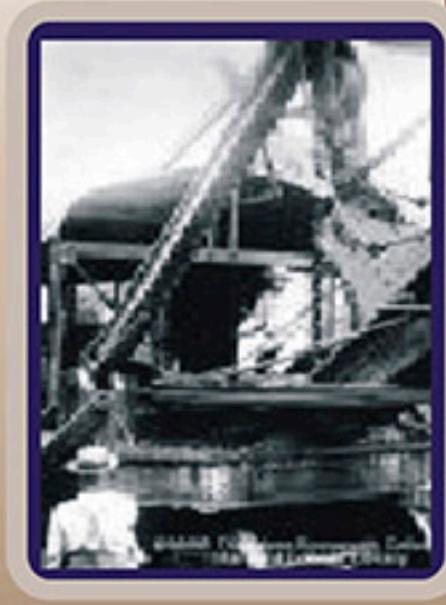
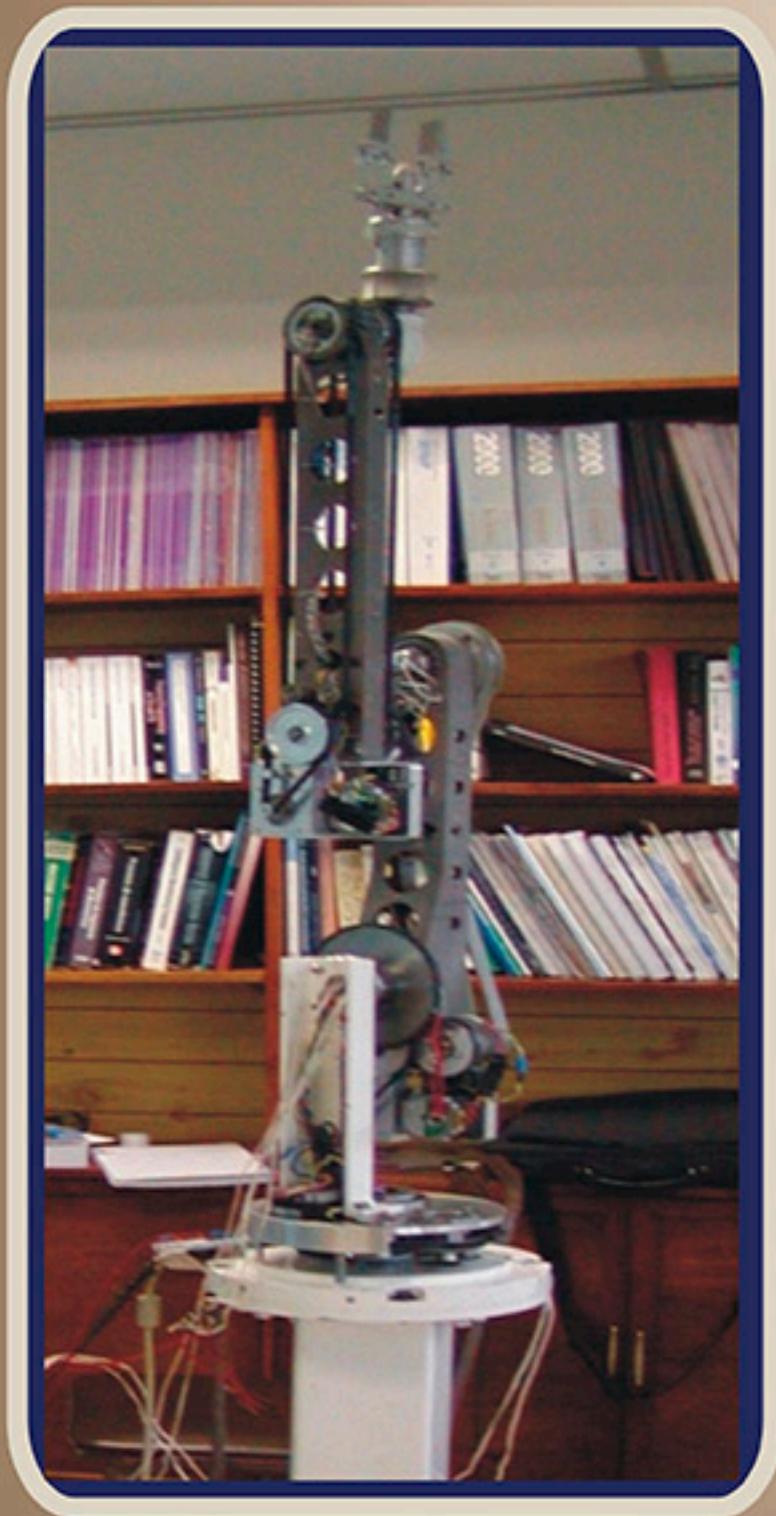


Tecnología HOY

Volumen 7
Nov. 2003

*Mas allá del Centenario
con toda
Nuestra Tecnología*



ISSN 1683-612X

PORTADA



El trabajo en equipo así como el esfuerzo y la disciplina, son aspectos indispensables al implementar nuevas tecnologías.

El laboratorio de Pruebas Mecánicas es una herramienta más con la cual la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá continua siendo promotora de actividades relacionadas con la Ciencia y Tecnología moderna.

La revista incluye ciertos aspectos de la vida diaria universitaria, algunos eventos especiales, artículos exclusivos, así como actualidades tecnológicas variadas.

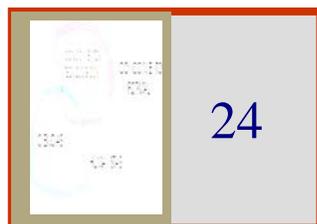
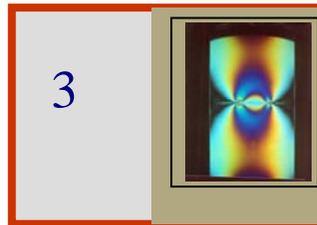
Encuétranos en:
<http://www.fim.utp.ac.pa>

Colaboraron en esta edición:

Ing. Lino Ruiz
Ing. Fernando Castillo
Ing. Marcelo Coronado
Dr. Humberto Rodríguez

Versión CD-ROM
Versión Electrónica
PANAMÁ, REP. DE PANAMÁ

CONTENIDO



TECNOLOGÍA-HOY

Volumen 7

EDITORIAL

ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN DE GRIETAS EN PLACAS

M en C Ricardo G. Rodríguez Cañizo

M en C Juan A. Beltrán Fernández

M en C Maribel A. Mendoza Núñez

IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DE UN ROBOT MEDIANTE EL FILTRO DE KALMAN EXTENDIDO

Quintero, J. ; Caballero, f. ; García, D. ; Bandfield, I. ;

Dr. Humberto Rodríguez

TRANSPORTE MARÍTIMO DE MATERIALES RADIOACTIVOS

Dr. Silverio Henríquez

ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL DE METALES FERROSOS VIA LLAMA OXIACETILENICA

Ojo, A. Aguilar, J. ; Coronado, G. ;

Quirós, N. ; Ortega, C. ;

Dr. Alexis Tejedor de León

EL ACEITE USADO DE MOTOR

Ing. Marcelo Coronado

ENSEÑANDO TECNOLOGÍA

M en C Lino de J. Ruiz

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DESODORIZACIÓN DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ACEITE Y HARINA DE PESCADO

M en C Félix Henríquez,

Ing. Bienvenido Sáenz

Tecnología Hoy es una publicación de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Es prohibida la reproducción total o parcial del material impreso.

Las opiniones expresadas en los artículos reflejan el punto de vista exclusivo de sus autores.

Edición y Coordinación General

Ing. Deyka I. García B.

Para comentarios y/o sugerencias estamos a tu disposición en el e-mail: deyka.garcia@utp.ac.pa



AUTORIDADES FIM

Ing. Lino Ruíz

Decano

Ing. Plinio Hines.

Vice-Decano Académico

Dr. Tomás Bazán

Vice- Decano de Inv. Post. y Ext. .

Ing. Jaime Contreras

Jefe Depto. de Energía. a.i.

Ing. Marcelo Coronado

Jefe Depto. de Metal-Mecánica. a.i.

Dr. Alexis Tejedor

Jefe Depto. Materiales y Metalurgia

Ing. José Ramsay

Jefe Depto. Ing. Mecánica

Ing. Rubén Darío Espitia

Jefe Depto. Dis. 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. Martín Valdes

Coord. Carrera de Tec.Ref.y A/A

Ing. Félix Henríquez

Coord.de Maestría y PostGrado

Dr. Víctor Sánchez

Coord. de Investigación

Dr. Víctor Sánchez

Coord. De la Carrera de Aviación

Ing. Aneth de Palma

Coord. de Extensión

Lic. Luzmila González

Secretaría Administrativa

Ing. Geomara de Escobar

Secretaría Académica

Editorial

Presentamos con mucho gusto nuestro séptimo ejemplar de la Revista Tecnología Hoy. Las dificultades para esta publicación han sido variadas, sin embargo surgió la idea, debido a la falta de recursos de publicar una revista en versión electrónica.

Gracias a la aprobación de nuestras autoridades, después de muchos esfuerzos, contratiempos y 6 años de publicación impresa, se publica "nuestra revista", en formato CD-ROM.

Pasan por nuestra mente todos esos ejemplares ya publicados en la versión impresa debido a que esta es una fase más de la revista la cual debemos recordar.

El primer número publicado de la revista Tecnología Hoy fue en el mes de septiembre del año 1997. El segundo ejemplar fue lanzado para noviembre del año 1998. Cada uno de estos ejemplares representa en sus portadas el trabajo realizado en la Facultad de Ingeniería Mecánica en cada una de sus áreas y que desde entonces ha evolucionado al igual que La Universidad Tecnológica de Panamá.

El volumen 3 nos prepara para el nuevo milenio. Este ejemplar fue publicado en noviembre del año 1999.

Tecnología Hoy en su volumen 4 destaca grandemente la labor docente de nuestra facultad, y es lanzado para el mes de diciembre del año 2000.

En Septiembre del año 2001 y con un formato, ya un poco más formal que las anteriores, se lanza el volumen 5 de esta prestigiosa revista.

El carácter de formalidad y calidad de nuestra revista se hace internacional con el volumen 6, el cual cuenta con un ISSN y la participación de algunos autores internacionales. Este volumen fue publicado en el mes de noviembre del año 2002.

