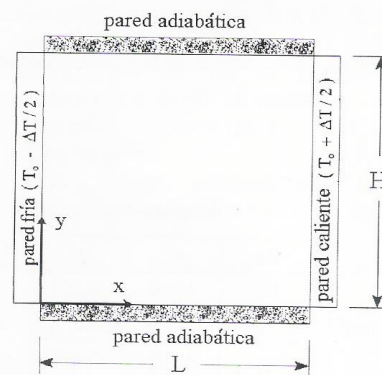


Figura 1. Esquemático del modelo físico y del sistema de coordenadas

Ra	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
Nu	1.118	2.243	4.519	8.800
$Nu_{1/2}$	1.118	2.243	4.519	8.799
$Nu_h$	1.117	2.238	4.509	8.817

Tabla 1. Valores de referencia de acuerdo a referencia [1]. (Nota: Nu es el número de Nusselt integrado en toda la cavidad,  $Nu_{1/2}$  es el número de Nusselt integrado a  $x=0.5$ ,  $Nu_h$  es el número de Nusselt integrado en la pared caliente).

Ra	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
Nu	1.134 (1.43)	2.263 (0.9)	4.434 (1.9)	8.576 (2.53)
$Nu_{1/2}$	1.127 (0.8)	2.312 (3.0)	4.364 (3.4)	8.585 (2.43)
$Nu_h$	1.140 (1.97)	2.300 (2.8)	4.523 (0.3)	8.198 (7.0)

Tabla 2. Soluciones de las presentes simulaciones.

Ra	$10^5$	$10^6$
Nu	4.504 (0.33)	10.623 (20.72)
$Nu_{1/2}$	4.503 (0.35)	11.192 (27.18)
$Nu_h$	4.547 (0.84)	8.783 (0.38)

Tabla 3. Soluciones introduciendo la correlación usada en referencia [4].

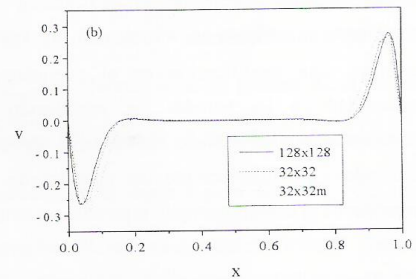
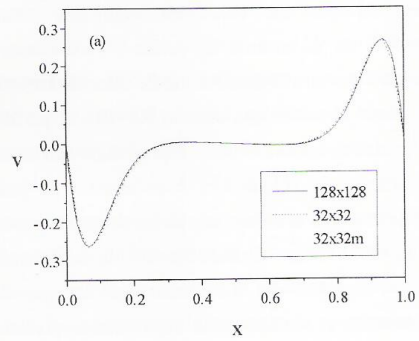


Figura 2. Distribución de velocidades a  $y=0.5$ . (a)  $Ra=10^5$ , (b)  $Ra=10^6$ . (Nota: los números indican el tamaño del sistema de celdas, y la m cuando la viscosidad es modificada en las paredes)

# “Tratamiento del Agua Aceitosa y de sentina de los Equipos Flotantes y Talleres del Área de Gamboa”

Ing. César Villacorta, Ing. Félix Henríquez,  
Facultad de Ing. Mecánica.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental que representa verter a las corrientes naturales aguas aceitosas y de sentinas sin tratarse previamente, es el tema que originó este trabajo. Debemos conocer que verter estas aguas directamente sobre lagos, ríos o mares ponen en peligro el hábitat y la fauna de seres vivos que habitan en estas áreas y perjudican directamente la salud de las personas que utilizan estos recursos naturales como medios de recreación o pesca.

Este trabajo puede servir como base al Gobierno Nacional y a la Empresa Privada, que hoy día se preocupan por buscar soluciones para deshacerse de desperdicios peligrosos que se generan dentro de sus operaciones y que no están incluidos en ningún reglamento de la República de Panamá.

Nuestra investigación se inicia en la Oficina de Control de Vegetación Acuática y Contaminación por Aceite de la Comisión del Canal de Panamá, ubicada en Gamboa. La creación de esta oficina surge con el inicio de las operaciones del canal y toma mayor importancia cuando la protección ambiental comienza a identificarse como tema fundamental en la protección de los recursos naturales.

**1. Formulación del problema:** Se tiene un problema con el agua aceitosa y de sentina y se observó que se debía instalar un sistema para desalojar y tratar esta agua lo más rápido posible

de los equipos flotantes y talleres del área de Gamboa de la Comisión del canal de Panamá.

Este sistema se encargará de separar los componentes de esta mezcla, para así obtener agua tratada que pueda ser vertida directamente al mar o lagos y los hidrocarburos extraídos del proceso sean reutilizados de la mejor manera.

**2. Análisis del problema:** Este se subdividió en las siguientes fases:

La selección de los parámetros a medir se realizó en base a:

**2.b.1. Normas existentes:** En Panamá no se encontró norma que regulara el efluente (agua tratada) del tratamiento de agua aceitosa y de sentina, por lo que la selección de los parámetros a medir se realizó en base a una exhaustiva investigación de normas internacionales.

Las normas internacionales encontradas durante la investigación fueron las siguientes:

- AWWA (American Water Work Association)
- Convenio Internacional de Marpol 73/78, zonas normales
- Descarga Típica Municipal de U.S.A.
- Norma de Descarga para Florida

**2.b.2. Equipo de monitoreo disponible:** En nuestro caso se tenía un espectrofotómetro que medía la concentración de los contaminantes en base al color generado por la muestra después de ser sometida a reactivos específicos. En la medición de TPH (total de hidrocarburos) se confrontaron problemas debido a que este equipo medía la absorción de la muestra y en base a ésta, se definía si el valor de concentración de hidrocarburos en la muestra estaba por encima o debajo de un valor de prueba elegido.

**2.c. Muestreo del agua aceitosa y de sentina:**

Del muestreo del agua aceitosa y de sentina sin tratamiento se obtuvieron los valores establecidos en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5, que son comparados inmediatamente con los parámetros seleccionados de las normas internacionales elegidas.

El método de medición de TPH puede resumirse como: El agente estabilizador TPH, estabiliza los compuestos orgánicos aromáticos sustituidos en la muestra. El desarrollo de colores por la muestra y el estándar, al añadir los reagentes a los tubos de prueba que son cubiertos con anticuerpos específicos para combustibles a base de petróleo. La concentración de TPH en la muestra es determinada por comparación de la intensidad de colores desarrollados por el TPH del estándar. La concentración de TPH es inversamente proporcional al color desarrollado; un color claro indica una alta concentración de TPH. Para la interpretación de la concentración de TPH en base a la intensidad de color desarrollada por la muestra, se utiliza la tabla 6.

**Análisis de Datos.** Al comparar los niveles de total de hidrocarburos encontrados en la muestra y compararlos con Marpol 73/78 para el vertido de los efluentes, nos podemos percatar a simple vista que estas aguas necesitan un tratamiento antes de su deposición a cualquier cuerpo de agua.

**3. Especificación de la Solución Preferida.** Esta constó de los siguientes pasos:

- 3.a. Instalación final de ambos equipos:
  - 3.a.1. "Bilge Vac"
  - 3.a.2. "Oil Skimmer"
- 3.b. Evaluación del funcionamiento del equipo:
  - 3.b.1. Comportamiento funcional.
- 3.c.1. Calidad del efluente obtenido
  - 3.c.1.1. "Bilge Vac"
  - 3.c.1.2. "Oil Skimmer"
- 3.d.1. Volumen procesado
- 3.c.1. Calidad del efluente obtenido

Los resultados obtenidos del funcionamiento del "Bilge Vac" instalado en el primer análisis de la calidad del efluente, fue muy cercano a los niveles establecidos por la norma A.W.W.A., sin embargo la turbidez se mantuvo alta.

