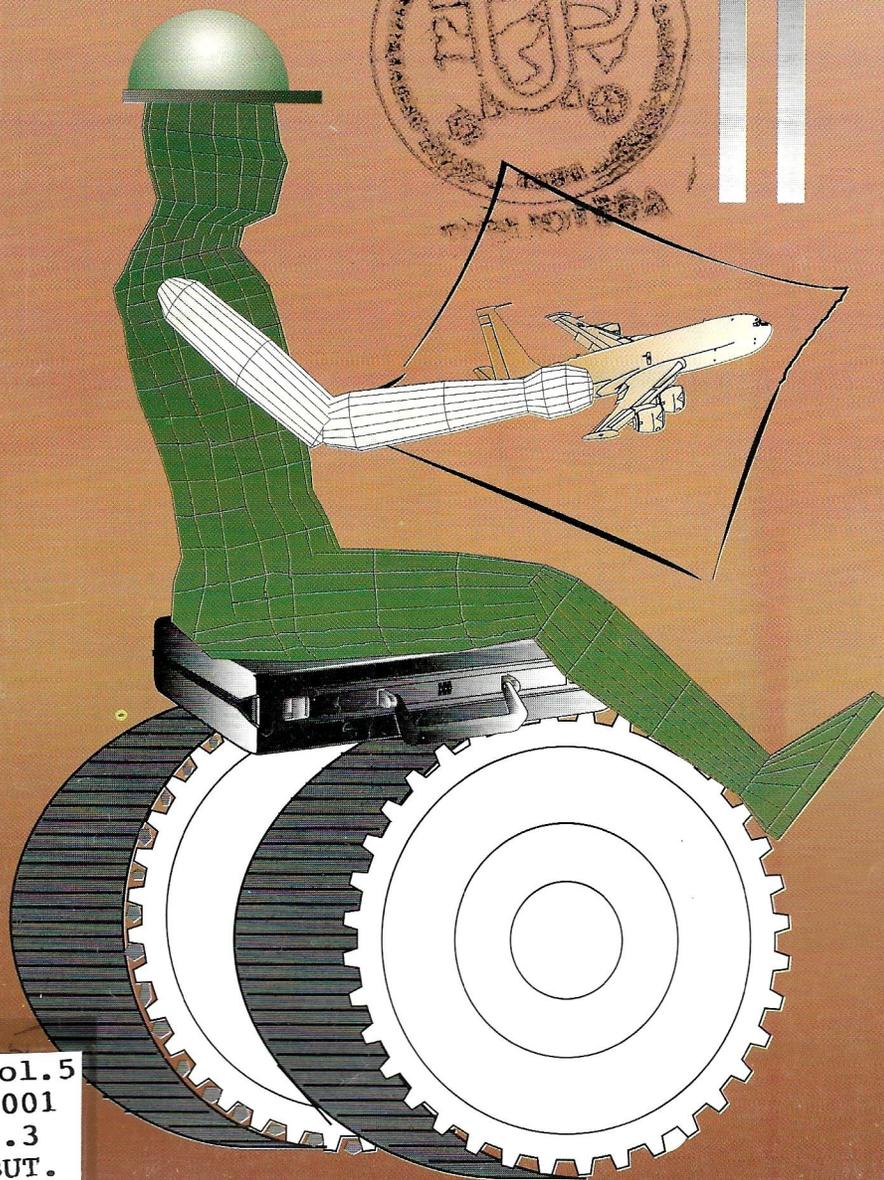
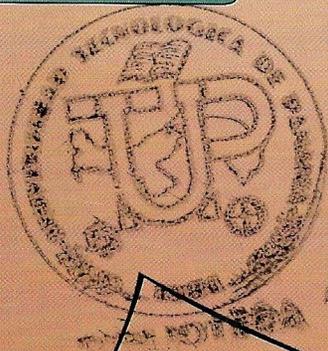
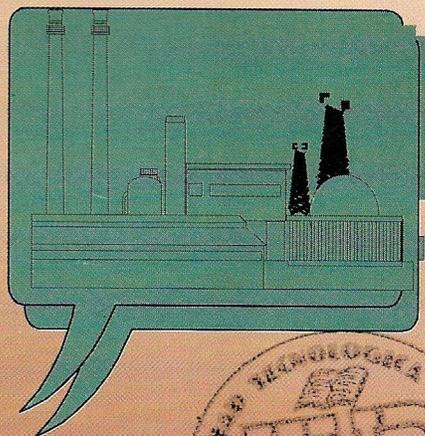
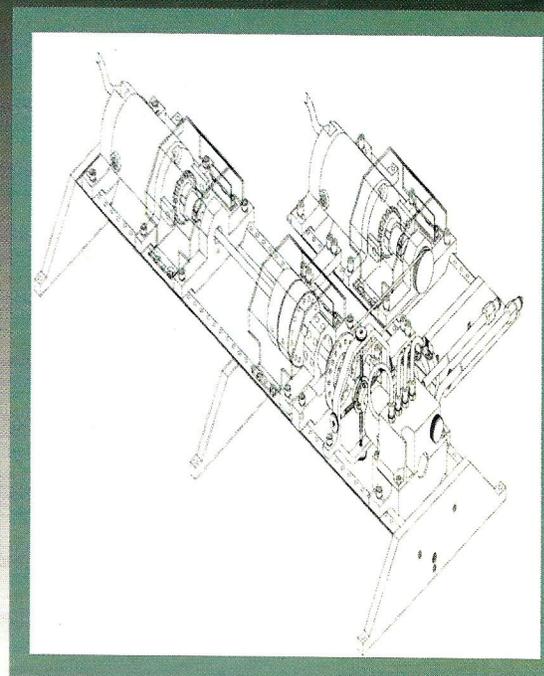


Tecnología HOY

Volumen 5 / Septiembre 2001



Bently Nevada
Corporation

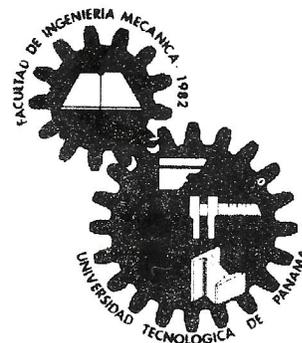


En todo
momento y
en todo lugar
**SIEMPRE
ACTUALIZADOS**



Ofertas Académicas

F.I.M.



PROGRAMAS

DURACIÓN

SEDE

LIC. EN INGENIERÍA MECÁNICA
Tendencia Naval (292 créditos)
Tendencia Ambiental (224 créditos)

5 AÑOS *

PANAMÁ, CENTROS REGIONALES
DE: Azuero, Chiriquí y Veraguas
hasta el 2° año

TÉCNICO EN INGENIERÍA CON
ESPECIALIZACIÓN EN
MECÁNICA INDUSTRIAL (134 créditos)

3 AÑOS

PANAMÁ, CENTROS REGIONALES
DE: Azuero, Coclé, Chiriquí,
La Chorrera, Veraguas

TÉCNICO EN INGENIERÍA CON
ESPECIALIZACIÓN EN
REFRIGERACIÓN Y AIRE
ACONDICIONADO (97 créditos)

3 AÑOS

PANAMÁ Y CENTRO REGIONAL
DE: Chiriquí

LIC. TECNOLOGÍA MECÁNICA
INDUSTRIAL (209 créditos)

2 AÑOS

PANAMÁ, CENTROS REGIONALES
DE: Azuero, Coclé, Chiriquí,
La Chorrera, Veraguas.

*Los tres primeros años de esta carrera son diurnos, 4° y 5° año son nocturnos

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>

PORTADA

Hoy, lo realmente importante es tener actitud de cambio y modernización. Cada una de las áreas de competencia están a la vanguardia gracias al esfuerzo de estudiantes y personal de nuestra Facultad. Convencidos de ello, dirigimos nuestras capacidades en busca del futuro satisfactorio.

Tecnología Hoy es una publicación anual de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá. 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:
IMPRESA EDICANO, S.A.
PANAMÁ, REP. DE PANAMÁ

Editorial

Una Nueva Alternativa para el Bombeo de Agua:
La Bomba y la Aerobomba de Soga.

Por: Ing. Efraín Conte M.

Influencia de la naturaleza variable de mareas
en la capacidad de plantas de bombeo vertical

Por: Dr. Anatoli Markelov,

Análisis termodinámico de los procesos de
intercambio de gases en los motores de
combustión interna.

Por: Dr. Leonid Matiujin

Biomasa y biodigestores

Por: Ing. Orlando A. Aguilar

5ª Semana de Ingeniería Mecánica
Del 18 al 23 de junio de 2001

Por: Ing. Geomara B. de Escobar

Sistema de esclusas con reservorios de paredes
móviles

Por: Ing. Carlos Ramón Plazaola Lorio

Remoción de los iones de cobre de efluentes por
medio de arcillas modificadas

Por: Alexis Tejedor De Leon

La Trigeneración de energía en las industrias lácteas
de Panamá.

Por: Ing. Julio Rodríguez

DIRECCIÓN GENERAL: ING. DEYKA GARCÍA

COLABORADORES: ING. BENIGNO VARGAS
LIC. CLAUDIO CASTILLO
ING. LINO RUIZ
INST. ELIZABETH SÁNCHEZ

AUTORIDADES FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Benigno Vargas
Decano

Lic. Claudio Castillo E.
Vice-Decano Académico

Ing. Lino Ruiz
Vice-Decano de Inv. Post. y Ext. a.i.

Dr. Tomás Bazán
Jefe Depto. de Energía

Lic. Miguel Chong
Jefe Depto. de Metal-Mecánica.

Ing. Plinio Hines
Jefe Depto. Materiales y Metalurgia

Ing. Lino Ruiz
Jefe Depto. Ing. Mecánica

Ing. José Ramsay
Jefe Depto. Sist. y Comp. Mecánicos

Ing. Gloria Cedeño
Coord. Carrera de Lic. Ing. Mecánica.

Ing. Orlando Aguilar
Coord. Carrera de Lic.en Tec. Mec.Industrial y
Enlace con los Centros Regionales

Tec. Miguel Dorati
Coord. Carrera de Tec. Mec.Ind.

Ing. Jaime Contreras
Coord. Carrera de Tec.Ref.y A/A

Ing. Félix Henríquez
Coord.de Maestría y PostGrado

Dr. Víctor Sánchez
Coord. de Investigación

Ing. Ilka Banfield
Coord. de Extensión

Ing. Dalys Guevara
Secretaria Administrativa

Ing. Geomara de Escobar
Secretaria Académica

Nuestro Editorial

El propósito de coleccionar, almacenar, analizar y diagnosticar los datos vibratorios, se encuentra dentro de uno de los métodos más modernos para el establecimiento de un mantenimiento predictivo que permita localizar y evaluar fallas incipientes en equipos de manera sistemática.

Gracias a nuestros insistentes esfuerzos y al convenio de cooperación técnica entre la Universidad Tecnológica de Panamá y la empresa Bently Nevada Corporation, la donación de un equipo para análisis preventivo y medición de niveles de vibración en máquinas a nuestra institución es todo un hecho. Este sofisticado equipo que permitirá realizar estudios avanzados en esta área tiene un costo aproximado de B/.96,000.

En este ejemplar, quisimos destacar este equipo en nuestra portada como un agradecimiento a Bently Nevada, empresa norteamericana dedicada a la producción, instalación y servicio de sistemas de monitoreo de vibración, además con la finalidad de promover de manera categórica los diferentes estudios, análisis y demás que con el mismo puedan realizarse.

El análisis vibratorio es un soporte importantísimo de los diferentes tipos de mantenimiento, ya que todos ellos en su medida, tienen ventajas que deberán ser aprovechadas según las indicaciones vibratorias obtenidas. Por ello exhortamos a todos los interesados a conocer todo lo concerniente a dicha disciplina, ya que estamos dando los primeros pasos que permitirán el establecimiento del Laboratorio de Vibraciones.

El perfeccionamiento profesional también forma parte de esta realidad, ya que fortalecen los esfuerzos de promoción y mejoramiento continuo, elementos vitales para asegurar la reputación de nuestra institución.

No importa hacia donde enfoquemos nuestras especialidades, lo realmente importante seguirán siendo las innovaciones que nos permitan acercarnos más a todos nuestros clientes: los estudiantes, las personas y las empresas e instituciones necesitadas de nuestro país.

Deyka J. García B.

Una Nueva Alternativa para el Bombeo de Agua: La Bomba y la Aerobomba de Soga.

Por: Ing. Efraín Conte M. Facultad de Ingeniería Mecánica.

El agua es uno de los principales recursos para la existencia del hombre y de todo ser viviente. En la mayoría de los países, especialmente en los subdesarrollados, el contar con sistemas eficientes, sencillos y de bajo costo para su extracción y suministro, resulta un tanto complicado. Sin embargo existe una alternativa muy confiable, que ha dado magníficos resultados en otros países, especialmente en Nicaragua, y que en la actualidad se busca introducir en Panamá mediante un Proyecto de Transferencia de Tecnología, el cual busca hacer efectivo la utilización en nuestro país, de esta moderna tecnología. Presentamos a continuación nuestras experiencias.

La Bomba de Soga. Su Descripción e Historia.

