



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**“Contribución al Estudio Técnico sobre Secadores  
por Atomización”**

**Carlos Bazán Villegas**

**INGENIERO QUIMICO**

**1 9 7 3**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.

MF 33





A MI ESCUELA, MAESTROS Y AMIGOS .

. LAS \_\_\_\_\_  
A 22 \_\_\_\_\_  
P 23 CHA \_\_\_\_\_  
P 24 C \_\_\_\_\_  
2 \_\_\_\_\_



QUINTA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE Prof. : Enrique García Lopez  
VOCAL Prof. : Cutberto Ramirez  
SECRETARIO Prof. : Roberto Andrade Cruz  
1er.SUPLENTE Prof. : Jorge Martínez Montes  
2do.SUPLENTE Prof. : Lucia Arciniega Carrillo

TEMA DESARROLLADO EN: Industria Química de Proceso,S.A.de C.v.  
S U S T E N T A N T E: Carlos Bazán Villegas.  
ASESOR DEL TEMA : Ing. Roberto Andrade Cruz.

# I N D I C E

## CAPITULO I

- I.- Introducción

## CAPITULO II

- II.- Generalidades

- 1.- Características del secado por Atomización
- 2.- Principios del Secado por Atomización
- 3.- Variables del Secado por Atomización

## CAPITULO III

- III.- Diversos medios de Atomización

- 1.- Boquillas de atomización por presión
- 2.- Boquillas de atomización en abanico
- 3.- Boquillas de dos fluidos
- 4.- Atomizadores de rotación

## CAPITULO IV

- IV.- Diferentes tipos de Secadores por Atomización

- 1.- Diseño General
- 2.- Diseño de la Cámara de secado y del flujo del aire.
- 3.- Equipos Accesorios
- 4.- Secadores por Atomización de Laboratorio
- 5.- Descripción de un sistema de secador por Atomización
- 6.- Propiedades de algunos productos secados por Atomización.

#### CAPITULO V

V.- Costos de los Secadores por Atomización.

- 1.- Diversos factores que afectan los costos.

#### CAPITULO VI

VI.- Bibliografía

## CAPITULO I

### I.- INTRODUCCION

El secado por atomización, se consideraba anteriormente, como un proceso económico, cuando se trataba de productos que requerian secado instantaneo, o sea sensibles al calor. Sin embargo, con su utilización en el campo de las arcillas, silicatos, cerámica, fosfatos y otros materiales inertes, con precios de \$ 4.00 a \$5.00 o menores el kilogramo, este sistema de secado es adecuado en un campo amplio de procesos y productos.

Este método es casi una operación instantanea para obtener un producto seco a partir de una solución o pasta, obteniéndose por medio de la atomización del líquido en un rocío fino, mezclándose luego con una corriente de aire caliente, separándose a continuación el polvo seco de este. Por lo cual proporciona el calor latente de evaporación, que elimina la humedad del producto. El lapso de tiempo para la operación completa esta en el orden de 5 a 30 segundos, en la mayoría de las operaciones comerciales.

Sin embargo, conforme se van conociendo las propiedades de este método, así como la amplia gama de sus aplicaciones, va abriéndose paso rapidamente entre los tipos convencionales, ya que elimina pasos de operación, ahorrándose tiempo y dinero, además de dar

(2)

ciertas propiedades específicas al producto. Siendo la razón del presente trabajo, de dar a conocer este tipo de secador relativamente nuevo, aunque se emplea con éxito en la Industria Alimenticia y Farmaceutica, mientras que su uso es casi nulo en la Industria Química tanto orgánica como inorganica de nuestro país , a pesar de tener muchas ventajas sobre los demás.

## CAPITULO II

### II.- GENERALIDADES

En la figura No. 1, se describe un diagrama del - secador, con adición de un sistema de transporte neumático, que sirve como acondicionamiento del mismo. El ventilador de succión principal - introduce aire al sistema, creando una presión negativa, que evita fugas del polvo seco por las juntas, permitiendo a la vez la apertura de regis- tros de inspección del equipo. La operación principal consiste en la a- tomización o pulverización de la alimentación en el interior de la cáma- ra de secado por medio de una boquilla o disco centrífugo, efectuandose a continuación la mezcla íntima del aire caliente con el producto atomi- zado, permitiendo un secado rápido.

Por otro lado, en el quemador, el aire alcanza la temperatura deseada, de entrada al secador, pasando luego a la cámara de secado donde se evapora la humedad necesaria del producto, y por ende, - se enfría a la temperatura de salida.

El producto seco se separa del aire en el ciclón de colección del mismo, mientras que el aire y la humedad se envían a la atmósfera. El equipo de transporte neumático, se emplea bastante en es- te tipo de secado, siendo su propósito conducir el producto a su lugar - de envase o bien enfriarlo, o ambas cosas. Además de poder adicionar mo- dificaciones a la cámara de secado u otros componentes, para variar resul-

(4)

tados a costos óptimos. Notándose aquí , una gran versatilidad a este sistema, mismo que se indicará en la parte de diseño.

Este tipo de secado ha tenido buen rendimiento en la Industria Lechera, desde el siglo pasado, aunque su utilización en la Industria Química data solamente de los últimos cuarenta a cincuenta años. Siendo actualmente una operación unitaria importante en el campo de la Química, Alimentación, productos Farmacéuticos, cerámica, etc.

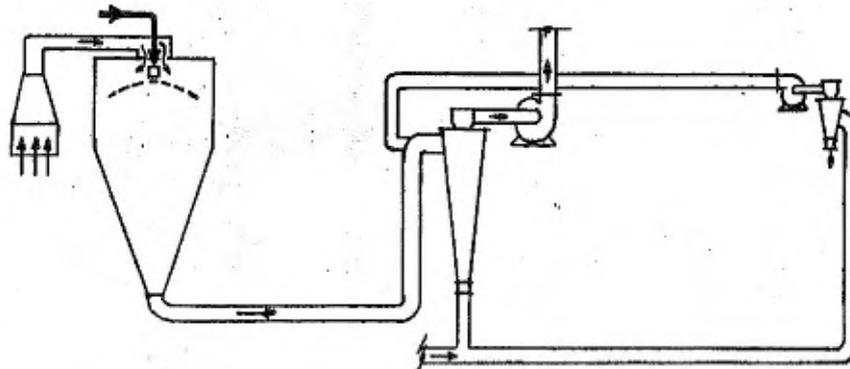


Figura No. 1

SECADOR POR ATOMIZACION Y EQUIPOS ACCESORIOS

FACULTAD DE QUIMICA

Carlos Bazán Villegas

Febrero de 1973

## II. 1 .- CARACTERISTICAS DEL SECAOO POR ATOMIZACION

Para esto, es necesario destacar que las siguientes características, pueden ser ventajosas para algun material o proceso, mientras que pueden ser desventajasos para otros.

- a) El secado por atomización es una operación de una sola etapa, que transforma el líquido tratado en un producto seco. Frecuentemente elimina, en relación con otros procesos, operaciones tales como las de precipitación, cristalización, centrifugación, filtración, molienda, - clasificación y tal vez bombeado adicional, almacenamiento y captación de polvo, asociados al mismo.
- b) El proceso es continuo, aunque puede operar con materias primas de un proceso anterior.
- c) Los costos de mantenimiento son bajos porque hay pocos mecanismos en movimiento, además que esta operación de - secado es limpia.
- d) Los costos de operación son igualmente bajos, pues solo es necesario un operario, incluso en grandes instalaciones. Como la evaporación se realiza con ligero vacío, es facil conservar elequipo y la zona proxima, completamente - limpia.
- e) La corrosión es reducida o eliminada, debido a que el pro

(7)

- ducto no se encuentra en contacto con las superficies del equipo antes de estar seco. Esto permite la selección de materiales de construcción más baratos.
- f) En los diseños de corriente en paralelo, como veremos más adelante, las temperaturas superficiales de la cámara de secado son bajas, excepto en la entrada de aire caliente, debido a la evaporación extremadamente rápida que enfría dicha entrada casi a la temperatura de salida del aire, a partir de unos cuantos centímetros del punto de atomización. Esta característica restringe aun más la corrosión que pueda sufrir el equipo.
- g) La mayoría de los materiales al secarlos por atomización, toman formas esféricas uniformes, por lo cual el producto es menos polvoriento además de fluir como un líquido en comparación con otros obtenidos por diversos tipos de secado y que ocasionan pérdidas por material de desecho o necesitar tratamiento ulterior.
- h) La naturaleza porosa o de concavidades de la partículas de tamaño uniforme, hacen que tengan una densidad aparente más baja, que los obtenidos por otros procesos.
- i) Un producto secado por atomización posee mayor solubilidad y capacidad de reacción, por su tamaño uniforme y estructura porosa.
- j) El secado por atomización tiene especial predisposición a preservar la calidad del producto, ya que es rápido, especialmente cuando se realiza en corriente en paralelo, las partículas permanecen con humedad en la zona de alta temperatura, terminandose la evaporación, aproximadamente a la temperatura del punto de rocío.
- k) SE obtiene alta pureza al minimizar la entrada de sustancias extrañas ( 5 ppm o menores ).

(8)

- l) En el secado por atomización es un proceso en suspensión por aire y por esta causa hay poco producto que grave sobre el equipo.
- m) Es posible enfriar el material, ya sea en el secador o en los ductos de transporte, incluso posteriormente a la separación del producto de la corriente de aire de secado, protegiendolo cuando sea sensible al calor.
- n) También es posible recubrir el producto tratado por atomización, de una capa protectora para sustancias volátiles o sensibles al calor, prolongando su vida o retrasando su reactividad.
- o) Un secador diseñado para una actividad específica, puede ser usado para secar un gran número de otros productos.
- p) Es posible modificar las variables de operación para regular las cualidades del producto. Pudiendose fijar una humedad final entre un 20 a 0.2%, e incluso inferior, ya sea del producto y las condiciones de trabajo. La densidad aparente se puede regular por variación de temperaturas y del tamaño de las partículas, por cambios en la atomización.
- q) La instalación se puede arrancar o parar rápidamente, debido a la naturaleza de la operación, y a la pequeña cantidad de material en proceso por la rapidez del mismo.
- r) Este secado se puede someter a ciclo cerrado, operando con gas inerte y solventes sobrecalentados, como medio de secado. Pudiendose recuperar estos, reduciendo las posibilidades de explosión o productos sensibles a oxidación.

## 11.2.- PRINCIPIOS DEL SECADO POR ATOMIZACION.

En todas las operaciones de secado, se habla de productos disueltos o en pastas, siguiendo la técnica del secado por aire caliente o de productos de combustión con aire en exceso, y a presión atmosférica, utilizando agua como solvente y aire como gas de secado.

Sin embargo, en algunas instalaciones se emplean otros solventes y medios de secado, incluso operando satisfactoriamente a presiones más altas del orden de 4 a 5 atmósferas. En el caso de solventes distintos al agua, su evaporación puede ser prohibitiva, en cuyo caso se precisa un sistema de recirculación que incluye la recuperación del líquido. En tales sistemas, el medio de secado puede ser el mismo solvente sobrecalentado o bien un gas inerte.

El gran incremento en el uso del secado por Atomización, es debido a su mayor economía sobre el resto de los demás procedimientos, así como las características óptimas del producto seco. Este método se puede aplicar a cualquier líquido, incluso pastas, mientras pueda ser bombeado. La relación que hay de gran superficie al volumen de las gotas, en íntimo contacto con el medio de evaporación a alta velocidad, consigue el secado de una inmensidad de productos, algunos de los cuales no se pueden transformar en polvo seco por ningún otro procedimiento.

Las publicaciones técnicas iniciales, generalizaron el hecho de que el secado por atomización reducía su aplicación al caso

de materiales sensibles al calor o que no pudiesen ser tratados por otros procedimientos, debido a la economía de calor que representaba.

Es interesante destacar que en recientes artículos y reediciones, se ha eliminado la limitación expresada. Las mejoras en el diseño del secador por atomización han sido en parte las causantes de su generalización, aunque se ha comprobado que la eficiencia calorífica de estas plantas están buena o incluso superior al resto de los demás secadores. Ya que se pueden aplicar temperaturas de secado más altas sin degradación del producto, y realizar una evaporación en una fracción de tiempo reducida, que mantiene la temperatura del producto baja.

Otra aplicación del secado por atomización es la solidificación de partículas. Los productos fundidos se pueden "congelar" - en un polvo fino de tamaño uniforme, en cualquier tipo de cámara. Sin embargo utilizando una disposición a contracorriente proporciona mejores resultados. El producto fundido se atomiza inyectándose, mezclado a la corriente de aire en la cámara de secado, pudiéndose aplicar las mismas técnicas. El medio refrigerante extrae las calorías suficientes para originar la "congelación" y enfriarlo a la temperatura inferior al punto de fusión.

En la mayoría de las aplicaciones, el aire ambiente puede servir de refrigerante, aunque en el caso de materiales de bajo punto de fusión es necesario utilizar aire previamente enfriado. Ocasionalmente, un producto de alto punto de fusión puede exigir aire recalentado para evitar la "congelación" antes que la atomización conveniente se haya producido o bien impedir el endurecimiento de las gotas, que re

(11)

tardaría el enfriamiento posterior, debido a la menor conductividad térmica de la película sólida. Las partículas tratadas por esta técnica son esferas densas, como son deseadas. Una gama amplia de productos - son tratados de esta forma, y sus costos de funcionamiento son bajos, comparados con el secado convencional, por tener costos de mantenimiento también bajos.

### 11.3.- VARIABLES DEL SECADO POR ATOMIZACION

#### A) Variaciones de la Alimentación.

La alimentación puede provenir de una solución, emulsión o bien de una pasta. De hecho todos los materiales pueden ser tratados, siempre que puedan ser bombeados, incluyendo algunas pastas densas o gales. Desde luego, el tener una alimentación uniforme es muy importante para este método más que para otros, y a veces es necesario reducir la viscosidad, deaerarse o bien dispersarse. Además de que en cierto tipo de alimentaciones, el operar con bajos porcentajes resulta más económico debido a una mejora al hacer la atomización, por lo cual es necesario, siempre hacer pruebas piloto a los materiales que se desean secar.

