

Universidad Autónoma de Guadalajara ^{24/10}

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON
FALSA FE CRIGEN

"OBTENCION Y CUALIDADES ADSORBENTES DEL CARBON
ACTIVADO, GRANULADO A PARTIR DE LA
FIBRA DEL COCO".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

JUAN CARLOS ZARATE GILMORE

Asesor: Tito Enrique Herrera Larrasilla

GUADALAJARA, JAL.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PAGINA(S):
* INTRODUCCION	1
* CAPITULO I.- GENERALIDADES Y USOS DEL CARBON ACTIVADO.	
Generalidades del carbón activado	2
Algunas aplicaciones del carbón activado.	2 a 5
* CAPITULO II.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	
Preparación de la fibra de coco	6
Carbonización	6 y 7
Granulación	7 a 9
Activación	9 y 10
Adsorción	10 a 12
Medición del área superficial	13 a 15
* CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.	
Carbonización	16
Datos obtenidos de la Carbonización	17 a 19
Activación	20
Datos obtenidos de la Activación	21
Análisis de los datos de la Activación	22 a 25
Adsorción con Azul de Metileno	26
Datos obtenidos de la adsorción de azul de metileno - por carbón activado a 700°C	27 a 29
Datos obtenidos de la adsorción de azul de metileno - por carbón activado a 800°C	30 a 32
Datos obtenidos de la adsorción de azul de metileno - por carbón activado a 900°C	33 a 35
Determinación del Area Superficial	36
Resultados de la medición del Area Superficial	37 y 38

CAPITULO IV.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE -
 CARBON ACTIVADO A PARTIR DE LA FIBRA DEL-
 COCO.

Diagrama de Flujo 39
 Condiciones de operación para el Diagrama de Flujo . . 39 y 40

CONCLUSIONES 41

APENDICES.

- APENDICE 1:

Tabla 1: Datos obtenidos del análisis termogravi-
 métrico 42

APENDICE 2:

Tabla 1: Resultados de la adsorción de azul de me-
 tileno por carbón activado a 700°C . . . 43
 Tabla 2: Resultados de la adsorción de azul de me-
 tileno por carbón activado a 800°C . . . 44
 Tabla 3: Resultados de la adsorción de azul de me-
 tileno por carbón activado a 900°C . . . 45

APENDICE 3:

Tabla 1: Datos de la medición del área superficial
 del carbón activado a 700°C 46
 Tabla 2: Datos de la medición del área superficial
 del carbón activado a 800°C 47
 Tabla 3: Datos de la medición del área superficial
 del carbón activado a 900°C 48

BIBLIOGRAFIA 49

INTRODUCCION

Dadas las condiciones financieras que prevalecen en México, - es el momento de usar todos los recursos (aunque éstos provengan - de los desechos) para lograr una mayor estabilidad económica y obtener productos industriales a un costo más bajo.

Debido a la gran diversidad de usos por sus características - peculiares, constantemente se registran incrementos en la demanda - de carbón activado. Por lo tanto, se requiere aumentar la produc - ción de este adsorbente.

El objetivo fundamental de esta Tesis es obtener carbón acti - vado a partir de la fibra de coco y estudiar sus propiedades adsor - bentes, ya que esta materia prima constituye un desecho al cual no se le ha dado un uso industrial apropiado en el país.

CAPITULO I

GENERALIDADES Y USOS DEL CARBON ACTIVADO

Todo material orgánico ya sea animal, vegetal o mineral, puede ser convertido en carbón activado mediante un tratamiento adecuado.

El carbón activado es simple carbón al cual se le ha dado un tratamiento especial mediante el cual se puede lograr una área superficial muy grande. Esta área superficial muestra una desarrollada estructura interna del poro; es ésta estructura la que provee al carbón activado de la habilidad de adsorber gases y de adsorber sustancias de líquidos.

Hay dos tipos de carbón activado reconocidos comercialmente:

Para fase líquida o decolorador:

El carbón es generalmente un polvo suave y ligero.

Para fase gaseosa o adsorbente de vapor.

El carbón es una densa y dura esfera o gránulo.

Dos de los objetivos fundamentales para el uso de carbón activado son los siguientes:

- 1) Eliminar de las disoluciones, impurezas que puedan causar color, olor, espuma o retardar las cristalizaciones.
- 2) Concentrar o recobrar solutos de disoluciones.

ALGUNAS APLICACIONES DEL CARBON ACTIVADO

Para fase líquida: Decoloración del azúcar.

Eliminar el color del licor es una de las principales actividades de esta industria, el carbón activado adsorbe las sustancias nitrogenadas y algunos coloides. Esto ayuda para una mejor filtración, reduce la espuma en los evaporadores e incrementa la velocidad de cristalización.

Potabilización del agua.

El cloro es comúnmente usado para potabilizar el agua, pero da un mal sabor a ésta. Se ha tratado de corregir esto tratándola con otros productos químicos pero sin resultados totalmente satisfactorios. El carbón activado en este campo ha tenido mayor aceptación pero se han encontrado problemas como el costo y el bajo -- rendimiento, cuando por un lecho fluidizado con carbón activado pasa una fuerte corriente de agua, pero no obstante, el carbón activado cobra más auge en algunas plantas industriales y filtros para la casa.

Recuperación de disolventes.

En la mayoría de las industrias se usan grandes cantidades de disolvente, los cuales al final del proceso se encuentran contaminados, algunas veces se recomienda la destilación para su recuperación; pero suele ser cara y no elimina en su totalidad a los contaminantes. El carbón activado es capaz de retener ciertos contaminantes dando una mejor utilización a los disolventes y reduciendo la frecuencia de las destilaciones.

Manufactura de llantas.

En la fabricación de llantas de cara blanca se tenía el problema de que durante el proceso, algunos aceites emigraban hacia la cara blanca manchando a ésta. Phillips (2) encontró que esta emigración podía evitarse interponiendo una capa de caucho conteniendo de 10 a 30% de carbón activado, la cual impide la emigración del aceite.

Aplicaciones farmacéuticas.

Algunos medicamentos, incluyendo antibióticos, vitaminas y -- hormonas, son o pueden ser manufacturados con la ayuda del carbón-activado.

(2) KIRK - OTHMER,

Encyclopedia of Chemical Technology.

3a. Edición, Volumen 4, 1978.

En general, el carbón activado se usa como filtro el cual retiene la sustancia bioquímica de una solución diluida, enseguida el carbón es lavado con un disolvente especial como pueden ser cetonas, alcoholes o ésteres en los cuales se disuelven las sustancias bioquímicas, las que se pueden recuperar mediante una destilación a baja presión o dándole un tratamiento especial a la disolución.

La penicilina es uno de los antibióticos que es separado y purificado en gran escala de esta manera.

El carbón activado es utilizado en el procesamiento de muchos alimentos. Este se usa generalmente para eliminar colores, olores y sabores desagradables y coloides que son la causa de la turbidez. Algunos productos tratados son: vinagre, jugo de frutas, gelatinas, aceites vegetales, cerveza, vino y whisky.

Para fase gaseosa.

Recuperación de disolventes.

El carbón activado para fase gaseosa es muy usado en la recuperación de disolventes orgánicos volátiles. Por ejemplo, la recuperación del alcohol en la producción de nitrocelulosa, de la acetona en la producción de rayón de celulosa, etc.

Purificación y separación de gases.

Muchas de las industrias que trabajan con gases usan el carbón activado para eliminar impurezas.

Las industrias que manejan gases purifican sus productos con torres de lecho fluidizado con gas a presión; las torres están rellenas de carbón activado y sus dimensiones dependen de la demanda del producto. Estas torres tienen que tener una de relevo para cambiar el carbón cuando éste se contamina.