En Nicaragua se le llama Bomba de Mecate (sinónimo de soga), y la definen como una bomba muy barata, eficiente y sencilla. Este sistema consta de una **soga de nylon** que lleva unos **pistones de polietileno**, y que se desliza por un **tubo de subida** para dirigirse posteriormente hacia una **polea**, que la impulsa con un movimiento continuo hacia el pozo, y encontrarse con una **guía**, e iniciar nuevamente el ciclo. Al hacer girar la polea, por distintos medios, la soga se mueve y transporta a los pistones por el tubo de pvc con una holgura mínima, "succionando" el agua hacia la superficie. Así de sencillo es el principio de funcionamiento de la bomba, la cual se puede observar en la Figura N° 1, donde se identifican las diversas partes que componen la misma. Además de la sencillez de su construcción, su adaptabilidad a diferentes condiciones de operación, su fácil operación y su mantenimiento llevadero; el rendimiento en el bombeo es altamente efectivo, produciendo caudales superiores a los 30 gpm a una profundidad de 5 metros.

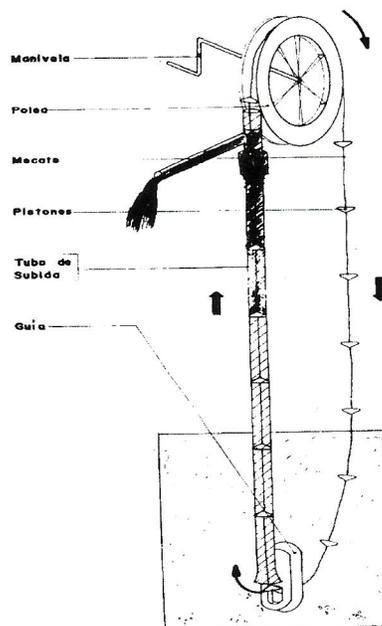


Figura N° 1. Componentes de la Bomba de Soga

La gran mayoría de las bombas manuales poseen un pistón en la parte inferior que cuelga de la sonda, y un cilindro el cual consta de una válvula de pie, que está conectado al tubo de subida. Al moverse, el pistón con la sonda y la columna de agua se aceleran y desaceleran continuamente. También debemos tomar en cuenta que el peso de la columna de agua en un momento descansa en el pistón y en otro momento en la válvula de pie. Esto se realiza en forma continua, por lo que se generan cargas dinámicas alternadas, que sumadas a los golpes producto de las aceleraciones produce fatiga y un aumento en las tensiones de algunas de las partes del sistema.

Este problema no se produce en una bomba de sogá, ya que se tiene un movimiento circular en una sola dirección, por lo que se minimizan las aceleraciones y la carga estática; esto último debido a la poca carga de piezas metálicas y de otro material que poseen las bombas convencionales. Esta carga alcanza apenas el 3% del peso total de una bomba de cilindro a una misma profundidad. Esto es, definitivamente, una enorme ventaja; sumado al hecho de contar con pérdidas mecánicas mínimas, lo que conlleva rendimientos mucho mayores. Existen pistones de diversos diámetros (1/2 pulg., 3/4 pulg., 1 pulg., 1 1/2 pulg.), los cuales se utilizan dependiendo de la profundidad del pozo; a mayor profundidad, menor el diámetro del pistón a utilizar.

En sí el sistema no es nuevo. El concepto se remonta a siglos atrás, y ya se describía en la literatura europea del siglo XVI. Se puede considerar que la misma es el resultado de una evolución de las diferentes técnicas utilizadas para la extracción de agua, que va desde el **cigoñal**, registrado hace unos 3500 años, hasta la utilización de la bomba de cadena, con sus obvias desventajas pero que tuvo un gran impacto desde el siglo XVI hasta el siglo XIX. En Nicaragua la tecnología de la bomba de sogá o mecate, tuvo su aparición en 1983 en la Provincia de Estelí, con la instalación de un prototipo en un pozo de 18 metros. Desde este instante los cambios y mejoras han ido en aumento, tanto en su forma como en sus componentes, utilizándose materiales de mejor calidad con diseños modernos y sofisticados, los cuales no han hecho que pierda su sencillez.

Experiencias en la Construcción y Uso de la Bomba en Panamá.

La primera bomba de sogá construida en Panamá se instaló en la Comunidad Llano Marín, Distrito de Penonomé en junio de 2000. Esta se puede observar en la Figura N° 2. En un pozo de 25 pies de profundidad del cual se extraía agua con un recipiente de 2 galones (algo que resultaba muy incómodo) para uso doméstico, se realizó la operación. La polea utilizada para estos sistemas se construye de llantas usadas, a las cuales se

les corta el aro interior y se unen posteriormente con ayuda de platinas de acero. La guía es un elemento sencillo pero exige mucha precisión en su construcción. Los resultados obtenidos hasta el momento son muy buenos. La familia se encuentra satisfecha de las ventajas que presenta, además de su fácil construcción y operación. Inclusive,



Figura N° 2. Bomba manual instalada en la Comunidad de Llano Marín en Penonomé.

se encargan de darle el mantenimiento a su sistema.

En Nicaragua, país donde existen más de 40,000 bombas instaladas, la tecnología ha dado excelentes resultados convirtiéndose en los últimos años en el medio más utilizado para la extracción de agua, ya que no solo se acciona en forma manual, sino también con ayuda del viento, motor eléctrico o de gasolina, o mediante el uso de la fuerza animal. Hasta el momento nuestra experiencia se ha circunscrito a la forma manual, además del uso de la aerobomba o molino de viento, el cual explicaremos más adelante.

El costo de una bomba manual es bastante accesible. Generalmente tiene un promedio de entre B/.40.00 y B/.80 dada su sencillez (no tiene válvulas, sondas, tubos pesados), siendo diez veces más liviana que las bombas tradicionales de pistón, por lo que no exige complicaciones en su construcción y mantenimiento.

La Aerobomba de Soga. Sus Principales Características.

Como mencionamos con anterioridad, la bomba de sogas puede ser accionada de diversas formas. Una de ellas es aprovechando la energía eólica o energía del viento, más aún cuando la energía requerida para la extracción de agua del subsuelo es relativamente pequeña. Con un rotor de 3 m metros de diámetro y una velocidad del viento de por lo menos 3.5 m/seg., se puede extraer 10 m^3 de agua a una profundidad de 35 metros; lo que representa una energía de 1 KWh.

Bajo este concepto fundamental se desarrollo la tecnología de la aerobomba de sogas, es decir, un molino de viento para la extracción de agua que utiliza la bomba de sogas. Los molinos más comunes para este uso son del tipo Americano o multiaspas, como por ejemplo el Chicago Aermotor producido en Estados Unidos y Argentina. Otros países como Australia, Sudrfrica, Holanda, España y Francia, constituyen los países con más tradición en la fabricación de estos sistemas, que son utilizados con una bomba convencional de pistón. Sin embargo, a partir de 1990 se inicio en Nicaragua el desarrollo de un nuevo modelo de molino que es una combinación de un modelo moderno de Holanda y una bomba de mecate o sogas, el cual ofrece múltiples ventajas, tales como:

- La aerobomba de sogas no tiene una caja de engranes, lo que permite conectar el movimiento del rotor al movimiento circular de la bomba, con lo que se eliminan las fuerzas dinámicas sobre la estructura.
- El diseño del molino, especialmente el de orientación y seguridad, está basado en un moderno sistema de CWD de Holanda, que posee un rotor excéntrico y una paleta o cola con bisagra.
- En vista que la carga inicial a levantar (soga y pistones) no es pesada, no se requiere un torque inicial, por lo que no se necesitan muchas aspas para iniciar el bombeo. Las seis aspas que utiliza son

suficientes para un arranque con velocidades del viento entre 3 y 4 m/seg.

- Por la poca cantidad de aspas y la sencillez de la transmisión, el peso del sistema es bastante liviano, por lo que no se requiere una estructura extremadamente rígida y costosa.
- Por lo sencillo del sistema, se pueden utilizar materiales poco costosos y de buena durabilidad, con lo que disminuye el costo de fabricación. Se utilizan por ejemplo, chumaceras de madera para la bomba y el rotor, tuberías de pvc y poleas fabricadas con llantas usadas.
- Una de las pocas limitaciones de la aerobomba es altura de descarga, que está limitada por la altura de la polea de la bomba.

Existen varios modelos que incluyen diversos diámetros de rotor, siendo estos de 2.4, 3.0 y 3.6 metros, con torres que varían entre 7 y 13 metros de altura. El cabezal tiene una libertad para desorientarse igual a 270° , aunque se cuenta con un modelo que gira los 360° , aunque el mismo se encuentra en la actualidad en la fase de prueba.

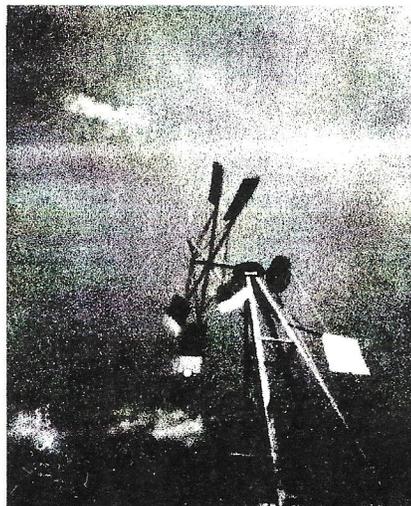


Figura N° 3. Sistema de transmisión de la aerobomba de sogas. Molino instalado en Puerto El Gago, Distrito de Penonomé

Existen características en la construcción de este sistema, que resulta interesante comparar con los modelos existentes. Esto lo podemos observar en la Tabla N° 1.

También se pueden encontrar algunos puntos de interés en lo que respecta a la fase de instalación y mantenimiento del sistema, que al compararlo con los modelos tradicionales, nos llevan a percatarnos de las grandes ventajas que ofrece este nuevo desarrollo. Algunos de estos puntos se observan en la Tabla N° 2.

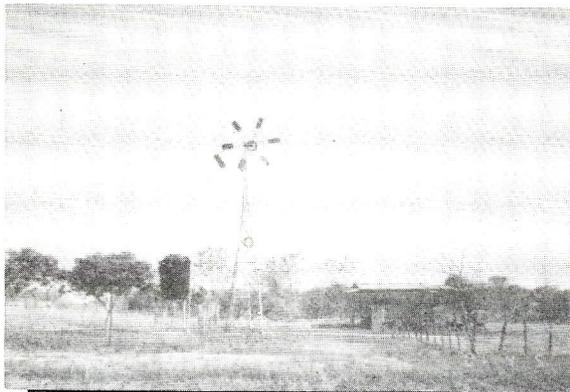


Figura N°4. Aerobomba de soga instalada en el INAFORP de Coclé por la Universidad Tecnológica de Panamá

Nuestra experiencia en la construcción de este modelo de molino ha sido muy satisfactoria, aunque sin duda hemos encontrado algunos obstáculos que nos

hacen ver, que aunque el sistema refleje una gran sencillez, el mismo requiere del uso de los materiales adecuados, como también de una rígida disciplina en su construcción y mantenimiento, como también durante su operación, de tal forma que siempre se garantice su reconocida eficiencia.

En la actualidad existen dos modelos de aerobomba de soga instalados en la Panamá, ambos en la Provincia de Coclé. El primero no siguió los patrones que sugería el diseño original, más aún cuando el rotor fue instalado en una torre convencional, con algunas innovaciones en el cabezal. Sin embargo el segundo modelo buscó acercarse a con más precisión al modelo existente en otros países, aunque tenemos que mencionar que existen diferencias en algunos espesores de los materiales de acero utilizados, por lo que su estudio se continuará haciendo hasta lograr una mayor uniformidad en su construcción. Este último molino se encuentra instalado en el Instituto Nacional de Formación Profesional (INAFORP) en Coclé, tal cual se observa en la Figura N° 3.

Bajo un convenio suscrito con la Universidad Tecnológica se logró instalar este modelo, el cual ha demostrado sus múltiples ventajas, superados los contratiempos que surgieron al inicio.

Con un buen régimen de viento se obtienen entre 5 y 7 galones por minuto de agua, en un pozo de 14 metros.

Tabla N°1. Comparación de la Construcción.

| | Chicago Aermotor | Aerobomba de Soga |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Datos Técnicos | | |
| Diámetro del Rotor | 3.0 m | 3.60 m |
| Transmisión | Sí | No |
| Profundidad Máxima de Bombeo | 85 m | 50 m |
| Peso | | |
| Cabezal | 302 Kg (665.8 lb) | 52 Kg (114.6 lb) |
| Torre (10 m) | 268 Kg (590.8 lb) | 101 Kg (222.7 lb) |
| Bomba (Inclusive tubo desc.) | Más de 100 Kg (220.5 lb) | 10 Kg (22.1 lb) |
| Peso Total | 670 Kg (1477 lb) | 163 Kg (360 lb) |
| Capacidad Nominal de Bombeo | Aproximadamente 1 lt/seg | Aproximadamente 1 lt/seg |

| | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------|
| (pozo de 20 m; vel. Viento de 8 m/s) | (15.85 gal/min) | (15.85 gal/min) |
| Vida útil | Más de 20 años | 12 – 15 años |
| Costo Total | Aprox. B/.3,500 | Aprox. B/.1,150.00 |

Tabla N° 2. Comparación de la Instalación, Operación y Mantenimiento.

| COMPARACION DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| | Chicago Aermotor | Aerobomba de Soga |
| Instalación | | |
| Maquinaria pesada | Poleas, Torno | |
| Uso de Concreto | Sí | No |
| Tiempo Involucrado | Aproximadamente 1 semana | 5 horas |
| Operación | | |
| Atención | | Diaria |
| Tiempo Involucrado | | Menos de 2 horas diarias |
| Mantenimiento (Bomba) | | |
| Maquinaria Pesada | Poleas, Torno | |
| Ejecutado por | Expertos | Usuario |
| Tiempo Involucrado | 1 día | 1 hora |
| Costo por año | B/.300.00 - B/.500.00 | B/.25.00 – B/.50.00 |

Resumen.