Para realizar un estudio detallado hay que resaltar que todos los valores que se encuentran por debajo del estándar, tienen una concentración de TPH mayor al valor de

prueba seleccionado. Cuando se utilizó el valor de prueba de 11 ppm, nunca se pudo alcanzar un nivel de concentración por debajo de éste en el efluente, aunque hay que notar los cambios que se dieron cuando se elimina el tiempo de retención y se utiliza PP1000 como desengrasador.

## CONCLUSION

Durante la elaboración de este trabajo se pudo notar como actualmente en Panamá se tiene la necesidad de crear normas que regulen los vertidos de un sistema de tratamiento de las aguas producto de cualquier actividad industrial.

Actualmente en Panamá no se tienen normas que regulen las descargas de un proceso de tratamiento del agua aceitosa y de sentina. Debido a esto los equipos flotantes descargan estas aguas con la protección de la noche en los lugares que mejor parezca, poniendo así en peligro el ambiente y la salud de las personas.

En la actualidad internacionalmente los países con un sistema marítimo desarrollado se han visto en la obligación de construir plantas para el tratamiento del agua aceitosa, sentina y deslastre. Esto es debido a la presión que se ha creado sobre ellos con el convenio internacional de Marpol 73/78, del cual Panamá no escapa. Hay que mencionar que Marpol 73/78 sólo regula los vertidos a zonas litorales, áreas costeras siempre y cuando la norma de la región no sea más exigente.

Aunque en este trabajo no se llegó a la calidad de efluente deseada de la planta de tratamiento instalada se puede observar claramente como la Comisión del Canal de Panamá realiza un serio esfuerzo por implementar medidas de protección al ambiente, que conllevan la solicitud de grandes sumas de dinero del presupuesto para la compra de equipos, análisis, muestreos y otros.



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA 4ª SEMANA DE INGENIERÍA MECÁNICA

*“Mecánica, Pionera de las tecnologías progresistas  
al servicio de la Ecoeficiencia Mundial”*

El pasado 4 de septiembre en el Salón de Conferencias de la FIM se realizó La Ceremonia de Inauguración de la 4ª Semana de Ingeniería Mecánica y se contó con la presencia de autoridades universitarias como el Rector de la UTP - Ing. Héctor Montemayor, el Decano de la FIM - Ing. Benigno Vargas, el Director del Centro Regional de La Chorrera, representantes de empresas privadas, como Ricardo Pérez, Koyo, Shell Company, etc., profesores, administrativos, los miembros del Comité organizador y estudiantes en general.



En el marco de la 4ª Semana de Ingeniería Mecánica se recibió de parte de la empresa Ricardo Pérez, S.A. la donación de un Banco de prueba de motores de Combustión Interna y de una transmisión, equipos que serán utilizados en los laboratorios de la Facultad. Se realizó una exhibición de proyectos

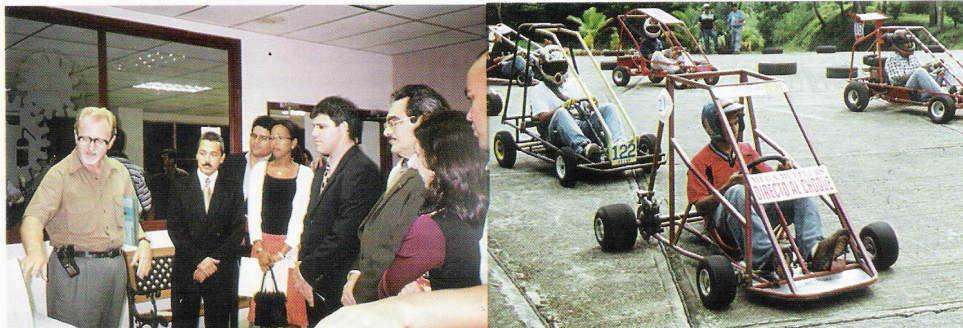
durante toda la semana en el pasillo de la Facultad, los mismos fueron realizados por estudiantes de la facultad.

Se llevaron a cabo giras técnicas a diferentes empresas como Cervecería Nacional, Acetío-Oxígeno, Colon Container, etc. A la vez, se realizaron las clínicas profesionales en empresas privadas y en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, las cuales fueron dictadas por profesores de la universidad.

Se realizaron tutoriales en computadoras de Autocad 3D, Matlab, Página WEB y Excel, dictados por estudiantes de la facultad.

En los Concursos Tecnomecánicos 2000, este año se tuvieron las categorías: *Salto de Rana mecánica*, *Aplicación de Software a la Ingeniería Mecánica*, y *Máquina Herramienta*. En los mismos participaron estudiantes de toda la universidad, tanto la sede como de los Centros regionales.

El Ciclo de Conferencias se realizó en el Hotel El Panamá, en horario nocturno tanto en las modalidades de Nivel General y Alto Nivel, contando con expositores nacionales e internacionales, los cuales enfocaron su ponencia hacia nuestro lema de este año.



El Sábado 9 de septiembre se dio la clausura del evento con un encuentro deportivo y con la realización de la 2da competencia de prototipos móviles, con la representación del Centro Regional de Veraguas y la Sede. Estos prototipos son diseñados y construidos por los mismos estudiantes, destacándose en las categorías de velocidad, freno, chasis, estructura, en los cuales aplican los conocimientos que han ido adquiriendo en la universidad.

# **"ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE COMBUSTIÓN EN LOS VEHÍCULOS USADOS, EQUIPADOS CON MOTOR DIESEL, IMPORTADOS A PANAMÁ EN EL AÑO 1998"**

POR: *Ing. Orlando A. Aguilar G.* Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Este estudio muestra los resultados obtenidos por el laboratorio de Emisión de gases de motores de Combustión Interna del Centro de Investigaciones Energéticas y Ambientales de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, de la prueba de opacidad, a la que fueron sometidos los vehículos de motor diesel, que a su ingreso a Panamá a partir del primero de enero de 1998, no contaran con una certificación válida de emisión de gases de combustión, expedida por el fabricante, en el caso de vehículos nuevos, o por centros de servicio autorizados en el país de origen, en el caso de vehículos usados. Esta labor se hizo como parte del apoyo ofrecido por la Facultad de Ingeniería Mecánica al Ministerio de Salud, Departamento de Residuos Peligrosos, en el Marco de la implementación de la Ley N° 36 del 17 de mayo de 1996, que estableció controles para evitar la contaminación ambiental ocasionada por combustibles y plomo y se dictaron otras disposiciones sobre la materia.

## **2. CONSIDERACIONES GENERALES DEL ESTUDIO**

Existen algunas consideraciones que nos impulsaron a realizar esta investigación, entre otras está el hecho de que en la prueba de opacidad realizada a cada vehículo básicamente lo que se busca es medir su nivel promedio de opacidad al momento de entrar al país, si la prueba presenta niveles de opacidad menores o iguales a la Norma actual de emisión correspondiente, el vehículo es certificado como "Aprobado", lo que significa que ha pasado la prueba satisfactoriamente, y entrará al país sin ninguna dificultad legal; por otro lado, si el vehículo no pasa la prueba de

opacidad, es calificado como "Rechazado", con lo cual, el propietario de dicho vehículo deberá hacerle las correspondientes reparaciones mecánicas y/o ajustes necesarios, para llevarlo nuevamente a pasar la prueba; mientras el vehículo no obtenga la certificación de "Aprobado", no podrá ingresar oficialmente a nuestro país.