#### B) Evaporación de la Humedad.

La humedad a extraer, se puede clasificar en: Libre, Interna y de Constitución o Molecular. La primera es la que se encuentra sobre la superficie o bien que puede difundirse a la superficie a una velocidad suficiente que mantenga la relación constante de secado.

Durante dicho período, el calor sensible proporcionado por el aire es igual al calor latente exigido para la evaporación del líquido, y a la partícula a secar permanece aproximadamente a la temperatura de rocío. Al llegar al "contenido crítico de humedad" el sistema inicia el período

do de disminución de la relación de evaporación, durante el cual la extracción de humedad remanente determina una partícula "semiseca", cuya superficie cesa de estar húmeda. La temperatura y el gradiente de humedad en el producto son variables dominantes, y la temperatura puede llegar a elevarse por encima del punto de rocío para poder conducir la humedad interna desde los intersticios de aquel.

La extracción de la humedad de constitución, como el agua de cristalización, puede exigir un aumento adicional de la temperatura de la partícula. En algunas ocasiones, por una razón u otra puede ser necesario el secado hasta esos extremos. Pudiéndose conseguir con un secado posterior o bien por introducción del mismo en una corriente de gas calentado o acondicionado convenientemente. El polvo se transporta con el gas durante el recorrido exigido por la "permanencia a temperatura", separándose a continuación de la corriente de gas.

Los productos presentan un amplio rango de diferencias en cuanto a sus características de secado, ya que se pueden secar más rápidamente, aquellas que permiten una mayor diferencia entre las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, determinando por esto, una mayor economía en el consumo de combustible.

#### C) Consideraciones sobre la Cámara de Secado.

Al hacer la operación de secado, este debe ser completo antes de que las partículas del material toquen las paredes del secador, evitando que se adhiera a estas. Por lo que si hay poca distancia entre

el atomizador y las paredes, tendrán que formarse gotas muy pequeñas. \_

Casi sin excepción, los secadores operan sin que se les adhiera producto a sus paredes, contando además que por sus características de flujo, hace posible manejar productos con altas proporciones de humedad.

Por supuesto, se pueden operar económicamente con grandes alimentaciones, a expensas de que haya material adherido, y por consiguiente ocurran muchos tiempos muertos ocasionados por limpieza de las paredes y accesorios del atomizador. Aunque hay además accesorios adecuados para efectuar esta limpieza, que actúan contra la calidad del producto y por tanto, habrá costos más altos por mantenimiento.

Por lo que será necesario hacer pruebas piloto, tanto para el producto como para los equipos, que sean considerados como adecuados, operándolos a una alimentación máxima y con una exposición del recorrido óptimo de la partícula para así obtener las características deseadas del producto.

#### D) Propiedades del producto.

Las propiedades del producto seco, que tienen que ser consideradas son : 1) DENSIDAD APARENTE 2) HUMEDAD 3) TAMAÑO DE PARTICULA 4) DUREZA 5) FLUIDEZ 6) SOLUBILIDAD . Las cuatro últimas se encuentran relacionadas entre sí.

El obtener partículas de naturaleza esférica y tamaño uniforme da resultados buenos de fluidez , con la consiguiente eliminación

de los finos, lo que es conveniente para el caso de los pigmentos. Ocasiona además que la solubilidad sea mayor porque no hay partículas pequeñas entre o junto a otras más grandes, que bloqueen el paso del líquido, siendo mejorada esta propiedad al obtener esferas huecas o porosas.

La densidad aparente es más baja comparada con otros métodos de secado y es ocasionada por la formación de esferas relativamente uniformes y por ser porosas o huecas.

El contenido de humedad final, que es a menudo de importancia crítica, que aquí puede ser controlada, al ser regulada la cantidad de alimentación, así como la temperatura de secado. Ya que a cierta temperatura del aire de entrada, con una determinada concentración de la solución, puede obtenerse una humedad final más baja, elevándose por consiguiente la temperatura del aire de salida. Ahora si se quieren humedades más bajas, puede emplearse una operación de secado secundario que es desde luego más barata, por requerir flujos de aire más bajos.

Por otro lado, el tamaño de las partículas secas se pueden variar con la alimentación y la tendencia de la misma a aglomerarse o expandirse. Por lo anterior, en el caso del café soluble, pueden producirse partículas a un tamaño promedio de 300 micras o más. Así como otros materiales pueden obtenerse en tamaños más pequeños o con otras técnicas especiales de atomización.

De particular importancia, es la densidad como el tamaño de partícula en algunos productos que tienden a formar una película cuando provienen de soluciones que se evaporan, ya que al formarse dicha película, el vapor generado por la evaporación interior causa una expansión que incluso llega a romper dicha película, creando esferas del tipo de cascarrón.

Esta situación es muy conveniente en algunos casos, al diseñar el flujo del aire de secado en paralelo con el producto atomizado. Ocasionalmente que los gases calientes golpeen las esferas fluidas tan pronto como se van formando, secándose la superficie y propiciando la formación de una película. Mientras que al conducir el aire a contracorriente se reduce esta tendencia, debido a que las gotitas formadas entran en contacto con el aire de salida, que es más frío y húmedo. De esta manera, se secan más lentamente al principio y retardándose por tanto la formación de la película.

#### E) Propiedades del Control del Producto.

Las partículas de este tipo de secado, son generalmente esféricas (algunas veces con porcentajes variados de fragmentos esféricos), debido a que se forman gotas esféricas. Aunque no siempre se trata de soluciones, puede obtenerse esferas porosas, mientras que en las pastas pueden producirse macizas.

Cualquier tendencia a aglomerarse a las condiciones de trabajo, así como los aglomerantes contenidos intencionalmente o accidentalmente en la alimentación, determinan una influencia importante en el tamaño y forma del producto seco.

Siempre es posible ejercer el control de las características del producto seco en algún grado, bien actuando sobre el diseño de la planta o sobre las condiciones de trabajo. El control operacional

se ejerce ajustando el tamaño de la gota ( grado y tipo de atomización ), la relación del aire de secado-alimentación, temperatura del mismo y porcentaje de agua en el líquido inicial. Algunas de las propiedades de la alimentación influyen en las del producto seco como el porcentaje de sólidos , contenido gaseoso, temperatura, viscosidad, tensión superficial, tendencia a la formación de una película, etc.

## III.- TIPOS DE ATOMIZADORES

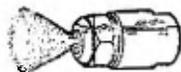
En los procesos de la industria Química, se emplean bastante las operaciones con atomización de líquidos, no solamente en Producción, sino también en Tecnologías de operaciones como : Metalurgia, combustión para propulsión y calentamiento, recubrimientos y procesos alimenticios. Desde luego, en estos campos, algunas operaciones pueden ser simples o muy complejas, que requieran de un análisis cuidadoso. A pesar de todo esto, existe poca información al respecto.

Por todo lo anterior, veremos los factores más prácticos de los atomizadores, que tienen que considerarse al diseñar u operar sistemas en que los incluyen. Siendo estos los que a continuación se indican :

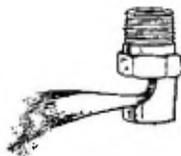
- 1.- Formación de pequeñas gotas con gran formación de superficie de area.
- 2.- Distribución del líquido con un patron específico de atomización.
- 3.- Medición y control del paso del líquido.
- 4.- Generación del alta velocidad del líquido.

Al menos algunas de estas funciones quedan envueltas en cualquier proceso industrial de atomización.

La selección del atomizador óptimo depende de las funciones específicas requeridas, ya que hay una variedad interminable de los servicios, que se han desarrollado para atomizar líquidos, en cambio - para los atomizadores solo hay unos cuantos tipos básicos. Ver figura - No. 2 y 3. Mismos que a continuación veremos.



BOQUILLA DE ATOMIZACION POR PRESION  
( UN SOLO FLUIDO )



BOQUILLA DE ATOMIZACION EN ABANICO



BOQUILLA DE ATOMIZACION NEUMATICA  
( DOS FLUIDOS )

Figura No. 2	BOQUILLAS DE ATOMIZACION	Facultad de Química
		Carlos Bazán V.
		Febrero de 1973

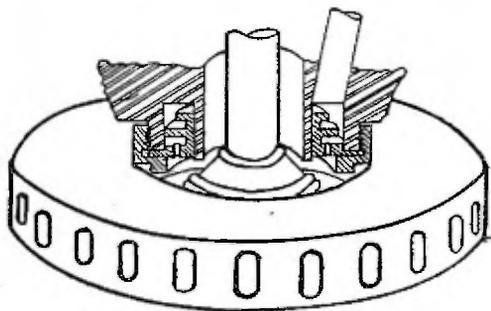


Figura No. 3

DISCO DE ATOMIZACION CENTRIFUGA  
O DE ROTACION

Facultad de  
Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

### III. 1.- BOQUILLAS DE ATÓMIZACION POR PRESION ( Un solo fluido )

Las boquillas de presión por centrifugación, convierten la energía del líquido presurizado en una película en remolino a alta velocidad, que se rompe en ligamentos y luego en gotas fuera de la boquilla. Debido a este mecanismo de ruptura, se forman gotas de diferentes tamaños que van de 1 ó 2 micras hasta cientos en diámetro.

Esto se aprecia en la Figura No.4, la cual muestra una distribución del tamaño de las gotas para una boquilla de cono hueco. Aquí el diámetro máximo es de 300 micras, pero también se producen muchas que son menores de 25, teniendo un diámetro promedio de 120 micras, lo que indica que la mitad del volumen atomizado comprende gotas más grandes (o más pequeñas) que este tamaño.

Además en la grafica inferior de la misma figura, el diámetro promedio para la misma boquilla es función de la presión ( - mas exactamente, la  $P$  al pasar la boquilla). También esta graficado el diámetro promedio de la gota de Sauter, que es el diámetro de una gota hipotética, cuya relación del volumen a la superficie de area, - que es igual a cualquier gota tomada de la atomización total. Esta definición es más efectiva en procesos en los que hay transferencia o calor a la superficie del líquido en la atomización.

Todos los efectos reales dependen del diseño de la boquilla y otras variables de operación, ya que a presiones altas, un incremento en la caída de presión, a menudo es despreciable en el flujo de la boquilla. Teóricamente la cantidad de flujo es proporcional a la raíz cuadrada de la presión, pero eso no es cierto para todos

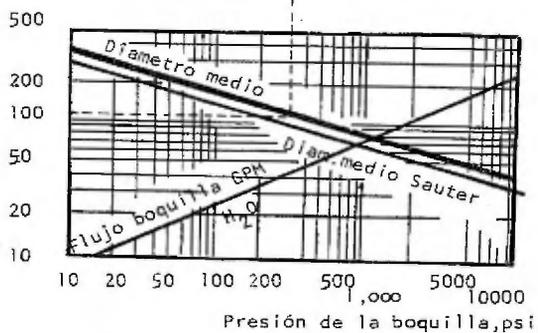
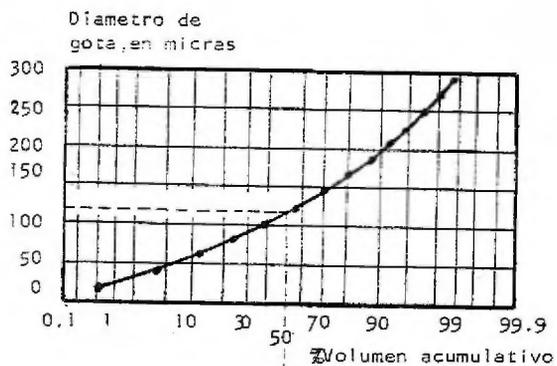


Figura No. 4

DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE GOTAS  
EN UNA BOQUILLA DE CONO HUECO

Facultad de  
Química

Carlos Bazán V.

Febrero, 1973

los tipos de boquillas de presión. Es pertinente aclarar que estas graficas indican el rendimiento de una boquilla en particular, por que el efecto del tamaño o de la capacidad tiene que ser considerado, ya que esto determina el tamaño del orificio y de los otros conductos de paso en la misma boquilla.

Por lo tanto, la relación entre la capacidad y el tamaño de las gotas, se puede ver en la Figura No. 5, indicando de nuevo que no es aplicable a todos los tipos. En ciertos diseños el tamaño de las gotas puede variar con cambios en la capacidad.

Además el ángulo de atomización no solo depende del flujo tangencial, sino de la configuración y la calidad de la superficie del orificio de salida.

Viendo ahora la aplicación de estas boquillas a los Secadores por Atomización, se usan solo las de un solo orificio, por donde sale la alimentación por medio de un equipo de bombeo a alta presión, del orden de 100 a 7000 LBS/pulg<sup>2</sup>, aunque se emplean generalmente de 300 a 4000, por supuesto presiones más altas dan atomización más fina. Este método no es adecuado para líquidos o pastas con sólidos abrasivos, ya que se desgasta mucho el orificio como el equipo de bombeo, además de haber taponamientos. Para secadores de alta capacidad se emplean arreglos con varias boquillas, siendo esto comun para Detergentes. Por lo mismo, a su pequeña abertura, requieren limpieza entre operaciones y reemplazos, debido a partículas abrasivas que agrandan el orificio. Las variaciones en las características son para tomar en cuenta los tipos boquillas y las presiones de operación.