Aplicaciones catalíticas.

La oxidación catalítica de sustancias orgánicas inorgánicas - por carbón activado es usada desde hace algunos años.

CAPITULO II

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

PREPARACION DE LA FIBRA DE COCO.

La fibra en sí no lleva ninguna preparación, tal como se encuentra se puede procesar pero por las dimensiones del equipo donde se hizo el estudio se le aplicó el siguiente procedimiento:

- 1) Se separa la cáscara dura del centro del resto de la fibra.
- 2) Se desmenuza la fibra y se deja secando al sol el tiempo suficiente para que la humedad de la fibra alcance la humedad del ambiente. El que la fibra esté o no seca, no influye en el proceso de la determinación de la temperatura de carbonización pero sí influirá en el balance de energía y probablemente en el tiempo que dura el proceso.

CARBONIZACION.

Carbonizar es la acción de someter a una sustancia orgánica - al calor en un recipiente cerrado, en donde solo puedan salir los gases. Para esto, se diseñó un aparato termogravimétrico con una mufla y una balanza (Fig. 1), con el cual se logra medir el cambio de peso de la muestra al incrementarse la temperatura. Para que no ocurra la combustión del carbón durante el proceso, se debe inyectar nitrógeno dentro del ambiente donde se carboniza la muestra.

Procedimiento de la carbonización.

Se coloca la fibra dentro del aparato termogravimétrico.

Se enciende el aparato y se toman lecturas del peso de la muestra a diferentes temperaturas.

Cuando el peso de la muestra no varía al aumentar la temperatura, se dan unos minutos más de calentamiento y se suspende la operación.

Se hace el análisis de pérdida de peso contra temperatura graficando %WR (porcentaje de peso remanente = (peso inicial - peso

final)/peso inicial) vs Temperatura y otra gráfica de A%WR (diferencia en el porciento de peso remanente = el valor del dato de peso remanente menos el valor del dato anterior) vs Temperatura.

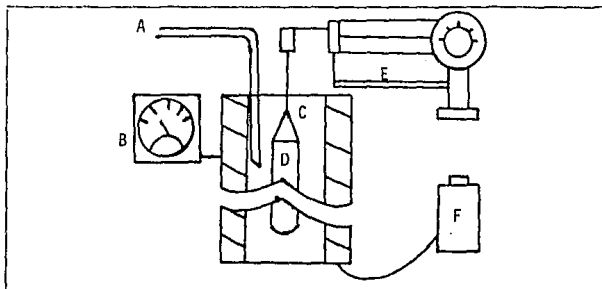


Figura 1.- Aparato termogravimétrico para la determinación de la -
determinación de la temperatura de carbonización.

- A) tubo para la inyección de nitrógeno
- B) Termómetro
- C) Mufia
- D) Canasta para la muestra
- E) Balanza
- F) Controlador de corriente.

GRANULACION.

La granulación es la acción mediante la cual se convierte una masa en gránulos y es precisamente esta parte del proceso lo que - lleva a compañías que se dedican a la fabricación de catalizadores y adsorbedores porosos, a estar ventajosamente sobre otras en el - mercado industrial].

El proceso en sí es muy sencillo, pero del agente granulante y de la forma en que se maneje dependerá que se obtenga un área -

superficial bastante grande. En nuestro caso se usó como agente granulante miel pura de abeja, la cual se escogió porque ha sido utilizada en trabajos de investigación similares a éste (5), ac---tualmente se encuentra una gran variedad de agentes granulantes.

Este procedimiento no ocupa de cantidades cuantificadas de -- miel y carbón, sino de la observación ya que cada miel varía su -- contenido de agua.

Procedimiento para la granulación.

- 1) Se pone una pequeña cantidad de miel (aproximadamente 2 ml) en un recipiente hondo y se agrega poco carbón (aproximadamente 1-g.)
- 2) Se bate la mezcla con fuerza hasta ver que se forman los gránulos, si ésto último no sucede agregar más carbón y repetir la operación.
- 3) Una vez formados los gránulos, se agrega un poco más de carbón y se bate. El objetivo de agregar más carbón es con el fin de que los gránulos no se peguen unos con otros.
- 4) Complementadas las operaciones anteriores y teniendo la cantidad necesaria de gránulos, se estabilizan éstos en la mufa a una temperatura aproximada de 600°C durante 0.5 horas en co---rriente de nitrógeno para evitar la combustión.

- (5) S. Mitsuhashi, T. Jurita, H. Kenetsuna, M. Iguchi.
 Research Institute for Polymers and textiles.
 T.E. Herrera L.- Universidad Autónoma de Guadalajara.
 "A REPORT OF INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT COOPERA---
 TION I.T.I.T. PROJECT THE UTILIZATION OF TROPICAL PLANT FIBERS"
 Abril 1982, Japón.

- 5) Ya estabilizados los gránulos se tamizan para escoger el diámetro de partícula con el que se va a trabajar (para este trabajo se escogieron los diámetros de 1.0 a 0.5 mm) y se pasa al proceso de activación.

ACTIVACION.

Es el proceso en el cual se aumenta el poder adsorbente del carbón.

Este proceso está sujeto al tiempo y a la temperatura a la cual se está llevando la activación.

Procedimiento de la activación.

- 1) Se escogen diferentes temperaturas y tiempos de activación, para evaluar su influencia en el poder adsorbente del carbón.
- 2) Una vez elaborado el plan de tiempos y temperaturas, se introduce el carbón en el aparato de activación (Fig. 2), el cual se debe de calentar previamente a la temperatura de trabajo.
- 3) Se hace fluir dentro del aparato una corriente de nitrógeno y otra de vapor de agua. Como no se contó con un medidor de flujo, no se tienen datos cuantificados de éstos pero la manera de dosificarlos fue la siguiente:

Para el nitrógeno, se contó con un sistema que consiste en burbujear gas en aceite (Fig. 2), el flujo se mantenía constante - en el momento que el gas fluía constantemente en el aceite, esto es en el momento que no se formaba burbujas en el aceite.

Para el vapor de agua, se puso en un matraz Erlenmeyer de 500 - ml, 300 ml de agua, se tapa el matraz con un tapón que tenga dos tubos (Fig. 2) se inyectó nitrógeno en el matraz, se calentó el

agua a temperatura de ebullición y se mantuvo constante el calentamiento durante todo el proceso.

- 4) Se toma el tiempo de activación que corresponde al lapso comprendido entre el inicio y la terminación de la inyección de vapor de agua dentro de la mufia.
- 5) Se registran los cambios de peso del carbón en el proceso y se grafica %PP (porcentaje en pérdida de peso) vs tiempo para una misma temperatura.
- 6) Se pasa a la prueba de adsorción.

ADSORCION.

El tipo de interacciones entre las moléculas adsorbidas y la superficie del sólido obedecen a diversas causas, desde las fuerzas débiles no polares de Van Der Waals hasta las de intenso enlace químico. Ejemplos de adsorción en los que ocurre el enlace covalente o iónico, son la de adsorción de iones de cloro en el cloruro de plata (iónico) y la de oxígeno gaseoso en metales donde se forman enlaces oxígeno metal (covalentes). En estos casos, el proceso recibe el nombre de adsorción química y generalmente se caracteriza por su alto calor de adsorción (desde 10 hasta 100 kcal por mol de gas adsorbido). La adsorción química o quimisorción, es de naturaleza altamente específica y depende de las propiedades químicas de las moléculas superficiales y de las moléculas adsorbidas. La adsorción resultante de las fuerzas débiles de Van Der Waals y de las fuerzas dipolares, no es de carácter tan específico y puede ocurrir en cualquier sistema a temperaturas bajas o moderadas. Este tipo de adsorción recibe el nombre de adsorción física y generalmente está relacionada con calores de adsorción bajos (inferiores a las 100 Kcal/mol).