Una vez que el vehículo a ingresado por aduana a Panamá y recibe la certificación de "APROBADO" en la prueba de emisiones, pasa entonces a recorrer libremente nuestras calles, formando parte del parque vehicular nacional. Pero que sucederá con los niveles de opacidad de los vehículos algún tiempo después de haber obtenido su certificado de emisiones como "Aprobado"; es ésta, la pregunta que deseamos responder.

Para responder a esta pregunta con certeza, será necesario realizar mediciones de opacidad de dichos vehículos uno ó dos años después de su entrada al país como vehículos usados; lo cual es sumamente difícil de realizar, ya que entre otras razones, estos vehículos una vez incorporados al parque vehicular nacional, se dispersan por todo el país en las diferentes actividades para las cuales fueron adquiridos. Sin embargo, existen algunas consideraciones técnicas por las cuales se puede inferir conclusiones sobre el comportamiento en el tiempo de la variable "opacidad" de los vehículos usados importados a Panamá. Entre otras, existen las siguientes consideraciones:

- Todo vehículo usado posee un nivel de desgaste en el motor, el cual es muy difícil de evaluar con precisión, con una simple inspección visual a la hora de su compra en el extranjero.
- En la mayoría de los casos, el mantenimiento que se le da a estos vehículos en el país de origen es desconocido.
- Cuando los vehículos han pertenecido a compañías con grandes flotas, es más probable que se les haya dado un mantenimiento adecuado a los mismos, sin embargo al ser adquiridos en nuestro país por propietarios individuales para trabajos de subsistencia, el mantenimiento esperado por dichos vehículos es incierto.
- Los vehículos de trabajo provenientes de Estados Unidos, muy probablemente circulan por carreteras y autopistas de flujo rápido con poco congestionamiento vehicular, mientras que en nuestro país, circularán la mayor parte del tiempo por carreteras cortas y congestionadas, lo cual propicia el calentamiento y desgaste de los mismos, con el correspondiente aumento de emisiones de combustión.
- Prácticas inadecuadas de trabajo en Panamá:
  - Someter el vehículo a cargas por arriba de los límites establecidos por el fabricante.
  - Abrir la bomba de inyección para obtener mayor velocidad, con sacrificio del rendimiento y exceso de humos negros.
  - Manejo inadecuado y desordenado.



Basados en estos criterios se puede esperar que un vehículo que presente niveles de opacidad entre 50 y 80 unidades Hartridge al entrar al país, luego de someterse a las condiciones indicadas anteriormente, presentará niveles de opacidad superiores a las normas de emisión establecidas actualmente en Panamá.

### 3. DISEÑO DEL ESTUDIO

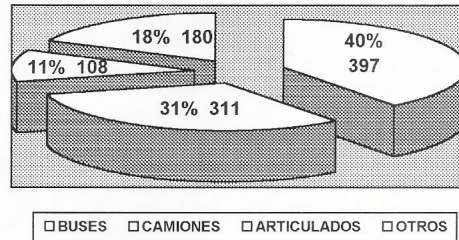
Para la realización de este estudio se analizaron los datos del total de vehículos diesel nuevos y usados que presentaron la prueba de opacidad en el Centro de Investigaciones Energéticas y Ambientales (CIEA) de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá, durante el año 1998. Estos datos fueron tomados diariamente, a lo largo del año, por el personal del CIEA a todos los vehículos que ingresaban al país a través de aduana. El soporte Técnico de las Pruebas de opacidad fue el siguiente:

- EQUIPO DE PRUEBA: Opacímetro de fabricación inglesa marca Hartridge.
- MÉTODO DE PRUEBA: Aceleración Libre.
- UNIDADES DE MEDIDA: Unidades Hartridge de opacidad (UH)
- PROCEDIMIENTO: Tomar el Promedio de cuatro lecturas de opacidad, obtenidas en aceleraciones individuales desde la condición de ralentí hasta velocidad máxima de corte del gobernador.
- REGISTRO DE INFORMACIÓN: Se registraron las generales del vehículo, del propietario y los resultados de la prueba de opacidad.
- NORMAS DE EMISIÓN: Hasta el año 1999, en Panamá los valores permitidos de opacidad son de 80 UH para los vehículos diesel año modelo 1998 ó anteriores; para los vehículos año modelo 1999 ó posteriores son 60 UH para vehículos livianos y 70 UH para vehículos pesados.
- CONDICIÓN DE RECHAZO: Todo vehículo que emita niveles de opacidad superiores a la Norma correspondiente, será evaluado como "rechazado". El vehículo rechazado deberá acudir a algún centro de servicios mecánicos a recibir el mantenimiento correctivo necesario, para luego, volver a someterse nuevamente a la prueba de opacidad hasta que emita los niveles de opacidad que le permitan certificarse como "aprobado".
- POBLACIÓN ESTUDIADA: En el año 1998 se hicieron un total de 996 pruebas de opacidad en vehículos diesel, nuevos y usados, importados a Panamá; de éstos, 843 eran vehículos usados y 153 eran vehículos nuevos, año-modelo 1997, 1998 y/o 1999. Esta población estuvo compuesta por los siguientes estratos: 397 buses, 311 camiones, 108

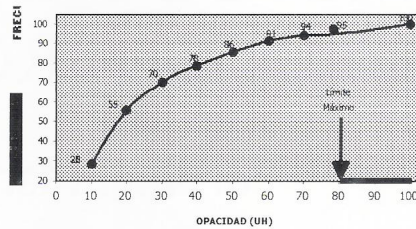
camiones articulados (Cabezales) y 180 de otros vehículos.

### 4. ALGUNOS RESULTADOS

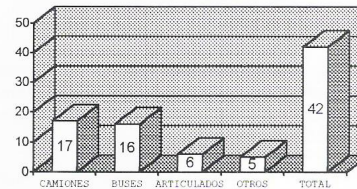
#### ESTRATOS EN LA MUESTRA (996 vehículos )



FRECUENCIA ACUMULADA vs OPACIDAD  
(VEHÍCULOS USADOS, AÑO-MODELO 1996 ó ANTERIORES)



VEHÍCULOS DIESEL RECHAZADOS  
PRUEBA DE OPACIDAD



### 5. CONCLUSIONES

1. En el año 1998 se hicieron un total de 996 pruebas de opacidad en vehículos diesel, nuevos y usados, importados a Panamá; de éstos, 843 eran vehículos usados y 153 eran vehículos nuevos, año-modelo 1997, 1998 y/o 1999.
2. Los vehículos usados de mayor introducción al país durante el año 1998 fueron los del año 1986 y 1987 con 104 y 135 respectivamente.
3. El 86 % de los vehículos diesel (usados) probados, presentaron niveles de opacidad menor o igual a 50 UH.

4. EL 14 % de los vehículos diesel (usados) probados presentaron niveles de opacidad mayor de 50 UH. Este grupo de vehículos se puede considerar con alto riesgo de sobrepasar los niveles de opacidad permitidos en Panamá, en un período corto de tiempo.
5. El 13 % de los buses, el 12 % de los camiones y el 18 % de los camiones articulados (mulas) probados, presentaron niveles de opacidad superiores a 50 UH, por lo cual, se encuentran en el grupo de riesgo de superar los niveles de emisión permitidos en un corto tiempo.
6. 42 vehículos no pasaron la prueba de opacidad; esto corresponde al 5 % de los vehículos usados sometidos a la prueba.
7. El total de vehículos diesel rechazados estuvo compuesto de la siguiente forma: 38 % buses, 41 % camiones, 14 % camiones articulados y 7 % otros.