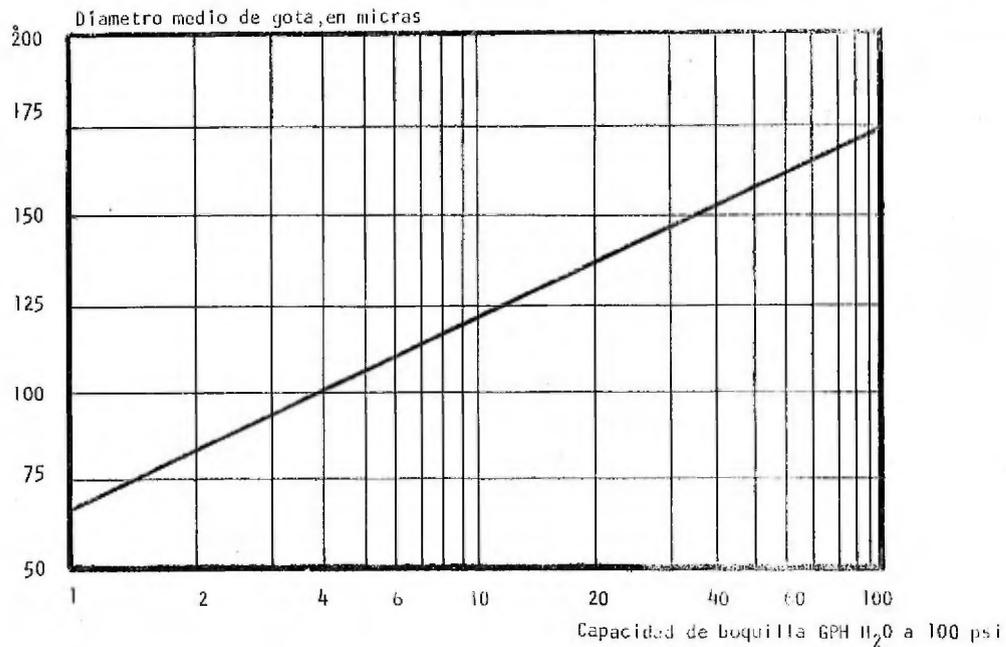


Figura No. 5

RELACION DE CAPACIDAD Y TAMAÑO DE GOTAS EN UNA  
BOQUILLA DE CONO HUECO

Facultad de QUIMICA

Carlos Bazán Villegas

Febrero de 1973

### III.2 .- BOQUILLAS DE ATOMIZACION EN ABANICO

Este tipo es muy empleado en la Industria Química, ya que la energía dada por la presión del líquido, genera un abanico plano de líquido, que luego se rompe en gotitas. Este mecanismo es atribuido a una especie de ola y al crecimiento rápido de huecos diminutos en la misma que posteriormente forman ligamentos y luego gotas.

Dependiendo de la forma del orificio, el ancho de la hoja líquida (ángulo de atomización) que puede variar desde un chorro recto hasta un abanico con un ángulo de  $100^\circ$ . Este tipo de boquillas producen patrones con formas elípticas angostas u ovaladas que son adecuadas para trabajos de recubrimientos, por ejemplos en las pistolas similares a las de pintar o bien de múltiples boquillas.

Aquí la variación del flujo y el tamaño de las gotas con respecto a la presión es similar a las boquillas del tipo de remolino de líquido. Sin embargo, en igualdad de circunstancias de presión y flujo, se forman gotas más grandes en este tipo comparadas con las de presión centrífuga, causado principalmente por el deflector de las de abanico.

En general este tipo de boquilla da una atomización satisfactoria especialmente cuando se trabajan a altas presiones y ángulos de atomizado anchos. Por otro lado, en la mayoría de los atomizadores, el flujo y el tamaño de la gota son afectados por las propiedades de los líquidos, principalmente la densidad, viscosidad, y la tensión superficial.

Además de que se puede cambiar la densidad, sin afectar cuquiera de las otras propiedades del líquido, tomándose esto con reservas. Las gotas más pequeñas que se forman con líquidos más densos, pero con la tensión superficial que toma un efecto opuesto, ya que esta es necesaria para formar gotas, en tanto que al tomar un valor muy alto, es difícil de atomizar este líquido.

Mientras que la viscosidad es la propiedad más importante - del líquido, porque puede variar en un orden muy amplio, y que afecta - no solamente el flujo y el tamaño de la gota, sino también el patrón de atomizado.

Con respecto a los secadores por atomización, este tipo de boquillas no son empleadas, debido al tipo de atomizado por abanico y a lo irregular del tamaño de las gotas producidas.

Tanto en las boquillas anteriormente vistas como las de abanico, al incrementar la viscosidad generalmente se produce con un patrón más reducido tanto del ancho como del ángulo y en caso de viscosidades muy grandes puede no haber atomizado, obteniéndose solo un chorro recto.

En las boquillas de cono hueco, un incremento moderado de la viscosidad puede aumentar el flujo, explicándose esto por la contracción del cono de aire como resultado del friccionamiento interno del embalsamiento dentro de la boquilla de flujo tangencial, dando por resultado un resultado un coeficiente de descarga mayor.

III. 3.- BOQUILLAS DE DOS FLUIDOS  
( atomización Neumática)

Este tipo también se llama de atomización por aire ó neumática ya que emplea esta energía para atomizar.

Comparandola con los otros tipos, esta consume mucha energía y no es económica al utilizarse para grandes capacidades. En cambio, es muy efectiva para flujos pequeños al producir gotas muy finas y para manejar líquidos viscosos. La presión del líquido es generalmente baja, ya que los conductos en la boquilla son amplios para evitar contaminaciones y taponeos, teniendo un mezclado interno y un sifoneo por consiguiente, o bien un mezclado fuera de la boquilla .

Aquí la cantidad del líquido es afectado por la presión del gas y del volumen. Este atomizador produce gotas más finas que los otros tipos, especialmente cuando la energía de entrada es incrementada.

Es muy importante hacer notar que el grado de atomización es muy sensible al diseño de la boquilla, particularmente en la manera en que el líquido y gas se interaccionan. En este tipo de boquilla hay dos tipos y que son : a) mezclado interno y b) Mezclado - Externo.

Para el primer caso, el mezclado gas-líquido , se efectua dentro de la boquilla y en el segundo se realiza fuera de la boquilla o en el mismo orificio.

Por todo lo anteriormente visto, los de mezclado inter

no son generalmente más eficientes y requieren menos gas para el mismo tamaño de boquilla. Mientras que las externas son capaces de obtener una atomización aun más fina, cuando la relación de aire líquido sea relativamente grande.

La relación de esta boquilla con respecto a los secadores por atomización, es utilizarlas para operaciones con bajas capacidades, como las de laboratorio y con secadores de plantas piloto. Sin embargo con el desarrollo de una boquilla de dos fluidos resistente a la abrasión, del tipo de mezclado externo, que ha sido de amplia aceptación, especialmente para tratar cerámicas y otros materiales abrasivos, en operaciones continuas.

El flujo secundario, es generalmente aire o vapor a una presión de 5 a 8 Kg/cm<sup>2</sup>, la cual es adecuada para obtener partículas del orden de 10 a 20 micras. Debido al alto costo del fluido secundario, que es relativamente alto, hacen que las unidades para secado de gran capacidad, normalmente no sirven para operar económicamente para este tipo de procedimiento.

Además, para grandes capacidades requieren múltiples boquillas, que hacen incrementar los problemas de diseño y mantenimiento de la cámara de secado.

### III. 4.- ATOMIZADORES DE ROTACION

Estos son llamados de atomización centrífuga, ya que no requieren de la presión del fluido, necesitando unicamente la fuerza centrífuga para la distribución del líquido y su consiguiente rompimiento en gotas. Siendo de estos, el más conocido el de disco, que opera a velocidades mayores de 10,000 RPM, necesitando solo uno para manejar capacidades de varios miles de galones por hora.

Es posible manejar la alimentación por gravedad o baja presión, al centro del disco y entonces ser acelerado a la periferia del mismo, por medio de una superficie lisa, por alaves o paletas. Al tener velocidades periféricas muy altas, el líquido es descargado en gotas o bien en ligamentos y en algunos casos películas, las cuales se desintegran en gotas, dependiendo de las condiciones de operación y del material a trabajar.

Los discos tienen diámetros de 0.15 a 0.50 Mts. Estos atomizadores son adecuados en particular para pastas gruesas o suspensiones que incluso son del tipo que llegan a taponar o bien a erosionar los conductos como es en el caso de las boquillas. Otra ventaja, es su operación flexible, ya que la alimentación y la velocidad del disco pueden variarse independientemente. Pudiéndose ver esto en la Figura No. 6, para un disco con alaves. Además el tamaño de la gota puede reducirse al incrementar la velocidad del disco o bajando el flujo de la alimentación, desde luego, las propiedades del fluido pueden afectar el grado de atomización.

Aplicando lo anterior al caso de los secadores por atomización, este atomizador es el más empleado, ya que resuelve problemas que son muy comunes con los otros tipos, como los taponeos u obstrucciones, que por razón de su funcionamiento lo resuelven por sí solos. Otra ventaja es que

Díametro medio de gota  
en micras.

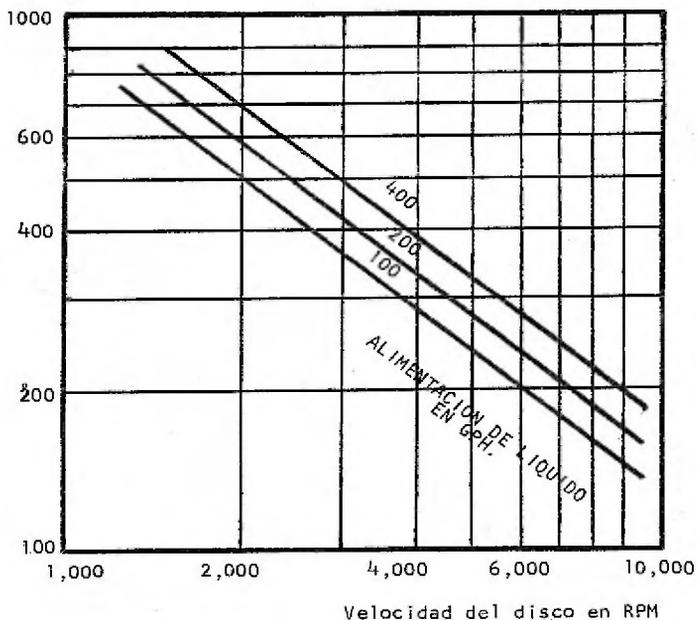


Figura No. 6

RELACION DEL TAMAÑO DE GOTAS CONTRA  
LA ALIMENTACION Y VELOCIDAD EN UN  
DISCO DE ATOMIZACION.

Facultad de  
Química

Carlos Bazán V.

Febrero, 1973

aquí no hay problemas por abrasión o erosión, y en caso de haberlos, no son de importancia tal, que llegará a afectar las características - deseadas, considerandose además que el atomizado no esta sujeto a fluctuaciones por el bombeo a presión, debido a que el flujo al atomizador es por gravedad o por medio de una bomba que no es del tipo de pulsaciones. El tamaño de las partículas que se obtienen, son mucho más - pequeñas que en el sistema de atomización neumática y que son de 1 a 2 micras hasta 20, dependiendo de la velocidad del disco y con capacidades superiores de 25 a 30 toneladas por hora, con la operación de un - solo disco. La velocidad periférica es bastante alta del orden de 80 a 200 Mts/seg.

Las características del producto seco, se pueden variar al cambiar el diseño del atomizador, su velocidad y la posición del mismo en la cámara de secado, con respecto al aire de entrada.

Los diseños más comunes son los siguientes :

DISCOS CON PERNOS EN LA PERIFERIA  
DISCOS CON ALAVES RECTOS O CURVOS  
DISCOS CON RANURAS EN LA PERIFERIA  
DISCOS CON PERFORACIONES RADIALES  
DISCO O PLATO PLANO  
PLATO INVERTIDO  
TAZON INVERTIDO  
MULTIDISCOS.

Cada uno de estos diseños, es especial para el producto a manejar, así como las características requeridas. Por ejemplo, en el último caso, que se usa para obtener grandes capacidades.

Este tipo de atomizador centrífugo, puede ser impulsado por medio de la flecha de un motor típico, unido a un sistema de engranes o bien por un arreglo de bandas en V, ver figura No. 8, todo esto montado en la parte superior de la cámara de secado.

Un sistema motriz para esta aplicación comprende un motor eléctrico, de alta velocidad con el cuerpo enfriado por agua o bien de velocidad variable, según sea la adecuada para una cierta atomización requerida, en el caso de utilizar varios productos a secar.

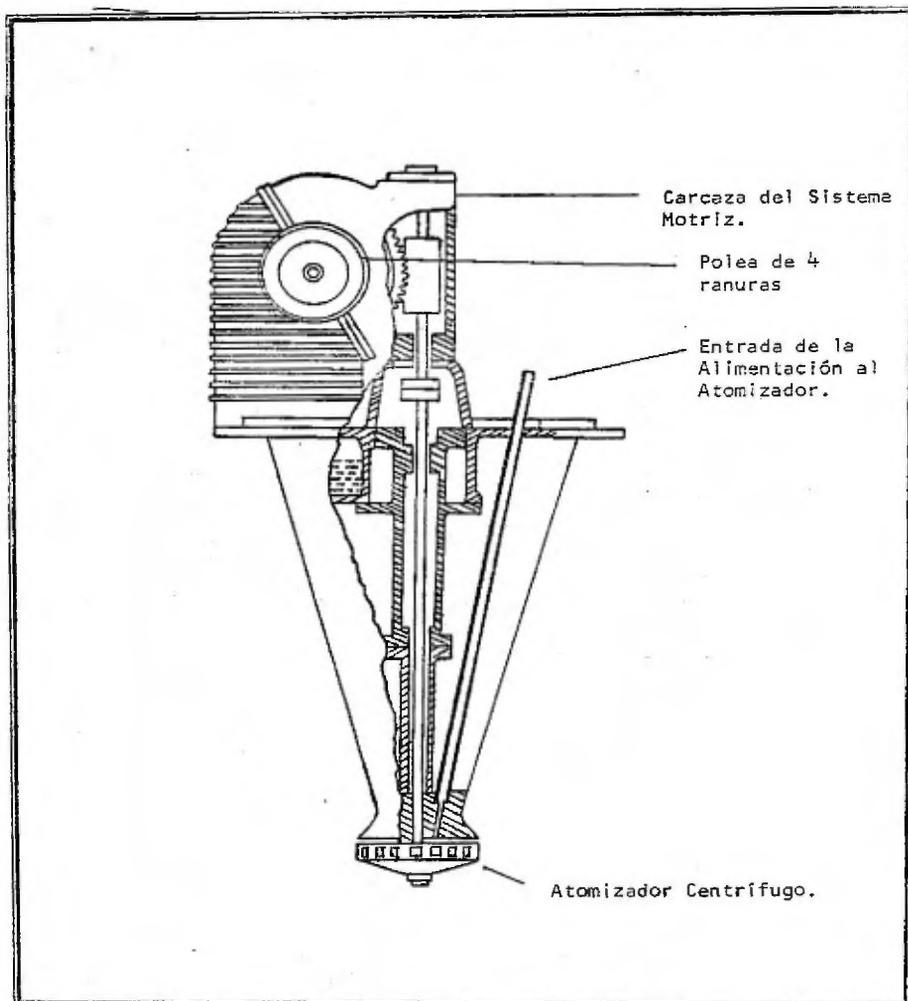


Figura No. 8	SISTEMA MOTRIZ DE UN DISCO DE ATOMIZACION	Facultad de QUIMICA
		Carlos Bazán V.
		Febrero, 1973

IV.- DIFERENTES TIPOS DE SECADORES POR ATOMIZACION

## IV. 1.- DISEÑO GENERAL

La eliminación de la humedad, se ha estudiado bajo varias condiciones, algunas simulando una operación completa. Sin embargo, hay poca información publicada sobre los efectos de las velocidades del aire y su comportamiento en este tipo de secado.