Este séptimo número, editado con algún sacrificio, contó con el apoyo y solicitud de algunos de sus autores y personalidades que han brindado confianza y apoyo a la revista a través de los años. Este ejemplar, no menos importante, destaca la diversidad de trabajos desarrollados en esta época y como continuidad a nuestra revista pasada, se destacan algunos de los frutos del programa doctoral, presentando uno de los proyectos de robótica para dicho programa.

Cabe destacar que existe una buena disposición de los colegas de las diferentes áreas y programas para publicar artículos en Tecnología Hoy, lo que demuestra la productividad de nuestra facultad. Es por ello que cada uno de sus miembros ve en la revista la mejor oportunidad de divulgar sus trabajos de los diversos post-gradados, maestrías y doctorados, así como de investigaciones y/o actualizaciones científicas-tecnológicas en los que se desempeñan.

Es claro que la revista Tecnología Hoy en la búsqueda del prestigio, el cuerpo editorial y de mercadeo que poseen otras revistas, cuenta con el apoyo desinteresado de gente trabajadora y deseosa de que la misma sea, con mucho orgullo, una de las mejores revistas a nivel nacional e internacional debido la calidad de información científico tecnológica que divulga.

Deyka I. García B.

Análisis de la Interacción de Grietas en Placas

M en C Ricardo G. **Rodríguez Cañizo**, M en C Juan A. **Beltrán Fernández**, M en C Maribel A. **Mendoza Núñez**- Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Culhuacán. Av. Santa Ana No. 1000 Col. San Francisco Culhuacán C.P. 04430 Del. Coyoacan. Tel. 57296000 Ext. 73073. Fax: 5656-5316 e-mail: ricname@hotmail.com

1. Resumen.

Este artículo presenta un estudio sobre la interacción de grietas en placas, en particular se analizan el caso de una placa con dos grietas colineales y el de una placa con dos grietas escalonadas. El propósito es determinar el comportamiento del campo de esfuerzos en la punta de la grieta (KI) para este tipo de singularidades, y compararlo con el campo que genera una sola grieta. Se efectúa el cálculo del Factor de Intensidad de Esfuerzos (FIE), ya que es el parámetro dentro de la mecánica de fractura que define la magnitud de los esfuerzos en la punta de la grieta. Este cálculo (FIE), se efectúa de tres maneras, la primera de ellas, es por medio de un análisis experimental empleando la técnica fotoelástica, la segunda es a través de un análisis numérico por medio de ANSYS, y por último se hace uso de medios analíticos.

Cabe mencionar, que existe un apartado en donde a través del paquete FRANC2D/L, se hace la simulación de la propagación de las grietas para ambos casos, analizando la manera en la cual falla el material dependiendo de la configuración de sus grietas.

2. Introducción.

La falla de los elementos mecánicos a causa de la presencia de grietas, es muy frecuente en Ingeniería, por eso es importante predecir como y cuando sucederá esta falla. Pero desafortunadamente, el análisis necesario para este efecto no es tan simple, ya que intervienen muchos factores determinantes para la propagación de las grietas. En primer lugar, la forma y ubicación de las grietas son parte importante para su análisis; por otro lado, las grietas no se encuentran aisladas, sino que interactúan con otras grietas, o bien con características propias del elemento mecánico como lo son orificios, ranuras, muescas, entre otros, complicando aún más el problema.

Este punto es de vital importancia, ya que el conocer de manera confiable el campo de esfuerzos producido por la interacción de grietas, es factor determinante en aplicaciones de la Mecánica de Fractura en Ingeniería. Actualmente existen métodos diseñados para resolver problemas con singularidades de este tipo, hablando específicamente de la interacción de grietas colineales y escalonadas. Estas reglas se basan en el establecimiento de grietas equivalentes al grupo de grietas original, o

bien en métodos iterativos, que por lo general son procedimientos algo complejos.

De esta manera, existe incertidumbre sobre la exactitud de los resultados que se obtienen a partir de estos métodos, de ahí que sea necesario analizar el alcance de las soluciones propuestas que brinda el uso de métodos experimental-numéricos.

Por tanto, el propósito de este artículo es mostrar el estado del campo de esfuerzos en placas agrietadas sometidas a cargas de tensión, enfocando el estudio a la interacción de grietas colineales y escalonadas. En nuestro caso, el estudio se realiza de manera numérico-experimental. El análisis experimental se efectuó por medio de la prueba fotoelástica por transmisión, que ha demostrado ser una técnica sencilla y de buenos resultados; por su parte, el análisis numérico se efectuó por medio de programas de computo que trabajan el método del elemento finito, como lo son ANSYS y FRANC2D/L.

3. Desarrollo.

3.1 Análisis Experimental.

La primera etapa del estudio comprende el análisis experimental del problema de interacción de grietas, para este fin se emplea la técnica fotoelástica por transmisión, y en específico el método de las proyecciones. Haciendo uso de este método, se determinaron todos los valores de KI para cada uno de los casos analizados aquí.

3.1.1. Placa con una Grieta Lateral.

Para este caso se analizaron diez condiciones de carga, que varían desde 147.15 N hasta una carga máxima de 2452.5 N. Una de las fotografías correspondientes que ilustran el campo de esfuerzos generado se muestra en la figura 1. En ella se observa claramente que el campo de esfuerzos producido es totalmente simétrico, lo que implica un estado de esfuerzo uniaxial, y por tanto la existencia única de KI.

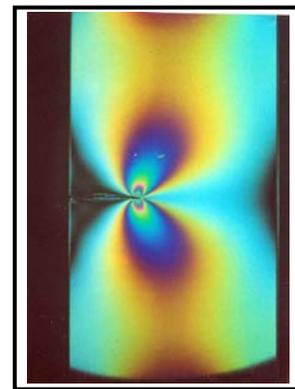


Fig. 1. Campo de esfuerzos observado en una placa con una grieta lateral.

La tabla 2. muestra los resultados obtenidos del cálculo de KI, en ella se indica cada uno de los valores de carga aplicada a la placa.

3.1.2 Placa con dos Grietas Colineales.

Para este caso se analizaron ocho condiciones de carga, los valores de las mismas se muestran en la tabla 1., al igual que en el caso anterior se fotografió el patrón de franjas isocromáticas, en donde la figura 2 muestra una de las fotografías correspondientes a este caso.

Tabla 1. Resultados de KI para el caso de una placa con una grieta lateral

CARGA APLICADA P [N]	FACTOR DE INTENSIDAD DE ESFUERZOS K_I [MPa. \sqrt{m}]
147.15	0.11417
245.25	0.13172
343.35	0.38083
490.81	0.48743
686.7	0.67474
981	0.94518
1275.3	1.47780
1569.6	1.83741
1962	2.24563
2452.5	-----

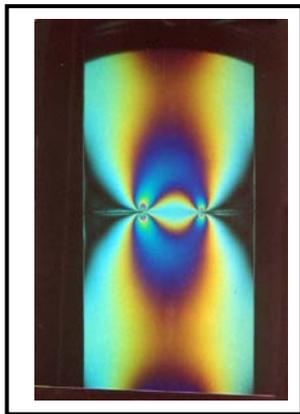


Fig. 2. Campo de esfuerzos observado en una placa con dos grietas colineales.

De la fotografía, se puede observar que a pesar de que existe una grieta más en la placa, el campo de esfuerzos producido sigue siendo simétrico, y esto es debido a que los planos de las dos grietas colineales coinciden. De esta manera, se puede decir que las condiciones de carga y la configuración de las grietas producen un estado de esfuerzos uniaxial, lo que implica que exista K_I únicamente. Pero que pasa cuando los planos de las grietas ya no coinciden, es decir,

cuando las grietas se empiezan a escalonar. Este último punto se analizará mas adelante. Los resultados del FIE obtenidos a través del método de las proyecciones se listan en la tabla 2. Se puede notar que a pesar de que el número de aplicaciones de carga se redujo, algunos valores se mantienen comunes para ambos casos, esto con la finalidad de poder emitir un juicio comparativo de ambos.

Tabla 2. Resultados de KI para el caso de una placa con dos grietas colineales.

CARGA APLICADA P [N]	FACTOR DE INTENSIDAD DE ESFUERZOS K_I [MPa. \sqrt{m}]
147.15	0.16509
245.25	0.23036
490.5	0.34830
686.7	0.46787
981	0.87812
1471.5	1.34971
1962	1.63815
2452.5	-----

3.1.3. Placa con dos Grietas Escalonadas.

Para este tercer caso se analizaron las mismas ocho condiciones de carga aplicadas al caso anterior de dos grietas colineales. La figura 3 ilustra el campo de esfuerzos que muestra el patrón de franjas isocromáticas de una placa con dos grietas escalonadas. En este caso, se puede observar claramente que existe cierta inclinación en el campo resultante, lo que indica que la simetría que existía en el campo de esfuerzos cuando las grietas se encontraban colineales se modificó al momento de escalonarlas. Esto provoca

que se produzca un modo mixto de carga, es decir existe tanto KI como KII. Sin duda, esto hace que el problema se vuelva más complejo, ya que se tienen que evaluar ambos factores.

Los resultados del FIE para este caso se muestran en la tabla 3.

Para todos los casos se puede observar que no se obtuvieron valores para condiciones de carga altos, esto debido a que conforme se aumenta el valor de la carga aplicada en el modelo fotoelástico, las franjas isocromáticas se van haciendo más tenues, lo que dificulta el definir el color de franja observado y por tanto el establecer el valor de franja para dicho caso.

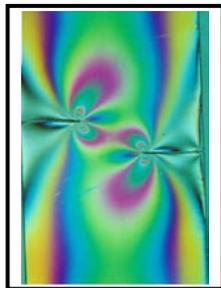


Fig. 3. Campo de esfuerzos observado en una placa con dos grietas escalonadas.

Tabla 3. Resultados de KI y KII para el caso de una placa con dos grietas escalonadas.

CARGA APLICADA P [N]	FACTOR DE INTENSIDAD DE ESFUERZOS [MPa.√m]	
	K _I	K _{II}
147.15	0.09511	0.01858
245.25	0.17473	0.02947
490.5	0.40901	0.06195
686.7	0.56312	0.09998
981	0.75734	0.12756
1471.5	1.18195	0.18966
1962	1.45093	0.25321
2452.5	-----	-----

3.2 Análisis Numérico.

El análisis numérico efectuado a los tres casos de interacción de grietas se hace con la finalidad de tener un parámetro más de comparación con respecto a los resultados obtenidos en el apartado anterior. Para este efecto, se hace uso del programa ANSYS en su versión 5.5 [1] para evaluar el FIE, y del paquete FRANC2D/L [2] con objeto de simular la propagación de las grietas si la carga aplicada a los modelos continuara incrementándose.