Procedimiento para las pruebas de adsorción.

- 1) Se prepara una solución de 1 g de azul de metileno en 1.0 litro de agua.
- 2) Se separan 10 ml de la solución, los cuales se van a diluir convenientemente para trazar una curva de absorbencia contra concentración, usando un fotolorímetro.
- 3) Se separan porciones de 20 ml de la solución madre de azul de metileno en pequeños vasos de precipitados tantos como diferentes muestras se tengan. A cada vaso se le agrega 0.1 g de carbón activado y se le determina su adsorción con el paso del tiempo; ayudándonos de un fotolorímetro se le determina la transmitancia a la solución y en la curva de concentración contra transmitancia se le determina la concentración que le corresponde. La agitación y los cambios de temperatura pueden influir en la velocidad de adsorción, por lo que se recomienda que todas las muestras se encuentren en las mismas condiciones.
- 4) Cuando la adsorción llega al equilibrio se trazan curvas cinéticas de adsorción.

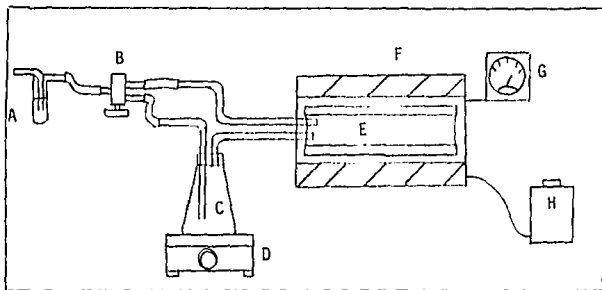


Figura 2.- Aparato para activación de carbón.

- A) Sistema para tantear el flujo de nitrógeno.
- B) Llave de paso del nitrógeno
- C) Matraz Erlenmeyer de 500 ml
- D) Estufa
- E) Tubo para el carbón
- F) Mufla
- G) Termómetro
- H) Controlador de corriente eléctrica.

MEJICION DEL AREA SUPERFICIAL (1).

La cantidad adsorbida por gramo de sólido, depende del área específica del sólido, de la concentración de equilibrio del soluto en la solución (o de la presión en el caso de adsorción de gases), de la temperatura y de la naturaleza de las moléculas implicadas. A partir de mediciones a temperatura constante, se puede obtener una gráfica de N , número de moles adsorbidos por gramo de sólido, en función de C , concentración de soluto en el equilibrio. A esta curva se le llama isoterma de adsorción.

Se han hecho grandes esfuerzos por encontrar una teoría de adsorción que explique los hechos experimentalmente observados. En algunos sistemas sencillos es aplicable una teoría establecida por Langmuir, pero solo para los casos en que no hay más que una capa de moléculas adsorbidas en la superficie. En la adsorción física de fase gaseosa se forman con frecuencia muchas capas adsorbidas a altas presiones, como es el caso del gas nitrógeno en carbón activado o gel sílice a 77 Kelvin. En la quimisorción de una fase gaseosa o en la adsorción de una solución, lo normal es la adsorción en monocapa, que se distingue por el hecho de que la cantidad adsorbida alcanza un valor máximo a concentraciones moderadas y permanece constante al aumentar la concentración. La isoterma de Langmuir (1) (ec. 1) puede ser deducida partiendo de consideraciones cinéticas o de equilibrio y es más comúnmente aplicada a la quimisorción de gases.

$$\frac{C}{N} = \frac{C}{N_m} + \frac{1}{KN_m} \quad (\text{ec. 1})$$

donde:

C = concentración del soluto en equilibrio.

N = número de moles adsorbidos por gramo de sólido para un soluto en equilibrio de concentración C .

N_m = número de moles por gramo que son necesarios para formar una monocapa.

K = es una constante a temperatura constante.

Si la isoterma de Langmuir es una descripción adecuada del -- proceso de adsorción, entonces la gráfica C/N en función de C será una línea recta con pendiente $1/Nm$. Si se conoce el área r ocupada por una molécula adsorbida sobre una superficie conocida, el -- área específica A (en metros cuadrados por gramo) está dada por la ecuación 2. (1)

$$A = Nm N_0 r \times 10^{-20} \quad (\text{ec. 2})$$

donde N_0 es el número de abogadro y r viene expresada en angstroms cuadrados.

Procedimiento para la medición del área superficial (1).

Se limpian y se secan siete matraces Erlenmeyer de 250 ml, -- provistos de tapón. Se pone 1.0 g de carbón activado (pesados al miligramo) en seis de estos matraces.

A cada matraz se le agregan 100 ml de solución de ácido acético medidos con una pipeta. Son recomendadas las concentraciones -- 0.15, 0.12, 0.09, 0.06, 0.03 y 0.015 molar. Al matraz que no contiene carbón activado, se le agregan 100 ml de ácido 0.03 molar; -- este ácido sirve de testigo. Después de tapar bien los siete matraces, se agitan periódicamente durante treinta minutos y se dejan luego en un baño de temperatura constante a 25°C durante una o varias horas para alcanzar el equilibrio.

Se filtran todas las muestras con papel filtro fino desechando los primeros 10 ml del filtrado como medida de precaución, por la posible adsorción de ácido sobre el papel filtro. Se valoran -- porciones de 25 ml con hidróxido de sodio 0.1 N empleando fenolftaleína como indicador.

(1) David P. Shoemaker, Carl W. Garland.

Cálculos.

Usando la ecuación 1, se traza la gráfica de C/N en función de C. Se dibuja la mejor recta que pase por estos puntos y se calcula Nm de la pendiente. Sabiendo que el área de adsorción del ácido acético es aproximadamente de 21 \AA^2 (1), se calcula el área por gramo de carbón según la ecuación 2.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

CARBONIZACION.

Como se menciona en el Capítulo II, la carbonización se hizo en un aparato como el esquematizado en la Fig. 1. Los datos obtenidos están reportados en la Tabla I, estos resultados se pueden apreciar mejor en la Fig. 3, donde la caída entre 290 y 360°C representa la región donde ocurre la mayor parte de la pérdida de peso.

Existen aparatos comerciales para análisis termogravimétricos, pero para los fines de este trabajo el aparato termogravimétrico -- diseñado en el laboratorio (Fig. 1) arrojó datos satisfactorios, ya que el dato que interesa en este caso es la temperatura a la cual ocurre la carbonización completa.

La Fig. 4 es otra forma de representar los datos de la carbonización, en este caso el máximo representa la mayor pérdida de peso a esa temperatura.

DATOS OBTENIDOS DE LA CARBONIZACION

La siguiente tabla es el promedio de los datos del Apéndice 1.

No.	T °C	%WR	A%WR
1	15	100	0
2	28	100	0
3	80	98.92	1.08
4	131	96.80	2.12
5	183	92.74	4.06
6	235	87.63	5.11
7	287	72.09	15.54
8	338	26.99	45.10
9	390	18.09	8.90
10	442	18.09	0

TABLA 1: Datos obtenidos del análisis termogravimétrico para el cálculo de la temperatura de carbonización.

T °C = temperatura en °C

%WR = porcentaje de peso remanente = $\frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$

A%WR = diferencia en el porcentaje de la pérdida de peso.
 = %WR(No.) - %WR(No. - 1).