Por lo cual, la mayoría de este tipo de secadores se diseñan sobre la base de pruebas sobre unidades de atomización experimentales, ayudados por la experiencia del fabricante, y por tanto se hacen corridas de prueba en plantas piloto para obtener datos de diseño para la construcción final del equipo en escala comercial.

Para un material con características requeridas, una serie de condiciones de operación adecuadas, pueden producir una gran economía, tanto en la selección del equipo como en los costos de operación. La diferencia máxima en la temperatura del aire de secado en la entrada y en la salida, de acuerdo al producto, puede ser una de esas condiciones, por ejemplo.

Una atomización adecuada, es la llave maestra, para un proceso de secado por atomización, ya que da una proporción grande de area de superficie en relación con la masa, permitiendo una evaporación extremadamente rápida, además de tener partículas relativamente uniformes, que en el caso de haber formación de gotas más grandes, estas no se secan adecuadamente antes de alcanzar la pared de la cámara de secado, y por el lado contrario gotas extremadamente chicas producirán excesivos finos, mismos que pueden llegar a quemarse por el aire de entrada de secado.

IV. 2.- DISEÑO DE LA CÁMARA DE SECADO Y EL FLUJO DEL AIRE.

Los factores más importantes que tienen influencia en el diseño de la cámara de secado son :

- A ) Dirección y grado de atomización
- B ) Recorrido del flujo del aire
- C ) Descarga del Producto
- D ) Características necesarias y deseables del producto
- E ) Tiempo de secado o Exposición.
- F ) Cantidad del flujo del aire.

A continuación se irá exponiendo cada uno de estos - conceptos.

A) DIRECCION Y GRADO DE ATOMIZACIÓN

La forma del chorro atomizado, es lo que determina la forma básica de la cámara, si ha de ser una torre alta, con el fin de proporcionar un recorrido vertical adecuado al fino cono de atomización que brota de una boquilla o bien de que la cámara sea de un gran diámetro relativo, de tal manera que se acople a los haces horizontales expedidos - por el disco centrifugo.

B) RECORRIDO DEL FLUJO DEL AIRE

Los modelos de circulación del flujo del aire de secado, en una unidad de atomización se pueden clasificar atendiendo al movi-

miento relativo de las partículas con relación al del aire caliente de secado y que pueden ser :

CORRIENTE EN PARALELO...  
A CONTRACORRIENTE  
FLUJO MIXTO O INTIMO

A su vez, cada uno de ellos se puede efectuar en línea recta o espiral, aunque no todas las combinaciones posibles son prácticas.

Los modelos de circulación serán fácilmente reconocidos al tratar los diseños típicos de la cámara de secado, a tratarse más adelante.

#### C) DESCARGA DEL PRODUCTO

Con posteridad al paso de la humedad de las partículas a la corriente del aire, éstas se deben separar del mismo en un recuperador. Una disposición muy práctica, suficientemente apropiada a la mayoría de los casos, consiste en la recuperación de las partículas mayores en el fondo de la cámara, mientras que solamente los finos se llevan al ciclón colector con la corriente de aire. Se reduce así la carga en éste y se evita su desgaste por fricción de cuerpos grandes. La mayoría de los secadores por atomización se pueden construir según esta concepción, principalmente cuando se manejan productos abrasivos, como se muestra en la Figura No. 19.

Los tres últimos factores, serán incluidos al hacer la exposición de los diseños típicos de las cámaras, que se indican a continuación.

#### IV. 2.1.- DISEÑOS TÍPICOS DE LAS CAMARAS DE SECADO

Los diseños típicos de la cámara, que generalmente se toman como base para su construcción, de acuerdo con los procesos de la Industria Química se ilustran en las Figuras No. 9 a la 15. Las tres primeras son del tipo de atomización centrífuga y las otras son de atomización por boquillas. Todas estas son las concepciones básicas actuales de más amplia aplicación. Considerándose además la alternativa de un diseño nuevo.

Tratándose de instalaciones a escala Industrial, los diseños predominantes son aquellos en que el flujo del aire caliente es a corriente en paralelo, debido a varias ventajas y a que permite formas más simples y que pueden utilizarse en una gama más amplia de productos.

Desde luego, la evaporación es substancialmente más completa, con una distancia corta entre el sistema de atomización y la entrada de aire caliente, enfriándose este último durante el mismo recorrido a casi su temperatura de salida, lo que mantiene a la temperatura en la pared de la cámara a un mínimo posible, lo cual evita pérdidas al exterior de energía calorífica. Además de que la temperatura del producto seco, es menor que el aire de salida, y con humedades finales del orden de 0.2 % o menores y que en muchos materiales no se pueden obtener económicamente con otros sistemas de secado.

La figura No. 9, muestra un secador con atomización centrífuga y con flujo de aire en paralelo y en espiral, con régimen tur-

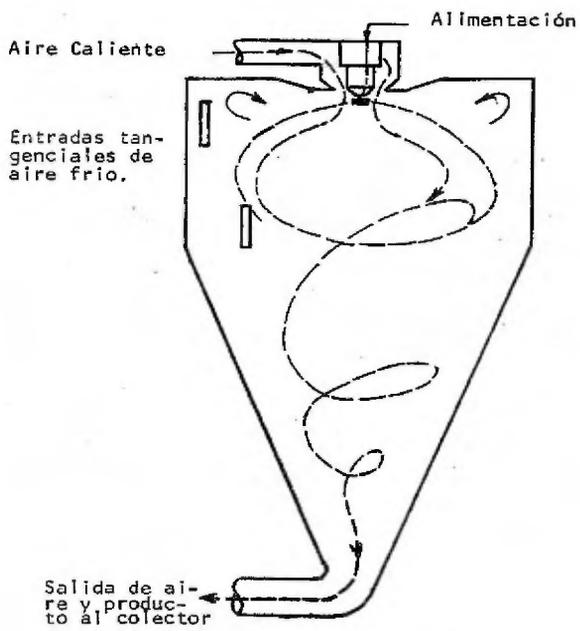


Figura No.9

ATOMIZACION CENTRIFUGA SUPERIOR  
 FLUJO EN PARALELO Y ESPIRAL

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

bulento. Una corriente de aire secundario para refrigeración, circula según el modelo de corriente de mezcla íntima por la parte cilíndrica hasta el techo. Dicha corriente giratoria en sentido contrario a la del aire principal, incrementa la turbulencia, aumentando la velocidad de secado. La acción del aire sobre la atomización permite en el diseño, que la cámara tenga un diámetro relativamente pequeño, pero también es necesario una altura relativamente más grande.

Además de que su parte cónica cumple la doble misión - de evitar obstrucciones y por otro lado con el conocimiento del ángulo de reposo del material, ayuda a prevenir acumulaciones del mismo ya seco. Una modificación al diseño permite la introducción de aire del ambiente o bien calentado, y en último caso acondicionado, en forma tangencial a la pared del cilindro de la cámara, por lo que se incrementan las eficiencias de secado, además de que puede servir para enfriar o endurecer el material evitando de esta manera, la baja densidad aparente.

Los tiempos de secado pueden diseñarse sobre una gama amplia, así como los patrones de flujo del aire y las técnicas de atomización centrífuga.

En la Figura No. 10, se ilustra un tipo de secador que fué originado en Europa, y que tiene cierta similitud con el diseño anterior. Sin embargo la entrada de aire caliente es por debajo de la atomización y conducida por medio de un ducto, que tiene en su extremo un dispersor, para obtener una distribución del aire en forma uniforme.

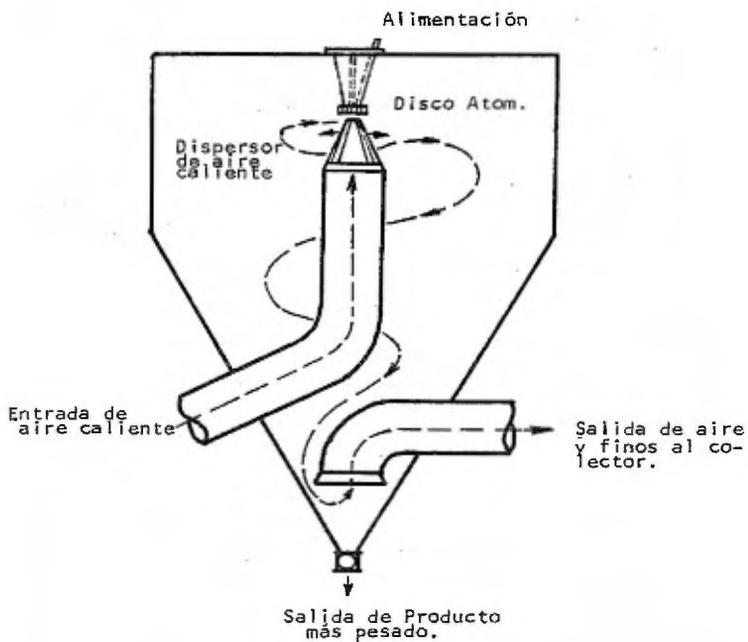


Figura No.10

Atomización Centrifuga superior,  
Entrada de aire inferior, Flujo en  
paralelo y espiral.

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

La distribución o dispersión del mismo, se puede ajustar variando la inclinación de las persianas, con relación al dispositivo de atomización, que en este caso es un disco centrífugo.

La circulación del aire y de la atomización exigen una cámara de gran diámetro, debido a que la pulverización se desarrolla horizontalmente. Sin embargo se precisa una menor altura y la práctica ha inducido por esto a construir el con con ángulo más abierto que en el caso anterior. Este diseño proporciona menor turbulencia y velocidad de la mezcla aire-atomización, aunque el tiempo de secado o exposición es grande, lo cual induce a requerir de cámaras de gran volumen relativo a su producción. Dicho tiempo es generalmente del orden de 18 a 30 segundos.

Los secadores con flujo de aire en corriente en paralelo a la atomización, y aire en espiral, además del fondo cónico, son los que se construyen más a menudo, como es el caso de los dos anteriores.

Otro tipo de diseño mostrado en la Figura No. 11, y que en algunas ocasiones se le conoce como "diseño cilíndrico", tiene un dispositivo de barrido rotatorio, dispuesto sobre el fondo de la cámara que es plano, y así mantener el producto en suspensión dirigiéndolo hacia las salidas que se encuentran en la periferia. La forma cilíndrica es adecuada para bajar los costos, ya que se puede construir de concreto o ladrillos, resistentes a la corrosión además de tener la alternativa de poder hacerse en interiores, cuando la pequeñez de la cámara es compatible con las características del edificio.

Se puede introducir una corriente de aire frío o de refri

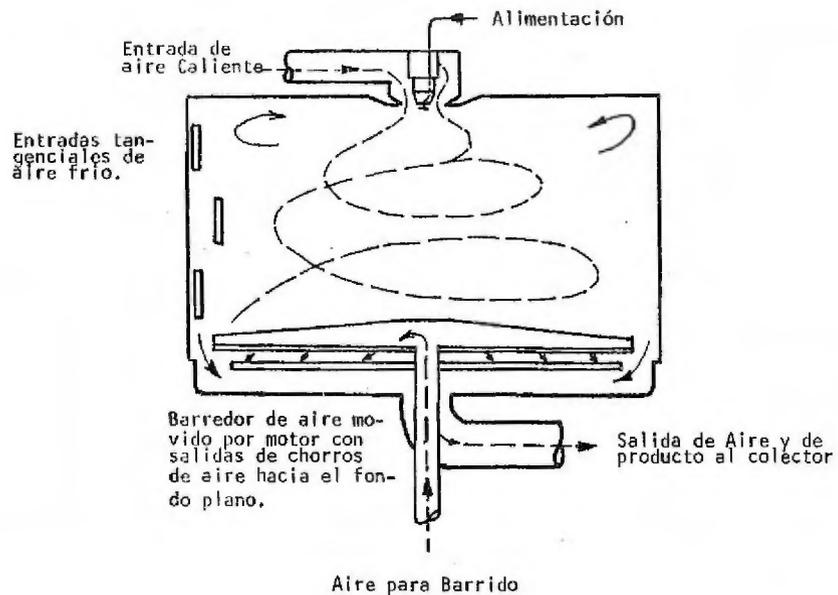


Figura No. 11

CAMARA DE SECADO CILINDRICA, FONDO PLANO; ATOMIZACION CENTRIFUGA SUPERIOR, FLUJO EN PARALELO Y ESPIRAL.

Facultad de Química

Cárols Bazán Villegas

Febrero de 1973

geración en torno de las paredes de la cámara. Este aire entra tangencialmente a través de entradas laterales, así como por el barredor rotatorio.