Hay que mencionar que las condiciones de carga y las dimensiones de los modelos creados en ANSYS siguen siendo las mismas que para el caso experimental. Los resultados del FIE calculados para este fin se listan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados generales de KI obtenidos en ANSYS.

RESULTADOS PARA EL CASO DE UNA PLACA CON UNA GRIETA LATERAL	
CARGA P [N]	FIE K _I [MPa.√m]
147.15	0.16049
245.25	0.26748
343.35	0.37448
490.81	0.53497
686.7	0.74896
981	1.0699
1275.3	1.3909
1569.6	1.7119
1962	2.1399
2452.5	2.6748

RESULTADOS PARA EL CASO DE UNA PLACA CON DOS GRIETAS COLINEALES

CARGA P [N]	FIE K_I [MPa. \sqrt{m}]
147.15	0.11608
245.25	0.19989
490.5	0.39978
686.7	0.54892
981	0.79957
1471.5	1.1479
1962	1.5306
2452.5	1.9132

RESULTADOS PARA EL CASO DE UNA PLACA CON DOS GRIETAS ESCALONADAS

CARGA P [N]	FIE [MPa. \sqrt{m}]	
	K_I	K_{II}
147.15	0.11407	0.0159
245.25	0.19011	0.0265
490.5	0.38023	0.0529
686.7	0.53232	0.0742
981	0.76045	0.1059
1471.5	1.1407	0.1589
1962	1.5209	0.2118
2452.5	1.9975	0.3249

Además, de la tabla 4. se puede observar que los valores de K_I y K_{II} obtenidos por medio de ANSYS, convergen con los valores obtenidos por medio de la técnica fotoelástica, lo que de alguna forma valida la técnica experimental empleada en este trabajo.

3.3 Simulación en FRANC2D/L.

3.3.1 Placa con una Grieta Lateral.

La simulación de la propagación de la grieta se muestra en la figura 4, en ella se observa claramente que la propagación de la grieta (línea roja) sigue una trayectoria rectilínea, lo que indica que si se sigue incrementando el valor de la carga, la grieta continuará su camino hasta romper por completo el elemento. Esto se verifica con lo establecido experimentalmente ya que de esta misma forma falló la probeta ensayada.

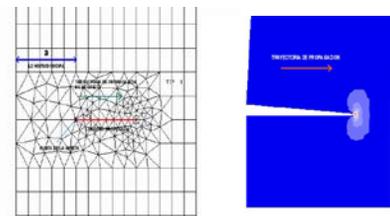


Fig. 4. Trayectoria de propagación para el caso de una placa con una grieta lateral.

3.3.2. Placa con dos Grietas Colineales.

En este caso, se puede ver como las singularidades de las puntas de las grietas interactúan, pero la simetría en el campo de esfuerzos resultante sigue existiendo, y esto es debido a que la carga y la geometría de la placa también son simétricas. Como resultado predomina el Modo I de carga. La figura 5. muestra la trayectoria de propagación de las dos grietas.

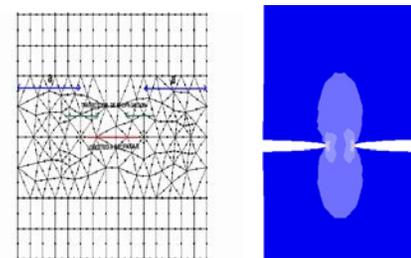


Fig. 5. Trayectoria de propagación para el caso de una placa con dos grietas colineales.

3.3.3. Placa con dos Grietas Escalonadas.

La figura 6 ilustra la manera en la cual la grieta se propaga, en ella se observa que la trayectoria seguida difiere bastante con la observada para el caso de dos grietas colineales; en este caso, se aprecia un tipo de curvamiento de las trayectorias de propagación.

Para explicar lo anterior, se tienen que considerar los siguientes hechos:

Las condiciones de carga siguen siendo simétricas.

Dado el escalonamiento de las grietas, la geometría ya no es simétrica. Esto implica que se tenga un modo mixto de carga I. y II. Por esta razón, se observa que en la punta de las grietas, la orientación del campo de esfuerzos tiende a inclinarse.

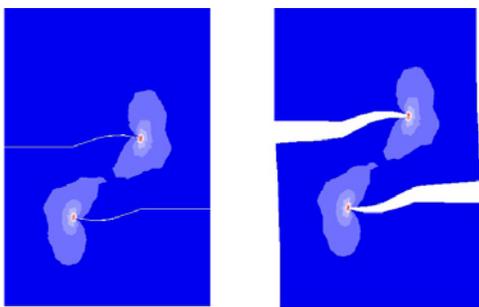


Figura 6. Trayectoria de propagación para el caso de dos grietas escalonadas.

4. Conclusiones.

Como conclusiones de este trabajo se pueden mencionar las siguientes:

Se puede establecer que el Factor de Intensidad de Esfuerzos disminuye al introducir una grieta más, manteniendo el mismo nivel de carga y la geometría global

de la placa, es decir, el FIE para el caso de una grieta lateral es mayor al FIE de los casos de dos grietas colineales y de dos grietas escalonadas; y esto debido a que la energía de superficie se divide entre el número de grietas existentes en el material.

La interacción del campo de esfuerzos de dos grietas varía de acuerdo a la configuración de las mismas, se encontró que para el caso de dos grietas colineales el campo de esfuerzos se mantiene simétrico, de esta manera la trayectoria que siguen las grietas es una línea recta, provocando que el material se parta por la mitad; en cambio, para el caso de dos grietas escalonadas el campo de esfuerzos se distorsiona provocando que la trayectoria de propagación que siguen las grietas sea modificada debido al escalonamiento que existe.

También se puede decir que los métodos empleados en este trabajo son bastante confiables y esto se ve reflejado en los resultados obtenidos en cada uno de ellos, de esta manera se puede validar la eficacia de cada uno de ellos, sobre todo de la técnica experimental fotoelástica empleada.

5. Bibliografía.

1. Swanson Analysis Systems Inc., "The ANSYS Program", Doc. MPB-A3-5/92.
2. Swenson D., and Mark J., "FRANC2D/L: A Crack Propagation Simulator for Plane Layered Structures", Version 1.3 User's Guide, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
3. Urriolagoitia C.G., "Directional Stability of Cracks Under Biaxial Stresses", Tesis Doctoral, Department of Mechanical Engineering, Imperial College of Science and Technology, University of London, 1976.
4. Griffith, A., "The theory of rupture", Proc.1st Int. Congr. Appl. Mech. Delft, 1924.

IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DE UN ROBOT MEDIANTE EL FILTRO DE KALMAN EXTENDIDO

Humberto Rodríguez, Jaqueline Quintero, Filadelfio Caballero,
Deyka García
Universidad Tecnológica de Panamá

Se presenta en este trabajo la aplicación del filtro de Kalman Extendido al problema de identificación de los parámetros dinámicos de un brazo robot de revolución de 5 grados de libertad (GDL). Primeramente, las ecuaciones de estado del manipulador son ampliadas para incluir en el vector de estados los parámetros a identificar, por ejemplo, los momentos y productos de inercia en tres de las articulaciones. Con este modelo de estado, a partir de la medición de los torques (pares) aplicados a las articulaciones y las posiciones y velocidades articulares resultantes se pudieron estimar los parámetros dinámicos mediante el filtrado de las incertidumbres del sistema y de las observaciones. Estas incertidumbres son consideradas como ruido blanco y gaussiano, respectivamente.

En vista de que se utilizan motores de pasos en las articulaciones, la determinación del torque a partir de la medición de la corriente, aunque posible, es mucho más complicada y costosa (por los equipos necesarios y la mayor incertidumbre inherente) que si se utilizasen servomotores dc, que es el caso más usual. Por lo tanto se optó por medir el torque mediante galgas extensométricas adheridas directamente al eje de la articulación. Así, se instaló un puente de

wheatstone completo, se construyó un amplificador de instrumentación y se muestrearon las señales con una tarjeta de adquisición de datos.

Con el fin de simplificar la identificación y reducir la carga computacional, se determinó y utilizó el número mínimo de parámetros inerciales necesarios para modelar la dinámica del robot, esto es, el conjunto base de parámetros inerciales. Luego de estimados los parámetros se compararon contra valores determinados mediante medición directa.

Objetivos:

Este trabajo forma parte de un proyecto más general que consiste en el desarrollo de un entorno para simulación dinámica de robots y de su interacción con otros sistemas, por ejemplo para fabricación flexible. Para que la simulación sea lo más realista posible necesitamos, primero, obtener un buen modelo dinámico del robot.

El modelo dinámico requiere la determinación de diversos parámetros inerciales. Hemos comenzado con la determinación de los parámetros inerciales, pero se incluirán eventualmente los parámetros de rigidez y de fricción también.

Robot Industrial

La plataforma de experimentación es un robot industrial con 5 articulaciones de revolución, esto es, 5 grados de libertad (GDL), el cual se muestra en la figura 1. Los eslabones son mayormente de aluminio y los actuadores son motores de pasos híbridos. Además, la transmisión de potencia se realiza mediante bandas sincrónicas y cadenas

Para la retroalimentación de posición se utilizan codificadores incrementales y detectores inductivos absolutos.

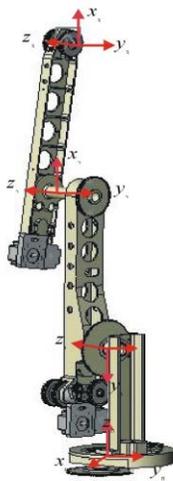


Figura 1. Robot utilizado para experimentación.

El lenguaje de programación es ROBOFORTH. Esta es una versión del FORTH, pero que incluye un paquete de funciones utilizadas en robótica.

Ecuaciones Dinámicas

Para relacionar los sistemas de coordenadas de cada articulación se utilizaron las matrices de transformación de Denavit-

Hartenberg. Los parámetros que definen estas matrices se muestran en la tabla 1.