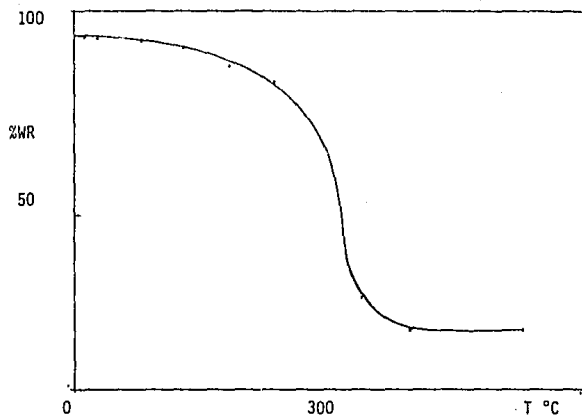


Figura 3: Relación en el porcentaje de peso remanente a diferentes temperaturas a las que es sometida la fibra del coco.

(%WR = porcentaje de peso remanente = $(\text{peso final} / \text{peso inicial}) \times 100$, T °C = temperatura en grados centígrados).

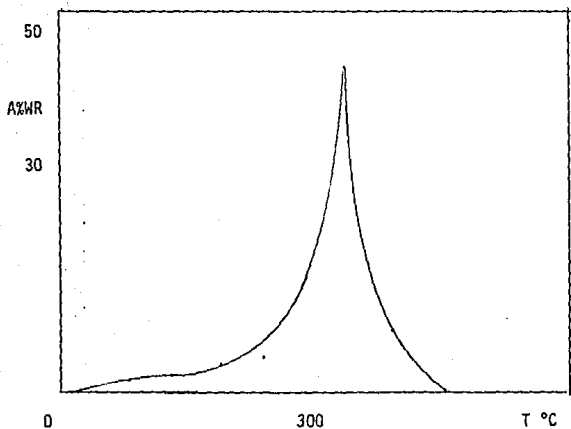


Figura 4: Diferencia en el porcentaje de peso perdido en la fibra de coco al exponerla a diferentes temperaturas.

(A%WR = diferencia en el porcentaje de peso remanente = (porcentaje en peso de la fibra remanente - el dato de porcentaje en peso de la fibra anterior).

ACTIVACION.

Se seleccionaron 3 diferentes temperaturas de activación para estudiar el efecto del tiempo de activación a una temperatura. Para la temperatura más baja se probaron tiempos de activación mayores y para la temperatura más alta, tiempos menores.

Durante la activación, también hay pérdida de peso y se encontró que el proceso de activación puede ajustarse satisfactoriamente a una cinética de primer orden de acuerdo a la ecuación:

$$W = W_0 \exp(-Kt)$$

donde W es el peso remanente en el tiempo t , W_0 es el peso inicial y K representa la constante de velocidad de primer orden del proceso de activación. En la Fig. 5 se puede observar la validez de este ajuste a la cinética de primer orden.

El cálculo de la energía de activación de los datos de la activación dió un buen ajuste a la ecuación de Arrhenius como puede observarse en la Tabla 4 y su representación gráfica en la Fig. 6.

DATOS OBTENIDOS DE LA ACTIVACION.

1) T.d.A = 700 °C			
P.I.M.=	2 g		
t.d.A =	15	30	45 minutos
P.M.F.=	1.6581	1.2855	1.2035 g
% P.R.=	82.91	64.28	60.18
2) T.d.A = 800 °C			
P.I.M.=	2 g		
t.d.A.=	10	20	30 minutos
P.M.F.=	1.2915	1.0185	0.6335 g
% P.R.=	64.58	50.93	31.68
3) T.d.A.= 900 °C			
P.I.M.=	2 g		
t.d.A.=	5	10	15 minutos
P.M.F.=	1.5035	1.0035	0.6335 g
% P.R.=	75.18	50.13	31.68

TABLA 2: Se observa la pérdida de peso a diferentes temperaturas y tiempos de activación.

T.d.A = temperatura de activación en °C

P.I.M. = peso inicial de la muestra en gramos

t.d.A = tiempo de activación en minutos

P.M.F. = peso de la muestra al final del proceso en gramos

% P.R. = porcentaje de peso remanente

$$= \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

ANALISIS DE LOS DATOS DE LA ACTIVACION

1) T.d.A. = 700 °C

t.d.A. =	15	30	45	minutos
----------	----	----	----	---------

Ln % P.R. =	4.4178	4.1632	4.0973	
-------------	--------	--------	--------	--

correlación (t.d.A vs Ln % P.R.) = 0.9478

pendiente = 0.0107

2) T.d.A. = 800 °C

t.d.A. =	10	20	30	minutos
----------	----	----	----	---------

Ln % P.R. =	4.1679	3.9304	3.4557	
-------------	--------	--------	--------	--

correlación (t.d.A vs Ln % P.R.) = 0.9820

pendiente = 0.0356

3) T.d.A. = 900 °C

t.d.A. =	5	10	15	minutos
----------	---	----	----	---------

Ln % P.R. =	4.3199	3.9156	3.4557	
-------------	--------	--------	--------	--

correlación (t.d.A vs Ln % P.R.) = 0.9993

pendiente = 0.0864

TABLA 3: Ajuste de los datos de pérdida de peso a diferentes tiempos de activación a una ecuación logarítmica.

T.d.A = temperatura de activación en °C

t.d.A = tiempo de activación en minutos

Ln % P.R. = logaritmo natural del por ciento de peso remanente en la activación.

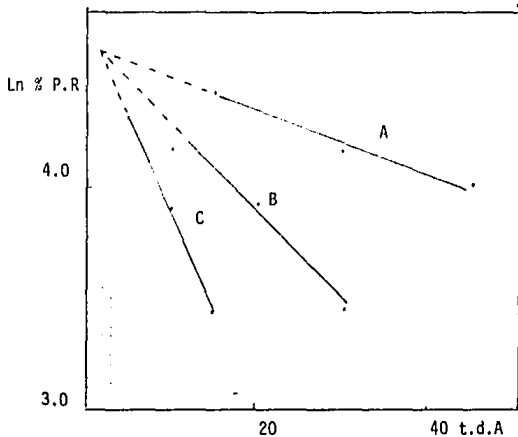


Figura 5: Ajuste de la pérdida de peso durante la activación a una ecuación logarítmica - para cada temperatura de activación.

- A) temperatura de activación 700 °C
 - B) temperatura de activación 800 °C
 - C) temperatura de activación 900 °C
- (Ln % P.R. = logaritmo natural del porcentaje de peso remanente, t.d.A. = tiempo de activación en minutos).

CALCULO DE LA ENERGIA DE ACTIVACION DE LOS DATOS DE LA ACTIVACION.

Ecuación de Arrhenius.

$$K = K_0 e^{-E/RT}$$

<u>T.d.A</u>	<u>K</u>	<u>1/T.d.A</u>	<u>Ln K</u>
700	1.07×10^{-2}	1.08×10^{-3}	- 4.537
800	3.56×10^{-2}	9.320×10^{-4}	- 3.335
900	8.64×10^{-2}	8.525×10^{-4}	- 2.449

correlación (1/T.d.A vs Ln K) = 0.9995

pendiente = $-E/R = -1.1918 \times 10^4$

energfa de activación = 23.69 Kcal

TABLA 4: Cálculo de la energfa de activación de Arrhenius con los datos de las constantes de activación para cada temperatura.