Este diseño es adecuado, para secar productos sensibles al calor, como las resinas de formaldehído o bien en la industria de los alimentos, efectuándose esto satisfactoriamente en cámaras de tamaño medio. Las partículas en su proceso de secado llegan a las proximidades de la cámara, donde la capa de aire frío hace descender la temperatura por debajo de su punto de reblandecimiento, lo que previene su adherencia a la superficie de la cámara.

Ahora el secador esquematizado en la figura No. 12, emplea un sistema de atomización por medio de una boquilla. Aunque algunas ventajas son similares a las unidades de corriente en paralelo. El aire caliente en su circulación es totalmente diferente, ya que entra tangencialmente y desciende en espiral hacia la parte cónica y a continuación invierte su dirección para abandonar justamente con los finos la cámara, a través de la salida central superior.

Su funcionamiento es muy similar a la de un ciclón colector, con la mayor porción del producto seco recogido en su fondo. Una paleta viajera interna es impulsada por las mismas corrientes de aire, en un movimiento de rotación de 10 a 20 revoluciones por minuto, y que sirve para limpiar las paredes cónicas de la cámara al mismo tiempo que mejora la eficiencia de secado. Los diseños europeos, emplean en este tipo de paleta, aire comprimido para barrer las paredes de la cámara.

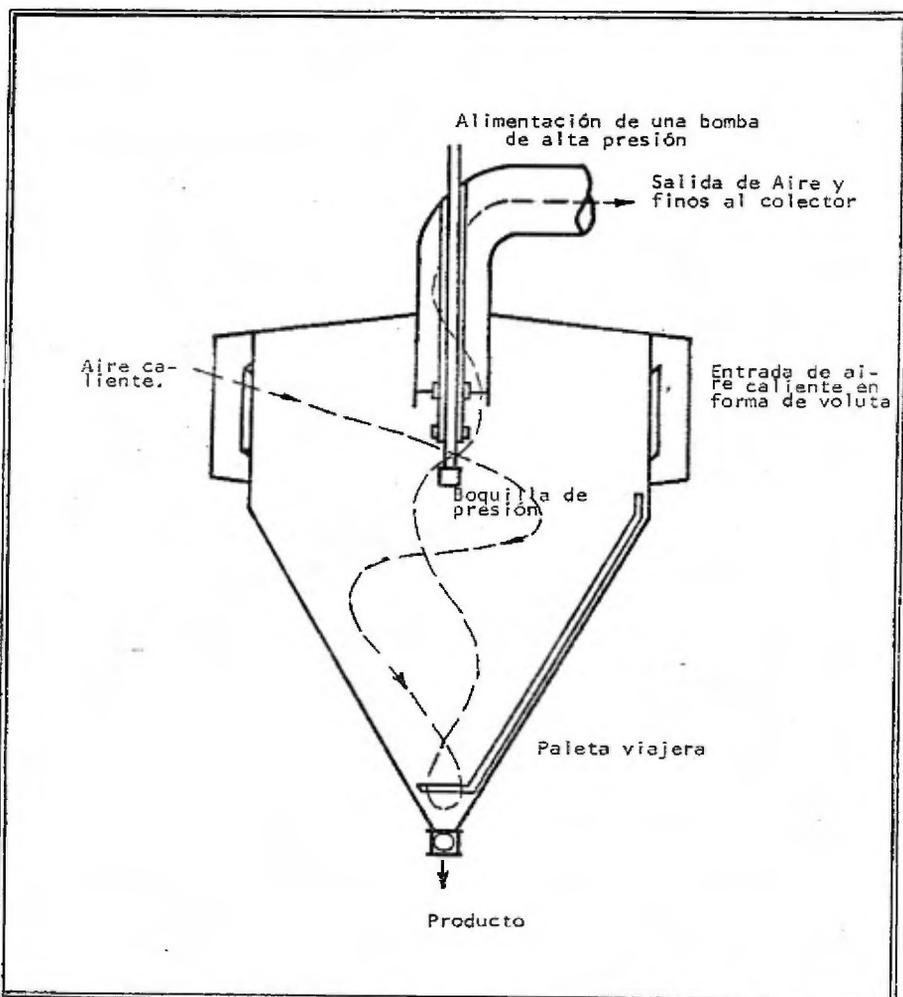


Figura No.12

ATOMIZACION POR BOQUILLA, CON ENTRADAS AIRE TANGENCIALES, FLUJO MIXTO Y ESPIRAL.

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

En este secador de flujo mixto o íntimo, el aire de entrada viaja paralelamente con las partículas, para después cambiar de dirección haciéndolo a contracorriente en relación a la atomización. Esta disposición presenta las ventajas de producir productos con mayor densidad aparente, y además cargas más bajas de polvos en los colectores de recuperación de finos, y por lo tanto elimina problemas en el envasado. Los arreglos en la entrada de aire dan por resultado una mayor temperatura en las paredes de la cámara, por lo que limita la temperatura de entrada para muchos productos, bajando las eficiencias térmicas. Los tiempos de secado o exposición calculados son normalmente de 6 segundos en esta cámara. El arreglo de esta figura, es normalmente diseñada para operar a presión positiva. El ventilador primario, es localizado antes del quemador y presenta la ventaja de ser de menor costo por manejar aire ambiente.

La principal desventaja de la operación, es causada por este tipo de presión, ya que propicia la formación de polvos y las fugas consiguientes, perdiéndose por allí el producto, por lo que la instalación estará siempre cubierta de polvo. Además el secado no es tan perfecto, como trabajando a régimen de presión negativa.

Los secadores de este tipo o sea de flujo mixto o íntimo también pueden construirse para operar bajo presiones negativas o sea para compensar la desventaja anterior.

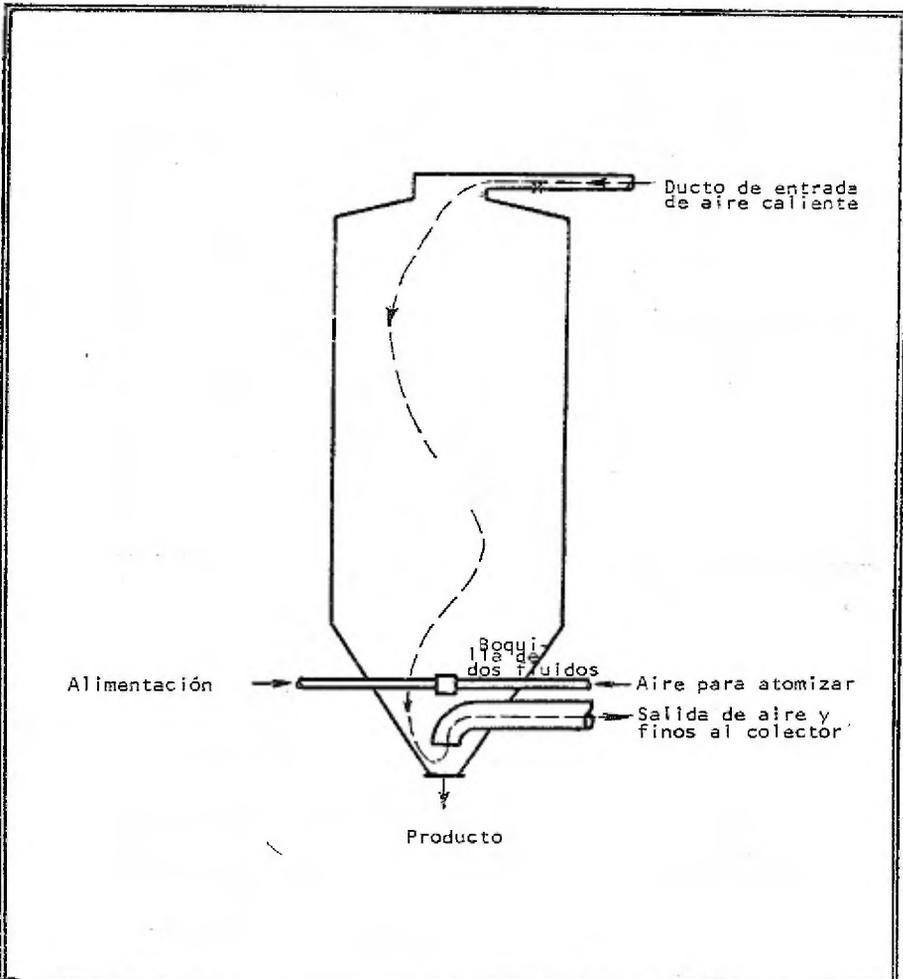
Estas modificaciones serán la de no tener paleta viajera además de tener entradas de aire caliente en la parte superior con una bajada de aire en espiral y regresar hacia una salida central.

Otra instalación del sistema de mezcla íntima o mixta, se localiza en la Figura No. 13, aquí el aire caliente de secado baja en espirales desde una entrada central superior, mientras que el líquido atomizado es realizado por medio de una boquilla de atomizado de dos fluidos ( líquido y aire a presión ), dirigido hacia arriba, desde el fondo de la cámara. Esta atomización viaja a contracorriente al aire hasta que es vencida por el mismo empuje del aire, cayendo entonces en paralelo y descargándose en la parte inferior por medio de una tolva. Aquí los finos realizan el mismo recorrido, saliendo por la parte inferior con el aire de salida.

La ventaja de este diseño radica en el gran recorrido realizado por las partículas en una cámara de diámetro pequeño y una altura media. De esta forma se consiguen grandes partículas sin necesitar una cámara de grandes dimensiones, que solo sería económica tratándose de grandes volúmenes de producción.

Debido a que las partículas semisecas entran en contacto con el aire caliente de entrada este tipo de secador, como el caso de la Figura No. 12, no es adecuado para productos sensibles al calor, a menos que se utilicen temperaturas más bajas, con el consiguiente bajo rendimiento térmico por dicha causa; pero a pesar de esto, es excelente y se emplea mucho en la Industria de la CERÁMICA.

La figura No. 14, y 15, muestran dos tipos de cámaras de secado, que tienen solamente corrientes en paralelo y contracorriente respectivamente, el primero se usa ampliamente para fabricar



<p>Figura No. 13</p>	<p>CAMARA DE SECADO TIPO TORRE, ATOMIZACION ASCENDENTE POR BOQUILLA, ENTRADA DE AIRE SUPERIOR, FLUJO A CONTRACORRIENTE.</p>	<p>Facultad de Quimica</p>
		<p>Carlos Bazán V.</p>
		<p>Febrero de 1973</p>

productos tales como el café instantáneo . Y el otro se utiliza para Detergentes, aunque este tipo es el menos práctico, debido a que las partículas tienen que ser suficientemente densas para caer y romper la resistencia del aire caliente de secado en ascenso.

En ambos casos, la atomización es por medio de boquilla o boquillas de atomización, situadas en la parte superior de la torre. En algunos diseños, el recorrido del flujo es en espiral, mientras que en otros lo hace paralela al eje de la cámara.

La característica predominante de estas cámaras es su altura, lo cual da a las partículas un gran tiempo de secado o exposición, dando por resultado, que se puedan secar partículas grandes o materiales difíciles de secar que pueden ser deshidratados excelentemente.

La figura No. 14, corresponde a una instalación destinada para la producción de globulos porosos grandes y fragiles, como es el caso del café instantáneo soluble. En dichos casos la corriente de aire es paralela con la atomización. En el ensanchamiento, de su parte inferior o sea la tolva de recolección de producto seco las partículas se separan del aire de secado con un mínimo de turbulencia. Este tipo de diseño, es equivalente al caso de la Figura No. 15, excepto en la situación superior de la boquilla de atomización, en que lo dirige hacia abajo, se emplea muy frecuentemente cuando se trata de compuestos que no exigen un tipo riguroso de secado.

El diseño anterior se emplea preferentemente para la

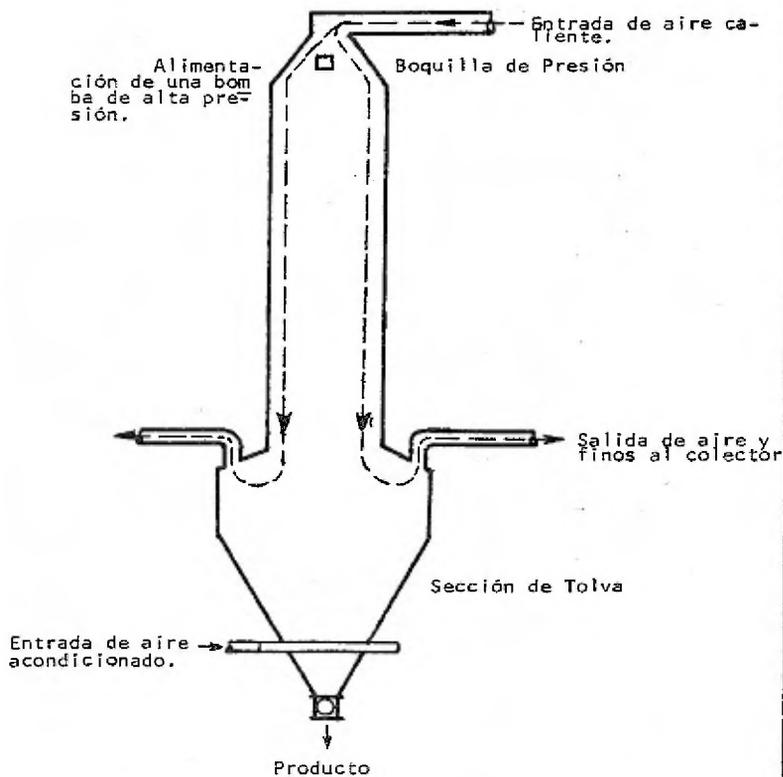


Figura No. 14

CAMARA DE SECADO TIPO TORRE, ATOMIZACIÓN POR BOQUILLA, Y ENTRADA DE AIRE SUPERIOR; FLUJO EN PARALELO.