Tabla1. Parámetros geométricos del robot Representación de Denavit-Hartenberg

Articulación i	θ_i	α_i	a_i	d_i
1	$90 + q_1$	-90	0	d_1
2	$-90 + q_2$	0	a_2	0
3	q_3	0	A_3	0

Las matrices de transformación para una articulación i de revolución está dada por:

$${}^{i-1}A_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Con la ayuda de estas matrices de transformación las ecuaciones de movimiento se pueden obtener como:

$$\tau(t) = D(q(t))\ddot{q}(t) + h(q(t), \dot{q}(t)) + c(q(t))$$

En donde,

$$D_{ik} = \sum_{j=\max(i,k)}^n \text{Tr}(U_{jk} J_j U_{ji}^T) \quad i, k = 1, 2, \dots, n; \quad U_{ij} = \frac{\partial {}^0A_i}{\partial q_j}$$

$$c_i = \sum_{j=i}^n (-m_j g U_{ji}^j r_j) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

En estas ecuaciones $\tau(t)$ es el vector de torques aplicados por los actuadores, $q(t)$ es el vector de desplazamientos angulares de las

articulaciones, J_j es el momento de inercia del eslabón j con respecto a su articulación.

$$h_i = \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n h_{ikm} q_k \dot{q}_m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$h_{ikm} = \sum_{j=\max(i,k,m)}^n Tr(U_{jkm} J_j U_{ji}^T) \quad i, k, m = 1, 2, \dots, n$$

D es la matriz de inercia, h es el vector de fuerzas de coriolis y c el vector de fuerzas gravitatorias.

Filtro de Kalman

Antes de utilizar el método del Filtro de Kalman, primero se debe aumentar las variables de estado del robot con los parámetros que se desea identificar. En la siguiente ecuación a los desplazamientos y velocidades angulares se le han adicionado los parámetros X .

$$\dot{z} = \begin{bmatrix} \ddot{q} \\ \dot{q} \\ \dot{X} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D^{-1} [\tau - h(q(t), \dot{q}(t)) - c(q(t))] \\ \dot{q} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$z_{k+1} = f(z_k, \tau_k) + \begin{bmatrix} v_k \\ 0_{N_p \times 1} \end{bmatrix}$$

$$f(z_k, \tau_k) = z_k + \dot{z}(z_k, \tau_k) dt$$

$$y_k = C z_k + w_k$$

En donde, z_{k+1} es la aproximación discreta de \dot{z} , C es la matriz de observaciones. Además, v_k y w_k se asumen que son ruido blanco y ruido independiente con media cero (correspondiente a la medición), respectivamente.

El primer paso en el filtrado de Kalman consiste en una *predicción* de las variables de estado para el instante $k+1$, mediante

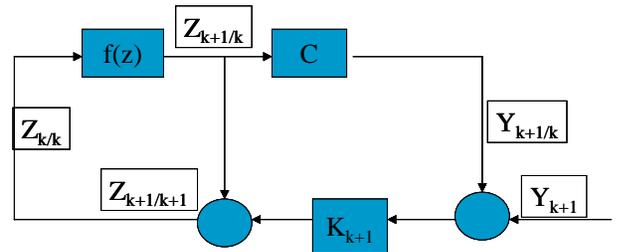


Figura 2. Diagrama conceptual del Filtro de Kalman

evaluación del modelo en el instante k , $z_{k+1/k} = f(z_{k/k})$, para luego pasar a una *estimación* del error y corrección de la primera predicción, $z_{k+1/k+1} = z_{k+1/k} + K_{k+1}(y_{k+1} - C z_{k+1/k})$. Esto se observa gráficamente en la figura 2. Además, el factor de corrección K_{k+1} se calcula a partir de las matrices de covarianza del error de predicción ($P_{k+1/k}$) y del error de estimación ($P_{k+1/k+1}$). Estos se obtienen como,

$$P_{k+1/k} = F_z(z_{k/k}) P_{k/k} F_z(z_{k/k})^T + Q$$

$$K_{k+1} = P_{k+1/k} C^T [C P_{k+1/k} C^T + R]^{-1}$$

$$P_{k+1/k+1} = P_{k+1/k} - K_{k+1} C P_{k+1/k}$$

En donde Q y R son las matrices de covarianza de v_k y w_k , respectivamente.

Medición del torque

En vista de que resultó poco práctico medir el torque a partir de la corriente en los motores de pasos, se utilizó un puente de wheatstone completo con la configuración de galgas mostradas en la figura 3. Esto permitió compensar los cambios térmicos y las

deformaciones no deseadas debido a momentos de flexión.

La ganancia o factor de una galga

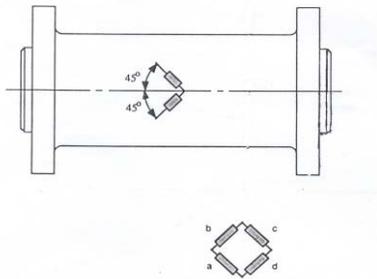


Figura 3. Montaje de la galgas

extensométrica relaciona el cambio de resistencia con la deformación unitaria,

$$GF = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon}$$

Además, para la configuración mostrada el cambio en el voltaje de salida del puente como función del cambio de resistencia de la galga y del voltaje de alimentación (V), está dado por:

$$\Delta E_0 = V \left(\frac{\Delta R}{R} \right)$$

Las galgas se ubicaron en el eje del eslabón, después de los rodamientos, a excepción de la articulación 1. En esta última se, debido a limitaciones de espacio nos vimos forzados a ubicarlas en el eje de la catarina impulsora de dicha articulación.

La señal de salida de los puentes se amplificó con un amplificador de instrumentación y se muestrearon cada 20 ms con una tarjeta de adquisición de datos, la cual además incorpora un filtro de anti-replicas (antialiasing).

En cuanto a la calibración del sistema de medición de torques, la misma se realizó ajustando las ganancias de los amplificadores y registrando sus voltajes de salida para

diferentes pesos externos aplicados a cada articulación.

Para tener datos lo suficientemente ricos que revelaran la dinámica del robot, se ejecutaron 5 rutas diferentes con diferentes aceleraciones y velocidades, cubriendo buena parte del espacio de trabajo del robot. Los resultados del método de filtrado de Kalman se compararon contra valores determinados mediante medición directa de las dimensiones y algunos se muestran a continuación:

Parámetro (SI)	FKE	Medidos
Jyy1	0.0145	0.0084
Jxx2	0.585	0.567
Jxx3	0.325	0.26
Jyy2	0.021	0.028
Jyy3	0.0014	0.0013
Jzz2	0.0022	0.00136
Jzz3	0.0026	0.0016

Conclusiones y Trabajos futuros

A partir de los valores calculados y medidos de los momentos y productos de inercia y de masa de los tres eslabones, se determinó que el error medio es de 22%. Este sin embargo es un valor con un alto grado de incertidumbre ya que las mediciones directas no fueron realizadas con instrumentos de precisión. Además, estimamos que la precisión de la identificación puede mejorarse considerablemente si se incluye en el modelo la rigidez de las transmisiones de bandas y de los ejes y si se logra medir el torque directamente en eje de la primera articulación

Otros parámetros importantes que es necesario identificar en un futuro, para tener un modelo adecuado, es la fricción en los rodamientos y en otros elementos.

Bibliografía

1. M. Gautier y W. Khalil, *Direct calculation of minimum set of inertial parameters of serial robots*, IEEE trans. on Robotics and Automation, vol. 6, n° 3, pp.368-372, 1990.
2. R. E. Kalman, *A new approach to linear filtering and prediction problems*, Trans. Of the ASME—Journal of Basic Engineering, vol. 82, Series D, pp 35-45, 1960
3. P. Maybeck, *Stochastic models, estimation, and control, vol.1*, series in mathematics in Science and Engineering, Academic press, 1979.
4. Ph. Pognet y M. Gautier, *Comparison of weighted least squares and extended kalman filtering method for dynamic identification of robots*, Proc. of the IEEE Conf on Robotics and Automation, pp.3622-3627, 2000.

Transporte marítimo de materiales radiactivos

Dr. Silverio Henríquez- Docente y experto en seguridad marina

"Dr. Silverio Henríquez, Jr." <sha@sinfo.net>

Por muchos años, grupos ambientalistas han expresado su preocupación con respecto al transporte de materiales peligrosos en general. Ello ha ayudado a mejorar la forma en que estos materiales son manejados, empacados (incluyendo las cantidades máximas permitidas), estibados y segregados. Igualmente, los barcos que transportan estos materiales radiactivos son contruidos según estrictas normas de seguridad internacionales.

Los aspectos técnicos de esto nunca se mencionan y el tema ha estado rodeado con un velo de misterio que hace que el público no mire más allá en el asunto de seguridad y se hace hincapié sólo en los peligros que representa. Esto lleva a interpretaciones erradas de lo que puede suceder y causa gran ansiedad en el ciudadano común, sobre todo cuando se hace mención y se compara con Chernobyl, las Torres Gemelas de Nueva York y otros desastres con tanqueros que transportan crudo o hidrocarburos, que no tienen nada que ver con el transporte mismo. Nunca se muestra el "otro lado de la moneda".

Como profesional, estoy convencido de que todos los miembros de la sociedad civil,

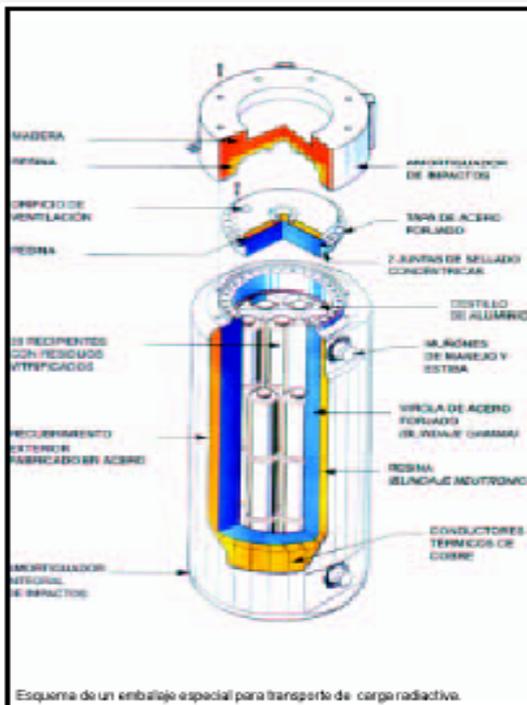
grupos ambientalistas, científicos y alumnos tienen el derecho a saber. Quiero dirigir mis pensamientos y conocimientos a la gente que vive en las rutas marítimas del Gran Caribe, Panamá y su Canal, y en la ruta del Cabo de Hornos, utilizada en una ocasión. El conocimiento, y no simplemente información (que puede ser manipulada), es de suma importancia para entender la parte medular del asunto.