T.d.A = temperatura de activación en °C

K = constante de activación (ver Tabla 3)

1/T.d.A = inversa de la temperatura de activación en kelvin⁻¹

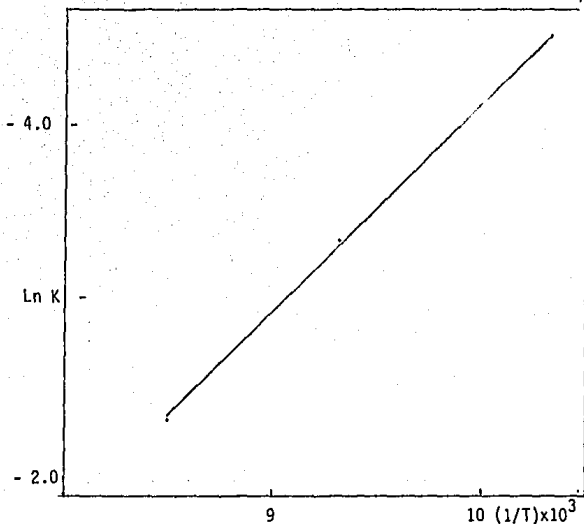


Figura 6: Ajuste de las constantes de activación de la ecuación de Arrhenius para el cálculo de la energía de activación.

(Ln K = logaritmo natural de las constantes de activación (Tabla 4, Capítulo III), 1/T = inverso de la temperatura de activación en grados Kelvin).

ADSORCION CON AZUL DE METILENO

La rapidez de la adsorción para la mayoría de los sistemas, se ve afectado por la temperatura y la agitación por lo que se tiene que cuidar que todas las muestras se encuentren en las mismas condiciones.

Los datos obtenidos de la adsorción: Tablas 5, 6 y 7, muestran cómo aumentan su correlación a una cinética de primer orden - al aumentar la temperatura de activación y también se observa que para una misma temperatura aumenta su correlación a una cinética de primer orden, al aumentar el tiempo de activación.

Por lo que podemos decir que sigue una ecuación cinética de primer orden.

DATOS OBTENIDOS DE LA ADSORCION DE AZUL DE METILENO.

1) T.d.A = 700°C

t.d.A =	15	30	45	minutos
t.A(hr)	Xa	Xa	Xa	
0	0	0	0	
4	0.218	0.218	0.338	
6.85	0.298	0.298	0.458	
23.15	0.373	0.573	0.569	
96.17	0.791	0.964	0.978	
142.67	0.853	0.987	0.991	
167.13	0.867	0.999	0.999	
238.83	0.903	--	--	
263.50	0.916	--	--	

2) t.A (hr)	Ln(1-Xa)	Ln(1-Xa)	Ln(1-Xa)
4	- 0.246	- 0.246	- 0.412
6.85	- 0.342	- 0.342	- 0.612
23.15	- 0.467	- 0.851	- 0.842
96.17	- 1.565	- 3.324	- 3.817
142.67	- 1.917	- 4.343	- 4.711
167.13	- 2.017	- 6.908	- 6.908
238.83	- 2.333	--	--
263.50	- 2.477	--	--
correlación	0.971	0.979	0.987

TABLA 5: Datos de la adsorción de azul de metileno obtenidos del Apéndice 2, Tabla 1.

T.d.A = temperatura de activación en °C

t.A(hr)= tiempo de adsorción en horas

Xa = fracción de los gramos adsorbidos de azul de metileno

t.d.A = tiempo de activación en minutos

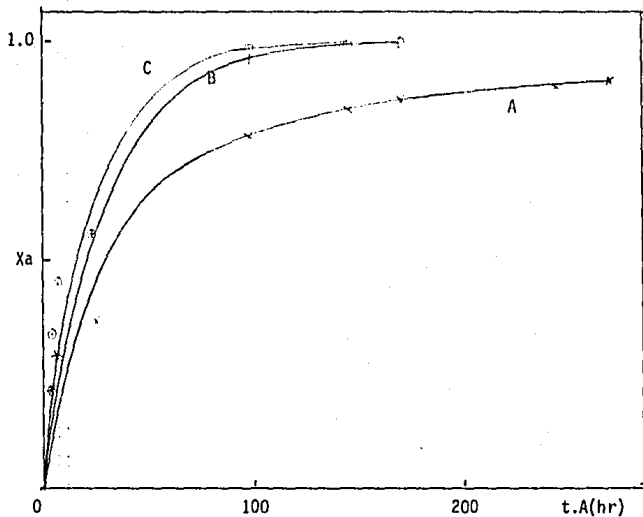


Figura 7: Representación gráfica de los datos de adsorción de -- azul de metileno con carbón activado a 700 °C

(X_a = fracción de los mg de azul de metileno adsorbi-- dos, $t.A(hr)$ = tiempo de adsorción en horas).

- A) tiempo de activación 15 minutos
- B) tiempo de activación 30 minutos
- C) tiempo de activación 45 minutos

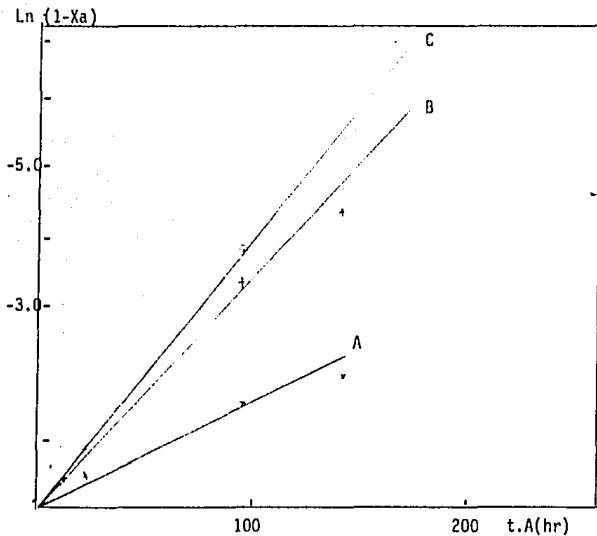


Figura 8: Ajuste de los datos de adsorción a una cinética de primer orden para la temperatura de activación de 700°C.

- A) tiempo de activación 15 minutos
- B) tiempo de activación 30 minutos
- C) tiempo de activación 45 minutos

($\ln(1-X_a)$ = logaritmo natural de la fracción remanente de los mg de azul de metileno adsorbidos, $t.A$ (hr) = --- tiempo de adsorción en horas).

DATOS OBTENIDOS DE LA ADSORCION DE AZUL DE METILENO

1) T.d.A = 800 °C

t.d.A =	10	20	30	minutos
<u>t.A(hr)</u>	<u>Xa</u>	<u>Xa</u>	<u>Xa</u>	
0	0	0	0	
4	0.218	0.267	0.267	
22	0.507	0.656	0.700	
93.08	0.898	0.973	0.984	
118.38	0.922	0.988	0.993	
164.91	0.982	0.991	0.998	
189.48	0.992	0.998	0.999	
261.10	0.997	--	--	

2) <u>t.A(hr)</u>	<u>Ln(1-Xa)</u>	<u>Ln(1-Xa)</u>	<u>Ln(1-Xa)</u>
4	- 0.246	- 0.311	- 0.311
22	- 0.707	- 1.067	- 1.204
93.08	- 2.283	- 3.612	- 4.135
118.38	- 2.551	- 4.423	- 4.962
164.91	- 4.017	- 4.711	- 6.215
189.48	- 4.828	- 6.215	- 6.908
261.10	- 5.809	--	--
correlación	0.994	0.983	0.994

TABLA 6: Datos de la adsorción de azul de metileno obtenidos del Apéndice 2, Tabla 2.

T.d.A = temperatura de activación en °C

t.d.A = tiempo de activación en minutos

t.A(hr) = tiempo de adsorción en horas

Xa = fracción de los miligramos adsorbidos de azul de metileno.