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

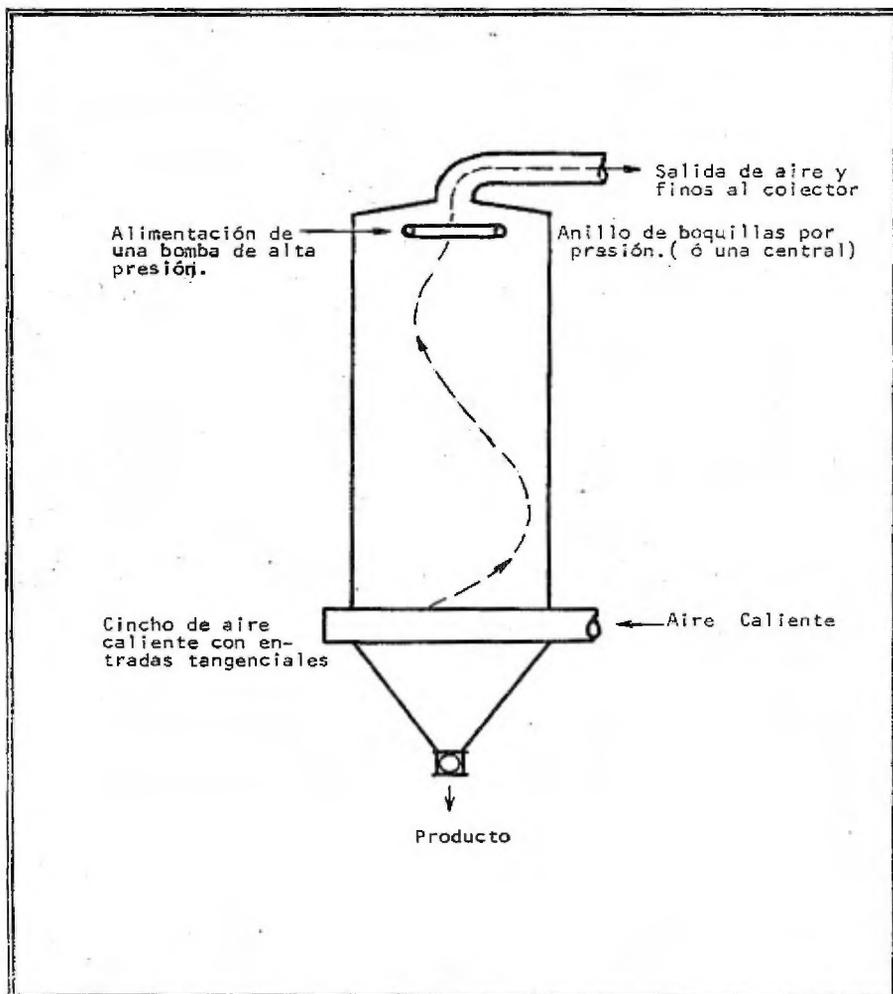


Figura No.15

CAMARA DE SECADO TIPO TORRE, ATOMIZACION POR BOQUILLAS SUPERIORES, ENTRADA DE AIRE INFERIOR, FLUJO A CONTRACORRIENTE Y LIGERAMENTE EN ESPIRAL.

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

producción de detergentes, así en estos casos, se trata de evitar los excesivos transportes de material, a excepción de los finos.

Sin embargo, no se pueden procesar con este diseño, - materiales de baja densidad o que sean sensibles al calor, si están en forma de polvo fino.

Los secadores de este tipo proporcionan las temperaturas más altas de salida del producto, pues las partículas se ponen en contacto con el aire caliente al salir. La óptima utilización del calor se presenta en los casos en que el rendimiento de la evaporación se mejora por la circulación a contracorriente.

Hay una variación del secador y que es el tipo llamado " Jet ", el cual esencialmente es un tubo delgado y que comparado con los secadores por atomización antes mencionados, tienen una cámara de secado relativamente pequeña, en donde el aire de secado primario puede entrar con una temperatura de 425 a 650 °C, y con una presión de 0.7 a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>, pasando a través de un orificio, en donde también entra la alimentación, como se indica en la Figura No. 16, además de un arreglo similar al anterior que alimenta una corriente de aire caliente secundario, a una temperatura de 48 a 95°C, al sistema. Esto le sirve para eliminar la necesidad de recircular el producto seco, y a la vez barrer la humedad evaporada por el aire primario. El tiempo de secado es extremadamente corto de 16 a 20 milisegundos, y por lo tanto el daño que se pueda causar al producto, es realmente mínimo.

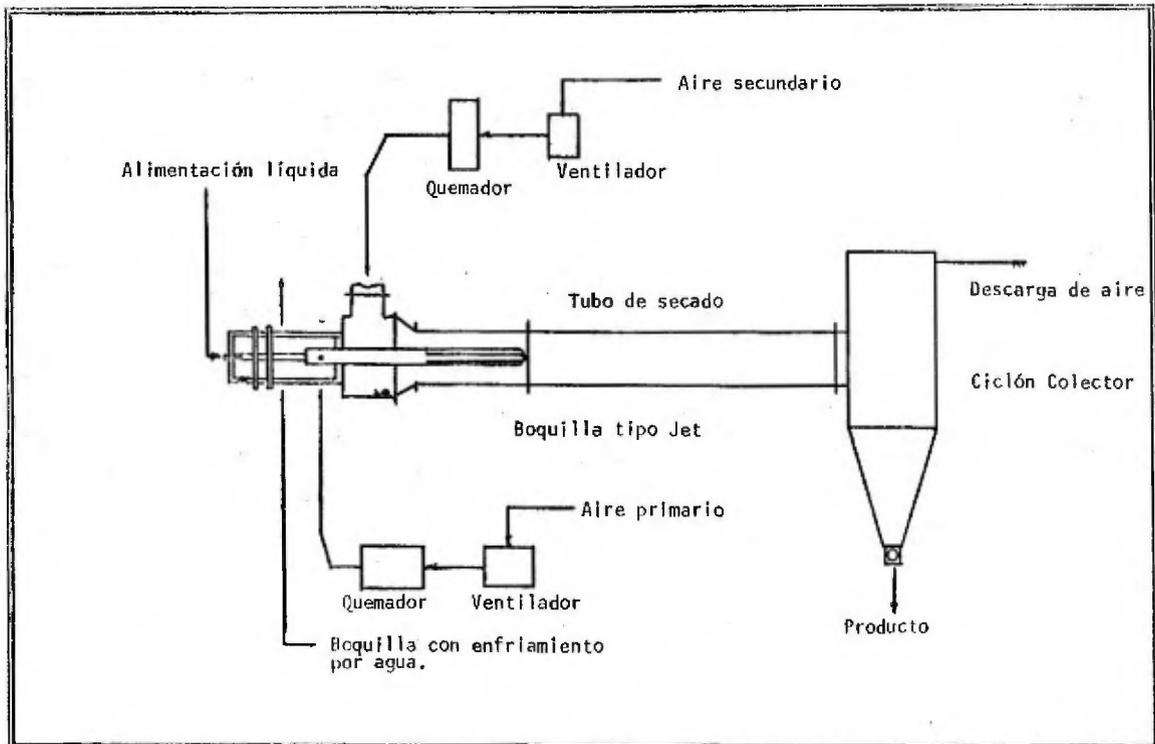


Figura No. 16

SECADOR POR ATOMIZACION TIPO JET

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

#### IV. 3 .- EQUIPOS ACCESORIOS.

A continuación veremos una serie de partes o equipos, que son considerados como básicos en la instalación de un Secador por Atomización, y en otros casos, que pueden tomarse en cuenta en donde sean necesarios o no, dependiendo principalmente del tipo de material a manejar.

##### A) AISLAMIENTOS

El aislamiento recomendado en la mayoría de las cámaras de secado, así como en las partes de los equipos auxiliares, de preferencia, en las operaciones de circulación de corrientes en paralelo, debido a que el aire es enfriado rápidamente conforme se lleva a cabo la evaporación. Así las paredes de la cámara, están casi aproximadamente a la temperatura del aire de salida. Además el aislamiento de estas unidades es para proteger al personal o para prevenir condensaciones en la superficie interna durante los paros de la planta. Siendo además muy importante para mantener el aire húmedo alejándolo de su punto de saturación, especialmente cuando se manejan materiales higroscópicos y principalmente cuando se usan filtros colectores de mangas.

**B) COLECTORES DE POLVO**

Se utilizan para separar el polvo seco del aire de transporte, y algunas variedades de colectores, son los adecuados para este tipo de unidades de atomización, ya que mantienen una presión estable, que es de primordial importancia, debido a que las fluctuaciones de presión - transtornan o rompen el equilibrio entre la alimentación y las cantidades del flujo del aire de secado.

Entre estos colectores, los del tipo ciclón, son los más ideales, aunque el resto de los demás tipos, rara vez se emplean, y eso - solamente, cuando el ciclón funcione con baja eficiencia de recuperación.

Siendo el modelo, con una gran caída de presión, de 8 a 20 mm de columna de agua, con una eficiencia de recuperación raramente superior a 98 %, ya que para productos con tamaños de partícula de una micra o menores, una eficiencia de alrededor del 70 %, es la más común.

En algunos casos, se incorporan grupo o grupos de ciclones miniatura, como modificaciones, que tienen una eficiencia superior, empleándose frecuentemente, cuando se requiere una limpieza constante de la instalación, como es el caso de la industria de la Alimentación.

Aun así, en el caso de una pérdida a la atmósfera del 2 % en un producto de \$ 5.00 por kilogramo, alcanza una pérdida de \$ 360,000.00 considerándose una producción de 3600 toneladas anuales. Por lo cual, el costo del equipo de recuperación está justificado, pagándose con el producto recuperado, más aun son necesarios con las nuevas leyes sobre contaminación del ambiente.

Para estos casos pueden usarse colectores de bolsas o mangas, especialmente en los tipos de servicio continuo con lavado por aire en sentido inverso, que se han empleado en forma excelente.

Algunas veces se instala antes un ciclón para reducir su producción de recuperado, es decir para efectuar una operación de separación primaria. En la actualidad, el medio filtrante está limitado a un máximo de temperatura de 130°C, excepto para medios filtrantes hechos con fibra de vidrio teniendo a su vez el inconveniente de tener una vida relativamente corta.

Este último inconveniente, así como la pequeña cantidad recuperada de producto por bolsa, y la necesidad de cambiarlas al variar de producto, son limitaciones adicionales que tienen que ser consideradas. Sin embargo, ningún otro tipo de colector puede funcionar efectivamente a una eficiencia del 100 %, aun en productos de tamaños de partícula de 1 micra o menores, como es el caso de los pigmentos.

Los colectores o recuperadores de vía húmeda o Scrubbers se usan también, ya sean en combinación con los ciclones o solos y son los que capturan la fracción principal, aunque estos no son muy recomendables con productos de una micra o menores, pudiéndose considerar para estos casos, el colector mostrado en la figura No. 17.

Otros tipos de productos a secar, exigen que la reducción de la fracción de finos no sean un inconveniente, por ejemplo cuando estos, no tienen aplicación y por ellos no es adecuado mezclarlos con el producto, en cuyo caso se vuelven a redisolverse y dicha solución o pasta se recircula a la alimentación inicial.

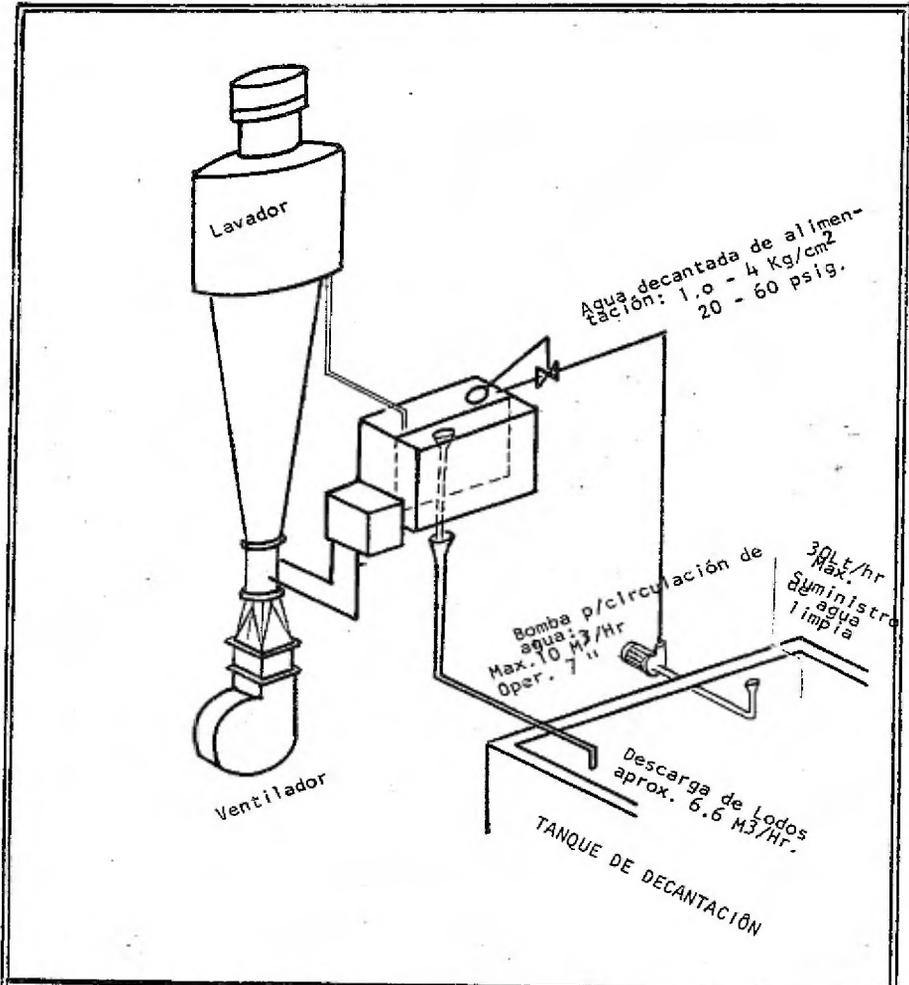


Figura No. 17	Separador Lavador por vía Húmeda.	Facultad de Química
		Carlos Bazán v.
		Febrero de 1973

jemplo con el aire caliente, se puede dar un segundo secado final, o bien una calcinación, ya sea para alcanzar tanto humedades finales muy bajas o bien una reacción química; mientras que el enfriado es una operación más común, ya sea con aire refrigerado o del ambiente.