Dado que mucho de estos tránsitos han pasado por el Canal, y que yo he sido por más de 23 años uno de los dos expertos en el transporte marítimo de materiales peligrosos trabajando para la Comisión del Canal (hoy Autoridad del Canal de Panamá), creo que es importante que se documenten los aspectos técnicos que hacen que este tipo de transporte sea uno de los más seguros del mundo.

En primer lugar, la radiactiva no es una carga prohibida y los embalajes NO EXPLOTAN. Es una carga peligrosa muy especial y por eso se toman precauciones extras para su transporte. Los embalajes o cilindros han sido diseñados para contener el material, la radiación que posee y, por supuesto, la toxicidad intrínseca que se

controla con las cantidades máximas permitidas.

A pesar de todas las experiencias históricas, las técnicas de análisis y la investigación en materia de seguridad, existe una duda latente en la mente de algunas personas: ¿Y si se produjera una fuga en uno de los cilindros blindados como resultado de un accidente violento? ¿Y si algún terrorista volara uno de estos cilindros usando explosivos, qué sucedería? Por un período de dos años, los científicos de los Laboratorios Sandia de EE.UU. realizaron ensayos con explosivos sobre los cilindros que transportan combustible agotado.



El Faro, volumen V, No. 4 20 de febrero al 4 de marzo de 2004, pagina 5.

En conclusión, si bien un ataque exitoso con explosivos crearía una situación desagradable, ésta no sería difícil de manejar ni tendría repercusiones significativas para la salud pública. Esta es otra información notable que no está a la disposición del ciudadano común. El artículo fue publicado en el Boletín de la Organización Internacional de Energía Atómica, versión en español, y está disponible para todos.

Por otro lado, el análisis de riesgo provee tanto las bases objetivas que permitan establecer las prioridades para planificar, como la documentación necesaria que apoye situaciones peligrosas, esfuerzo de respuesta a incidentes y programas de inspección. Cuando consideramos las consecuencias involucradas en el transporte marítimo de sustancias peligrosas hay ciertos parámetros que tienen que ser tomados en cuenta. Un choque/colisión de energía moderada es definido como aquel en el que el barco procede a "velocidad de maniobra", como las observadas en los puertos. Estas también son las velocidades experimentadas en el Canal. Los buques están diseñados de manera tal, que si se ven involucrados en un choque, no sufrirán una penetración mayor que 1/5 de la manga (ancho del barco). No es coincidencia que ésta es la misma distancia que provee el margen de seguridad para los Tanques Tipo I, que son diseñados para permanecer intactos en caso de una

colisión de energía moderada. Este tipo de penetración sólo ocurre en caso de que un barco se aproxime a otro en ángulo recto o casi recto. Esto no puede suceder en el Corte Culebra, ya que no se permite que barcos que llevan carga radiactiva se encuentren con otro que venga en dirección opuesta. Esta información, tampoco está disponible para el ciudadano común.

Cargas altamente radiactivas transportadas en barcos Clase 3 del Código INF (como el Pacific Sandpiper) tienen bodegas que corresponden a Tanques Tipo 1, más un segundo casco que se adiciona para mayor seguridad. La gran diferencia es que si otro barco logra penetrar este espacio (1/5 de la manga más el casco adicional), en vez de contactar un área no protegida, encontrará un embalaje blindado que está mejor construido que el barco mismo. El riesgo de que el cilindro blindado sea penetrado después de que toda la energía cinética del impacto es absorbida por el doble casco reforzado, es tan remoto que la palabra "probable" no se aplica.

Mis más de 25 años de experiencia en el campo marítimo no me permiten imaginar la probabilidad de una descarga accidental de material radiactivo, como resultado de una colisión u otro incidente, en que se ve involucrado un barco Clase 3 que satisfaga el Código INF. Muchas organizaciones ambientalistas, y otros, se quejan por el

paso de material radiactivo por el Canal, pero sorpresivamente, nunca han dicho que el tránsito es inseguro. Esto es realmente notable. El récord es claro: en más de 60 años de transporte por diferentes sistemas modales, nunca ha habido una muerte o lesión causada por un accidente que involucre materiales radiactivos.

Afirmó el Administrador de la ACP, Alberto Alemán Zubieta: "El Canal está operando mejor que nunca". "Sabemos de nuestros clientes de que la fiabilidad, seguridad y servicio oportuno son críticos. Cuando hacemos el Canal más seguro y rápido, hay mayor confiabilidad de que nuestros clientes lleven sus mercancías al mercado. Los números demuestran el duro trabajo de los empleados de la ACP y su enfoque en lo que es seguridad operacional y eficiencia".

No hay falta de previsión en este tema. No permita que los materiales radiactivos interfieran con su bien merecido sueño. Allá afuera hay muchos profesionales altamente entrenados (como yo) que realmente les importa todo esto. Albert Einstein decía: "El conocimiento es una fuerza más poderosa que la Fuerza de Gravedad".

Endurecimiento superficial de metales ferrosos vía llama oxiacetilénica

Ojo, A. Aguilar, J. ; Coronado, G. ; Quirós, N. ; Ortega, C. ;
Dr. Alexis Tejedor de León - atejedor@cwpanama.net

Resumen

Se presentan los aspectos prácticos de cómo se pueden reducir los esfuerzos internos, el tamaño del grano, incrementar la tenacidad o producir una superficie dura con un interior dúctil en un material ferroso. Tal procedimiento es conseguido por medio de la utilización de un tratamiento térmico específico denominado endurecimiento superficial vía llama oxiacetilénica. El trabajo consistió en la ejecución de técnicas de calentamiento, sea ésta rotativa o estática de la fuente de calor, a piezas de acero 1060. Las presiones de trabajo de los combustibles utilizados fueron de 0.35 y 1.38 bar para el acetileno y el oxígeno respectivamente. Independientemente de la técnica empleada, las muestras fueron calentadas hasta una temperatura de 775°C y se utilizaron deferentes medios de enfriamiento para el templado. Con el empleo de este tipo de tratamiento se consiguieron incrementos en términos de dureza superficial del orden de los 84%.

Descriptor: Endurecimiento superficial, templado, tratamientos térmicos, dureza superficial, llama oxiacetilénica.

Introducción

La selección de materiales ferrosos para aplicaciones industriales, es un paso crucial en el diseño mecánico de partes y ctes. adicional a las consideraciones geométricas, dimensiones y tolerancias, el diseño mecánico debe considerar aspectos relacionados al tipo de metal, i.e. grado del acero, tipos de tratamientos térmicos previos, propiedades exigidas de trabajo. (DOBRAZAŃSKI & SITEK, 2003). Como materiales de construcción, las aleaciones ferrosas continúan siendo las más utilizadas, debido entre otras cosas, a sus propiedades mecánicas. A pesar de eso, la utilización industrial de los materiales ferrosos, se ve seriamente limitada a las condiciones de resistencia superficial que deben presentar. Esta limitante se traduce en la pérdida superficial que sufren, sean por causa de la corrosión, propia del ambiente de trabajo o al desgaste abrasivo a la cual son sometidos (MARQUEZ, 2000).

Uno de los tratamientos térmicos de fácil aplicación es el que utiliza la llama oxiacetilénica. Este tratamiento térmico consiste en la operación de calentamiento y enfriamiento de un metal en su estado sólido para cambiar sus propiedades físicas.

Para conocer a qué temperatura debe elevarse el metal para que se reciba un tratamiento térmico es recomendable contar con los diagramas de cambio de fases como el de hierro - carbono. (Fig. 1)

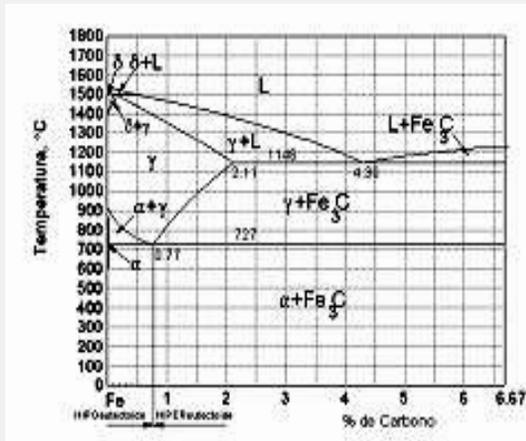


FIGURA 1-Diagrama Hierro-Carbono.

En este tipo de diagramas se especifican las temperaturas en las que suceden los cambios de fase (cambios de estructura cristalina), dependiendo de los materiales diluidos y de sus composiciones químicas respectivas. El proceso de endurecimiento del acero consiste en el calentamiento del metal de manera uniforme a la temperatura correcta y luego enfriarlo, utilizando un medio refrigerante apropiado, como por ejemplo, agua, aceite, aire o en una cámara refrigerada. El endurecimiento produce una estructura granular fina que aumenta la resistencia a la tracción (tensión) y disminuye la ductilidad.

En el caso específico del acero al carbono para herramientas se puede endurecer al calentarse hasta su temperatura crítica, la cual se adquiere aproximadamente entre los 790°C y 830°C lo cual se identifica,

visualmente, cuando el metal adquiere el color rojo cereza brillante. Cuando se calienta el acero, la perlita se combina con la ferrita, lo que produce una estructura de grano fino llamada austenita. Cuando se enfría la austenita de manera brusca se transforma en martensita, material que es muy duro y frágil a la vez.

El objetivo de este trabajo es analizar cómo, por medio de un tratamiento térmico, vía llama oxiacetilénica, se puede aumentar, disminuir o normalizar una pieza de acero al carbono.

Materiales y métodos

1. Preparación de las muestras.

Cinco muestras de barra de acero de construcción 1060, fueron cortadas con un diámetro de 22 mm y longitud de 101.6 mm utilizando una sierra mecánica alternativa con enfriamiento líquido soluble en agua (taladrina). Las muestras analizadas no fueron sometidas al proceso de normalizado. Antes de proceder al templado de las piezas vía llama oxiacetilénica, fue necesario tomar como referencia una de las muestras (ver tabla No. 1) para obtener valores de dureza en su estado natural, lo cual nos permitirá comprobar la efectividad de la técnica utilizada.

2. Templado de las muestras.

Mediante el uso de un equipo oxiacetilénico completo (Fig. 2), con soplete provisto con boquilla No.1 y regulando una presión de trabajo de 0.35 bar para el acetileno y 1.38 bar para el oxígeno, se procedió al calentamiento de las muestras hasta una temperatura de 775°C; la pieza a ser tratada,

fue colocada sobre un ladrillo refractario y el soplete se desplazó en movimientos circulares alrededor de ésta de tal manera que el calentamiento fue uniforme. La llama fue aplicada por un espacio de 2.5 minutos, la temperatura fue monitoreada por un Pirómetro Digital Raytec, el cual presenta un porcentaje de error del 0.5%.