# BREVE EXPOSICIÓN DEL MÉTODO DE ELEMENTOS DE FRONTERA

**Por: Ing. María Him de Chang**

## Extracto General

Pretendemos presentar una breve exposición de las bases matemáticas del método de Elementos de Frontera, así como también algunos teoremas que fundamentan el mismo.

## Introducción

La inconveniencia del manejo de matrices gigantescas, la redefinición de los elementos en piezas modeladas y la necesidad de más precisión en la solución de ciertos problemas modelados con el Método de Elementos Finitos (FEM), son algunas de las razones por la cual se consideró el Método de Elementos en la Frontera (BEM) como un método alternativo a ciertas aplicaciones en ingeniería.

Cuando encontramos casos tales como piezas que necesiten modificar su diseño constantemente, el FEM se torna sumamente tedioso, mientras que en el BEM no hay la necesidad de redefinir todo el reticulado del modelo, sino sólo su redistribución superficial. Muchos autores ([1], [3]) debaten acerca de la ventaja y versatilidad del método frente al FEM. Sin embargo, la complejidad matemática del BEM le hace inatractivo al usuario, pero una vez comprendida la estructura analítica se torna una herramienta de mucha utilidad.

## Fundamento Matemático del Método de Elemento de Frontera

Considerando la ecuación de Laplace en dos dimensiones:

$$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

Donde  $u$  es la función que gobierna la ecuación ya sea en aplicaciones de conducción de calor, torsión, flujo potencial, concentración de esfuerzo, etc.

Considerando el método de los pesos residuales y estableciendo la función fundamental de peso residual como  $u^*$ , se obtiene la solución de la ecuación diferencial como:

$$u^* = \frac{1}{2\pi} \ln\left(\frac{1}{r}\right)$$

Donde  $r$  es la distancia entre un punto  $P$  en el interior y un punto  $Q$  en la superficie del modelo en consideración.

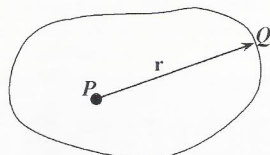


Fig. 1

Existen varias maneras de deducir la ecuación inicial de frontera tales como pesos residuales, teorema Recíproco de Betti, la tercera identidad de Green o los principios fundamentales de trabajo virtual. Una de las ventajas en utilizar los pesos residuales consiste en su generalidad porque permite la extensión del método a aplicaciones con ecuaciones diferenciales parciales más complejas.

Considerando el método de pesos residuales, tenemos que introducir una solución aproximada reemplazando los valores de  $u$  y  $q$ , donde  $q$  es la derivada de  $u$  con respecto a la normal. El error de la ecuación donde se ha sustituido  $u$  y  $q$  por esta solución se minimiza ortogonalizando la ecuación con respecto a la función de peso  $u^*$ , cuyas derivadas están dadas como:

$$q^* = \frac{\partial u^*}{\partial n}$$

siendo  $n$  la normal a la superficie como se muestra en la figura 2. Aplicando la función peso se obtiene entonces [2]:

$$\int_{\Omega} R u^* d\Omega = \int_{\Gamma_2} R_2 u^* d\Gamma - \int_{\Gamma_1} R_1 u^* d\Gamma$$

donde  $\Omega$  representa el dominio en el cual la ecuación se aplica y está delimitado por  $\Gamma$ .  $\Gamma$  a su vez, está dividida en dos partes, tal que  $\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2$  y que además:

$$u = \bar{u} \quad \text{en } \Gamma_1$$

$$q = \frac{\partial u}{\partial n} = \bar{q} \quad \text{en } \Gamma_2$$

Siendo  $\bar{u}$  y  $\bar{q}$  valores conocidos. Integrando esta ecuación obtenemos [2]:

$$\int_{\Omega} (\nabla^2 u^*) u d\Omega = \int_{\Gamma_2} \bar{q} u^* d\Gamma - \int_{\Gamma_1} q u^* d\Gamma + \int_{\Gamma_2} u q^* d\Gamma + \int_{\Gamma_1} \bar{u} q^* d\Gamma$$

Y luego de cierta manipulación matemática obtenemos la Ecuación Integral de Frontera (BIE):

$$\frac{1}{2} u^i + \int_{\Gamma} u q^* d\Gamma = \int_{\Gamma} q u^* d\Gamma$$

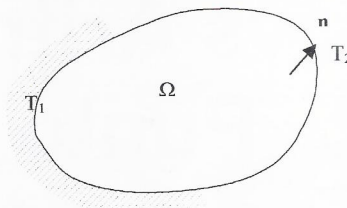


Fig. 2

Expresando la BIE en términos de sumatorias para un cuerpo en dos dimensiones, dividido en  $N$  elementos y siendo  $i$  el "i-avo" nudo en la frontera, obtenemos:

(3)

$$\frac{1}{2} u^i + \sum_{j=1}^N \int_{\Gamma_j} u q^* d\Gamma = \sum_{j=1}^N \int_{\Gamma_j} q u^* d\Gamma$$

Se prosigue entonces a discretizar la frontera utilizando elementos ya sean constantes, cuadráticos, cúbicos o de más alto orden. Aumentando el grado del polinomio de discretización obtendremos soluciones más precisas. Una vez culminada la etapa de discretización, tomando todas las consideraciones del problema, se aplican las condiciones de frontera y se arman las matrices que

gobiernan el modelo. Utilizando técnicas estándares de resolución de ecuaciones, tales como eliminación de Gauss, podemos encontrar las soluciones de problemas en dos y tres dimensiones.

#### Conclusiones

Considerando lo expuesto, concluimos que el método BEM es más laborioso que el FEM, matemáticamente hablando. Las bases matemáticas son sumamente complejas, pero su amplia aplicación, su versatilidad y sus soluciones precisas hacen valioso el esfuerzo. Otra manera interesante de enfocar la derivación de la BIE sería utilizando la segunda identidad de Green como lo han hecho [1] y [3]. Pero el enfoque de modelaje de sistemas utilizando el método de pesos residuales resulta más extenso en cuanto a aplicación se refiere.

#### Referencias

1. Becker, A.A., **The Boundary Element Method in Engineering**, McGraw-Hill Book Company, Great Britain, 1992.
2. Brebbia, C.A. y Domínguez, J., **Boundary Elements: An Introductory Course**, 2da ed., Mc Graw-Hill, Great Britain, 1992.
3. Banerjee, P.K. y Butterfield, R., **The Boundary Element Methods in Engineering**, 2da ed., McGraw-Hill, Great Britain, 1993.
4. Roach, G.F., **Green's Functions**, 2da ed., Cambridge University Press, 1989.

# Aritmética Racional vs Aritmética de Punto Flotante

Por: Anatoli Markelov Ph.D.

Es bien conocido que la aritmética de enteros es mucho más rápida que la aritmética de punto flotante. Pero la aritmética de enteros no puede alcanzar precisiones de cálculo necesarias en cualquier programa real serio.

Al mismo tiempo en programas de control automático en tiempo real el uso de la aritmética de punto flotante resuelve el problema de precisión, pero a cuenta de una desaceleración significativa de cálculos.

Especialmente esta desaceleración afecta a la calidad de control para los sistemas automáticos los cuales tienen plantas de control con muy pequeños valores de constantes de tiempo (sistemas de control dinámicos rápidos) y en los cuales se implementan algoritmos de control complicados. En estos casos una velocidad baja de cálculos exige un aumento del periodo de muestreo con todas las consecuencias negativas para la calidad de funcionamiento de sistemas de control.