La utilización de la bomba de soga, y su aplicación en los molinos de viento resulta de enorme ventaja, dado su versatilidad, sencillez, bajo costo y buena eficiencia, más aún en países en vía de desarrollo que buscan mejorar su productividad. La diseminación de esta tecnología se está llevando cabo en muchos países, por lo que Panamá ha dado un gran paso en iniciar este Proyecto de Transferencia de Tecnología por medio de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá, que de seguro ofrecerá muchas oportunidades a nuestras comunidades, y sobretodo al sector agropecuario.

Referencias Bibliográficas.

- de Jongh, J.A.& Rijs, R.P.P. “Diseminación de la Tecnología de la Aerobomba de Mecate Nicarauense a los Países Latinoamericanos: Informe Final”, Nicaragua, Renewable Energy Development, 1999, 96 pag.
- Informe Final: Nuevos Desarrollos en Aerobombas. “Increasing Output and Availability of a Wind Pump with a Piston Pump Equipped with a Marching Valve Paul Smulders”. Colombia; University of Technology Eindhoven, Netherlands, Universidad de Los Andes, 1994, 310 pag.
- Holtslag, Henk. “Resúmenes de la Bomba y Aerobomba de Mecate”.
- Revista ENLACE. Managua, Nicaragua. Centro de Intercambio Cultural y Técnico, 1999, Año 9, Número 70.
- Van Hemert, Bernard; Solís Orozco, Osmundo; Haemhouts, Jan; Galíz, Orlando Amador. “La Bomba de Mecate: El desafío de la Tecnología Popular”. 1ª. Edición, Managua, Nicaragua; Editorial Enlace; 1991, 223 pag.
- www.ropepumps.org

Influencia de la naturaleza variable de mareas en la capacidad de plantas de bombeo vertical

Dr. Anatoli Markelov, Facultad de Ingeniería Mecánica,
anatoli@cwpa.net.pa

Una estimación teórica de la capacidad energética del proceso de bombeo vertical para convertir la energía cíclica de mareas en la energía eléctrica generada continuamente fue presentada en [1]. Los resultados fueron obtenidos a la suposición de que los parámetros de mareas no se cambian con el tiempo, es decir, la diferencia entre los niveles extremos de mareas siempre sigue igual a un valor constante. Pero en realidad la diferencia entre los niveles extremos de mareas cambia de ciclo a ciclo, es más, los valores absolutos de niveles también varían, lo que haga necesario tener en cuenta estos cambios al calcular la capacidad teórica del proceso de bombeo vertical. El estudio de datos estadísticos de mareas en costa pacífica de Panamá durante los años 1998-2001 mostró una dependencia cíclica entre los valores absolutos extremos de niveles del océano de tipo "modulación en amplitud". La gráfica #1 presenta una parte del proceso real - el cambio cíclico de los niveles absolutos extremos de mareas. El nivel máximo registrado durante los últimos 4 años es igual a 586 cm sobre el nivel 0 del océano, el nivel absoluto mínimo es igual a -91 cm por debajo del 0 del océano.

Los resultados de la elaboración estadística de los datos están presentados en forma de un histograma (gráfica #2) de distribución de la diferencia entre los niveles extremos de mareas.

En esta gráfica se ve bien que la distribución tiene un carácter no simétrico, la

diferencia máxima absoluta llega a 643.1 cm y la diferencia mínima llega a 210.3 cm. El valor medio de la diferencia entre los niveles extremos de mareas en la costa pacífica de Panamá es igual a 408.3 cm. Esto significa que no se puede usar el valor medio de la diferencia entre los niveles extremos para estimaciones de cualesquiera parámetros energéticos de mareas. Como fue indicado en [1], para una diferencia constante h metros entre los niveles extremos de mareas la potencia media continua producida de 1 metro cuadrado de superficie oceánica se expresa por medio de la fórmula:

$$N(h) = 0.227 \cdot h^3 \text{ W/m}^2$$

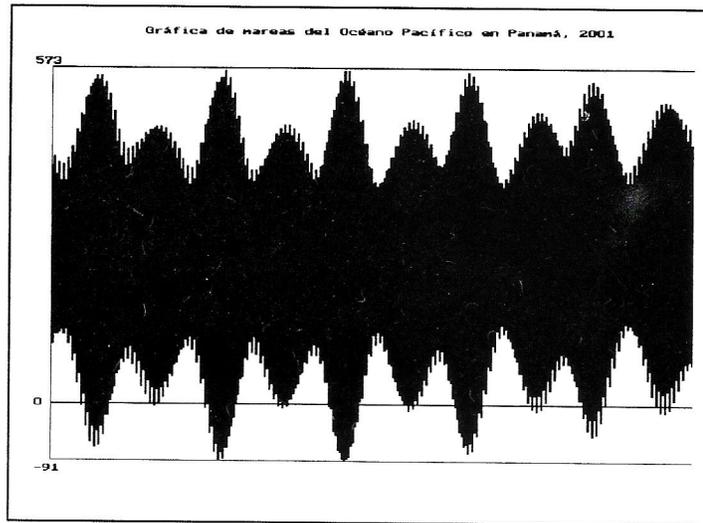
Por medio de la fórmula clásica

$$N_0 = \int N(h) dF(h)$$

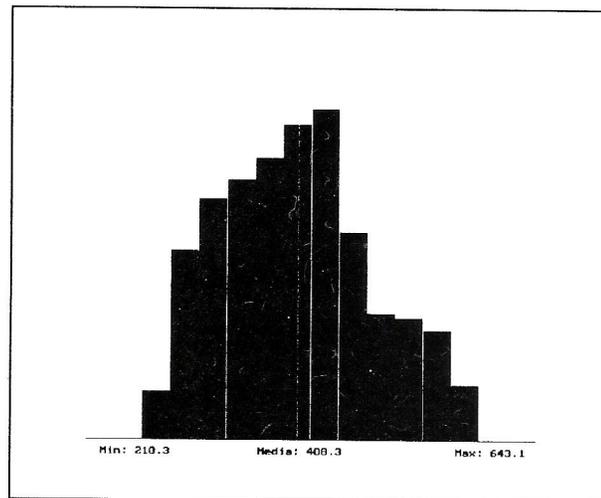
donde $F(h)$ es función de distribución de la variable h , se obtiene una estimación correcta de la capacidad teórica energética del proceso de bombeo vertical. El uso de la distribución real de mareas en la costa pacífica de Panamá nos da un valor de la capacidad media igual a **4.01 W/m²** lo que supera en **13%** el valor de **3.63 W/m²** que corresponde al cálculo basado en el valor

medio de la diferencia entre los niveles extremos igual a **4.08** metros para la costa pacífica de Panamá.

GRÁFICA #1



GRÁFICA #2



Referencia.

1. Anatoli Markelov. Capacidad teórica de plantas mareométricas de bombeo vertical. **Tecnología Hoy**, Volumen 3, Nov.1999, pág. 6-7, Panamá.

ANÁLISIS TERMODINAMICO DE LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE GASES EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Por: Dr. Leonid Matiujin

2. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE GASES EN LOS MOTORES DE CUATRO TIEMPOS

Analicemos el proceso de intercambio de gases basándonos en las formulas obtenidas en el artículo publicado en la Edición Anterior. Así, de la formula :

$$\gamma_r = \frac{p_r \cdot T_a \cdot \varphi_s}{\varepsilon \cdot T_r \cdot p_a - T_a \cdot p_r}$$

Podemos observar que el coeficiente de los gases remanentes γ_r depende del grado de presión ε , de los parámetros de los gases remanentes y de los de la mezcla al inicio del tiempo de compresión, lo mismo que del coeficiente de soplado φ_s .

Como demuestra la fig. 2.1, la influencia del grado de presión sobre la magnitud del coeficiente γ_r es bastante esencial. El aumento del grado de presión ε causa la disminución de γ_r , porque significa la reducción relativa del volumen de la cámara de combustión (y de masa de los productos de combustión que se quedan en ella) a dimensiones constantes de la cilindrada de trabajo.

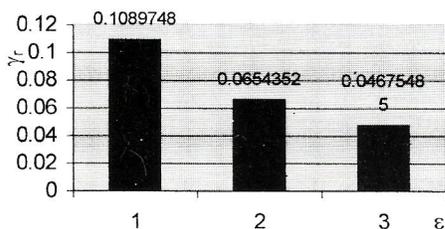


Fig. 2.1. La influencia del grado de presión ε sobre el coeficiente de los gases remanentes γ_r (columna "1" corresponde a $\varepsilon = 5$, columna "2" a $\varepsilon = 8$ y "3" a $\varepsilon = 11$)

El coeficiente de los gases remanentes aumenta con el crecimiento de la presión de los gases remanentes p_r , es decir con el aumento de la

resistencia hidráulica de la línea de escape. El aumento de p_r provoca el aumento de la densidad y la masa de los gases restantes y como resultado en el mismo volumen de cámara de combustión (CC) queda una masa más grande. En el caso mostrado en la fig. 2.2 el aumento de p_r desde 1,1 bar hasta 1,2 bar causa el incremento del coeficiente γ_r aproximadamente en 0,005 (0,5%). La presencia en la línea de escape de un neutralizador catalítico siempre causa un crecimiento de la magnitud de p_r y, correspondientemente, el aumento del coeficiente γ_r .

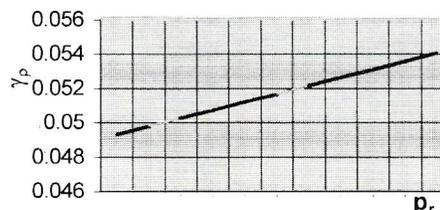


Fig.2.2. La influencia de la presión p_r sobre la magnitud del coeficiente γ_r (la p_r se varía de 1,1 hasta 1,2 bar)

La temperatura T_r de los gases restantes actúa de modo contrario (fig. 2.3). Su aumento provoca la disminución del coeficiente γ_r , que se explica por la reducción de la densidad (y la masa correspondientemente) de los gases restantes en el volumen de la CC. En el caso mostrado en la fig. 2.3 la T_r se aumenta desde 900 hasta 1300 K, lo que provoca la disminución del coeficiente γ_r en 0,006.

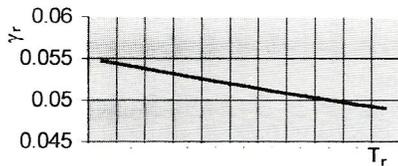


Fig .2.3. La influencia de la temperatura de los gases restantes en la magnitud de γ_r (T_r se aumenta desde 900 hasta 1000 K)

El aumento de la temperatura T_a a final de la admisión y en el inicio de la compresión aumenta la magnitud de γ_r , porque en ese caso la cantidad de los gases restantes permanece casi constante en los cilindros entrando una menor cantidad de carga fresca (su densidad se disminuye con el aumento de la temperatura) y gracias a esto la fracción de los gases restantes en cada cilindro se agranda. De esa manera según la formula examinada el coeficiente γ_r crece en 0,0079, cuando la temperatura T_a se aumenta desde 320 hasta 370 K.

El aumento de la presión p_a (por ejemplo en el resultado de sobrealimentación) causa la disminución del coeficiente de los gases remanentes γ_r , porque provoca el aumento de la masa de la carga fresca a la masa casi constante de los productos de combustión que se quedan en la CC. El aumento de la p_a desde 0,8 hasta 0,9 bar permite la disminución del coeficiente γ_r mas que en 0,006. De manera semejante actúa el mejoramiento del proceso de soplado (disminución del coeficiente φ_s), causando la reducción del coeficiente γ_r .

El análisis de la formula del coeficiente de relleno, deducida anteriormente,

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

permite concluir, que este coeficiente al igual que el de los gases remanentes, depende de los parámetros de los productos de combustión que se quedan en la CC después del escape, los parámetros de la mezcla de trabajo en el inicio de la compresión y del coeficientes de relleno adicional φ_i y del soplado φ_s . Pero la variación de la temperatura T_r influye en la magnitud de la η_v , de modo contrario que en la de γ_r . El crecimiento de la

T_r provoca una disminución de la masa de los gases restantes y de su volumen (lo mismo que la reducción de γ_r correspondiente) en resultado de la disminución de la densidad de ellos. Pero se debe tener en cuenta el mejoramiento del relleno es muy insignificante, porque el incremento de T_r causa a la vez el aumento de la temperatura T_a , lo que a su vez provoca la disminución de la cantidad de carga fresca que entra en los cilindros (pues se reduce la densidad de la mezcla de trabajo y el volumen parcial de la mezcla reciente). Por ejemplo, según la formula obtenida, el crecimiento de T_r desde 900 hasta 1000 K provoca el aumento de η_v solamente de 0,7657 a 0,7699 (el coeficiente de los gases remanentes en este caso se disminuye desde 0,055 hasta 0,049).

Provocando el crecimiento del coeficiente γ_r , el aumento de la presión de los gases restantes p_r causa una disminución de la magnitud del coeficiente de relleno, porque en este caso se agranda la masa (y el volumen parcial) de los GR y se disminuye la cantidad de la mezcla fresca que entra en los cilindros. La influencia de la p_r en el coeficiente de relleno es bastante insignificante. Así, por ejemplo, el aumento de la presión de los gases restantes desde 1,1 hasta 1,2 bar causa la disminución de η_v solamente en 0,003.

La fig. 2.4 demuestra, que según la formula obtenida, la magnitud de η_v tiene que disminuirse en caso del aumento de ε . La explicación de este hecho es lo siguiente.