Figura 2. Equipo Oxiacetilénico utilizado en los ensayos de templado.

Posterior al calentamiento, se realizó el enfriamiento de las piezas en un tanque de 22.02 L, de capacidad. En los ensayos se utilizaron 16.91L de agua a una temperatura de 27°C. El sistema fue agitado manualmente, por medio de giros a la pieza mientras se introducía en el medio de enfriamiento en posición vertical sujeta por una tenaza.

Posteriormente, después del templado, se le realizó a la pieza tratada un revenido, calentando esta a 350°C y dejándola enfriar a temperatura ambiente, para liberar tensiones en la estructura de la pieza. Los ensayos de dureza, fueron medidos

mediante un durómetro Proeti Eti-28.0213, con escala de medición RWC.



Figura 3. Calentamiento de la pieza en movimiento y monitoreo de la temperatura de calentamiento.

El procedimiento anterior fue repetido para varias muestras, no obstante se variaron los medios de enfriamiento utilizados.

Adicional a esto se realizó otro ensayo, donde la variable fue la forma de calentamiento. En este ensayo se colocó la pieza entre puntos en un torno paralelo con los accesorios necesarios para el montaje de la misma y dándole movimiento rotacional. Moviendo el soplete linealmente sobre la muestra se le aplicó calentamiento uniforme (Fig. 3).

Resultados y Discusión

Los principales resultados obtenidos en los ensayos son presentados en las tablas a continuación.

TABLA No.1 – Datos de dureza obtenida en la muestra sin tratar.

DUREZA	
CENTRO 0 mm	4.8
1.5 mm	5.1
3.0 mm	6.0
4.5 mm	7.1
6.0 mm	8.0
7.5 mm	8.2
9.0 mm	8.4

NOTA:
Las mediciones de RWC se realizaron dejando espacios 1.5 mm entre cada medición.

En la tabla No.1 podemos observar los resultados de la dureza obtenidas en la pieza sin tratar del acero de construcción grado 1060. En el borde de la pieza tenemos una dureza de 8.4 RWC y a medida que nos acercamos al centro de la pieza podemos observar que va disminuyendo la dureza (4.8 RWC). Esto indica que el núcleo de la pieza se presenta suave en comparación con su superficie.

En la Tabla No. 2 podemos observar que por medio del tratamiento térmico utilizado podemos tener una mayor dureza (51 RWC) en el borde y en el centro (45 RWC) que en la muestra No.1. Lo que representa un incremento del 83.5 % de dureza; inicial en el metal. Sin embargo, podemos observar que por medio del revenido posterior aplicado, hubo una reducción en la dureza alcanzada la cual se traduce en un alivio de esfuerzos internos d la pieza después del templado.

TABLA No.2 – Datos de dureza obtenido en la pieza tratada vía llama oxiacetilénica y enfriado en agua a temperatura ambiente (27°C).

DUREZA			
TEMPLADO A 775°C		REVENIDO A 350°C	
CENTRO 0 mm	45	CENTRO 0 mm	24
1.5 mm	47.5	1.5 mm	25.1
3.0 mm	47.1	3.0 mm	25.2
4.5 mm	48.2	4.5 mm	25.2
6.0 mm	48.5	6.0 mm	25.3
7.5 mm	49.0	7.5 mm	25.4
9.0 mm	51.0	9.0 mm	25.4

Podemos observar en la Tabla No.3 que utilizando salmuera como medio de enfriamiento se consiguen una mayor dureza en el borde (57.5 RWC) que en la muestra enfriada por agua (51.0 RWC).

TABLA No.3 – Datos de dureza obtenida en la pieza enfriada con solución de salmuera al 2%

TEMPLADO A 775°C		REVENIDO A 350°C	
CENTRO 0 mm	42	CENTRO 0 mm	37.1
1.5 mm	50	1.5 mm	38
3.0 mm	50.5	3.0 mm	40
4.5 mm	51	4.5 mm	40
6.0 mm	54	6.0 mm	41
7.5 mm	55	7.5 mm	42
9.0 mm	57.5	9.0 mm	47

En la Tabla No. 4 podemos observar que cuando se enfría la pieza a temperatura ambiente se normaliza la pieza. Se obtiene una pieza blanda de baja dureza.

TABLA No.4 – Datos de dureza obtenida en la pieza enfriado a temperatura ambiente (27°C)

DUREZA			
TEMPLADO A 775°C		REVENIDO A 350°C	
CENTRO 0 mm	5	CENTRO 0 mm	-1
1.5 mm	5.2	1.5 mm	-2
3.0 mm	5.5	3.0 mm	-5.5
4.5 mm	6.7	4.5 mm	-1
6.0 mm	6.7	6.0 mm	4
7.5 mm	6.8	7.5 mm	4
9.0 mm	6.8	9.0 mm	4

En la Tabla N. 5 se presentan los datos de la dureza obtenida para la pieza que fueron tratadas mediante el calentamiento rotativo de la pieza y manteniéndose la fuente de calor fija. Se aprecia que hubo aumento en la dureza de la pieza; prácticamente de la misma magnitud

que cuando se utilizó el procedimiento inicial de mover la fuente de calor (ver tabla No. 2). Esta coincidencia que independientemente de la técnica utilizada (fuente fija o móvil de calor), el tratamiento superficial vía llama oxiacetilénica es un procedimiento de fácil ejecución para modificar la dureza de un material metálico ferroso.

TABLA N° 5 – Datos de dureza obtenido en la pieza calentada manteniendo fijo el soplete y colocada en el torno.

DUREZA			
TEMPLADO A 775°C		REVENIDO A 350°C	
CENTRO 0 mm	46	CENTRO 0 mm	24.9
1.5 mm	47.9	1.5 mm	25.4
3.0 mm	48.1	3.0 mm	25.6
4.5 mm	48.6	4.5 mm	25.7
6.0 mm	48.9	6.0 mm	25.7
7.5 mm	49.6	7.5 mm	25.8
9.0 mm	51.8	9.0 mm	25.9

Conclusiones

Después de haber realizado esta investigación, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. Por medio del tratamiento térmico utilizando la llama oxiacetilénica podemos incrementar la tenacidad o producir una superficie más dura.
2. Una vez terminado el templado, podemos reducir los esfuerzos internos.
3. Que de los medios refrigerantes utilizados, la solución de salmuera al 2% se mostró más efectiva para la modificación de la dureza en el acero.

4. Independientemente del procedimiento de calentamiento utilizado en el tratamiento superficial vía llama oxiacetilénica, se consiguen los mismos valores de dureza superficial en el acero.

Referencias Bibliográficas

DOBRZASKI, L. A. and SITEK, W. Application of neural networks in steels' chemical composition design. J. Braz. Soc. Mech. Sci. [online]. Apr./June 2003, vol.25, no.2 [cited 12 March 2004], p.185-188. Available from World Wide Web:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-73862003000200012&lng=en&nrm=iso)

[73862003000200012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-73862003000200012&lng=en&nrm=iso)>.

ISSN 0100-7386.

MARQUES, Paulo Villani and TREVISAN, Roseana da Exaltação. Arc fusion of self-fluxed nickel alloys. J. Braz. Soc. Mech. Sci. [online]. 2000, vol.22, no.3 [cited 12 March 2004], p.379-387. Available from World Wide Web:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-73862000000300001&lng=en&nrm=iso)

[73862000000300001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-73862000000300001&lng=en&nrm=iso)>.

ISSN 0100-7386.

EL ACEITE USADO DE MOTOR COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO

Ing. Marcelo Coronado H. - marcelo.coronado@utp.ac.pa

El Problema

El control actual del aceite usado procedente de motores de combustión interna, carece de un seguimiento adecuado que garantice su correcta gestión ambiental.



Fig. 1. Taller, Fuente de Aceite Usado

La inadecuada gestión del aceite usado origina una serie de problemas ambientales dentro de los cuales podríamos citar los siguientes:

- Si el aceite usado es vertido al suelo, este destruye el humus, mata la materia viva que hay en el suelo y disminuye su fertilidad. Por infiltración contamina las aguas subterráneas haciéndolas inadecuadas para el uso humano.
- Si se vierte en las aguas superficiales la película flotante impide el enriquecimiento con oxígeno, indispensable para la vida de los microorganismos y para los procesos de

renovación y reactivación, deteriora la vida acuática de nuestros ríos y arroyos, similarmente al caso de las aguas subterráneas; impide su uso práctico para consumo humano. Al verterlo en los sistemas de aguas residuales impide el correcto funcionamiento de los mismos en su función depuradora.

- Por otro lado la combustión indiscriminada de aceite usado libera productos tóxicos claramente perjudiciales para la salud.

Los lubricantes usados de automotores poseen partículas metálicas producto del deterioro del motor, combustible producto de la combustión incompleta, óxido, suciedad, hollín y vapor de agua del motor. Incluso los aditivos del aceite pueden oxidarse durante la combustión y formar ácidos corrosivos.

Posibles Soluciones

El mejor método para el adecuado tratamiento de los aceites usados es la regeneración y su posterior reutilización.

En una planta de recuperación y regeneración de aceites usados puede convertirse este residuo en nuevos productos comercializables.

Existe la posibilidad de tratar el aceite usado de motor utilizándolo como combustible alternativo.

El ahorro en la materia prima se considera rentable, ya que se estima que 1 galón de aceite usado da $\frac{3}{4}$ de galón de aceite reciclado suponiendo un ahorro de unos 30 galones de crudo en su fabricación.

Otra propuesta es la incineración recomendada del aceite usado (su combustión en hornos de fábricas



Fig. 2. Hornos de gran capacidad y alta temperatura. Recomendados para el consumo de aceite usado

a temperaturas superiores a los 1000 °C , con un tiempo de residencia alto de 2 a 3 segundos , y su adecuado control con la finalidad de garantizar la combustión completa, el cual serviría como combustible en la producción .

Adicionalmente el instalar sistemas de filtro permite reducir en un 99% las emisiones de partículas sólidas nocivas, como el hollín y el carbón.



Fig. 3. Horno de fundición pequeño

Con ello estaremos considerando minimizar grandemente el impacto ambiental en la atmósfera, ya que éste es mucho menor que el provocado al disponerlo en alcantarillas o suelos.