En el trabajo actual se propone usar en lugar de la aritmética de punto flotante la aritmética racional, que se basa en el uso de la aritmética de enteros para realizar cálculos con números representados por-medio de fracciones racionales. De la teoría de los números reales es conocido que cualquier número real puede ser aproximado con una precisión deseada por medio de una razón de dos números enteros. Entonces se puede realizar cálculos muy rápidos con pares de números enteros (numerador - **n** y denominador - **d**) sin pérdidas de precisión. El error de los cálculos se limita solamente con un error de aproximación inicial de los números reales.

La implementación más eficiente del dicho método se basa en el uso de sobrecarga de operadores aritméticos en un lenguaje de programación que soporta la POO – programación orientada a objetos, por ejemplo C++. En este lenguaje al sobrecargar los operadores '+', '-', '\*', '/' y otros obtenemos la posibilidad de usar expresiones aritméticas estándar para los pares de números enteros como si ellos fueran simples números de tipo primitivo, por ejemplo si **p1** representa una fracción (**n1,d1**) y **p2** representa una fracción (**n2,d2**), entonces para sumar estas dos fracciones nosotros podemos escribir la expresión siguiente:

$$p = p_1 + p_2;$$

Análogamente se puede escribir cualquier fórmula aritmética con los operandos representados por medio de pares (**n,d**).

En el programa presentado se realiza la aritmética racional que usa solamente cuatro operaciones aritméticas principales, pero se puede definir cualquier operación aritmética por medio de sobrecarga de operadores. Como ejemplo el programa calcula ciclicamente los valores de fracciones racionales según la fórmula  $(p_1+p_2)*(p_1-p_2)/(p_2+p_3)$  para cualquier conjunto de tres pares enteros (**n,d**) introducidos por usuario. Para salir del programa se necesita presionar la tecla ESC.

```
#include "iostream.h"
#include "math.h"
#include "conio.h"
const char ESC=0x1b;
class F_R
{
    long n,d;
public:
    F_R(){n=0,d=0;}; F_R(long,long);
```

```
void pr(F_R);
void reducir(F_R*);
void normalizar(F_R*);
F_R operator+ (F_R);
F_R operator- (F_R);
F_R operator* (F_R);
F_R operator/ (F_R);};
F_R::F_R(long n1, long d1) {n=n1; d=d1;}
void F_R::pr(F_R t) {cout << t.n << '\t' <<
t.d << endl;}
void F_R::reducir(F_R* t)
{
    long a,b,r;
    if(t->n > t->d) {a=t->n; b=t->d;}
    else {a=t->d; b=t->n;}
    while(b != 0) {r=a%b; a=b; b=r;}
    t->n /= labs(a); t->d /= labs(a);}
void F_R::normalizar(F_R* t) {if(t->d < 0)
{ t->n *= -1; t->d *= -1; }}
F_R F_R::operator+ (F_R b)
{
    F_R c;
    c.n=n*b.d+d*b.n; c.d=d*b.d;
    c.reducir(&c); return c;}
F_R F_R::operator- (F_R b)
{
    F_R c;
    c.n=n*b.d-d*b.n; c.d=d*b.d;
    c.reducir(&c); return c;}
F_R F_R::operator* (F_R b)
{
    F_R c;
    c.n=n*b.n; c.d=d*b.d; c.reducir(&c);
    c.normalizar(&c); return c;}
F_R F_R::operator/ (F_R b)
{
    F_R c;
    c.n=n*b.d; c.d=d*b.n; c.reducir(&c);
    c.normalizar(&c); return c;}
int main(int argc, char* argv[])
{
    long u,v;
    char ch;
    do
    {
        F_R p;
        cout << "1-ra fraccion
(numerador denominador):" << endl;
        cin >> u >> v;
        F_R p1(u,v);
        cout << "2-da fraccion
(numerador denominador):" << endl;
        cin >> u >> v;
        F_R p2(u,v);
        cout << "3-ra fraccion
(numerador denominador):" << endl;
        cin >> u >> v;
        F_R p3(u,v);
        p=(p1+p2)*(p1-p2)/(p2+p3);
        p.pr(p);
    } while ((ch=getch()) != ESC);
    return 0;}
```

**EL ANALISIS TERMODINAMICO DE LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE LOS GASES  
EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Leonid Matyukhin, Ph.D. Benigno Vargas G. Msc.

**1. INTERCAMBIO DE LOS GASES EN LOS MOTORES DE CUATRO TIEMPOS**

Los índices de la potencia de los motores de combustión interna (MCI) esencialmente dependen del grado de la perfección de la organización de los procesos del intercambio de los gases.

En el final del proceso de escape en un motor de cuatro tiempos entre el pistón y la culata en el volumen de la cámara de combustión siempre se queda una cantidad de los gases remanentes, los cuales tienen una presión excesiva  $p_r$ . En consecuencia de esto en el cilindro en el transcurso de proceso de relleno (de admisión) entra la cantidad menor del aire o de su mezcla con el vapor de gasolina, que podría entrar en el caso del barrido perfecto de los productos de combustión.

Un empeoramiento adicional del relleno de los cilindros ocurre como resultado del calentamiento de la carga reciente en el proceso de su mezclada con los gases remanentes y en el de su intercambio térmico con las piezas calentadas del motor, lo mismo que como la consecuencia de la resistencia hidráulica de la línea de admisión. Pues la potencia del motor depende de la cantidad del combustible quemado en sus cilindros, ese empeoramiento del relleno inevitablemente llevará a la disminución de su potencia. Por eso siempre tratan de conseguir un relleno posible más grande, utilizando por ese fin procesos ondulatorios en las líneas de admisión y de escape o sobrealimentación por los dispositivos especiales.

Los índices importantes, que caracterizan el funcionamiento del motor, son *coeficientes de "los gases remanentes"* ( $\gamma_r$ ) y – especialmente – de "relleno" ( $\eta_r$ ), que se llama también *el coeficiente "volumétrico"*. Para la determinación de ellos hay que saber las cantidades de los gases remanentes y de la carga reciente, los cuales se hallan en el cilindro encima del pistón en los principios del proceso de compresión, cuando el émbolo se encuentra en posición del punto muerto inferior (PMI).

Examinemos los procesos de relleno en el ejemplo del motor de cuatro tiempos, teniendo en cuenta que antes del proceso de compresión el cilindro es llenado por la mezcla de trabajo, que está compuesta de dos componentes – de los gases remanentes y de la carga reciente (fig. 1).

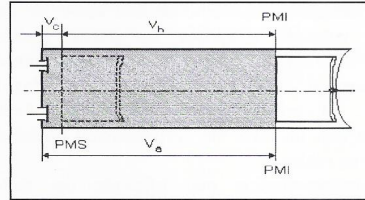


Fig.3.1. Al concepto del cálculo del proceso de relleno del motor;  $V_a$  – cilindrada plena del cilindro,  $V_c$  – volumen de la cámara de combustión y  $V_h$  – cilindrada del pistón o cilindrada de trabajo

Del curso de la Termodinámica es conocido, que la suma de los volúmenes parciales (es decir de los volúmenes de los componentes separados de la mezcla a parámetros de la última) es igual al volumen de la mezcla. Por supuesto el volumen de mezcla (volumen total del cilindro a posición del pistón al PMI) es igual a:

$$V_a = V_r + V_{cr}, \quad (1)$$

donde:  $V_a$  es el volumen total (cilindrada plena del cilindro);  $V_r$  – el volumen parcial de los gases remanentes y  $V_{cr}$  – el volumen parcial de la carga reciente.