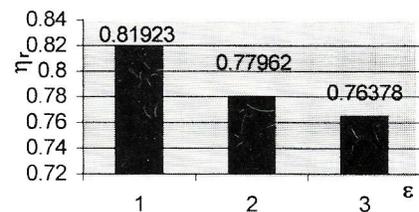


Fig .2.4. La influencia del grado de presión sobre el coeficiente de relleno (columna "1" correspondencia a $\varepsilon = 5$, columna "2" a $\varepsilon = 8$ y "3" a $\varepsilon = 11$)

El crecimiento de la magnitud de ε se da en el caso de que cilindrada de trabajo a V_h sea constante, la reducción de la cilindrada total V_a (porque se disminuye el volumen de la CC). Este hecho – en concordancia con la formula (1.3) del

artículo anterior – causa la disminución del volumen parcial V_{cr} de la mezcla reciente. Así, el aumento del grado de presión desde 5 hasta 11 provoca la disminución del volumen V_{cr} en 12%. Pero como el coeficiente de relleno es la razón de la cantidad de la mezcla fresca (o del aire) que entra en el cilindro entre la cantidad total, que podría hallarse teóricamente en la cilindrada de trabajo V_h a las condiciones de entrada de la mezcla al motor, y porque en nuestro caso el denominador (V_{cr}^t) se queda constante, así el valor de $\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$ va a reducirse (el diagrama en la fig. 2.4) con el crecimiento de ε . Pero hay que tener en cuenta que en realidad la influencia de ε no es tan esencial, porque simultáneamente con el grado de presión se cambian también y las magnitudes de T_r , T_a y p_r , las cuales casi eliminan la influencia mostrada en la fig. 2.4.

La variación de la temperatura T_a de la mezcla de trabajo en el comienzo de compresión influye en el coeficiente de relleno muy esencialmente, porque el crecimiento de la T_a significa la disminución de la densidad y de la masa de la mezcla fresca y viceversa, – la reducción de la T_a causa el mejoramiento del proceso de relleno. Los cálculos demuestran, que la disminución de T_a desde 370 hasta 320 K es capaz de aumentar el coeficiente de relleno desde 0,713 hasta 0,831.

También influye en el coeficiente η_v el valor de la presión p_a al inicio de la compresión. Esta magnitud (en conjunto con T_a) determina la densidad de la mezcla fresca (o del aire en motores Diesel) que entra en los cilindros del motor. El aumento de la presión p_a causa el crecimiento de la masa de la mezcla y del coeficiente η_v . El aumento de p_a desde 0,8 hasta 0,9 bar causa el crecimiento del coeficiente de relleno desde 0,72 hasta 0,815 (el coeficiente γ_r en este caso disminuye desde 0,055 hasta 0,049).

Comparando el efecto de las presiones p_a y p_r , se puede decir, que la primera magnitud, al ser multiplicada (en la formula (1.6a) del artículo anterior) por ε y T_r , afecta mayormente el η_v que la segunda.

Como se puede observar de la formula analizada, el aumento del coeficiente de relleno

adicional φ_1 y la reducción del coeficiente de soplado φ_s provocan el crecimiento del coeficiente de relleno.

Sobre el relleno másico de los cilindros del motor y sobre la magnitud del coeficiente de relleno influyen la presión " p_k " y la temperatura " T_k " de la carga en la entrada al motor. Estos valores en ausencia de la sobrealimentación son iguales a las condiciones atmosféricas. El crecimiento de la presión p_k causa el aumento del relleno másico y correspondientemente el crecimiento de la potencia del motor. El coeficiente de relleno es una magnitud relativa y por esa razón debe disminuir la presión p_k . El aumento de este valor causa el aumento de la magnitud del volumen V_{cr}^t en el denominador de la formula $\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$. En realidad el coeficiente de relleno casi no varía, porque simultáneamente con la magnitud de p_k se cambia también la presión p_a , que se diferencia de p_k solamente en la magnitud de los perdidas hidráulicas.

El aumento de la temperatura T_k (o de la T_0 del ambiente para los motores sin sobrealimentación) causa el disminución de la densidad y de la masa de la carga, que a su vez provoca la reducción de la potencia. Entonces el relleno másico empeora, pero el análisis de las formulas para η_v demuestra, que el coeficiente de relleno en este caso aumenta. Eso también se explica por el hecho que el coeficiente de relleno es una magnitud relativa, y el crecimiento de la temperatura T_k o de la del ambiente disminuye la magnitud del volumen V_{cr}^t en el denominador de la formula $\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$ y de este modo aumenta el valor de η_v . Hay que tener en cuenta, que los cambios de T_k siempre provocan cambios correspondientes de T_a , lo cual disminuye la influencia de la T_k en el coeficiente de relleno.

Adicionalmente, en las condiciones reales el aumento de T_k significa la disminución de la diferencia de las temperaturas de la carga y de las de las superficies del motor. Por eso tiene lugar el calentamiento menor de la carga y por eso las diferencias menores de las densidades de la mezcla en la entrada en el motor y en el comienzo del tiempo de compresión. En consecuencia de eso el coeficiente de relleno aumenta.

BIOMASA Y BIODIGESTORES



Por : Ing. Orlando A. Aguilar. Profesor
de la facultad de Ingeniería Mecánica.

1. INTRODUCCION

Satisfacer las necesidades de una población con un crecimiento acelerado ha hecho que no se ponga la atención necesaria a los daños ambientales que el desarrollo económico trae.

Es por esto que todo plan de desarrollo energético nacional debe incluir entre sus principales estrategias un plan de ahorro y eficiencia energética, así como un plan de explotación de recursos energéticos no convencionales, de forma tal que engloben actuaciones tendentes a mejorar la eficiencia en el consumo de combustibles tradicionales.

Es dentro de este marco que se enfoca la utilización de residuos biológicos de diversas índoles, como son la deposición fecal de cerdos u otros animales y residuos vegetales, como cascarilla de arroz, de café, bagazo de caña, etc. La mayoría de estos residuos cuando no son aprovechados como alimento animal o desde el punto de vista energético, pasan a ser entonces un problema para el hombre y su entorno.

2. JUSTIFICACION SOCIAL Y ECONOMICA

Es posible elaborar una solución a la problemática de falta de gas y de energía rural mediante el aprovechamiento de los residuos agrícolas que convenientemente utilizados, pueden generar una producción de energía (gas metano) mediante la

construcción de un biodigestor de gas metano de bajo costo y sencilla fabricación.

La hipótesis que se plantea es que "los desechos agropecuarios y el estiércol de animales en determinadas condiciones producen gas metano utilizable como combustible para diferentes usos, produciéndolo en un reactor anaeróbico; lo cual permite observar que esta tecnología es posible para contribuir a solucionar el problema energético del medio rural, permitiendo además, el abastecimiento de bioabonos y por supuesto a mejorar las condiciones higiénicas del lugar, recuperando las basuras biodegradables.

3. LOS COMBUSTIBLES DE BIOMASA Y EL FUTURO.

Los combustibles fósiles del petróleo, el carbón y el gas- contribuyen de manera muy importante al calentamiento global del planeta, que constituye un riesgo múltiple para la agricultura y otras actividades humanas. Además, los expertos afirman que las reservas de combustibles fósiles sólo durarán otros 40 o 50 años.

Por **biomasa** se entiende a toda la materia de origen biológico, esto es, materia orgánica renovable de origen animal o vegetal, o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, y que no pueda ser empleada con fines alimenticios y/o industriales.

Hay muchas clases distintas de combustibles de biomasa, desde la leña tradicional, hasta los combustibles biológicos modernos muy complejos, pasando por los desechos agrícolas, y los residuos de origen animal.

4. TIPOS DE BIOMASA.

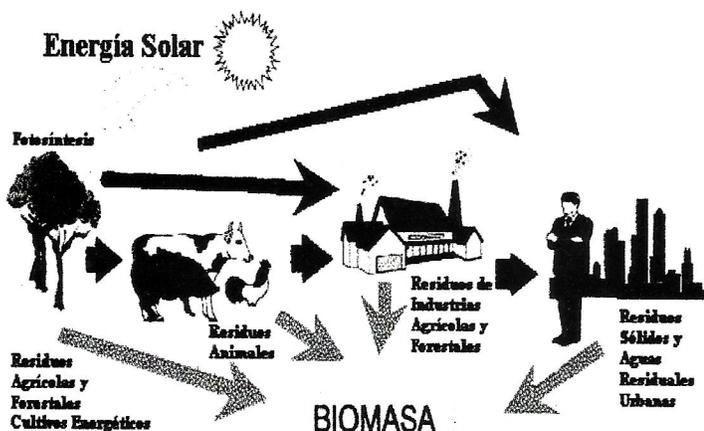
Teniendo en cuenta la definición de biomasa, ésta se puede clasificar, atendiendo a su origen, en:

- ◆ **Biomasa Natural**, que es la que se produce en ecosistemas naturales. La explotación intensiva de este recurso no es compatible con la protección del medio ambiente, aunque sea una de las principales fuentes energéticas de los países subdesarrollados.
- ◆ **Biomasa Residual**, que incluye:
 - Residuos Forestales y Agrícolas.
 - Residuos de Industrias Forestales y Agrícolas.
 - Residuos Sólidos Urbanos (fracción orgánica).
 - Lodos Biodegradables (Efluentes ganaderos, lodos de depuradoras, aguas residuales urbanas, etc.)

- ◆ **Cultivos Energéticos**, que son los realizados con el único objeto de su aprovechamiento energético y se caracterizan por una gran producción de materia viva por unidad de tiempo y con el condicionante de minimizar los cuidados al cultivo.
- ◆ **Excedentes Agrícolas**. Los excedentes agrícolas que no sean empleados en la alimentación humana y/o animal son considerados como biomasa y pueden aprovecharse, por ejemplo, para la elaboración de biocombustibles líquidos y gaseosos, además de bioabono.

- ◆ Para producir un líquido que se pueda almacenar en tanques y surtir con bombas;
- ◆ Se puede utilizar la biomasa para producir algo semejante al carbón que se coloca en bolsas y se exporta.
- ◆ Los combustibles de biomasa probablemente sean el único combustible primario que pueda sustituir a la gasolina para el transporte;
- ◆ La energía de biomasa genera empleos, es una forma de crear infraestructura rural;
- ◆ También tiene un gran potencial para rehabilitar tierras degradadas.

GENERACIÓN DE BIOMASA



7. UTILIZACIÓN DEL BIOGAS Y DEL BIOABONO

Con el término biogas se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias, utilizando para esto, algún tipo de reactor cerrado llamado biodigestor.

La composición del biogas varía de acuerdo a la biomasa utilizada, y al proceso de producción; su composición aproximada se presenta a continuación:

| | |
|--|------------------|
| Metano, CH ₄ | 40 - 70% volumen |
| Dióxido de carbono, CO ₂ | 30 - 60 |
| Sulfuro de hidrógeno, H ₂ S | 0 - 3 |
| Hidrógeno, H ₂ | 0 - 1 |

5. VENTAJAS DE LOS COMBUSTIBLES DE BIOMASA EN COMPARACIÓN CON OTRAS FORMAS DE ENERGÍA

Respecto a los combustibles fósiles, los combustibles de biomasa tienen la ventaja de que son neutros en CO₂ y que son renovables, ya que desde el punto de vista del cambio climático, es fundamental cultivar biomasa que absorbe el dióxido de carbono de la atmósfera y lo vuelve a liberar una vez quemado. Los combustibles fósiles sólo van a durar otros 40 o 50 años, pero sus efectos contaminantes van a durar más tiempo.

Con los combustibles de biomasa es posible obtener una gran variedad de aplicaciones:

- ◆ Utilizar los combustibles de biomasa para producir un gas que se puede quemar;

El biogas ha sido utilizado en la mayor parte de los casos para:

- ◆ Cocinar en combustión directa en estufas simples;
- ◆ Para iluminación, para calefacción y como reemplazo de la gasolina o el combustible diesel en motores de combustión interna;

El Bioabono es el residuo orgánico producto de la fermentación anaeróbica de la materia orgánica posee excelentes propiedades fertilizantes; su composición va de acuerdo al desecho utilizado.

Ventajas que proporciona:

- ◆ No posee mal olor, ni contamina, no atrae moscas, puede ser aplicado directamente al campo en forma líquida o bien ser deshidratado y almacenado para uso posterior.
- ◆ Puede utilizarse para cultivos por hidroponía, en los que se proporciona a la planta la humedad y los nutrientes que requiere sin utilizar tierra.
- ◆ Se puede utilizar para fertilizar estanques de peces ayudando a formar su alimento.

Algunas ventajas, además de las ya mencionadas, es que un metro cúbico producido diariamente puede fertilizar más de dos hectáreas de tierra por año.

8. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE BIODIGESTORES

Un biodigestor puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico; a estos se suministra materia orgánica (estiércol animal o humano, las aguas negras de las ciudades, residuos de matadero, etc), para generar biogas.

Los biodigestores anaeróbicos son prácticamente recipientes fabricados para contener la biomasa a digerir y los microorganismos que hacen el proceso. Deben ser herméticos, permitir la carga y descarga de materiales y poseer un dispositivo para recoger el gas producido.

Si la velocidad de alimentación es muy baja, la actividad metabólica de las bacterias es menor y se producirán sólo pequeñas cantidades de gas. Las bacterias que producen el metano no soportan ni oxígeno ni luz. En el reactor anaeróbico, el material de desecho orgánico, en ausencia de oxígeno, se convierte en biogas y en fertilizante de alta calidad. La duración de la reducción del material biológico depende de los micro-organismos especiales y de sus temperaturas óptimas de crecimiento.