Cabe destacar que de acuerdo a las normas internacionales es recomendable la combustión de aceites usados en hornos de gran capacidad y temperaturas elevadas, como combustible único, no así en pequeños hornos o calderas en los cuales se recomienda su uso mezclado con Diesel o Bunker en proporciones de 95% combustible y 5 % de aceite usado de motor.

El poder calorífico del residuo (el aceite usado de motor para nuestro caso) debe ser lo suficientemente alto, por si sólo o al combinarse con otros combustibles para mantener temperaturas de combustión consistentes con una eficiente destrucción del residuo y con la operación del horno o caldera. En muchos casos, sólo residuos

que tienen poder calorífico como mínimo en el rango de 4.400 a 5.600 kcal/kg, son considerados [4].

La situación actual recomienda elaborar una propuesta general de manejo ecológicamente responsable de los aceites usados a nivel nacional. En ese afán es importante vincular a las casas comercializadoras y a la población involucrada, para que haya el control de los aceites vendidos y que los mismos sean recolectados.

Antes de cada paso del tratamiento de los aceites reciclables, estos deben ser almacenados de la manera óptima para mantener el orden y la higiene dentro del lugar donde se utilizan para optimizar la logística de recuperación. Es muy importante que se habilite un área especial para coleccionar el aceite usado de forma tal que los caminos y áreas internas de la empresa no se obstaculicen debido a recipientes amontonados.

Los aceites usados deben ser almacenados hasta que haya una cantidad suficiente para justificar el transporte al lugar donde se vaya a utilizar como combustible alternativo. Este almacenamiento depende del tamaño de la planta donde se utiliza el combustible alternativo (hornos de fábricas), de la frecuencia con que se fabrican las piezas, la cual depende de la demanda de las

mismas, de las distancias y de las condiciones de transporte.

Referencias

1. <http://www.shell.com/html/investor-en/reports2002>
2. Resolución 318 de febrero 14 del 2000, Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, Bogota , Colombia
3. California Integrated Waste Management Board (CIWMB). 1996. Waste Prevention in the Printing Industry. 500-94-041
4. Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). 1997. Sub-Programa Residuos Industriales Sólidos. Planes de Acción para Residuos Industriales Sólidos y Líquidos. Informe Final
5. United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1995b. 5th Edition. Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42), Volume 1, Stationary Point and Area Sources.

Enseñando Tecnología

M en C Lino de Jesús Ruiz Tejeira- lino.ruiz@utp.ac.pa

Este artículo, es producto de una serie de conferencias dictadas por eminentes profesores de la Facultad de Educación Industrial de la Universidad Normal Superior de Taipei, República de China. Así, como también de algunas reflexiones personales referentes al tema educativo, hechas durante mis años de docencia.

El propósito de este artículo es el de servir como instrumento de referencia a fin de promover, enmarcar y compartir una discusión adecuada del tema educativo; el cual sabemos es de interés primordial para todos como docentes universitarios.

La actividad de impartir conocimientos implica entre otras cosas:

1. La preparación del material de clases.
2. Seleccionar los métodos más adecuados para lograr los objetivos de cada clase.

Estos aspectos deben coordinarse en el contexto de los contenidos del curso; puesto que en ellos se presentan los preparativos y la programación de la enseñanza. Así encontramos:

- Definición de objetivos
- Contenido de la enseñanza, tal que cumpla los objetivos.
- Duración del curso, de acuerdo al nivel del mismo.

- Ordenación de las materias y materiales didácticos de acuerdo al tema y duración de la clase.
- Selección de métodos de enseñanza más eficientes.

En cuanto a los métodos de enseñanza podemos mencionar:

1. Enseñanza oral:

El profesor habla, mientras que los alumnos escuchan.

2. Método de discusión:

Se establecen preguntas y deliberaciones por ambas partes.

3. Método de demostrativo:

Se establecen ejemplos; en ocasiones este método puede resultar abstracto.

4. Metodología de preguntas:

Contiene al método de discusión.

5. Método de tareas y ejercicios:

En este, se busca un informe resultante.

6. Método de desempeño de papeles:

Interacción del profesor y los alumnos.

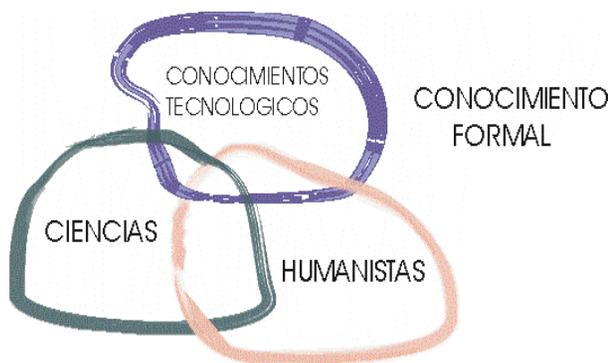
Todos estos métodos podrían ser llamados, la caja de herramientas del profesor, entonces ¿porqué utilizar siempre un martillo, cuando en realidad se necesita un destornillador?.

Como docentes de carreras técnicas es necesario que conozcamos algunos aspectos importantes sobre la didáctica tecnológica.

Estos aspectos se encuentran enmarcados en la Teoría del conocimiento; así podemos mencionar:

- Teoría Formal:
Busca integrar de manera general todos los conocimientos.
- Teoría de Evaluación:
Busca enseñar como valorar un evento dado.
- Teoría de Evento:
Busca describir los fenómenos asociados a un evento dado.
- Teoría Fraseológica:
Busca hacer algo con eficacia y obtener resultados en una tarea dada.

La siguiente ilustración muestra como se relacionan entre sí el conjunto de los conocimientos:



Desde este punto de vista, podríamos decir que una ciencia es un conocimiento descrito lo cual se enmarca dentro de la teoría de eventos. En el caso de la tecnología, podemos decir que es la ciencia de la acción eficaz, por lo que, se relaciona con la Teoría Fraseológica. Esto, es un asunto de suma importancia y nos habla del hecho de que si somos una institución en la cual se enseña tecnología, nuestros estudiantes no sólo

deben poder describirla, sino que deben poder captarla, adaptarla y utilizarla de manera eficaz; es decir que produzca resultados. Sin embargo es muy común que algunos estudiantes salgan con incertidumbres en sus mentes, por lo que debemos afinar mejor el; ¿cómo lograr estos objetivos?

La enseñanza tecnológica implica el ejercicio de cuatro tipos de actividades:

1. Actividades sensoriales
2. Actividades del cuerpo
3. Actividades de la mente
4. Actividades de los sentimientos

Estas actividades deben ser ejercitadas durante la enseñanza a fin de lograr una mejor comunicación de las ideas y un clima mental adecuado para que sean captadas efectivamente.

También en la enseñanza tecnológica se deben considerar los siguientes pasos:

- a. Enseñar lo que podemos hacer
- b. Enseñar lo que podemos hacer correctamente
- c. Enseñar lo que podemos hacer correctamente y bien.

Estos pasos se basan en el hecho de que la tecnología es el desarrollo de mejores métodos, técnicas y procedimientos aplicados a conocimientos ya existentes; como por ejemplo: el obtener fuego. El hombre primitivo pudo hacerlo utilizando la piedra de pedernal y pirita o frotando un par de ramas secas; hoy en día es posible utilizar fósforos. Sin embargo

no es la única forma. En el caso del soldador por soldadura de oxiacetileno, se emplea un yesquero metálico que produce una chispa y aún las amas de casa modernas emplean un encendedor que produce una chispa generada eléctricamente. En todos estos ejemplos vemos como un mismo principio va evolucionando y adaptándose a las necesidades surgiendo así nuevos productos para una misma aplicación y estos no necesariamente surgen por el aspecto comercial, sino que también buscan condiciones, mejores de seguridad y comodidad.

Si al enseñar tecnología no consideramos estos pasos, entonces no efectuamos una labor completa.

Todos estos aspectos buscan lograr en el estudiante el deseo de aprender más y es posible crear esta condición a través del ordenamiento del material impartido.

Como ejemplo veamos la técnica didáctica para la enseñanza del multimedidor eléctrico. (Voltímetro).

1. Conceptuar el multimedidor
2. Presentar los controles y ajustes
3. Presentar los campos o escalas de medición
4. Enseñar a medir resistencia
5. Enseñar lo que podemos hacer
Enseñar la reparación de artefactos a través de medir resistencia.
6. Enseñar a medir voltaje(C.D.-C.A.)
7. Enseñar aplicaciones de mediciones de voltaje

8. Enseñar a medir corriente
9. Enseñar aplicaciones de medición de corriente.
10. Explicar el principio del multimedidor y sus circuitos.
11. Explicar las limitaciones del multimedidor.
12. Usos más profundos del multimedidor y su diseño.

Del análisis de este ejemplo, se puede apreciar que el método de enseñanza va de lo más simple a lo más complejo. Esto permite que el estudiante pueda utilizar algunos conocimientos previamente adquiridos y a través de relacionarlos e interpretarlos, comprender el nuevo conocimiento.

Los puntos 5, 7 y 9 son puntos que refuerzan el conocimiento recibido en los puntos 4, 6 y 8. Con esto el estudiante adquiere confianza y se motiva por lo que ahora es capaz de hacer.

También es posible observar a través del ejemplo que el método de enseñanza considera el aspecto seguridad el cual es de gran importancia en la enseñanza de la tecnología.

Un buen profesor deberá siempre proteger a sus alumnos pues la vida es más importante que los conocimientos.

La seguridad en la enseñanza tecnológica implica dos cosas:

1. Proteger al hombre.
2. Proteger al equipo.

Como vemos, de todo lo anterior se desprende que al enseñar correctamente se logran resultados perdurables en el tiempo.

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DESODORIZACIÓN DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ACEITE Y HARINA DE PESCADO

Por: Ing. Félix **Henríquez**, Ing. Bienvenido **Sáenz**
felix.heriquez@utp.ac.pa

Introducción

La industria de harina y aceite de pescado representa una de las principales actividades dentro del sector de la pesca industrial en la elaboración de harina como alimento para peces u otros animales y en la elaboración de aceite para producir cosméticos y algunos medicamentos.

Este tipo de industria al igual que otras industrias de alimentos generan contaminantes gaseosos, sólidos y líquidos los cuales al no ser debidamente controlados provocan un impacto negativo tanto en la planta de producción como en sus alrededores.

El problema principal de las plantas productoras de aceite y harina de pescado es la generación de olores molestos al ambiente que puede afectar a grandes distancias de la planta del proceso como ocurre actualmente en nuestro país con la empresa Pesquera Taboguilla S.A.