### C) QUEMADORES PARA CALENTAMIENTO

Los requerimientos de calor es el factor de mayor costo para los secadores por atomización de una capacidad de mediana a grande. Empleandose en este caso hornos de fuego directo, de aceite combustible o gas, con aire secundario que ayudan a alcanzar la temperatura deseada del aire de entrada al secador. Aunque es muy raro, que un material se pueda afectar con los productos de la combustión, solo unos pocos son deteriorados por un contenido alto de azufre. Este es el caso de los pigmentos para la fabricación de pinturas, pues dichas contaminaciones alteran las propiedades de las mismas. Las temperaturas más comunes son del orden de 550 °C, para el aire de secado a su entrada a la cámara.

Cuando se dispone de gas, el costo de operación es bastante bajo, aunque su alto contenido de humedad puede hacer difícil su aplicación, en cambio tiene la gran ventaja de que no altera los productos - sensibles a la contaminación del azufre o bien a los residuos de carbon.

Los quemadores para calentamiento de aire, de fuego directo, se diseñan con acero inoxidable en las paredes, y con una chaqueta de

Se obtiene una mejora mayor en la eficiencia térmica, al recuperar el calor contenido en el aire de salida, y emplearlo para concentrar el líquido a pasta de alimentación, que a su vez es el líquido de recuperación de finos del mismo por vía húmeda.

Entre otros tipos de colectores adecuados, están los de Precipitación Electrostática y los filtros de mangas de trabajo con sacudidas intermitentes. Sin embargo, su alto costo y otras consideraciones han sido las causas que tengan restringidas sus aplicaciones.

#### D) TRANSPORTE DEL PRODUCTO Y SU ACONDICIONAMIENTO.

El producto seco puede ser transportado por aire, desde su descarga, tanto en la cámara como en el ciclón de finos, o bien en ambos, a cualquier lugar, ya sea la zona de envasado, o de almacenamiento.

El producto es introducido en un ducto y usando flujo de aire inducido o forzado desde un ventilador, haciéndolo llegar de esta manera al punto deseado, esto es lo que se conoce por Sistema de transporte Neumático.

Posteriormente el polvo es separado del aire por cualquiera de los colectores tipo seco, siendo los ciclones los más comunes para esto, debido a que el aire de transporte puede ser recirculado al colector primario, eliminando así cualquier pérdida.

Este sistema de transporte, puede ser un medio conveniente para calentamiento, enfriamiento o cualquier tratamiento del producto. Por

aire secundario, para mantener las paredes frías. Sin embargo, los hogares provistos de ladrillos refractarios son necesarios cuando se manejan aceites combustibles de gran luminosidad.

Los hornos con calentamiento indirecto, estan limitados tanto en la temperatura maxima del aire que pueden suministrar, como en su precio o bien en ambas cosas, así que se usan normalmente en sistemas cerrados o bien cuando hay necesidad absoluta de evitar el contacto del producto con los gases de combustión, debido a las posibles reacciones, así como también evitar los peligros de explosiones por la naturaleza del producto. Las temperaturas para el aire de secado más prácticas son de  $320^{\circ}\text{C}$ , cuando se emplean hornos eléctricos y de 10 a  $15^{\circ}\text{C}$  menos que el vapor saturado y seco cuando se utilizan bancos de tubos.

Los quemadores de fuego indirecto, pueden ser operados para temperaturas de aire de secado como se indican arriba o más altas, pero debido al rendimiento de la transferencia de calor entre los fluidos determinan un rendimiento térmico total menor, además de que requieren tipos de aleaciones más caras en su construcción, y son estas causas, aparte de que la vida del equipo es más corta, lo que hacen que este sistema tenga bajos rendimientos, y a su costo.

Como equipo opcional a esto, se pueden emplear, acoplado al sistema, filtros de aire ya sea manuales o automáticos para las entradas de aire al quemador o al sistema en otros puntos.

E) INSTRUMENTOS DE CONTROL

La correcta instrumentación de un sistema de secado por atomización es esencial, ya que dos categorías son requeridas; a) Seguridad ; y la otra b) para actuación.

Todos los controles de seguridad de flama, son necesarios en un horno, y por otra parte son obligado instalarlos, ya que de hecho, son exigidos por reglamentos gubernamentales de Seguridad o bien por las compañías de seguros.

Una adecuada relación entre los controles de seguridad y de operación son también requeridos para prevenir arranques imprevistos o los paros obligados de la instalación, causados por fallas en diversas partes del sistema, tales como : el suministro de la alimentación, flama en el quemador, energía eléctrica a los motores o en caso de roturas tanto en las bandas como en los alaves de los ventiladores, etc.

Desde luego, los controles de operación están interconectados con el controlador-registrador de la temperatura del aire a la salida de la cámara, ya que es básico controlar la humedad final del producto, por lo tanto una instrumentación especial que sea superior a los requerimientos básicos, es necesario efectuarla, en estos sistemas de secado.

En la figura No.18, se muestra un diagrama típico de la instrumentación de control en un secador de este tipo, así como partes accesorios del mismo. Una vez que este, ha sido fabricado y montado, será necesario hacer una verificación completa de la Ingeniería de las cantidades de flujo -

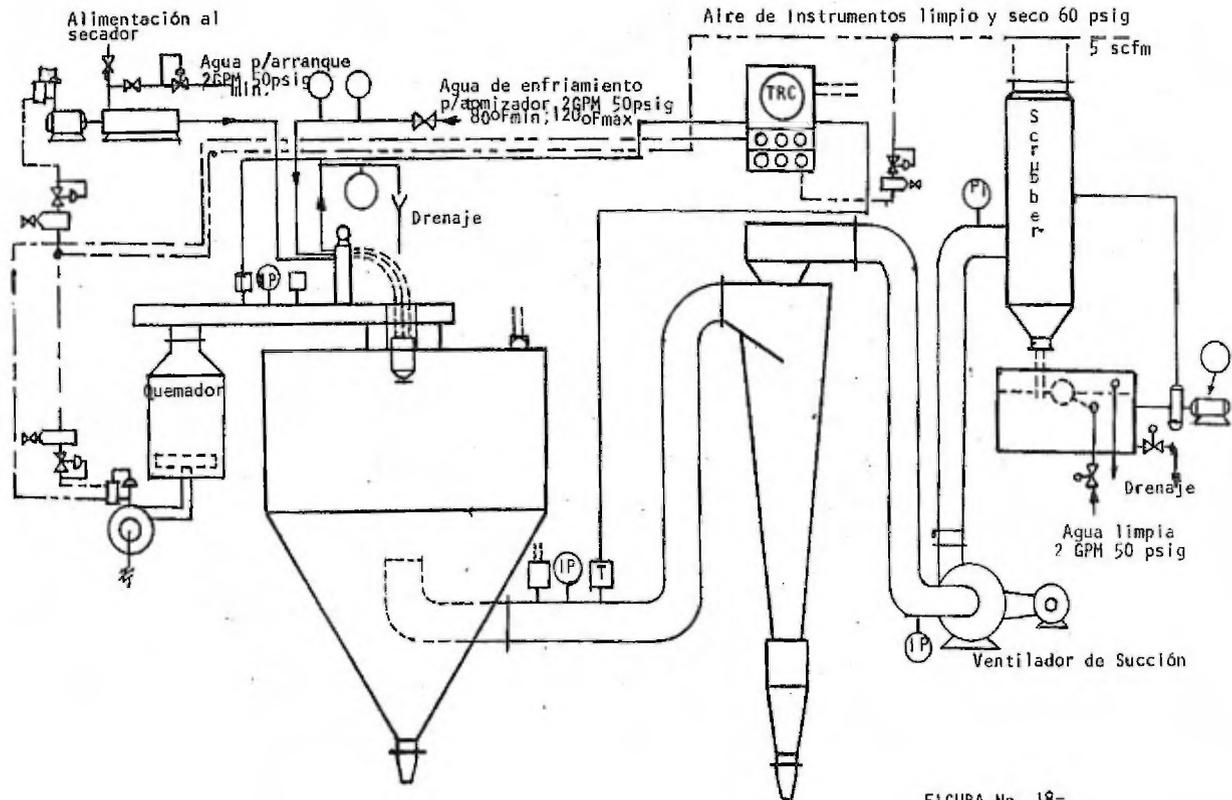


FIGURA No. 18=

DIAGRAMA DE CONTROL DE INSTRUMENTACION

de aire, lecturas de caídas de presión, y condiciones generales de operación para asegurarse que el rendimiento es conforme a los diseños originales.

#### IV. 4.- SECADORES POR ATOMIZACION DE LABORATORIO

Este tipo de secador para laboratorio tiene multiples aplicaciones, tanto para fines de investigación y desarrollo, como para producción en cierta escala.

Entre los que se usan generalmente para este tipo de trabajo, son de 75 centímetros de diámetro, y son miniaturas de los diseños mostrados en las figuras Nos.9,10,11. Debido a la distancia corta de viaje de las gotas atomizadas, deberán realizar la atomización muy fina. Esta causa limita, por tanto el control de las características físicas del producto, obligando a realizar un buen diseño del mismo y un manejo de operación escrupuloso. La flexibilidad de la atomización, la circulación y el flujo del aire y sus temperaturas es esencial para manejar una amplia gama de productos, siendo posible obtenerse con quemadores directos o indirectos.

Aunque frecuentemente se emplean para fines de producción en pequeña escala, estos secadores de laboratorio, se usan generalmente para determinar la factibilidad de secar y obtener muestras de prueba, con tamaños de partícula promedio que pueden variar de 5 a 40 micras.

Un diseño especial de atomizador para uso de laboratorio, ha sido desarrollado para experimentar cerámicas empleadas en Electrónica, como la Esteática, ferritas, etc., este diseño utilizado es el mostrado en la Figura No. , también se usa para secar catalizadores y productos similares, siendo sus dimensiones de 0.75 Mts de diámetro y 1.80 Mts de altura cilíndrica. La atomización por boquilla puede realizarse desde la parte superior.

or, pero es más frecuente que se haga desde el fondo, dando por tanto, un recorrido más largo de las gotas atomizadas. Produciendose de esta manera, partículas esféricas con diámetros promedios de 60 micras.

IV. 5 .- DESCRIPCION DE UN SISTEMA DE SECADO POR ATOMIZACION

Esta descripción corresponde a la planta de secado - mostrada en la Figura No. 19, y que muestra sus diferentes componentes marcados con índices y que a continuación se mencionan :

- 1.- Tanque receptor para la sustancia líquida o semilíquida, que se va a secar y que alimenta al atomizador.
- 2.- Bomba de dosificación de flujo para transportar el material a secar.
- 3.- Tubería de conducción del material a secar
- 4.- Atomizador movido por un motor eléctrico.
- 5.- Tanque de suministro de agua empleada en los arranques y paros de la planta.
- 6.- Valvula macho de 3 vías para los cambios de agua-producto-agua.
- 7.- Filtro del aire de entrada al sistema.
- 8.- Ventilador de inducción para el aire de entrada.
- 9.- Quemador para el calentamiento del aire de entrada.
- 10.- Ductos de conducción de aire caliente, aislados.
- 11.- Dispensador del aire caliente de diseño especial.
- 12.- Cámara de secado.
- 13.- Vibrador dosificador de descarga.
- 14.- Sistema de transporte neumático.
- 15.- Ducto de salida de la cámara, para la humedad y cierta cantidad de producto.

- 16.- Ciclón colector que separa el producto(polvo) del aire
- 17.- Ventilador extractor del aire ya separado del producto y enviado a la atmósfera.
- 18.- Ciclón separador de la corriente proveniente de la parte inferior de la cámara de secado.
- 19.- Tolva de recepción del polvo recuperado ,para recibir el envasado que se desee.
- 20.- Valvula retentora de aire para extraer el producto.
- 21.- Ventilador de succión de aire para el sistema de transporte.
- 22.- Filtro para la entrada de aire.
- 23.- Gabinete para Instrumentación, del registro y control de las temperaturas de entrada y salidas del aire de secado, medición de la presión del aire y de vacío en la cámara, amperímetro para el motor del atomizador, registradores de la presión de vapor, además de los sistemas de arranque y paro de los motores. Generalmente este gabinete se encuentra junto a la bomba de alimentación:

Con respecto al atomizador y que se encuentra en la Figura No. 8, es una pieza maquinada a precisión de muy alta calidad, e incluso sus boquillas de salida son de materiales muy especiales, dependiendo de las características del producto a secar.

Esta figura muestra las siguientes partes y que son:

a) La flecha que mueve al atomizador b) la Tubería de alimentación, por la cual el líquido es llevado hasta el atomizador por medio de una unidad especial de distribución, que forma un anillo en donde por la fuerza centrífuga, hace despedir el líquido en forma de canales radiales, que posteriormente se rompen en gotas de tamaño uniforme, en la cámara del secador.



## IV. 6 .- PROPIEDADES DE ALGUNOS PRODUCTOS SECADOS POR ATOMIZACION

Producto y condiciones de operación	Características del producto
$\text{NH}_4\text{NO}_3$ $t_1 = 395^\circ\text{C}$ $t_2 = 140^\circ\text{C}$ $t_f = 43^\circ\text{C}$ $C_f = 60 \%$	Las partículas son casi esféricas con hoyue <u>los</u> en su superficie, no son huecas y se - fracturan con dificultad.
$\text{Na}_2\text{SO}_4$ $t_1 = 315^\circ\text{C}$ $t_2 = 152^\circ\text{C}$ $t_f = 57^\circ\text{C}$ $C_f = 25 \%$	Las partículas son huecas y cristalinas, mos <u>trando</u> hoyuelos con bordes redondeados, se - rompen con facilidad, siendo de pared delgada baja densidad aparente, y alto desmenuzamient <u>o</u> al tacto, resultando con muchos poivos.
$\text{KNO}_3$ $t_1 = 340^\circ\text{C}$ $t_2 = 148^\circ\text{C}$ $t_f = 30^\circ\text{C}$ $C_f = 31 \%$	Dos tipos de partículas hay aquí: a) agrega <u>dos</u> cristalinos esféricamente burdos, fácil - de triturar. b) Esferas grandes de pared del <u>gada</u> de 5 a 20 micras de espesor; diámetros de 1800 a 2000 micras.