Para que las bacterias formadoras de metano trabajen en forma óptima, se requiere mantenerlas a temperaturas que oscilan entre los 30 y 60 grados Centígrados, dependiendo del tipo de bacterias que se adapten y desarrollen, como se muestra a continuación:

| Microorganismos | Temperatura | Nota |
|-----------------|-------------|----------------------------|
| Mesophil | 30 a 40 °C | Sistemas rurales |
| Thermophil | 50 a 60 °C | Instalaciones industriales |

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogas ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- ◆ Mejora la capacidad fertilizante del estiércol.
- ◆ El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- ◆ Control de patógenos.

CONCLUSIONES

Los biodigestores se constituyen en una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias pues permiten:

- ◆ disminuir la carga contaminante,
- ◆ mejorar la capacidad fertilizante del material,
- ◆ eliminar los malos olores y,
- ◆ generar un gas combustible denominado biogas el cual tiene diversos usos.

Es por ello que se considera factible la utilización de biodigestores en áreas rurales.

REFERENCIAS

- ◆ Manual de Energía Renovable. IDEA. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 1992.
- ◆ Manual para el promotor de la Tecnología. Ma. Isabel Mandujano, Alfonso Felix, Ana María Martínez. México 1981.
- ◆ Sd Dimensions/Energy Of Dvelopment/Entrevista. Publicado 19 de diciembre de 1997.
- ◆ Artículos varios de Internet.

5ª SEMANA DE INGENIERIA MECANICA

Del 18 al 23 de junio de 2001

Por: Ing. Geomara B. de Escobar

En el marco de la 5ª Semana de Ingeniería Mecánica con el lema "**Tecnologías aplicadas en los Sistemas Energéticos, de Producción y sus Consideraciones Ambientales**", se realizaron diversas actividades de orden académico, tecnológico y deportivo, bajo la Coordinación General de las Ingenieras Gloria Cedeno, Ilka Banfield y Geomara A. De Escobar.

Esta vez se realizó la Primera Competencia de Ingenio Estudiantil, con el apoyo de profesores de la Facultad de Ciencia y Tecnología, en la cual participaron estudiantes graduandos de escuelas secundarias invitadas, resultando ganadores El Colegio La Salle y el Instituto Panamericano.



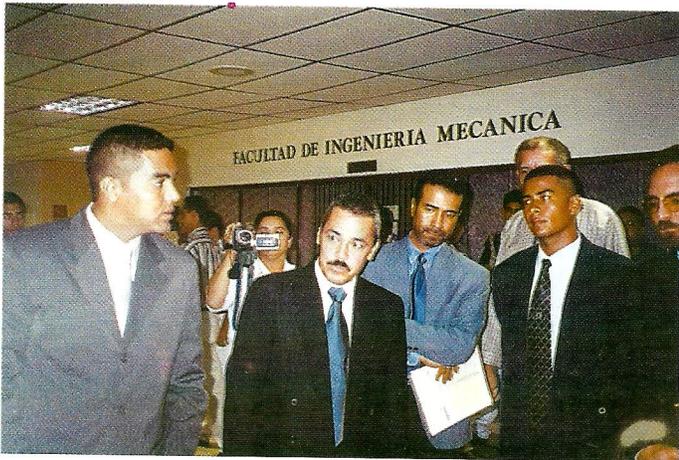
Este año contamos con el Patrocinio de R.V. Computers, SENACYT, El Universal, la UTP y la Facultad de Ingeniería Mecánica (docentes, administrativos y estudiantes). También con nuestras Empresas Padrinos, entre las cuales podemos mencionar a Productos Panameños S.A., Richmad Innovations, S.P.I.A., Empresas Romero, Zetta Centroamérica y Caribe, Centro de Estudiantes de La UTP, Hibroeng, Servicio Aéreo Nacional, Productos Premier, Taller Barragán, HOPSA y otros. La empresa Koyo Latinoamerican donó un catálogo electrónico que contiene información acerca de la selección de rodamientos, de productos en general y de la red global de distribución.

En el Ciclo de Conferencias realizado en el Hotel El Panamá, se trataron temas interesantes como: Evaluación de Impacto Ambiental; Sistemas de Navegación y Mantenimiento de Aviación; Manufactura en el área de metal mecánica, Alternativas de tránsito de barcos por el canal; entre otros.

La conferencia de clausura estuvo a cargo del Ing. Alexis Tejedor, Vicedecano de Investigación, Postgrado y Extensión de la Facultad de Ing. Mecánica, quien presentó de forma muy elocuente el tema "Tratamiento de aguas industriales contaminadas", el cual está incluido en la investigación que está realizando como parte de su tesis doctoral en la Universidad de Río Grande del Sur, Brasil.

A cargo de estudiantes de la FIM, se ofrecieron Tutoriales de MATLAB, Manejo de calculadoras HP e Introducción al AutoCad.

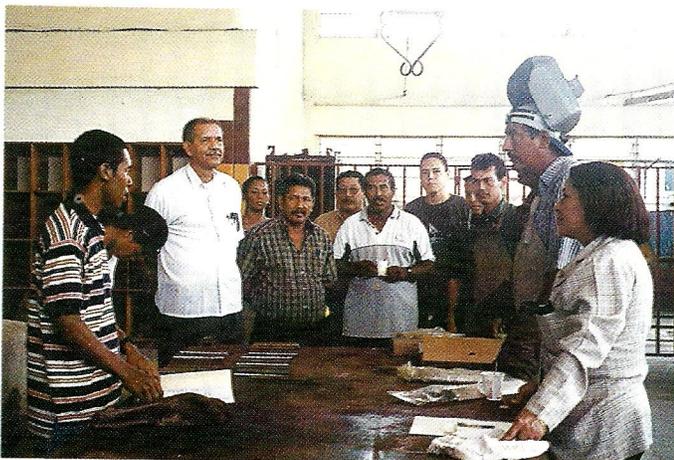
Las Clínicas Profesionales se realizaron en las instalaciones de la UTP, entre la que podemos mencionar El Monitoreo de Vibraciones por el Ing. Rafael Silvera; Funcionamiento de turbinas y bombas en el banco hidráulico por la Inst. Nimia Herrera y la de Pruebas No Destructivas por el Inst. Jovanny Díaz. En la Escuela Artes y Oficios se realizó la última clínica profesional sobre "Torno CNC", por la Lic. Vanessa Guevara.



El Encuentro Deportivo del sábado 23 de junio se celebró en nuestro Campus Central, en un ambiente de sana camaradería, con la innovación del primer "Mecathlón" donde participaron cuatro equipos de estudiantes de la Facultad de Industrial, Sistemas Computacionales y Mecánica, resultando ganador el equipo combinado de Técnico Mecánico Industrial y la participación femenina de ingeniería mecánica, ellos son: Abdiel Medina, Engels Aguilar, Luis Pérez y Yadiselly Alvarez. También se realizaron juegos de Fútbol femenino entre las Facultades de Ing. Mecánica e Ing. Eléctrica; en el fútbol masculino se hicieron presente los equipos de Strickers F.C., Creación F.C., Centro Regional de Colón y el equipo invitado del S.A.N.



Dentro del equipo que participó en el evento, resaltamos con especial atención los dos (2) Seminarios Taller: "Circuitos Lógicos Programables, PLC" por el Dr. Víctor Sánchez y por el Ing. Filadelfio Caballero. El de "Gestión de Seguridad, Salud y Control Ambiental" presentado por los Ingenieros Ricardo Serrano y Carlos Salazar, Msc. Estos seminarios fueron dirigidos a profesionales y estudiantes de los programas de postgrado de la Universidad Tecnológica de Panamá.



¡¡¡¡ El Comité Organizador agradece a todas y cada una de las personas y empresas que hicieron posible la feliz realización de este evento y esperamos contar con su apoyo en fechas posteriores !!!!!

SISTEMA DE ESCLUSAS CON RESERVORIOS DE PAREDES MOVILES

(Nota Preliminar)

Por:

Carlos Ramón Plazaola Lorio

Extracto General

Se presenta un sistema que permite optimizar el uso del agua en un sistema de esclusas utilizando reservorios de paredes móviles. Se presentan las ecuaciones para el análisis de flujo del agua del reservorio hacia las esclusas.

Introducción

El modo usual de operación de muchos sistemas de esclusas, consiste en la utilización de un volumen de agua obtenido de un embalse (aguas arriba) con el que se llena la esclusa, permitiendo esto nivelar aguas, entra la nave a la esclusa y se vacía la misma hasta nivelar aguas con el nivel inferior. El tamaño del embalse o depósito de nivel superior impone las limitaciones a la frecuencia de esclusaje, ya que de ser muy elevada podría afectar significativamente tanto el nivel del agua como el volumen de reserva del embalse. Una alternativa que se ha planteado para sortear este problema es la de bombear el agua desde el nivel inferior para llenar la esclusa o para devolver el agua al embalse. Sin embargo, el volumen de agua que se requiere bombear es relativamente grande y el período de tiempo en el que se debe bombear es relativamente corto, haciendo el bombeo poco atractivo. Otra alternativa es el uso de elevadores de barcos con grandes limitaciones ya que su uso es restringido a naves relativamente pequeñas [1].

El sistema que se plantea en este trabajo ofrece una alternativa para retener el agua y reutilizarla, operando con volúmenes y tiempos del orden de la operación convencional.

Descripción del Sistema

El sistema consiste en agregar un reservorio al sistema de esclusas existente, el mismo tiene comunicación con la recámara de la esclusa, por medio de tuberías. Idealmente debe localizarse a la menor distancia posible de la esclusa, aunque por la forma en que opera el sistema, se tiene cierto grado de flexibilidad en la ubicación del mismo. Este reservorio debe tener la capacidad para almacenar el volumen de agua desplazado durante una operación de esclusaje, esto al nivel de aguas abajo. El principio de operación se basa en que el reservorio consta de paredes móviles que permiten reducir o aumentar el volumen del mismo. Esta posibilidad permite controlar el nivel del agua en el reservorio y esto a su vez inducir el flujo, por diferencia de nivel, hacia y desde la esclusa. El flujo del reservorio hacia la esclusa puede ser controlado directamente por válvulas, o indirectamente, controlando la velocidad a la que se mueve la pared móvil. La descripción presentada corresponde a la configuración básica del sistema, es decir la versión más simple del mismo, sin embargo, útil para efectos de análisis. Desde un punto de vista práctico, podrían considerarse múltiples reservorios de manera que el tamaño de las paredes móviles no resulten masivas. Se pueden considerar también reservorios con otras geometrías, sin embargo, estas son consideraciones que serán temas de estudio.

Modelo Matemático

Para el análisis de flujo se supondrá el que el fluido es incompresible. Las ecuaciones

se basan en la geometría y dimensiones mostradas en la Figura 1.

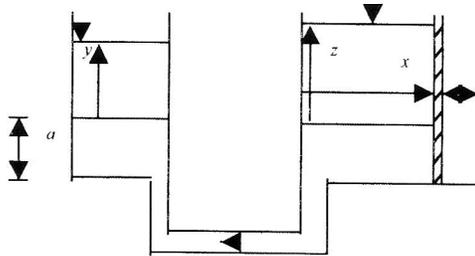


Figura 1

Continuidad

Como se asume fluido incompresible, la ecuación de continuidad corresponde a balances de volumen.

$$V_E = A_E y$$

$$V_R = L_R x z$$

$$v_T = \frac{A_E}{A_T} v_E$$

$$A_E y + L_R x z = cte$$

$$A_E \frac{dy}{dt} = -L_R \left(x \frac{dz}{dt} + z \frac{dx}{dt} \right)$$

donde:

V representa volumen desplazado, L longitud, A área y v velocidad, los subíndices E, R y T representan esclusa, reservorio y tubería respectivamente.

Energía

La ecuación de energía para este sistema incluye términos adicionales que corresponden al hecho de que se trata un problema de flujo no estacionario [2].

$$E_R - E_E - h_f = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{p_R}{\gamma} + z + \frac{(v_R)^2}{2g} - \frac{p_E}{\gamma} - y - \frac{(v_E)^2}{2g} - K_f \frac{(v_T)^2}{2g} =$$

$$\frac{L_T}{g} \frac{dv_T}{dt} + z + a \frac{dv_R}{dt} + y + a \frac{dv_E}{dt}$$

Donde:

E representa energía por unidad de peso (m), h_f pérdidas por fricción, p presión, L longitud de la sección.

Este sistema de ecuaciones es no lineal y puede ser resuelto por métodos numéricos.

Conclusiones

Se presenta un sistema que permite realizar procesos de esclusaje con retención y reutilización de prácticamente casi el 100 % del agua. El uso de tal sistema permitiría, al Canal de Panamá, por ejemplo, ampliar su capacidad de tránsito, tanto en número de naves, como en el tamaño de las mismas si se lleva a cabo la construcción de un tercer juego de esclusas, ya que no existiría limitación por uso del agua. Lógicamente se hacen necesarios estudios basados en esta idea, que permitan determinar estrategias de operación óptimas, una configuración para el sistema que sea factible tanto desde un punto de vista operacional, así como, práctico y económico.

Las ecuaciones presentadas permiten simular el flujo del agua desde el reservorio hacia las esclusas y desarrollar estrategias de operación. Los resultados serán presentados en futuros reportes.

Referencias

[1] Ayala, A.D.: Uso de Elevadores de Barcos como Alternativa para Aumentar la Capacidad del Canal de Panamá, Trabajo de Graduación, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2000.