Se debe tener en cuenta que el olor como contaminante en cualquier industria representa un reto para los ingenieros en controlarlo, debido a los efectos que pueda causar en las personas y los altos costos de tecnología para mitigarlo.

Metodología de la Investigación

Para realizar este estudio se efectuó una evaluación física del equipo desodorizador existente en la Planta de Harina y Aceite de Pescado de la Empresa Pesquera Taboguilla S.A., que consiste en separadores ciclónicos en seco y desodorizadores por vía húmeda.

Se consultó con ingenieros a cargo del mantenimiento del equipo para entender el problema en estudio y evaluar los requisitos de diseño adecuado.

Posteriormente con información suministrada por el laboratorio de la empresa se efectuaron los cálculos pertinentes para obtener las características físicas del equipo que cumpla con un alto rendimiento para capturar las partículas de harina que provocan el mal olor. Además, se consultó con información de literatura internacional que posee la empresa así como la red Internet. Rediseño del Sistema de Desodorización de la Planta de Producción en Taboguilla.

En primer lugar se observó la forma irregular que poseen los ciclones colectores de partículas de harina de pescado luego del proceso del secado en comparación con un ciclón de proporciones normales, como se

muestra en la Figura 1:

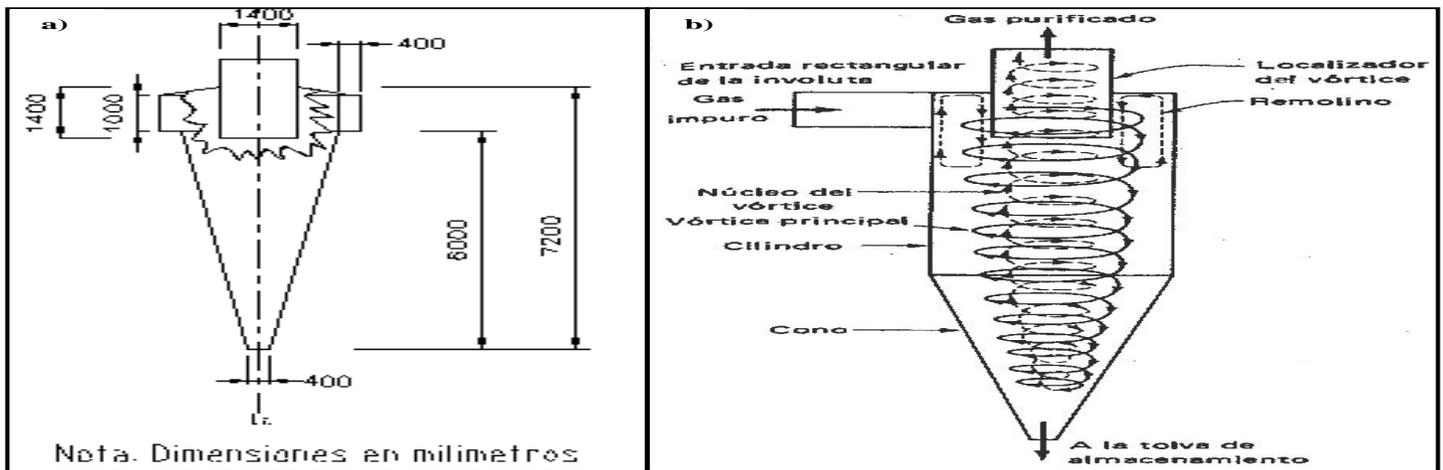


Figura 1. a) Dimensiones de un Ciclón en la Planta de Taboguilla. b) Ciclón de proporciones normales

Las principales variables que afectan la eficiencia colectora de los ciclones se determina por el siguiente análisis: los vapores provenientes del secado en conjunto con las partículas de harina de pescado, entran al ciclón girando a N_e revoluciones en el vórtice externo principal antes de entrar al vórtice interno y pasar a la salida del ciclón.

Para determinar el valor de N_e tenemos la siguiente ecuación:

$$N_e = \frac{1}{H} \left[L_1 + \left(\frac{L_2}{2} \right) \right] \quad (1)$$

Donde L_1 es la altura del cilindro superior principal, L_2 es la altura del cono inferior y H es la altura de la entrada rectangular donde penetra el gas no purificado.

Debido a que la eficiencia colectora de los ciclones aumenta con el número de revoluciones en el vórtice, se calculó N_e para los ciclones actuales. De la Figura 1 se

puede obtener los parámetros requeridos para el valor de N_e , $L_1 = 0$ mm, $L_2 = 6000$ mm. y $H = 1000$ mm. Reemplazando los valores en la ecuación tenemos lo siguiente:

$$N_e = \frac{1}{1000} \left[0 + \left(\frac{6000}{2} \right) \right]$$

$$N_e = 3 \text{ giros efectivos}$$

Para obtener un diseño de un ciclón normal en base al diámetro exterior D_o , se utiliza la siguiente Tabla:

Tabla. Proporciones normales de los ciclones

Longitud del cilindro	$L_1 = 2D_o$
Longitud del cono	$L_2 = 2D_o$
Altura de la entrada	$H = D_o / 2$
Ancho de la entrada	$W = D_o / 4$
Diámetro del cilindro de salida	$D_e = D_o / 2$
Diámetro de salida del polvo	$D_d = D_o / 4$

Fuente: Contaminación del aire. Kenneth Wark y Cecil Warner. Editorial Limusa. 1994. Pág. 247.

Propuesta de Rediseño de los Ciclones en Taboguilla

En base a un ciclón de proporciones normales se toma en cuenta lo siguiente:

- El ciclón actual no posee parte cilíndrica, tiene el largo de la parte cónica de 6000 mm.
De acuerdo a la Tabla la longitud del cilindro y del cono debe tener igual valor. Por lo tanto, la longitud del cilindro y del cono será de 3000 mm. respectivamente.
- De los datos de longitud del cilindro y el cono se obtiene el diámetro exterior del ciclón D_o con un valor de 1500 mm.
- La altura de la entrada $H = 750$ mm.
- El ancho de la entrada $W = 375$ mm.
- El diámetro del cilindro de salida D_e debe ser de 750 mm.
- El diámetro de salida del polvo D_d debe ser de 375mm.
- Determinamos el valor de N_e donde $L_1 = 6000$, $L_2 = 6000$ y $H = 1000$ mm.
- Reemplazando los valores en la ecuación tenemos lo siguiente:

$$N_e = \frac{1}{1000} \left[6000 + \left(\frac{6000}{2} \right) \right]$$

$$N_e = 9 \text{ giros efectivos}$$

De este modo se garantiza un ciclón de proporciones normales eficiente ya que obtenemos un mayor número de giros que el diseño original.



Figura 2. Sistema Desodorizador de Pesquera Taboguilla

Se hizo una propuesta de cambios en el diseño del desodorizador de manera que pueda cumplir con los objetivos de disminuir la temperatura de los gases de salida del secado e impactar las partículas de harina con las gotas de agua salada por medio de los aspersores en contra-corriente, tal como se muestra en la Figura 3.

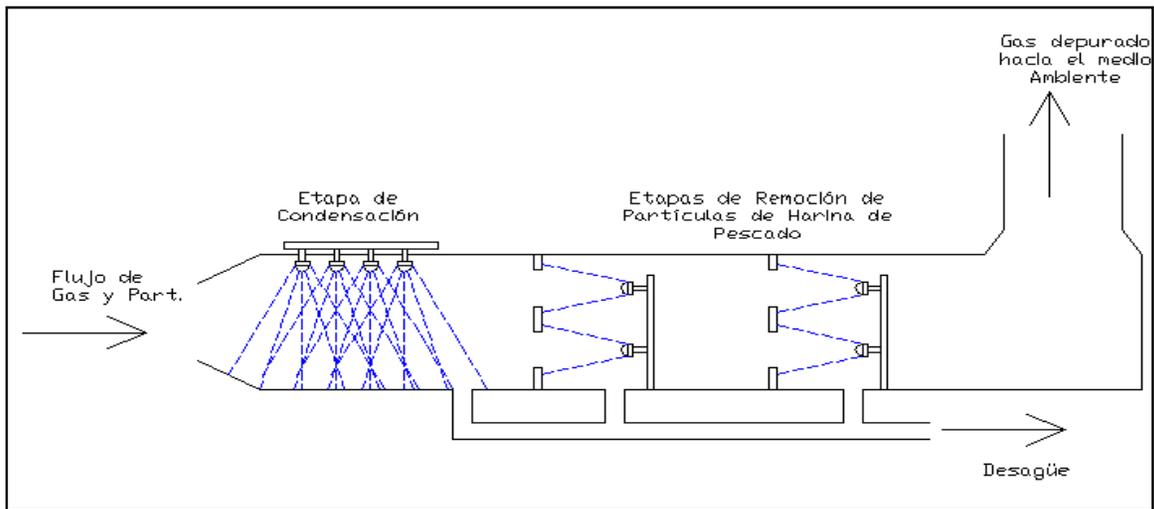


Figura 3. Propuesta de Rediseño del Desodorizador para la Planta de Producción en Taboguilla

Conclusiones

- 1) Los malos olores provienen de los procesos de producción de harina de pescad, estos olores emanan de la salida de los secadores.
- 2) Los diseños de los ciclones en la Planta de Tabogilla no son los adecuados con respecto a las consideraciones geométricas, por consiguiente no lo hacen ser eficiente.
- 3) Los desodorizadores están en buenas condiciones pero sus boquillas aspersores están funcionando en co-corriente del flujo impidiendo un impacto de gota partícula adecuado.
- 4) La carga a tratar en el desodorizador de partículas son mayores y por consiguiente los ciclones no son eficientes y están trabajando con sobre carga.

Referencias

- 1) Contaminación del Aire. Kenneth Wark y Cecil Warner. Editorial Limusa. 1994. Pág. 245.
- 2) Análisis de Contaminantes del aire, Meter O. Warner, Editora Paraninfo, 1985
- 3) Ingeniería y Control de la Contaminación del Aire, Noel de Nevers, Editorial McGraw- Hill, Octubre 1997.
- 4) Manual de Contaminación Atmosférica, Álvaro Salazar Arias, Medellín Colombia, Agosto 1985.
- 5) Manual de Ingeniería Ambiental, Gerard Kieley, Editorial McGraw Hill, 1999
- 6) Ingeniería Ambiental II Edición, J Glinn Henry, Gary Heinke, Editorial Pearson, 1999.