El volumen parcial de los gases remanentes (GR) se determina por las ecuaciones de reducción habituales partiendo de lo que los GR antes del comienzo del relleno ocupen solamente el volumen de la cámara de combustión (CC). La reducción se realiza a los parámetros de la mezcla, que corresponden a la posición del pistón en el PMI antes del comienzo del proceso de compresión. Esos parámetros en adelante los vamos a designar por el subíndice "a". Subíndice "r" corresponde a los productos de combustión. De ese modo, por ejemplo,  $p_r$  y  $T_r$  son la presión y la temperatura de los productos de combustión, que se quedan en el volumen de la cámara de combustión  $V_c$  encima del pistón, que se encuentra en el punto muerto superior (PMS). Cabe notar que por la causa de la resistencia hidráulica de la línea de escape la presión  $p_r$  siempre sobrepasa la atmosférica.

Entonces:

$$\frac{V_c \cdot p_r}{T_r} = \frac{V_r \cdot p_a}{T_a},$$

de donde el volumen parcial de los productos de combustión a parámetros de la mezcla de trabajo se halla de modo siguiente:

$$V_r = V_c \cdot \frac{p_r}{p_a} \cdot \frac{T_a}{T_r} \quad (2)$$

Tomando en cuenta el proceso de soplado durante el periodo del solape de las válvulas de admisión y las de escape, la cantidad real de los GR en el cilindro resultará un poco menor. Esta reducción se considera por el llamado *coeficiente de soplado*  $\varphi_s$ . Por eso el volumen parcial real será igual a:

$$V_r = V_c \cdot \frac{p_r}{p_a} \cdot \frac{T_a}{T_r} \cdot \varphi_s \quad (2.a)$$

En el caso, cuando es conocido el volumen parcial de los gases remanentes, el volumen parcial de la carga reciente, que se halla en el cilindro, se puede determinar de la fórmula (1) como la diferencia entre el volumen de la mezcla de trabajo (que es igual al volumen total del cilindro o a su cilindrada plena  $V_a$ ) y el volumen parcial  $V_r$  de los GR:

$$V_{cr} = V_a - V_r = V_a - V_c \cdot \frac{p_r}{p_a} \cdot \frac{T_a}{T_r}$$

o definitivamente:

$$V_{cr} = V_c \cdot \frac{(\varepsilon \cdot p_a \cdot T_r - p_r \cdot T_a)}{p_a \cdot T_r} \quad (3)$$

En esta fórmula "ε" es el grado de presión, que representa la razón de la cilindrada plena entre el volumen de la CC ( $\varepsilon = V_a / V_c$ ).

El *coeficiente de los gases remanentes* " $\gamma_r$ " es la razón de la cantidad de los kilomoles de los gases remanentes entre la cantidad de los kilomoles de la carga reciente, es decir:  $\gamma_r = N_r / N_{cr}$

Pero, si los componentes se encuentran a las condiciones iguales (en nuestro caso – a los parámetros de la mezcla de trabajo, cuando el pistón se encuentra en la posición del PMI, los cuales se designan por el subíndice "a"), el coeficiente de los gases remanentes se puede determinar no como la razón de los cantidades de los kilomoles, sino como la razón de los volúmenes parciales, que en este caso son proporcionales a ellos. Por lo tanto:

$$\gamma_r = \frac{V_r}{V_{cr}} = \frac{p_r \cdot T_a}{\varepsilon \cdot T_r \cdot p_a - T_a \cdot p_r} \quad (4)$$

O, tomando en consideración el proceso de soplado:

$$\gamma_r = \frac{p_r \cdot T_a \cdot \varphi_s}{\varepsilon \cdot T_r \cdot p_a - T_a \cdot p_r} \quad (4a)$$

Estas fórmulas permitan calcular la magnitud del coeficiente  $\gamma_r$  basándose solamente en los valores de las presiones y temperaturas en varios puntos del diagrama indicador del motor, los cuales se determinan experimentalmente.

La magnitud más importante, que caracteriza el proceso de relleno, es el *coeficiente de relleno* o el "*volumétrico*" ( $\eta_v$ ). Este coeficiente es la razón de la cantidad de la mezcla reciente, que realmente entró en el cilindro, entre su cantidad, que podría hallarse teóricamente en la cilindrada de trabajo  $V_h$  (el volumen circunscrito por el pistón durante su desplazamiento entre PMS y PMI) a las condiciones de entrada de la mezcla al motor. Los parámetros a estas condiciones suelen designarlos por el subíndice "k" ( $p_k$  y  $T_k$ ). Es decir:

$$\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$$

Por consiguiente, el coeficiente de relleno se puede determinar como la razón del volumen parcial de la carga reciente a su volumen teórico  $V_{cr}^t$ , que tendría la carga fresca, que se encontraría en la cilindrada de trabajo no a los parámetros de la entrada al motor, sino estando reducido a la presión " $p_a$ " y a la temperatura " $T_a$ " de la mezcla en el interior del cilindro a principios del tiempo de compresión.

Cuando el motor está funcionando, la temperatura de la mezcla se aumenta y su presión se disminuye por causa de presencia de los GR, de las resistencias hidráulicas y del calentamiento en el resultado del contacto con las piezas calientes. Esto provoca la llegada a los cilindros de cantidades menores de la mezcla, que podría teóricamente entrar en cada uno de ellos, y por eso  $\eta_v$

La magnitud de " $V_{cr}^t$ " se puede hallar de la ecuación:

$$\frac{p_r \cdot V_h}{T_k} = \frac{p_a \cdot V_{cr}^t}{T_a} \quad \text{y de aquí}$$

$$V_{cr}' = V_h \cdot \frac{p_k}{p_a} \cdot \frac{T_a}{T_k} \quad (5)$$

Utilizando la fórmula (3) para " $V_{cr}'$ ", podemos obtener:

$$\eta_v = \frac{V_c \cdot T_k \cdot p_a \cdot (\varepsilon \cdot p_a \cdot T_r - p_r \cdot T_a)}{V_h \cdot T_a \cdot p_k \cdot p_a \cdot T_r}$$

Teniendo en cuenta, que  $V_h = V_a - V_c$ , y

$\varepsilon = V_a / V_c$ , la razón  $V_c / V_h$  en la expresión antes citada se puede representar como:

$$\frac{V_c}{V_h} = \frac{V_c}{V_a - V_c} = \frac{1}{\varepsilon - 1}$$

Hay que tener en cuenta, que, en una serie de los regímenes, con el cierre de las válvulas de admisión *después* del PMI tiene lugar el relleno adicional. Por esa causa la cantidad de la carga fresca, que entra en el cilindro, se realiza un poco mas grande en comparación con la que entraría en el en caso del cierre de las válvulas (y el fin del proceso del relleno) en el PMI. Este mejoramiento del relleno se considera por la magnitud específica " $\varphi_1$ ", que se llama el *coeficiente del relleno adicional*.

Definitivamente obtenemos:

$$\eta_v = \frac{\varphi_1 \cdot T_k \cdot (\varepsilon \cdot p_a \cdot T_r - p_r \cdot T_a)}{\varepsilon - 1 \cdot T_a \cdot p_k \cdot T_r} \quad (6)$$

o, considerando el soplado de los cilindros:

$$\eta_v = \frac{\varphi_1 \cdot T_k \cdot (\varepsilon \cdot p_a \cdot T_r - p_r \cdot T_a \cdot \varphi_s)}{\varepsilon - 1 \cdot T_a \cdot p_k \cdot T_r} \quad (6a)$$

La particularidad principal y más importante de las fórmulas obtenidas es que ellas demuestran la dependencia de los coeficientes de los gases remanentes " $\gamma_r$ " y del relleno " $\eta_v$ " de los parámetros principales en la forma explícita.