[2] Daugherty, R.L. & Franzini, J.B.: Fluid Mechanics with Engineering Applications, 7th. e.d., Mc Graw-Hill, New York, 1977.

REMOCION DE IONES DE COBRE DE EFLUENTES POR MEDIO DE ARCILLAS MODIFICADAS

Por: Alexis Tejedor De Leon; atejedor@orion.ufrgs.br
Estudiante de Doctorado

RESUMEN

La modificación de arcillas brasileiras del tipo bentonita, por medio de la intercalación de Orto-Fenantrolina (OF), fue estudiada en función del pH, con el objetivo de mejorar su capacidad de remover metales cuprosos disueltos en efluentes sintéticos. La cantidad de OF adsorvida, en la forma de unidades micelares, fue de 121.0 mg por grama de bentonita a pH de 5.5 ± 5 . Se estudió la sorción de iones de cobre en las bentonitas modificadas y los resultados obtenidos demostraron que la capacidad de remoción de estas bentonitas es hasta 10 veces mayor cuando comparada con su forma natural no modificada. Los mecanismos de remoción del cobre, incluyen la remoción por intercambio catiónico y por la formación de complejos orgánicos debido a la OF intercalada. Bajo las condiciones experimentales estudiadas, los resultados indican que la sorción del Cobre en las bentonitas modificadas es aparentemente irreversible (aproximadamente 110 mg de cobre por grama de bentonita).

Palabras claves: Bentonita, adsorción, delaminadas, metales pesados, fenantrolina, pilarizadas, efluentes.

INTRODUCCION

La aculación de metales pesados disueltos en efluentes industriales y removidos en bentonitas modificadas o bien en su forma natural, han creado considerable interés en el campo de la ciencia y en el tratamiento de aguas. Cantidades significantes de metales pesados pueden acumularse en el suelo, en los organismos vivos, en las plantas, en las aguas superficiales y subterráneas, y algunas veces, pueden causar severos problemas ambientales. En los últimos años, diversos materiales adsorventes alternativos han sido investigados y

propuestos con la intención de resolver los problemas ambientales vía remoción por sorción.

Las bentonitas son arcillo minerales, las cuales ocurren como cristales de esmectitas o montmorilonitas de tamaños coloidales. Son láminas de silicatos ordenados paralelamente, cuya distancia entre láminas es de aproximadamente 10 Å (Souza de Santos, 1975). Esas laminillas están cargadas negativamente debido a sustituciones iónicas de varios sitios atómicos dentro de su estructura, lo que resulta en la adsorción de cationes intercambiables en su superficie (Labaly, 1981).

Las arcillas esmectíticas juegan un papel estratégico en el tratamiento de aguas industriales; por ejemplo, las esmecticas compactadas son utilizadas en la base de los rellenos sanitarios (Anderson *et al.*, 1999). Sin embargo, a pesar de poseer una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), la falta de selectividad limita, en ciertas ocasiones una mayor aplicación industriales de estas arcillas. Por esta razón, las bentonitas son modificadas estructuralmente, para aumentar sus capacidades de remoción frente a cualquier tipo de contaminante. Por ejemplo, la superficie de ciertas bentonitas han sido modificadas por medio de la adición de cationes del grupo alquilo para modificar la polaridad de su superficie y consecuentemente aumentar la capacidad de retención de contaminantes orgánicos (Mortland *et al.*, 1986; Srinivasah y Fogler 1990) o por medio de la intercalación de algún tipo de "extractante" orgánico para remover metales pesados contenidos en soluciones acuosas (Appleton *et al.*, 1999).

Adicionalmente, ha sido demostrado por diversos investigadores (Clementz and Mortland, 1974; Mortland and Berkheiser, 1976) de que las aminas reaccionan químicamente con las bentonitas para formar complejos organo-

arcillosos, denominados esmectitas pilarizadas. Esos complejos son el resultados de procesos de intercambio iónico provenientes de la atracción entre los grupos catiónicos de las aminas y las cargas aniónicas de las superficies de las arcillas.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental estudiar la influencia de la intercalación de Orto-Fenantrolina (OF) en bentonitas brasileiras para aumentar su capacidad de remoción de metales pesados contenidos en efluentes industriales.

MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Materiales

Bentonita: Una muestra de bentonita Na¹⁺ brasileira, denominada BRASGEL, de Campina Grande – Paraíba, com CIC de 0.80 mEqg⁻¹ y con un área específica obtenida con azul de metileno de 696 m²g⁻¹ (Thin Han and Brindley, 1970) fue utilizada en el presente estudio. Esta arcilla fue tamizada y las partículas menores a 74µm se utilizaron.

Fenantrolina: la muestra utilizada fue Orto-Fenantrolina de grado analítico 1.10 Fenanthrolina – OF - (C₁₂H₈N₂.H₂O) de la Synth; con un peso molecular de 198.22 g y solubilidad en el agua and de 3.3 gL⁻¹

Preparación de las arcillas homoniónicas.

La preparación de las arcillas homoniónicas fue desarrollada por medio de la suspensión de bentonitas Na¹⁺ en agua deionizada en la proporción de 1 : 60 arcilla : agua, conteniendo 3 mEq del cation sustituyente (Ca²⁺ en la forma de cloruro) por grama de arcilla. La suspensión se agitó de manera continua durante 48 horas a temperatura ambiente, se centrifugó y se lavó con agua hasta la detección nula de cationes libres. El material sólido obtenido, denominado BENTOCAL fue seco a 60°C durante 48 horas, disgregado y guardado a temperatura ambiente.

Intercalación de las arcillas homoniónicas

La intercalación de la OF en las arcillas homoniónicas fue estudiada por la adición del compuesto orgánico en la concentración de of 0.15 g por grama de arcilla, disuelto en un solvente binario en la proporción de 1:1 etanol-agua deionizada. Una proporción líquido: sólido de 40:1 fue utilizado para asegurar una completa dispersión, los recipientes conteniendo la mezcla fueron agitados durante 1 hora a temperatura ambiente; seguidamente las muestras fueron centrifugadas. La organo-arcilla resultante, denominada FENAN, forma pilarizada, fue seca durante 12 horas a 60°C, disgregada, seguido de otro secado durante 24 horas a 60°C y finalmente guardada a temperatura ambiente.

Experimentos de adsorción.

Los ensayos de adsorción fueron realizados para remover Cu²⁺ a partir de sus sulfatos, disueltos en soluciones acuosas utilizando las bentonitas pilarizadas y las delaminadas (forma de arcilla no intercalada). La concentración inicial de Cu²⁺ fue de 6.3 mgL⁻¹ sin controlar la fuerza iónica de la solución. Aproximadamente 0.1 g del adsorbente fue puesto en contacto con 100 mL de la solución metálica en frascos de vidrio; los frascos fueron colocados en un agitador orbital y girados a 55 rpm a temperatura ambiente. El pH de extracción fue variado por la adición de soluciones de NaOH o HNO₃. Después de finalizado el tiempo de contacto, las mezclas fueron centrifugadas y la solución sobrenadante fue analizada vía espectrometría de absorción atómica (SpectrAA 110 - Varian). La cantidad de cobre adsorbido, bien como su acumulación en el material sorvente, fueron determinados por medio de las siguientes ecuaciones:

$$R = (C_i - C_f) * 100 / C_i \quad (1)$$

$$Ac = (C_i - C_f) / M \quad (2)$$

Donde:

R= Cobre removido, %;

C_i=Concentración inicial decobre, mgL⁻¹;

C_f= Concentración final de cobre, mgL⁻¹;

A_c = Masa del soluto adsorbido por unidad en peso del adsorbente, mgg^{-1} ;

M = Concentración sorvent/solución, mgL^{-1} .

Las isothermas de adsorción fueron determinadas a partir de una concentración fija del adsorbente colocados en soluciones estandarizadas de diferentes concentraciones de cobre. La sorción del Cu^{2+} en las arcillas pilarizadas y en las delaminadas fueron analizadas utilizando la doble ecuación de adsorción de Langmuir:

$$1/A_c = 1/a + 1/a*b*C_e \quad (3)$$

Donde: A_c = Masa del soluto por unidad en peso del adsorbente,

mgg^{-1} ; C_e = Concentración en la solución en el equilibrio,

mgL^{-1} ; a = Capacidad de adsorción,

mgg^{-1} ; and b = Constante de adsorción en el equilibrio, Lmg^{-1}

Cuando se plota C_e/A_c versus C_e , se obtiene una isoterma lineal.

La constante b se obtiene al dividir la inclinación de la isoterma por su intercepción en el eje vertical, el valor de a corresponde al recíproco de la inclinación.

Todos los experimentos fueron realizados dos veces y los valores y resultados obtenidos representan el valor promedio alcanzado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Intercalación de OF.

El efecto del pH en la intercalación de la OF fue estudiado y el rango estudiado estuvo entre 3.5 y 8.5; la cantidad de OF adsorbida en las muestras intercaladas son presentados en la Tabla 1. Como puede ser observado en los datos, la máxima intercalación de la OF (121 mg.g^{-1}) tiene lugar en un pH de 5.5 ± 5 lo que indica la preferencia de la forma molecular de la OF en intercalarse sobre su especie catiónica.

Los estudios de adsorción del cobre en las FENAN intercaladas a pH 5.5 ± 5 y a 8.5 ± 5 , alcanzaron valores de remoción en torno al 98%, no mostrando diferencia entre ellos, razón por la cual en los estudios posteriores de adsorción fueron utilizadas las FENAN intercaladas a pH básico.

Tabla 1. Cantidad – A_c - (mgg^{-1}) de OF intercalada y distancia interlamelar de las bentonitas intercaladas con OF y las no tratadas

| Muestra | pH de intercalación | A_c | d (001) Å |
|----------|---------------------|-------|-------------|
| BRASGEL | - | 0 | 12.90 |
| BENTOCAL | - | 0 | 15.03 |
| FENAN | 3.5 | 104.2 | 17.74 |
| | 5.5 | 121.0 | 18.36 |
| | 8.5 | 112.0 | 18.18 |

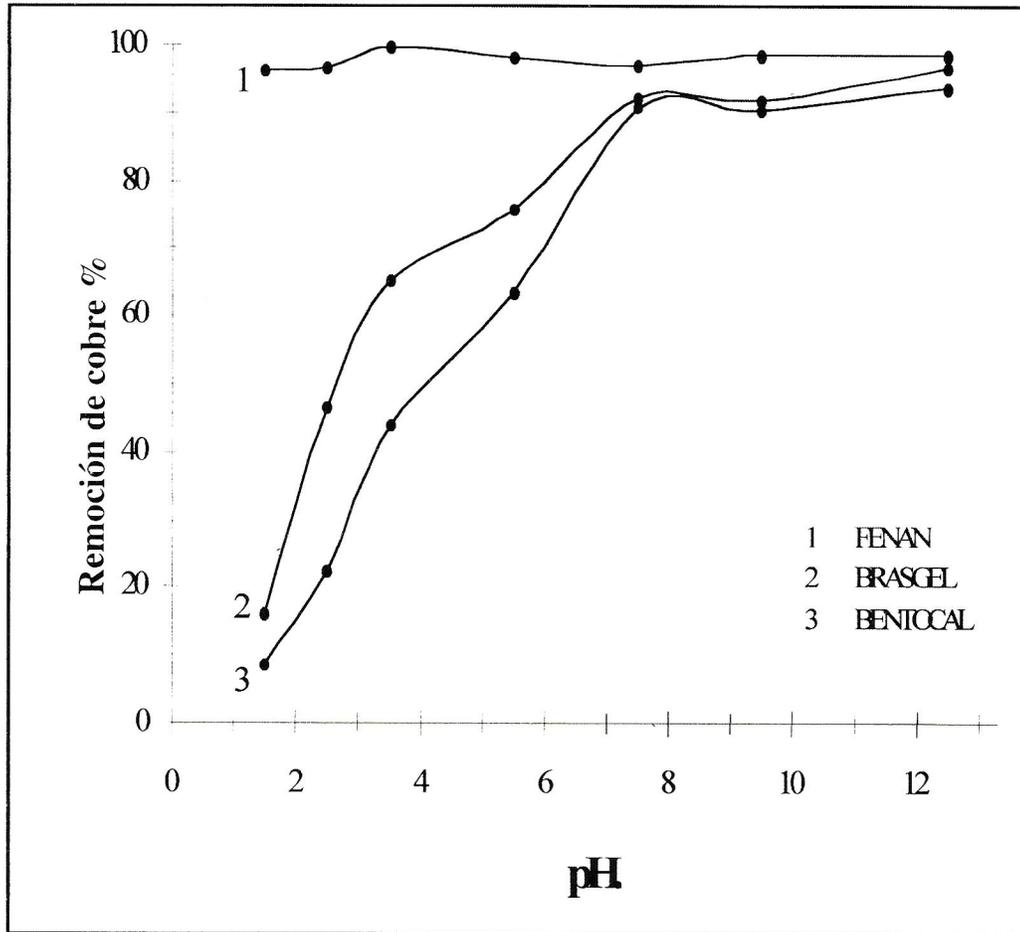


Figura 1. Efecto del pH en la adsorción del cobre en las bentonitas pilarizadas y delaminadas.

El efecto del pH en la remoción de los iones de cobre en las arcillas pilarizadas y delaminadas fue estudiado en el rango entre 1.5 a 12.5 y los datos obtenidos son representados en la Figura 1.

Como puede observarse, la máxima adsorción de los iones de cobre por las FENAN fue independiente del pH estudiado.