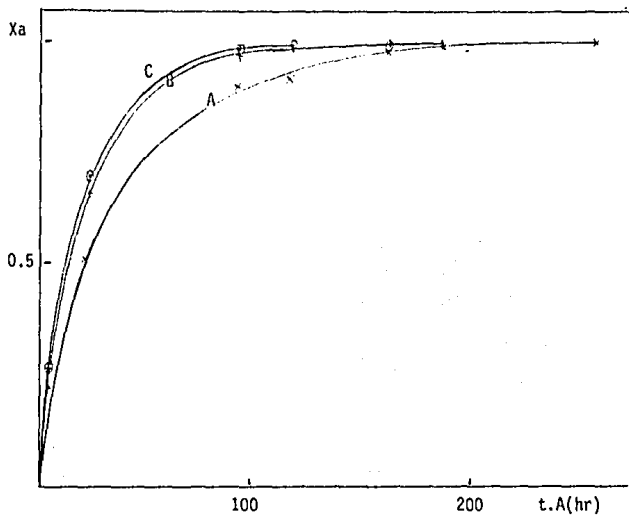


Figura 9: Representación gráfica de los datos de adsorción de azul de metileno con carbón activado a 800°C .

- A) tiempo de activación 10 minutos
- B) tiempo de activación 20 minutos
- C) tiempo de activación 30 minutos

(X_a = fracción de los mg de azul de metileno adsorbidos,
 $t.A(\text{hr})$ - tiempo de adsorción en horas).

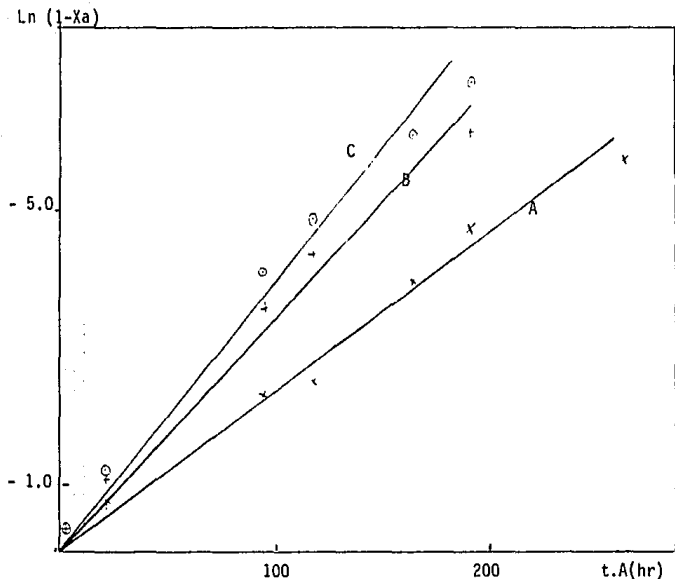


Figura 10: Ajuste de los datos de adsorción a una cinética de primer orden para la temperatura de activación a 800°C .

- A) tiempo de activación 10 minutos
- B) tiempo de activación 20 minutos
- C) tiempo de activación 30 minutos

($\ln(1-X_a)$) = logaritmo natural de la fracción remanente de los mg de azul de metileno adsorbidos,
 $t.A(\text{hr})$ = tiempo de adsorción en horas).

DATOS OBTENIDOS DE LA ADSORCIÓN DE AZUL DE METILENO

1) T.d.A = 900 °C

t.d.A =	5	10	15	minutos
<u>t.A(hr)</u>	<u>Xa</u>	<u>Xa</u>	<u>Xa</u>	
0	0	0	0	
4	0.169	0.218	0.289	
22.17	0.431	0.700	0.693	
93.13	0.840	0.976	0.977	
118.46	0.882	0.996	0.992	
141.00	0.936	0.998	0.997	
165.00	0.951	0.999	--	
189.33	0.962	--	--	
261.18	0.979	--	--	

2) <u>t.A(hr)</u>	<u>Ln(1-Xa)</u>	<u>Ln(1-Xa)</u>	<u>Ln(1-Xa)</u>
4	- 0.185	- 0.246	- 0.341
22.17	- 0.546	- 1.204	- 1.181
93.13	- 1.833	- 3.730	- 3.772
118.46	- 2.137	- 5.521	- 4.828
141.00	- 2.794	- 6.215	- 5.809
165.00	- 3.016	- 6.908	--
189.33	- 3.270	--	--
261.18	- 3.862	--	--
correlación	0.985	0.996	0.999

TABLA 7: Datos de la adsorción de azul de metileno obtenidos del Apéndice 2, Tabla 3.

T.d.A = temperatura de activación en °C

t.d.A = tiempo de activación en minutos

t.A(hr) = tiempo de adsorción en horas

Xa = fracción de los miligramos de azul de metileno adsorbidos.

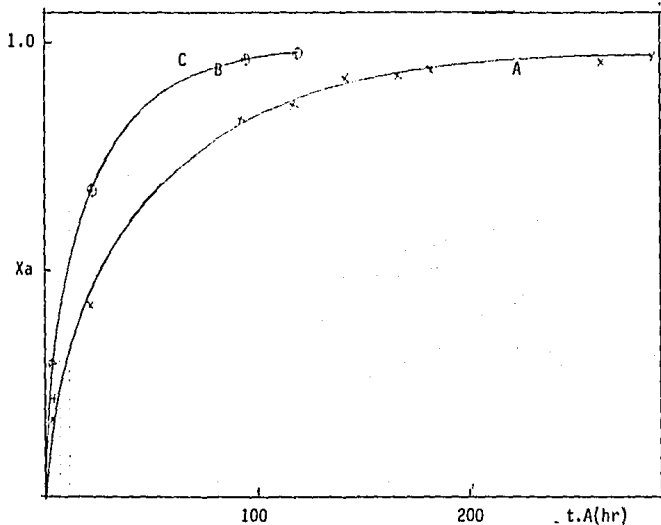


Figura 11: Representación gráfica de los datos de adsorción de azul de metileno con carbón activado a 900°C.

- A) tiempo de activación 5 minutos
- B) tiempo de activación 10 minutos
- C) tiempo de activación 15 minutos

(X_a = fracción de los mg de azul de metileno adsorbidos,
 $t.A(hr)$ = tiempo de adsorción en horas).

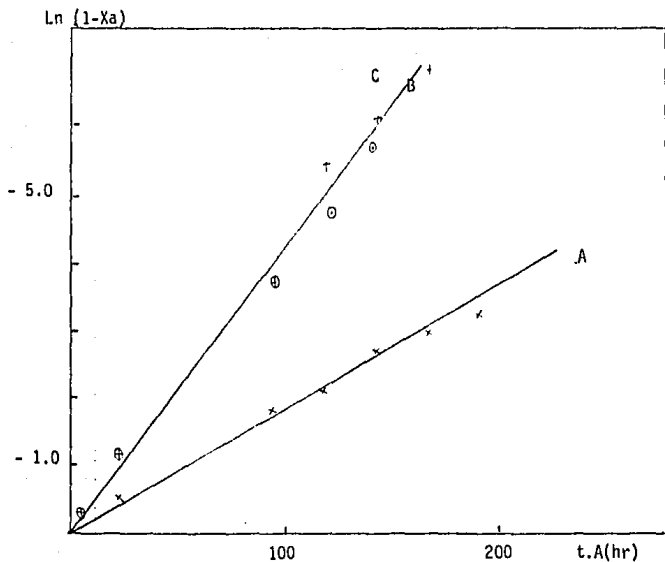


Figura 12: Ajuste de los datos de adsorción a una cinética de primer orden para la temperatura de activación de 900°C.