## CONTAMINACIÓN POR RUIDO DEBIDO AL TRÁFICO VEHICULAR: UN PROBLEMA DIARIO QUE VA EN AUMENTO EN LA CIUDAD DE PANAMÁ.

Ing. Alexander Corrales H., Ing. Arturo Montes, Ing. Felix Henríquez  
Facultad de Ingeniería Mecánica.

### EXTRACTO GENERAL.

La contaminación por ruido es un problema al que se le está empezando a tomar importancia, pues ya existen estudios estadísticos que describen la influencia estadísticos del ruido en el comportamiento de los seres humanos. En su mayoría estos estudios orientadas a las fuentes del ruido industrial y comerciales, pero poco es lo que se tiene sobre una de las fuentes de ruido más populares en nuestro medio ambiente, el tráfico vehicular.

La información recolectada en esta investigación muestra los niveles de ruido provenientes del tráfico vehicular en algunas de las avenidas más transitadas de la región metropolitana de Panamá, además muestra como estos niveles están por encima de lo establecido en el Decreto N° 150 del 19 de febrero de 1971 del Ministerio de Salud donde se establece límites de 85 dB(A) de ruido ambiental.



## INTRODUCCIÓN

Esta investigación "Muestreo de los niveles de ruido en las avenidas más transitadas de la región Metropolitana de Panamá." presenta desde un punto de vista ambientalista la problemática del ruido producido por el tráfico vehicular en el distrito capital. La medida y análisis del sonido constituyen una poderosa herramienta de diagnóstico en los programas de reducción de ruido.

La forma descontrolada en la que crece el número de vehículos cada año contribuye a los altos niveles de ruido medidos. En nuestro país no existe legislación alguna sobre control de ruido producido por el tráfico.

Esta comprobado que la exposición a ruido produce trastornos en el comportamiento y el desempeño de las personas.

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

Este estudio es un "Muestreo Aleatoriamente Estratificado" se realizó primeramente con el apoyo del Centro de Investigaciones Energéticas y Ambientales (C.I.E.A.) De la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá. Quien suministró el equipo de medición (el Sonómetro). Posteriormente con datos estadísticos que suministró la Dirección Nacional de Transporte Terrestre (D.I.NA.TRA.TE.) del Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.), de donde se seleccionaron las avenidas más transitadas en la ciudad de Panamá; para posteriormente ubicar las cuatro estaciones de muestreo en las horas de mayor flujo vehicular en periodos de mañana, mediodía y tarde. Se monitoreó una semana en cada estación en periodos de 10 minutos. Luego se compararon los valores medidos con lo establecido en el Decreto N° 150 del 19 de febrero de 1971 del Ministerio de Salud donde se establece límites de 85 dB(A) de ruido ambiental.

### COMENTARIOS DE LA INVESTIGACIÓN.

El **sonido** es la sensación percibida por el oído humano producida por rápidas fluctuaciones de la presión del aire, que tiene características básicas como: velocidad, frecuencia y longitud de onda. Y el **Ruido** es algo que afecta al ser humano de manera involuntaria. Todo el mundo lo observa desde un punto de vista diferente. En general el **ruido se define como un sonido indeseado y por tanto molesto**. Medido en decibelios (dB). Los **decibelios (dB)** es una unidad de medida absoluta de los sonidos. Es una relación entre una cantidad medida y un nivel de referencia acordado. La escala en dB es logarítmica.

Dentro de la legislación de Panamá está vigente el **Decreto N° 150 del 19 de febrero de 1971, Ministerio de Salud**. Reglamenta los ruidos molestos producidos por las fábricas, talleres y locales comerciales y cualquier otro establecimiento. Prohíbe ruidos arriba de 85 dB(A), y la imposición de sanciones de B/.50.00 a /.500.00.

El **Sonómetro** es un instrumento de medición diseñado para responder al sonido aproximadamente de la misma forma que el oído humano. Consta de un micrófono, una sección de procesamiento de señal y una unidad de lectura.

### ESTACIONES DE MUESTREO.

Para el muestreo se tomaron mediciones en el horario de la mañana, mediodía y tarde (horas picos de acuerdo a los aforos de la Tabla 1) con un intervalo de 10 minutos.

El primer punto para la muestra se localizó en la Vía España, el segundo se localizó en la Avenida Ricardo J. Alfaro (Tumba Muerto), el tercer punto se localizó en la intersección de la Avenida Nicanor de Obarrio con la Vía Cincuentenario y el último punto se localizó en la intersección de la Vía Brasil con la Avenida Balboa.

**VÍA ESPAÑA:** Semana del 17 al 23 de enero de 1999. 182 mediciones.

Mañana (6:30 a 8:00 a.m.). Mediodía (12:30 a 2:30 p.m.). Tarde (4:00 a 6:00 p.m.).

**VÍA RICARDO J. ALFARO:** Semana del 24 al 30 de enero de 1999. 182 mediciones.

Mañana (6:30 a 8:00 a.m.). Mediodía (12:00 a 1:30 p.m.). Tarde (4:30 a 7:00 p.m.).

**VÍA CINCUENTENARIO:** Semana del 31 de enero al 6 de febrero de 1999. 180 mediciones. Mañana (6:30 a 8:00 a.m.). Mediodía (12:30 a 2:20 p.m.). Tarde (4:00 a 6:00 p.m.).

**AVENIDA BALBOA:** Semana del 7 al 13 de febrero de 1999. 180 mediciones.

Mañana (6:30 a 8:00 a.m.). Mediodía (12:30 a 2:20 p.m.). Tarde (4:00 a 6:00 p.m.).

**TOTAL DE MEDICIONES:** 724 mediciones.

### RESULTADOS OBTENIDOS

Valores que "no cumplen" con el Decreto N° 150 del 19 de febrero de 1971, en las estaciones de muestreo. A continuación presentamos datos estadísticos relevantes a nuestra investigación:

#### Vía España

**26.60% de 182 mediciones.**

#### Avenida Ricardo J. Alfaro

**17.41% de 182 mediciones.**

#### Vía Cincuentenario

**33.89% de 180 mediciones.**

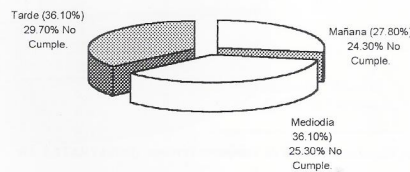
#### Avenida Balboa

**35.00% de 180 mediciones.**

Nueve (9) de doce valores máximos en las cuatro estaciones estuvieron por encima de 100 dB(A) y siete (7) de doce valores mínimos estuvieron por debajo de 70 dB(A).

A continuación presentamos datos estadísticos relevantes a esta investigación:

Gráfica 1  
VALORES QUE NO CUMPLEN CON EL DECRETO N° 150 DEL 19 DE FEBRERO DE 1971 DEL MINISTERIO DE SALUD, VALORES SUPERIORES A 85 dB(A) MEDIDOS EN LA VÍA ESPAÑA.