Por otro lado, una adsorción significativa de los iones de cobre, con el aumento del pH a partir de 8 fue obtenido por las arcillas delaminadas. En las arcillas delaminadas, la capacidad de intercambio catiónico, juega un papel fundamental en la remoción de iones metálicos. Siendo así, el aumento en la remoción de cobre por la BRASGEL puede atribuirse a su alta área superficial y al mayor número de sitios disponibles en la estructura.

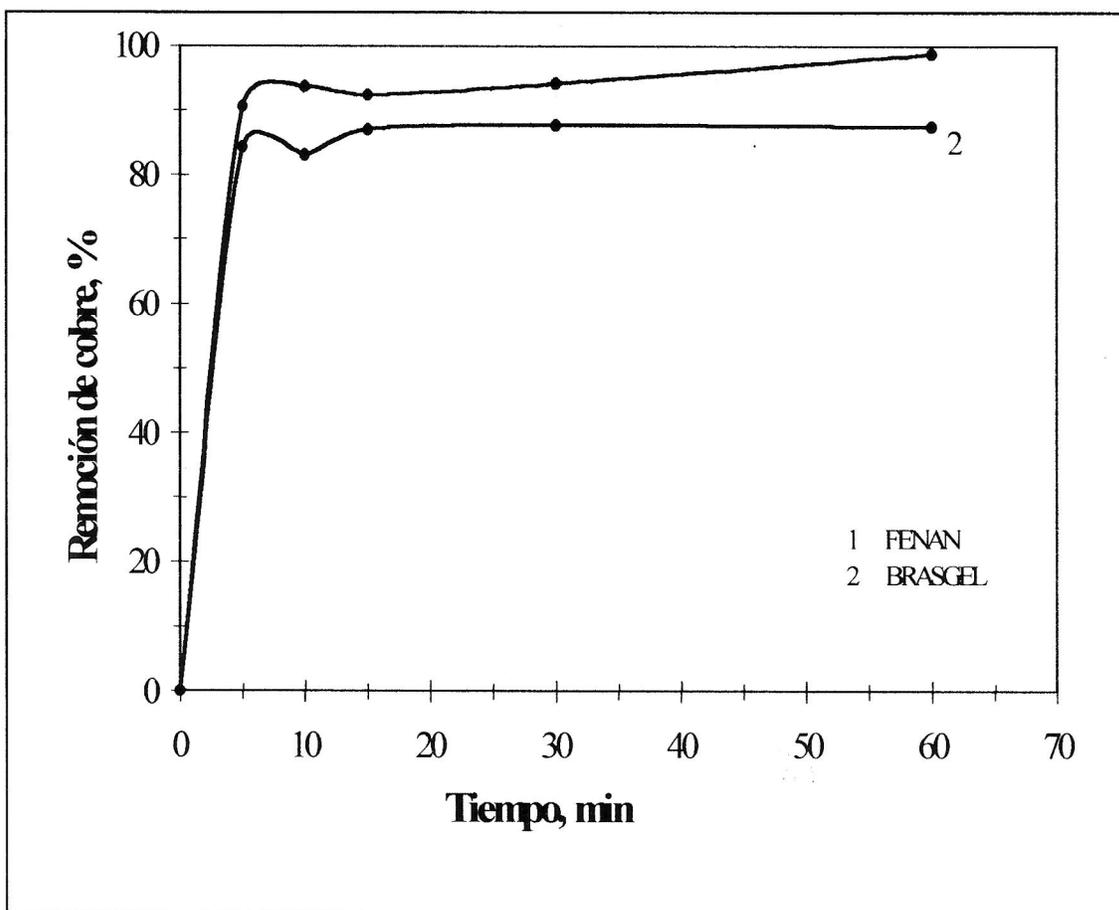


Figura 2. Tiempo de equilibrio para la adsorción de cobre en bentonitas pilarizadas y delaminadas

La Figura 2 presenta los datos cinéticos de remoción, para un tiempo total de reacción de una hora. En términos generales, puede observarse que para los dos tipos de sorventes estudiados, se identifica claramente dos etapas cinéticas de remoción: una primera etapa extremadamente rápida que ocurre en los primeros minutos de contacto del sorvente con el efluente (primeros 5 minutos); seguida de una etapa más lenta de remoción, comportamiento

Dzombak y Morel, (citados por Yiacoumi y Tien, p. 333, 1995) atribuyen los procesos lentos de sorción a dos tipos de reacciones que ocurren: reacciones de complejación y reacciones en donde varios mecanismos de transporte están involucrados, de ser así, ambos tipos de reacción están presentes y son las responsables por las diferencias de remoción observadas por los dos tipos de sorventes estudiados.

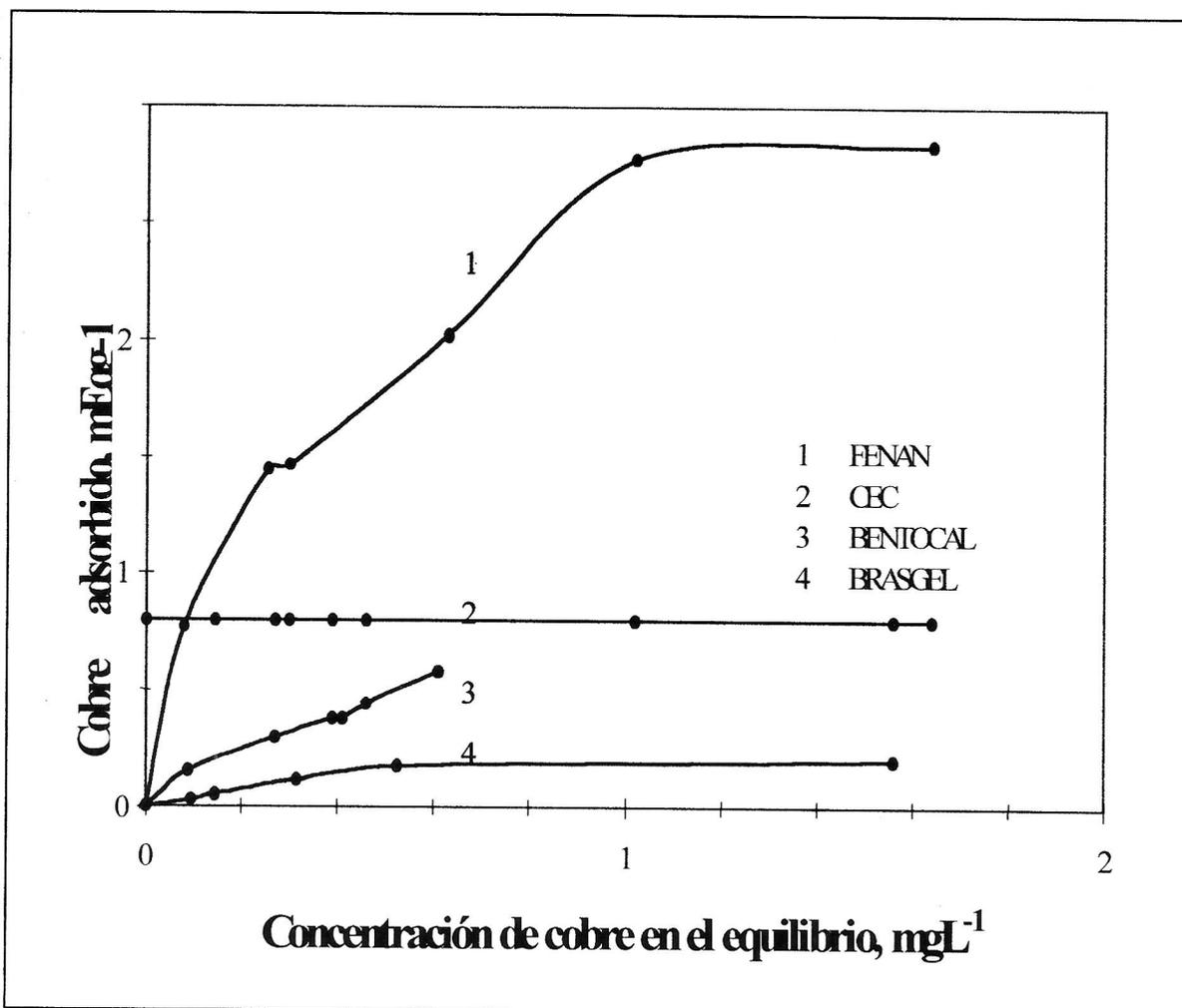


Figura 3. Isoterma de adsorción del cobre en bentonitas pilarizadas y delaminadas

Como presentado en la Figura 3, los datos experimentales de la adsorción se ajustan mejor al modelo de isoterma de Langmuir. Se observa que la capacidad de acumulación de las FENAN exceden a la CIC natural de la arcilla, y de acuerdo con Vansant y Uytterhowven (1973) la isoterma obtenida no podrá ser interpretada termodinámicamente como siendo exclusiva a la adsorción por intercambio catiónico.

(1) sorción en los sitios de intercambio remanecidos entre la superficie y en las aristas de los cristales de silicatos, ya que por ejemplo, tan solo el 80% de la CIC de arcilla es ocupada por la intercalación de la OF y (2) por las reacciones de complejación por las moléculas de OF intercaladas.

Las constantes de la ecuación de Langmuir para la remoción del cobre tanto en las arcillas delaminadas como en las arcillas pilarizadas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Constantes de Langmuir para la adsorción de cobre en las bentonitas pilarizadas y delaminadas.

| Adsorbente | Langmuir constants | |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| | a | B |
| | mgg⁻¹ | Lmg⁻¹ |
| BRASGEL | 9.2 | 1.55 |
| BENTOCAL | 24.4 | 2.56 |
| FENAN | 110.0 | 2.84 |

La constante de Langmuir, **a**, indica una capacidad de acumulación de 110 mgg⁻¹ para la FENAN, valor que es considerado alto, si comparado con los valores obtenidos por otros investigadores para otros tipos de adsorbentes alternativos propuestos (Costa *et al.*, 1999; Schneider and Rubio, 1999; Rubio and Tessele, 1977).

CONCLUSIONES

Un nuevo material adsorbente para la remoción de metales pesados ha sido preparado por

medio de la intercalación de fenantrolina en el espacio interlamelar de arcillas brasileiras.

La cantidad de cobre adsorbido, unido fuertemente en la superficie de la arcilla, fue de aproximadamente de 110 mg de cobre por grama de sorvente y este valor de remoción representa más de 10 veces la capacidad de remoción de la arcilla en su estado natural. Siendo así, su aplicación para el tratamiento de efluentes industriales es altamente prometedora.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, M.A. *et al.* (1999) Properties of water in calcium and hexadecyltrimethylammonium exchanged bentonite. *Clays and Clay Minerals*, **47**, 28–35.
- Appleton, Q. *et al.* (1999) The removal of metals from aqueous solution using organic extractants adsorbed into clay minerals. In *REWAS'99- Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology*. (L. Gaballah, J. Hager and R. Solozabal, Eds.), 2439-2448.
- Clementz, D.M. and Mortland, M.M. (1974) Properties of reduced charge montmorillonite: tetra-alkylammonium ion exchange forms. *Clays and Clay Minerals*, **22**, 223-229.
- Comans, R.N.J. (1987) Adsorption, desorption and isotopic exchange of cadmium on illite: evidence for complete reversibility. *Water Research*, **21**, 1573-1576.
- Costa, C.A *et al.* (1999) Remoção de metais por subproduto de carvão. *Saneamento ambiental*, **59**, 50-56.
- Lagaly, G. (1981) Characterization of clays by organic compounds. *Clay Minerals*, **16**, 1-21.
- Mortland, M.M. *et al.* (1986) Clay – organic complexes as adsorbents for phenol and chlorophenols. *Clays and Clay Minerals*, **34**, 581–585.
- Rubio, J. and Tessele, F. (1997) Removal of heavy metal ions by adsorptive particulate flotation. *Minerals Engineering*, **10**, 671-679
- Rybicka, E.H. *et al.* (1995) Heavy metals sorption/desorption on competing clay minerals; an experimental study. *Applied Clay Science*, **9**, 369-381.
- Schneider, I.A.H. and Rubio, J. (1999) Sorption of heavy metal ion by the nonliving biomass of freshwater macrophytes. *Environment Science Technology*, **33**, 2213-2217.
- Souza de Santos, P. (1975) *Tecnologia de argilas*. Edgar Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1089 pp.
- Thing Hang, P. and Brindley, W. (1970) Methylene blue absorption by clay minerals: Determination of surface areas and cation exchange capacities (Clay – organic studies XVIII). *Clays and Clay Minerals*, **18**, 203–212.
- Vansant, E.F. and Uytterhowven, J.B. (1973) The adsorption of aromatic, heterocyclic and cyclic ammonium cations by montmorillonite. *Clay Minerals*, **10**, 61-69.
- Yiacoumi, S. and Tien, C. (1995) Modeling adsorption of metal ions from aqueous solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, **175**, 333-346.

La Trigeneración de energía en las industrias lácteas de Panamá.

Por: Ing. Julio Rodríguez, Profesor de la facultad de Ing. Mecánica en el Centro Regional de Colón

Extracto General

En el año 2000 se concluyó una investigación, de carácter descriptiva y experimental, que probó la importancia que para las industrias tendría, en el ámbito técnico y económico, un proyecto de refrigeración por absorción que utilice recuperadores de calor. El campo de aplicación se limitó a las industrias lácteas. El estudio presentó una recopilación de los principios teóricos, las normas y costos que conlleva este sistema, y la propuesta de un método guía que facilite la evaluación en cualquier industria. Basados en este método guía, se realizó el estudio teórico de una posible aplicación de la trigeneración en la industria Nestlé S.A., ubicada en el distrito de Natá, Provincia de Coclé, y en el mismo se espera conseguir la reducción de un 50% de la cantidad de calor que actualmente es liberado a la atmósfera. Los resultados obtenidos en esta industria son resumidos en la presente exposición.