- A) tiempo de activación 5 minutos
- B) tiempo de activación 10 minutos
- C) tiempo de activación 15 minutos

($\ln(1-X_a)$) = logaritmo natural de la fracción remanente de mg de azul de metileno adsorbidos,
 $t.A$ (hr) = tiempo de adsorción en horas).

DETERMINACION DEL AREA SUPERFICIAL

Los resultados de la determinación del área superficial (Tabla 8), reflejan cómo al aumentar la temperatura y tiempos de acti vación, se aumenta también el desarrollo interno del poro, lo que trae a consecuencia un área superficial bastante grande, los datos del área superficial pueden apreciarse mejor en la Fig. 13.

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DEL AREA SUPERFICIAL

1) T.d.A = 700 °C

t.d.A	15	30	45
Area (m ² /g)	6229.1	6785.6	7717.1

2) T.d.A = 800°C

t.d.A	10	20	30
Area (m ² /g)	6197.5	7085.6	9849.6

3) T.d.A = 900°C

t.d.A	5	10	15
Area (m ² /g)	12648.3	17490.6	29447.0

TABLA 8: Resultados de la determinación del área superficial calculados del Apéndice 3.

T.d.A = temperatura de activación

t.d.A = tiempo de activación

Area (m²/g) = área en metros cuadrados por gramo de carbón activado.

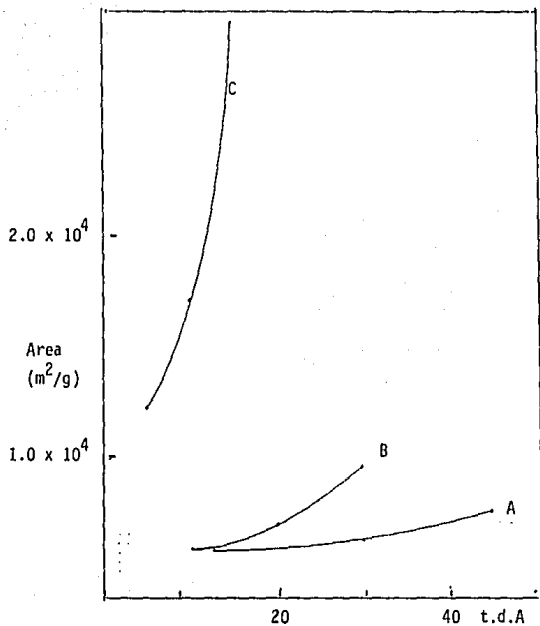


Figura 13: Representación gráfica de los datos del área superficial (Tabla 8, Capítulo III).

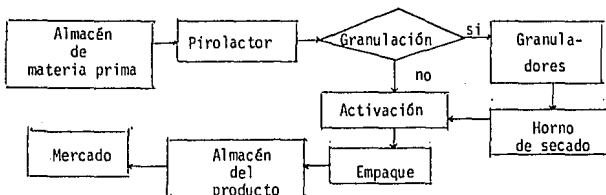
- A) Temperatura de activación 700°C
- B) Temperatura de activación 800°C
- C) Temperatura de activación 900°C.

(t.d.A = tiempo de activación en minutos).

CAPITULO IV

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE
CARBON ACTIVADO, A PARTIR DE LA FIBRA
DE COCO.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE CARBON ACTIVADO
A PARTIR DE LA FIBRA DE COCO.



Condiciones de Operación del Diagrama de Flujo.

Almacén de materia prima.- La fibra de coco al igual que la mayoría de las fibras orgánicas, cuando se resecan son altamente combustibles por eso deben de almacenarse con altas medidas de seguridad contra incendios. Una medida de seguridad para que la fibra no se reseque es tenerla húmeda.

Pirolactor.- Hay muchos tipos de Pirolactores para la producción de carbón, pero condiciones óptimas de operación para carbonizar la fibra del coco solo hay una, que consiste en exponer a la fibra a una temperatura no menor de 442°C (con aproximadamente el 3% en peso de humedad tardó en carbonizarse la fibra 20 minutos, se recomienda que se haga un estudio de la relación que pueda existir entre la humedad de la fibra y el tiempo de duración del proceso, si piensa hacer un estudio de este mismo tema).

Granulación.- La decisión de si el producto a obtener será carbón activado o en polvo, la tomaremos en el momento de saber la demanda de cada uno de ellos.

Granuladores.- Hay muchos tipos de granuladores, lo que sí es recomendable es que se realice un estudio detallado de agentes granulantes, que en éste caso se trabajó con miel pura de abeja porque fue utilizada en un trabajo similar a éste (5).

Horno de secado.- Una vez escogido el diámetro de gránulo que pasara al proceso de activación (según especificaciones del comprador), pasan los gránulos ya formados al horno de secado que debe de operar a una temperatura de 600°C durante 0.5 horas con ausencia total de aire para evitar la combustión de los gránulos durante este proceso.

Activación.- Las condiciones del proceso de la activación serán seleccionadas de los datos experimentales ó de las gráficas 3 y 11, basándonos en las necesidades del comprador.

Empaque.- El empaque para el carbón activado granulado deberá de cumplir dos requisitos:

- Que no permita el paso del aire
- Que amortigue golpes.

El empaque para carbón activado en polvo deberá de cumplir un solo requisito, el de no dejar pasar aire. En ambos casos se pueden usar bolsas de plástico ya que no permiten el paso del aire, son flexibles y son resistentes a la tensión (hay una amplia variedad de materiales para seleccionar).

Almacenamiento.- El almacenar carbón tiene sus riesgos que hay que tomar en cuenta para tener medidas de seguridad adecuadas.

Mercado.- El mercado del carbón activado hoy en día es muy amplio y variado. (Ver Capítulo I).

CONCLUSIONES

Algunas conclusiones que se pueden derivar de este Trabajo de Tesis, son las siguientes:

- Para obtener una carbonización total de la fibra del coco, es recomendable someterla a una temperatura no inferior a los 442°C - como nos lo indica la Figura 4.
- La miel de abeja al igual que toda la materia orgánica, es susceptible a la carbonización y gracias a ello resulta ser un agente granulante muy versátil, ya que permite a ciertas temperaturas un desarrollo muy grande del poro, lo cual trae como consecuencia un área superficial de considerable tamaño como puede observarse en la Figura 13.
- En la activación hay que tomar en cuenta la relación que existe en la pérdida de peso durante la activación, ya que esto puede ocasionar un elevado costo de producción si se quiere obtener carbón activado de una gran área superficial.
- La pérdida de peso durante la activación puede representarse de acuerdo a una cinética de primer orden por la ecuación:

$$W = W_0 \exp (-kt)$$
- En las Figuras 7, 9 y 11, se puede observar el incremento de la velocidad de adsorción de azul de metileno por carbón activado a diferentes tiempos y temperaturas, muchas veces ese incremento en la velocidad de adsorción perjudica nuestro proceso porque al aumentar la velocidad de adsorción disminuye la vida del adsorbente y este es un factor muy importante en la producción de carbón activado.
- La producción de carbón activado a partir de la fibra del coco, puede ser costeable ya que la materia prima necesaria se consi- gue a un precio realmente bajo o nulo.

APENDICES

APENDICE 1.

TABLA 1.- Datos obtenidos del análisis termogravimétrico.

(T °C = temperatura en °C, %WR = porcentaje de peso remanente = (peso final/peso inicial) x 100).