**Tabla 1\***  
**FLUJO VEHICULAR**  
**(NÚMEROS DE VEHÍCULOS (SEDANES, BUSES Y CAMIONES))**

PERIODO	VÍA ESPAÑA (1)	RICARDO J ALFARO (2)	VÍA CINCUENTENARIO (3)	AVE. BALBOA (4)
6:00-6:30	1027	1722	1256	975
6:30-7:00	2209	1957	1790	1579
7:00-7:30	2038	2704	2178	2015
7:30-8:00	1854	2628	1724	2292
8:00-8:30	1680	1787	1562	2264
8:30-9:00	1842	1695	1404	1812
9:00-9:30	1917	1617	1588	2670
9:30-10:00	1720	1336	1593	2506
10:00-10:30	1316	987	1723	2608
10:30-11:00	1607	1048	1977	2565
11:00-11:30	1889	1060	1961	2358
11:30-12:00	1728	852	1594	2470
12:00-12:30	1688	1927	1922	2772
12:30-1:00	1983	2220	1641	2772
1:00-1:30	1585	1821	1739	3144
1:30-2:00	2033	1128	1811	2824
2:00-2:30	1970	1203	1567	3302
2:30-3:00	1523	1249	1726	2857
3:00-3:30	1432	1177	1681	2932
3:30-4:00	1215	1208	1345	2798
4:00-4:30	1888	932	1799	2807
4:30-5:00	2062	1137	1992	3170
5:00-5:30	2084	1051	2237	3211
5:30-6:00	2186	1135	2445	3272
6:00-6:30	1261*	1068	1616	3095
6:30-7:00	1215	1080	1618	2845
7:00-7:30	1114	1028	1799	2904
7:30-8:00	1009	996	1327	2702
8:00-8:30	1243	1049	1182	2618
8:30-9:00	1251	962	1162	2706

(1) Localización: Hotel El Panamá. (frente a la discoteca Dreams.)

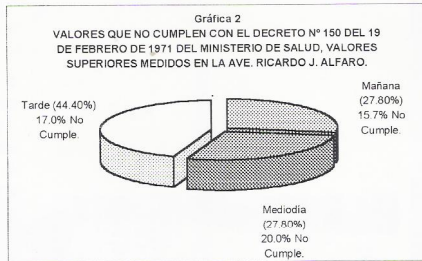
(2) Localización: Autocentro. (Intersección de la calle Juan Rivera Reyes (cl. 74 oeste) y Ricardo J Alfaro).

(3) Localización: Cel-Tel (Intersección de la Avenida Nicanor de Obarrio con la Vía Cincuentenario.)

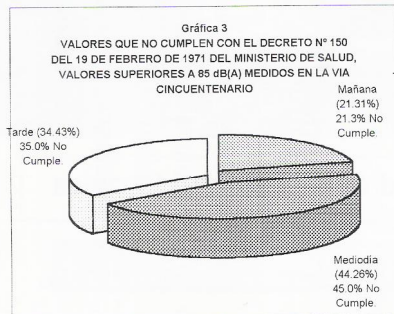
(4) Localización: Rapid-Muffler (Intersección de Vía Brasil con Avenida Balboa.)

\* Fuente: Dirección Nacional de Transporte Terrestre. (DINATRATE.) Año 1998

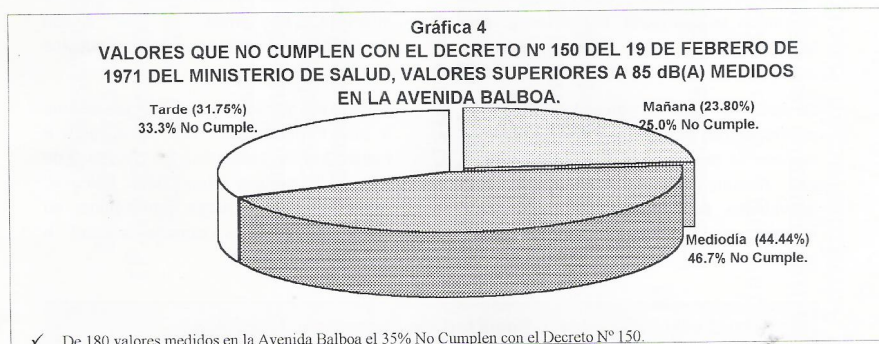
- ✓ De 182 valores medidos en la Vía España el 26.60% No Cumplen con el Decreto N° 150.



- ✓ De 182 valores medidos en la Avenida Ricardo J. Alfaro el 17.47% No Cumplen con el Decreto N° 150.



- ✓ De 180 valores medidos en la Vía Cincuentenario el 33.89% No Cumplen con el Decreto N° 150.



- ✓ De 180 valores medidos en la Avenida Balboa el 35% No Cumplen con el Decreto N° 150.

### CONCLUSIONES.

El ruido de los vehículos es producido fundamentalmente por el motor y la fricción causada por el contacto de los vehículos con el suelo y el aire.

El ruido producido por los buses colectivos de las diferentes rutas, es debido a los equipos de sonido que muchas veces son un "walkman" unido a un amplificador y un buen par de bocinas, más el ruido de sus troneras al pasar y sus estrepitosos "pitos".

Los automotores y las actividades comerciales, son las principales fuentes de ruido ambiental en la zona metropolitana. La porción de los vehículos pesados, junto a las motocicletas tienden a producir más ruidos que el causado por los vehículos livianos debido principalmente a las condiciones bajo las que operan, ya que muchas veces no se utilizan los vehículos apropiados para las diferentes labores.

Las autoridades deben implementar leyes energéticas que obliguen a los conductores de equipos pesados a no circular por las vías más transitadas y más en las horas picos (con algunas excepciones), lo que traería como resultado la disminución del ruido en las avenidas más transitadas, ya que estos equipos son los que emiten los más altos niveles de ruido.

### REFERENCIA.

1. CORRALES H., Alexander D. y MONTES F., Arturo A. Muestreo de los niveles ruido en las avenidas más transitadas de la región metropolitana de Panamá.— Panamá, Universidad Tecnológica de Panamá, 1999.-- 252p.:il (Tesis de Licenciatura).
2. GONZALES R., Cesar A. y BADILLO R., CARLOS C. El ruido producido por el tráfico de la ciudad de Panamá y su afecto sobre la audición y comunicación hablada en conductores de buses y usuarios.—Panamá: Universidad de Panamá, 1991.-- 94p.:il (Tesis de Licenciatura).
3. CONO C., Zoila, QUINTANA, Aida E. y WESLEY, Carmen. El ruido como factor determinante en el distrito capital.—Panamá: Universidad de Panamá, 1987.-- 163p.:il. (Tesis de Licenciatura).



Estudiantes de la Facultad Integrantes del Equipo Femenino de la UTP entregando el trofeo de Sub-Campeón al Rector de nuestra Universidad el Ing. Héctor Montemayor.



Profesores de la Facultad realizando prueba de emisiones a un motor de combustión interna.

## Otras Actividades de la Facultad de Ingeniería Mecánica

### COMENTARIO FINAL

La revista Tecnología-Hoy al promocionar el mejoramiento continuo de todos los recursos y experiencia con que cuenta la Facultad de Ingeniería Mecánica se convierte en portavoz, sin lugar a dudas, del fortalecimiento y desarrollo de nuestra Institución.

Destacando las investigaciones y actividades en general, que con los nuevos equipos se realizan, se procura mantener una retroalimentación entre todas las actividades con la finalidad de buscar nuevos y mejores recursos de actualización.

Cada uno de los artículos que aquí se presentan, por sí solos, incitan a desarrollos futuros en las diferentes áreas, por ello consideramos que el conocimiento de la existencia de determinados equipos incentiva, aún más, a que dichos desarrollos e investigaciones sean puestos en marcha.

Damos las gracias a todos los que de una u otra forma brindan toda la acogida a nuestra revista así como a los creadores de cada uno de sus interesantes artículos, esperando, desde luego, perfeccionar en próximas ediciones nuestra calidad e interés de contenido.

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