Marco teórico

En promedio, el 60% de la energía primaria, la del combustible, empleada en una empresa se pierde, liberándose como contaminante térmico al ambiente. Este calor es inaprovechable porque no existe posible uso del mismo en las cercanías de las grandes centrales productoras de electricidad, que suelen estar alejadas de los centros de consumo.

La trigeneración consiste en utilizar la cogeneración, obtenida a partir de los humos calientes de las chimeneas en una industria, como elemento recuperador de calor que, liberado al generador de un ciclo de refrigeración por absorción, logre producir frío, aumentando la eficiencia global del ciclo y por consiguiente, reduciendo los efectos nocivos que tiene la combustión sobre el ambiente.

Fuentes de cogeneración: el creciente poder calorífico de las turbinas de gas, según el estudio realizado, las sitúan en una posición preponderante para cogenerar y producir centenares de toneladas de refrigeración en las industrias alimenticias, en comparación con otras fuentes energéticas primarias. Todas las industrias lácteas de Panamá utilizan refrigeración por compresión de vapor y calderas de vapor en sus procesos, y aún cuando el poder calorífico de los humos de las chimeneas de las calderas no es mayor que la de una turbina de gas, los resultados demuestran que es rentable la conversión de sus sistemas de compresión de vapor, al de absorción.

Comercialmente hay dos sistemas de absorción primarios:

1. la mezcla bromuro de litio (LiBr) y agua,
2. la mezcla amoníaco-agua.

La mezcla de amoníaco y agua se utiliza cuando es requerida baja temperatura de refrigeración o helada, ya que el amoníaco, que es el refrigerante en este sistema, tiene un punto de congelación de -60°F . En tanto, en la mezcla de bromuro de litio acuoso, el LiBr es el absorbente y el agua es el refrigerante lo que limita producir frío a temperaturas menores de 40°F , porque se correría el riesgo de que el agua se congelara y obstruyera las tuberías; por esto, su uso principal es para acondicionamiento de aire.

La tabla N°1 muestra los fluidos comunes utilizados para transmitir calor a los ciclos de absorción, las presiones necesarias según la tabla termodinámica y el frío que se puede obtener.

| Tabla N°1 | |
|---|-----------------------|
| Requisitos para el calor de entrada | |
| de máquinas de absorción | |
| Máquinas de absorción | Máquinas de absorción |
| Entrada de calor libr-agua (un solo efecto) amoníaco-agua | |
| Vapor 5 – 15 psig. | 0 – 200 psig. |
| 225 – 250 °F | 210 – 385 °F |
| Agua caliente o fluidos | |
| de procesos 240 – 300 °F 210 – 385 °F | |
| Salida de enfriamiento 40 - 100 °F -60 - 40 °F | |
| COP 0.6 – 0.7 0.1 - 0.8 | |
| (NOTA: Los datos fueron obtenidos de ASHRAE 1994) | |

Estudio técnico del sistema de refrigeración por absorción en una Industria Láctea de Panamá

La industria Nestlé de Natá utiliza dos calderas de vapor acuatubulares en su proceso, y para producir el frío, dos compresores de vapor que generan, en total, 82 toneladas de refrigeración.

La gráfica obtenida de los catálogos de la ASHRAE para el diseño de sistemas de refrigeración por absorción, permite obtener la temperatura en el generador y el COP de la máquina de absorción.

Inicialmente se midió la temperatura de las chimeneas de ambas calderas y los porcentajes de los gases de combustión. Para esto, se utilizó el analizador de gases de la Facultad de Ingeniería Mecánica, sensores para determinar los parámetros de concentración y algunos

datos registrados por la empresa. Adicional, en colaboración con trabajadores de la empresa, se extendieron las mediciones por cuatro semanas, hasta obtener un valor promedio

Los gases de combustión en las chimeneas de estas calderas tienen una temperatura promedio de 385°F. Los datos iniciales son la temperatura del agua de condensación $T_S = 85^\circ\text{F}$, y la del frío requerido, que para la seguridad del diseño se estimó en $T_e = 24^\circ\text{F}$, ya que la empresa necesita valores de temperatura entre 30°F y 34°F. Con estos datos se obtiene:

$$T_g = 168^\circ\text{F}$$

$$\text{COP}_{\text{máx.}} = 0.3$$

T_g = temperatura de la solución fuerte, rica en amoníaco, a la salida del generador hacia el rectificador. La temperatura mínima del vapor de entrada al generador, que viene de la cogeneración, se estima 25°F arriba de T_g .

$$168^\circ\text{F} + 25^\circ\text{F} = 193^\circ\text{F}$$

Combustible usado en las calderas: bunker C

Poder calorífico del combustible = 152 000 Btu/galón

Consumo promedio del combustible = 36.94 galones/hora = $q_{\text{recuperación}} / (152\,000 \text{ Btu/galón})$

$q_{\text{recuperación}} = 5\,614\,880 \text{ Btu/hora} = \text{Calor de recuperación desde los gases de la chimenea}$

$$q_{\text{recuperación}} = n_{\text{eff}} C_{p,\text{gas}} m_{\text{gas}} (T_{\text{en,gas}} - T_{\text{media,vapor}})$$

$$5\,614\,880 \text{ Btu/h} = 0.93 (0.25 \text{ Btu/lbm } ^\circ\text{F}) m_{\text{gas}} (385^\circ\text{F} - 193^\circ\text{F})$$

$$m_{\text{gas}} = 125\,781.4 \text{ lbm/h}$$

$$T_{\text{salida,gas}} = T_{\text{en,gas}} - (q_{\text{recuperación}} / (C_{p,\text{gas}} m_{\text{gas}})) = 206.44^\circ\text{F}$$

Para evitar la condensación en los gases obtenidos de la combustión de las chimeneas de las calderas, en el diseño se considera que $T_{\text{salida,gas}}$ deberá ser mayor o igual a 300°F. Como el resultado es menor de 300°F, se debe recalcular $q_{\text{recuperación}}$

$$q_{\text{recuperación}} = C_{p,\text{gas}} m_{\text{gas}} (T_{\text{en,gas}} - T_{\text{media,vapor}})$$

$$= 0.25 \text{ Btu/lbm } ^\circ\text{F} (125\,781.4 \text{ lbm/h}) (385^\circ\text{F} - 300^\circ\text{F})$$

$$= 2\,672\,855 \text{ Btu/h}$$

Este es el calor que puede ser recuperado de la chimenea. Como observan $n_{\text{eff}} = 1$ para que los otros valores en la ecuación no se alteren. La temperatura de 300°F es mayor que la del vapor que entrará al ciclo de absorción, de 193°F, estimada anteriormente, por tanto, existe una diferencia de temperatura para liberar calor al generador del ciclo de absorción. Estas variables son controladas en el intercambiador de calor del sistema de cogeneración.

Cantidad de salida de refrigeración

$$Q_{\text{refrigeración}} = q_{\text{recuperación}} (\text{COP}_{\text{máx.}}) / (12\,000 \text{ Btu/h/ton } \times \text{K}); \text{K} = 1.03$$

El factor K considera los efectos por cambios de temperatura (obtenido de ASHRAE 1999)

$Q_{\text{refrigeración}} = 64.87$ toneladas de refrigeración de 24 °F

Reducción del impacto ambiental

La reducción del calor al ambiente es:

$5\,614\,880 \text{ Btu/h} - 2\,672\,855 \text{ Btu/h} = 2\,942\,025 \text{ Btu/h}$

El calor a absorber con la torre de enfriamiento depende de $Q_{\text{refrigeración}}$, aproximadamente deberá ser 1 958 400 Btu/h.

CONCLUSIONES

- El proceso que permite obtener frío a partir de un sistema de cogeneración de energía, se define como trigeneración.
- La industria Nestlé S.A. de Natá, requiere actualmente 82 toneladas de refrigeración para abastecer su producción; por medio de la trigeneración obtendría el 79% de este frío (64 toneladas), lo que supondría el uso de solamente uno de los dos compresores, que reduciría un 50% de la facturación actual en el consumo de energía eléctrica.
- La temperatura de los gases que se descarga a la atmósfera disminuiría en un 22%,

de 385 a 300 °F, y el calor liberado por la chimenea de la caldera, de 5 614 000 a 2 942 025 Btu/h, lo cual representaría avances significativos en contra de los efectos negativos del proceso industrial sobre el ambiente. La empresa se prepararía para enfrentar las regulaciones ambientales y contribuir con la disminución del efecto invernadero, entre otros.

En la próxima edición de esta revista le presentaremos el estudio de viabilidad económica del sistema de absorción, en esta industria.

Referencias

1. Vicatos, G., and J. Grizagoridis. 1994. Unpublished research, Department of Mechanical Engineering. Cape Town: University of Cape Town, South Africa.
2. Ammonia Absorption Refrigeration in industrial Processes, by Marcel Bogart. Copyright 1981 by Gulf Publishing Company, Houston, TX
3. 1992. ASHRAE. HANDBOOK HVAC. Systems and equipment. Cap. 7, "Cogeneration Systems". P. 7.10 Atlanta, Georgia.
4. Orlando, Joseph A. Cogeneration design guide. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). Printed USA.

CELEBRACIÓN DEL XX ANIVERSARIO DE LA U.T.P.

En el marco del XX aniversario de la Universidad Tecnológica de Panamá, se celebró el encuentro deportivo de Soft-Ball entre los equipos femeninos de las Facultades de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Civil, donde la representación de las Facultades de Mecánica y Civil resultaron Campeonas.

¡FELICIDADES!



Comentario Final

Al igual que en las ediciones anteriores de "Tecnología-Hoy", nos queda un agradable sabor, resultante de la labor realizada.

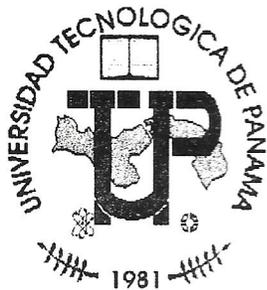
Como siempre, se hace patente el esfuerzo y la calidad de los artículos presentados por nuestros docentes e investigadores; así como el interés por innovar y presentar soluciones creativas a problemas de interés nacional.

Es nuestro propósito que el vínculo creado a través de esta revista, fructifique en nuestros lectores de

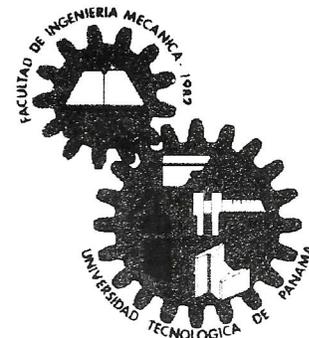
manera que podamos ser la ventana de consulta permanente, para un diálogo que redunde en un mayor desarrollo tecnológico para nuestro país.

Esperamos incorporar, en futuras ediciones, secciones que destaquen las inquietudes e intereses que tengan a bien compartir todos nuestros lectores. De tal forma, les invitamos a hacernos llegar sus opiniones y comentarios, los cuales serán muy apreciados.

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



Estudios Superiores F.I.M.



MAESTRÍA EN INGENIERÍA
DE PLANTAS
(PARA PROFESIONALES
CON TÍTULO DE INGENIERÍA)

MAESTRÍA EN MANTENIMIENTO
DE PLANTAS
(PARA PROFESIONALES
CON TÍTULOS AFINES DE INGENIERÍA)

MAESTRÍA EN FUENTES
RENOVABLES DE ENERGÍA

POSTGRADO EN INGENIERÍA
DE PLANTAS

POSTGRADO EN MANTENIMIENTO
DE PLANTAS

POSTGRADO EN FUENTES
RENOVABLES DE ENERGÍA

2 Asignaturas de cada especialidad
2 Asignaturas de Adm. De Empresas
2 Asignaturas de Ciencias Básicas de la
Ingeniería
3 Seminarios Tecnológicos
Tesis

Total de Créditos: 39

2 Asignaturas del área General
5 Asignaturas de la Especialidad
3 Asignaturas del área Básica
3 Seminarios
Tesis
Total de Créditos: 39

2 Asignaturas de cada Especialidad
2 Asignaturas de Adm. De Empresas
1 Asignatura de Ciencias Básicas de la
Ingeniería
3 Seminarios Tecnológicos

Total de Créditos: 30

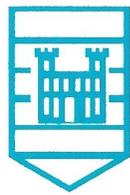
2 Asignaturas del área General
4 Asignaturas de la Especialidad
2 Asignaturas del área Básica
3 Seminarios

Total de Créditos: 27

ESPECIALIDADES

MANUFACTURA Y AUTOMATIZACIÓN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA
Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

3 Asignaturas de una Especialidad
1 Asignatura de Adm. De Empresas
1 Asignatura de Ciencias Básicas de la Ingeniería
2 Seminarios Tecnológicos
Total de Créditos: 17



HIBROENG

**MECHANICAL & METALLURGICAL SPECIALTY
NON DESTRUCTIVE TESTING
AND INSPECTION SERVICES**

**WELDING, CORROSION AND PAINT
INSPECTORS CERTIFIED BY
NACE, API, LLOYD'S, ABS, BV
DNV, RINA.**

PLEASE CONTACT

**HINES BROTHERS ENGINEERING GROUP, INC
P.O. BOX 6-7416 EL DORADO
PANAMA REPUBLIC OF PANAMA**

**PHONE (507) 233-1454
613-1454
FAX (507) 233-1454**