<u>T °C</u>	<u>1a. corrida</u>	<u>2a. corrida</u>	<u>3a. corrida</u>	<u>4a. corrida</u>
	<u>%WR</u>	<u>%WR</u>	<u>%WR</u>	<u>%WR</u>
15	100	100	100	100
28	100	100	100	100
80	97.07	99.29	99.17	97.76
131	90.13	98.58	98.13	93.29
183	85.07	92.91	92.95	86.80
235	81.07	83.45	87.55	81.88
287	64.80	67.61	61.83	69.13
338	21.09	22.93	25.52	26.62
390	13.07	14.18	12.03	13.20
442	13.07	14.18	12.03	13.20

<u>T °C</u>	<u>5a. corrida</u>	<u>6a. corrida</u>	<u>7a. corrida</u>	<u>8a. corrida</u>
15	100	100	100	100
28	100	100	100	100
80	100	99.38	100	98.71
131	98.82	99.17	98.83	97.42
183	97.65	97.30	94.64	94.59
235	92.94	93.15	89.98	90.98
287	78.82	77.18	79.49	77.84
338	31.76	29.88	30.07	28.09
390	23.06	25.73	23.31	20.10
442	23.06	25.73	23.31	20.10

APENDICE 2.

TABLA 1: Datos obtenidos de la adsorción de azul de metileno.

(T.d.A = temperatura de activación, t.d.A = tiempo de activación en minutos, X = mg de azul de metileno sin adsorberse, t.A(hr) = tiempo de adsorción en horas).

T.d.A = 700°C

t.d.A =	15	30	45
t.A(hr)	X	X	X
0	3	3	3
4	2.347	2.347	1.985
6.85	2.130	2.130	1.627
23.15	1.880	1.280	1.293
96.17	0.627	0.107	0.067
142.67	0.440	0.040	0.027
167.13	0.400	0.003	0.002
238.83	0.290	0.002	0.002
263.50	0.253	--	--

APENDICE 2.

TABLA 2: Datos obtenidos de la adsorción de azul de metileno.

(T.d.A = temperatura de activación, t.d.A = tiempo de activación en minutos, X = mg de azul de metileno sin adsorberse, t.A(hr) = tiempo de adsorción en horas).

T.d.A = 800°C			
t.d.A =	10	20	30
t.A(hr)	X	X	X
0	3	3	3
4	2.347	2.200	2.200
22	1.480	1.033	0.900
93.08	0.307	0.080	0.047
118.38	0.233	0.037	0.020
164.91	0.053	0.027	0.007
189.48	0.023	0.007	0.004
261.10	0.010	--	--
285.71	0.009	--	--

APENDICE 2.

TABLA 3: Datos obtenidos de la adsorción de azul de metileno.

(T.d.A = temperatura de activación, t.d.A = tiempo de activación en minutos, X = mg de azul de metileno sin adsorberse, 5.A(hr) = tiempo de adsorción en horas).

T.d.A = 900°C

t.d.A =	5	10	15
t.A(hr)	X	X	X
0	3	3	3
4	2.493	2.347	2.133
22.17	1.707	0.900	0.920
93.13	0.480	0.073	0.064
118.46	0.353	0.026	0.024
141.00	0.193	0.013	0.009
165.00	0.147	0.007	--
189.33	0.113	0.004	--
261.18	0.064	0.001	--
285.80	0.046	--	--

APENDICE 3.

TABLA 1: Datos para la determinación del área superficial.

(T.d.A = temperatura de activación, t.d.A - tiempo de activación en minutos, C = concentración del soluto en el equilibrio, N = número de moles adsorbidas por gramo de sólido para una C)

T.d.A = 700°C

t.d.A = 15 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1545	10.3000	correlación (C vs C/N) = 0.9672
2	0.1243	10.2863	despreciando 3
3	0.0950	6.4626	pendiente = 20.3052 = 1/Nm
4	0.0421	8.1779	Nm = 0.0492

t.d.A = 30 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1544	9.9793	correlación (C Vs C/N) - 0.9822
2	0.1207	9.4920	
3	0.0886	9.0704	pendiente = 18.6398 = 1/Nm
4	0.0722	8.6612	Nm = 0.0536
5	0.0411	7.8018	

t.d.A = 45 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1545	9.9935	correlación (C Vs C/N) - 0.9997
2	0.1207	9.4950	despreciando 5
3	0.0878	8.9011	pendiente = 16.39 = 1/Nm
4	0.0722	8.6612	Nm = 0.0610
5	0.0402	7.4777	

APENDICE 3.

TABLA 2: Datos para la determinación del área superficial.

(T.d.A = temperatura de activación, t.d.A = tiempo de activación en minutos, C = concentración del soluto en el equilibrio, N = número de moles adsorbidas por gramo de sólido para una C).

T.d.A = 800°C

t.d.A = 10 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1554	10.1225	correlación (C vs C/N) = 0.9694
2	0.1225	9.8000	despreciando 4
3	0.0896	9.2869	pendiente = 20.4088 = 1/Nm
4	0.0740	9.1133	Nm = 0.049
5	0.0411	7.8018	

t.d.A = 20 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1545	9.9935	correlación (C vs C/N) = 0.9943
2	0.1198	9.3419	despreciando 5
3	0.0878	8.9011	pendiente = 17.8506 = 1/Nm
4	0.0713	8.4439	Nm = 0.0560
5	0.0402	7.4777	

t.d.A = 30 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1572	5.1929	correlación (C vs C/N) = 0.9999
2	0.1262	5.2339	despreciando 1 y 2
3	0.0951	5.2904	pendiente = 12.841 = 1/Nm
4	0.0777	5.0612	Nm = 0.0779
5	0.0448	4.6434	

APENDICE 3.

TABLA 3: Datos para la determinación del área superficial.

(T.d.A - temperatura de activación, t.d.A = tiempo de activación en minutos, C = concentración del soluto en el equilibrio, N = número de moles adsorbidas por gramo de sólido para una C).

T.d.A = 900°C

t.d.A = 5 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.1015	4.6517	correlación (C Vs C/N) = 0.9980
2	0.0804	4.5807	despreciando 2 y 5
3	0.0481	4.2842	pendiente = 10.0041 = 1/Nm
4	0.0594	4.4756	Nm = 0.1000

t.d.A = 10 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.2353	11.3759	correlación (C Vs C/N) = 0.9686
2	0.1639	11.2476	despreciando 1
3	0.1361	10.4467	pendiente = 7.2315 = 1/Nm
4	0.0887	9.9484	Nm = 0.1383
5	0.0398	7.9536	

t.d.A = 15 minutos

<u>No.</u>	<u>C</u>	<u>C/N</u>	
1	0.2390	5.9042	correlación (C Vs C/N) = 0.9999
2	0.1676	5.9315	despreciando 1 y 2
3	0.1421	5.7727	pendiente = 4.2973 = 1/Nm
4	0.0932	5.5635	Nm = 0.2328
5	0.0451	5.1625	

BIBLIOGRAFIA

- 1) DAVID P. SHOEMAKER, CARL W. GARLAND
Experimentos de Físicoquímica.
1a. Edición en español, Editorial UTEHA, 1968.
- 2) KIRK - OTHMER
Encyclopedia of Chemical Technology.
3a. Edición, Volúmen 4, 1978.
- 3) T.C. COLLOCOTT, M.A.
Diccionario Científico y Tecnológico Chambers
Tomo I, Ediciones Omega, S. A., Barcelona, 1979.
- 4) SAMUEL H. MARON, CARL F. PRUTTON.
Fundamentos de Físicoquímica.
1a. Edición, Editorial Linusa, S. A., México, 1980.
- 5) S. MITSUHASHI, T. KURITA, H. KENETSUNA, M. IGUCHI, RESEARCH
INSTITUTE FOR POLYMERS AND TEXTILES, T.E. HERRERA L., UNIVER
SIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA.
A Report of International Research and Development Cooperation
I.T.I.T. Project the Utilization of Tropical Plant Fibers.
Abril 1982, Japón.