## Silicato de Sodio

$t_1 = 490^{\circ}\text{C}$   
 $t_2 = 203^{\circ}\text{C}$   
 $t_f = 62^{\circ}\text{C}$   
 $C_f = 25\%$

El producto consiste de partículas esféricas de pared delgada, aparentemente no cristalinas. Pueden romperse o aplastarse bajo presión sin ninguna fragmentación. Siendo de baja densidad y que forman películas.

## Sulfato de Potasio

$t_1 = 505^{\circ}\text{C}$   
 $t_2 = 190^{\circ}\text{C}$   
 $t_f = 65^{\circ}\text{C}$   
 $C_f = 10\%$

El producto es de esferas huecas, de pared delgada, rompiéndose fácilmente bajo pequeña presión. Como es cristalino, tiene una densidad media y es polvoso después de reducirle de tamaño.

## Cloruro de Sodio

$t_1 = 545^{\circ}\text{C}$   
 $t_2 = 210^{\circ}\text{C}$   
 $t_f = 65^{\circ}\text{C}$   
 $C_f = 10\%$

Las partículas son esferas huecas con pared delgada, apariencia cristalina con hoyuelos en las paredes, aplicandoles presión moderada se reducen de tamaño tomando forma de escamas, siendo de baja densidad.

## Leche Entera

$t_1 = 400^{\circ}\text{C}$   
 $t_2 = 120^{\circ}\text{C}$   
 $t_f = 130^{\circ}\text{C}$   
 $C_f = 26\%$

Partículas esféricas toscas, pared delgada, y hueca que se parten o rasgan con baja presión. Algunas de estas, se degradan al trabajar con temperaturas más altas.

Colorante dispersable  
al agua.

$$t_1 = 415^{\circ}\text{c}$$

$$t_2 = 133^{\circ}\text{c}$$

$$t_f = 75^{\circ}\text{c}$$

$$C_f = 19.5 \%$$

Las partículas son generalmente esféricas huecas, aparentemente homogéneas, de naturaleza no cristalina. Se rompen en fragmentos escamosos bajo presión moderada. Un producto estable con pequeños - signos de polvurulencia.

Gelatina

$$t_1 = 397^{\circ}\text{c}$$

$$t_2 = 125^{\circ}\text{c}$$

$$t_f = 115^{\circ}\text{c}$$

$$C_f = 4 \%$$

El producto consiste de esferas aplastadas teniendo una apariencia de ciruela seca. Con pared delgada de 5 a 10 micras y que se pueden aplastar sin romperse bajo pequeña presión.

Nitrato de Sodio

$$t_1 = 415^{\circ}\text{c}$$

$$t_2 = 110^{\circ}\text{c}$$

$$t_f = 120^{\circ}\text{c}$$

$$C_f = 30 \%$$

Sus partículas presentan agregados cristalinos y resaltando otras como globos más grandes, similares al  $\text{KNO}_3$ , los primeros se trituran fácilmente, provocando un producto polvurulento de gran densidad.

Marasperse-C  
( producto comercial,  
dispersante).

$$t_1 = 495 - 445^{\circ}\text{c}$$

$$t_2 = 210^{\circ}\text{c}$$

$$t_f = 80^{\circ}\text{c}$$

$$C_f = 36 \%$$

Son esferas grandes burdas, con variación en los espesores de pared, son amorfas bajo presión moderada se reducen a partículas escamosas más pequeñas, de baja densidad, mostrando fuerte tendencia a formar películas.

## CAPITULO

## V

### V.- COSTOS DE LOS SECADORES POR ATOMIZACION

#### V. 1.- Diversos factores que afectan los costos.

Debido a que siempre es necesario tener métodos de evaluación, para así obtener los costos de cualquier equipo industrial, antes de ser diseñado, se ha estimado que ninguna relación de Capacidad-Costo, puede establecerse, aun para un tipo en particular, de secador - por atomización.

Esto desde luego, involucra varias razones, algunas - muy obvias, como por ejemplo, que la operación más rentable, generalmente no es la de costo de inversión más baja, y esto es cierto, ya sea que se esten comparando Secadores por atomización unicamente o incluso contra otros tipos.

La justificación para este tipo de secador, a menudo - requiere más que una simple comparación de precios, ya que los costos de operación, mantenimiento y de consumo de energía son más bajas, por ser - una operación casi automática, mientras que los combustibles pueden ser - altos, ya que esto hace que permitan este tipo de secadores, temperaturas más altas y soportables para los productos, en la entrada del aire de se cado.

El factor más importante para muchas aplicaciones, en

comparación con otros secadores, es la eliminación de varios procesos intermedios, algunos de ellos costosos, tanto por los equipos - como por la misma operación de ellos, como por ejemplo: la cristalización o precipitación, filtración o centrifugación, molienda y clasificación e incluso problemas de envasado. Además que aquí no hay pérdidas tanto de producto, como por necesidad de recircular el mismo.

La ventaja que se puede considerar como competitiva al obtener una buena calidad del producto, es más difícil de evaluar, a menos que el material tenga un precio elevado, al conseguirse por este método de secado.

Sin embargo, cuando se consideran en conjunto los costos de funcionamiento con los de instalación, las unidades de este tipo, pueden frecuentemente representar la técnica más favorable a desarrollar. Desde que impera la tendencia a una cada vez más - cuidadosa evaluación de los costos de proceso, se ha notado un incremento en la utilización de los atomizadores, especialmente en aquellos campos de mayor desarrollo de la Industria Química.

La cantidad del aire y su temperatura, así como - la humedad, determinan la capacidad de evaporación de una unidad de secado por atomización.

El precio de un sistema depende en primera de la cantidad de aire, materiales a emplear en la construcción y el equipo accesorio necesario, por ejemplo: Recuperadores de polvo, quemados para el aire, etc.

La concepción del diseño de la cámara, es frecuentemente un factor importante de costo, debido a que los tiempos de secado o retención, pueden variar de 5 a 30 segundos en las unidades comerciales. Dicho tiempo y la cantidad de aire, determinan el volumen de la cámara para una determinada producción, lo que representa una fracción importante en el costo total.

Las propiedades específicas exigidas al producto, principalmente el tamaño de partícula, pueden igualmente afectar la forma y dimensiones de la cámara y por ende, el costo.

Otras de las razones, con respecto a esto, es que es difícil establecer relaciones de Capacidad-Costo, ya que muchos productos a los que se desea secar por estos métodos, solo se tienen datos técnicos sobre los métodos o sistemas tradicionales, por lo cual es necesario realizar pruebas de estos en atomizadores de laboratorio, antes de diseñar el equipo.

Sin embargo, se han establecido una serie de gráficas sobre costos, que dependen de varios conceptos, mismos que veremos a continuación.

Como ejemplo, en la Figura No. 20, muestra como los costos de instalación de los secadores por atomización, varían de acuerdo con su capacidad evaporativa y con la temperatura del aire de secado.

El límite superior de las curvas, es para una operación

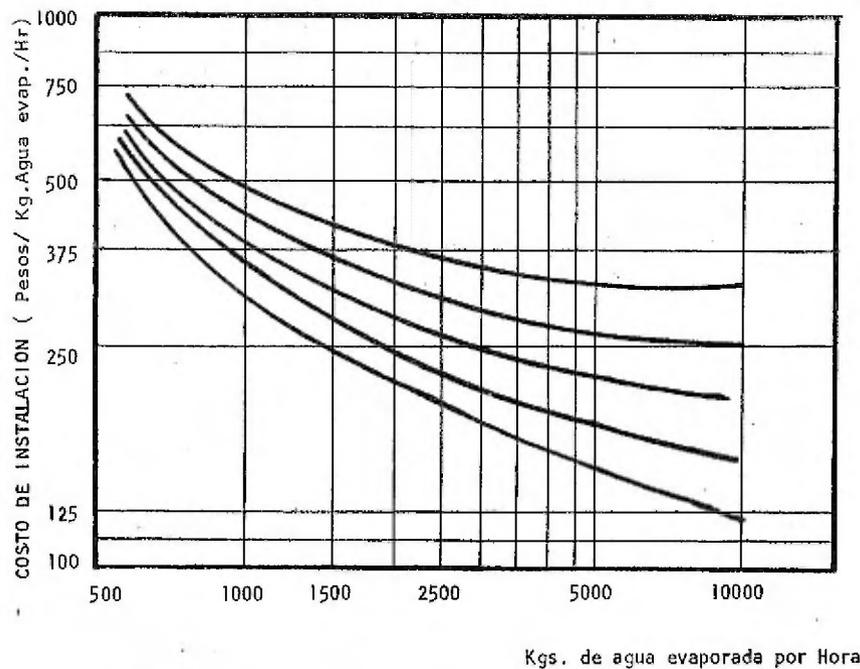


Figura No. 20

GRAFICA DE COSTOS DE INVERSION CONTRA CAPACIDAD DE EVAPORACION

FACULTAD DE QUIMICA

CARLOS BAZAN VILLEGAS

FEBRERO DE 1973

a bajas temperaturas , que son del orden de 110 a 165<sup>o</sup>c; como por ejemplo, la atomización del cuarzo, que tiene tamaños de partícula de 200 a 500 micras y en la cual también caen otros tipos de materiales de construcción especiales.

El limite superior corresponde a una operación a altas temperaturas de 375<sup>o</sup>c o mayores, para una atomización fina; para tamaños de partícula menores de 100 micras.

La consideración del segundo costo que es el correspondiente a la Operación, y que incluye los siguientes puntos:

- a) MANO DE OBRA
- b) COMBUSTIBLES
- c) ENERGIA
- d) MANTENIMIENTO Y DEPRECIACION

Otras partidas como gastos generales, regalías, etc., requieren otras consideraciones, que dependen del tipo de la planta, tipo de operación y de los procedimientos de costo.

Sin embargo, estas partidas, cuando son evaluadas - dan un índice bueno y razonable del costo del agua evaporada, en - un secador por atomización.

La figura No. 21, muestra como los costos de Operación, de un secador de este tipo varían con la capacidad y la tem-

peratura. Estas curvas están basadas en los siguientes datos y -  
consideraciones.

a) MANO DE OBRA

Para este método de secado, solamente es necesario  
emplear un solo operario, teniendo en cuenta un costo de \$ 11.25 -  
por hora normal.

Obviamente estos cargos variarían de acuerdo a la -  
planta, el trabajo a realizar y de los métodos de operación, de la  
ubicación de la planta. Desde luego, la mano de obra se conside-  
ra constante sin importar el tamaño del secador por atomización. -  
Las curvas pueden emplearse para otros costos de mano de obra, por  
medio de un factor constante.

b) COMBUSTIBLES

Esto está estimado bajo la base del peso -  
del aire, que es calentado a la temperatura de entrada, desde una  
temperatura inicial de 0°C.

El costo del combustible es tomado sobre la base de  
\$ 1.43 por galón de aceite diesel con un valor de calor específico  
de 136,000 Btu/ Gal.

## c) ENERGIA ELECTRICA

Esta está compuesta por dos partidas y que son: 1) Energía eléctrica par el manejo del aire y 2) para la atomización.

La primera esta estimada para una caída de presión - total de 8 pulgadas de columna de agua y una eficiencia del ventilador del 60 %.

En el caso del atomizador fué estimada de la siguiente ecuación , que es para la potencia neta requerida, para mover dicho atomizador :

$$P_k = 1.33 \times 10^{-11} \times W \times N^2 \left( \frac{D^2 - D_o^2}{2} \right)$$

Que representa la potencia maxima, tomando en cuenta que esto varia de acuerdo al tipo de atomizador.

A continuación el nombre los componentes de la ecuación:

$P_k$	Potencia neta en Kilowatts
$W$	Gas en masa en libras por minuto
$N$	Revoluciones por minuto ( 5000 para la grafica)
$D$	Diámetro del disco en pulgadas
$D_o$	Diámetro real que hay entre la alimentación del líquido y el centro del disco en pulgadas.

El costo de la electricidad se considera de \$ /Kw-Hr

d) MANTENIMIENTO Y DEPRECIACION

El primero se estimó en un 3 % y para el otro en - 10 % anual para la depreciación del total del costo de instalación. Con una base anual de 7000 horas y basandose en el costo de la instalación, considerado en la Figura No. 20, tomando en cuenta, varias temperaturas de operación.

Además para otros costos extras, el fabricante del producto, tiene que considerar los siguientes costos :

- 1) Costos de las pérdidas del producto como polvos y depositos en las paredes de la cámara y ductos.
- 2) Costo de mano de obra por tiempo extra.
- 3) Seguros, impuestos, regalías.

En la industria alimenticia, los costos para los secadores por atomización, son generalmente más altos que los considerados en la Figura No. 21, por las siguientes razones:

- I.- Los costos de combustible son más altos por ser sistema de calentamiento indirecto por medio de vapor.
- II.- Mayor mano de obra requerida debido a los problema de limpieza y a que son más frecuentes, que en otros tipos de industrias.
- III.- El costo de la instalación es mayor por Kg. debido los

volumenes de producción más bajos y a los diseños especiales por requerimientos sanitarios, que incrementa los costos de diseño y de instalación.

iv.- La concentración en la alimentación es más baja, resultando cargas de evaporación más grandes por realizar.

v.- Los de atomización son generalmente operados por un número menor de horas anuales en comparación con otras industrias.

Todos los costos han sido basados en Kgs. o en Libras de agua evaporada por hora, debido a la amplitud de las posibles concentraciones de alimentación del producto a secar, que puede ser tal, que requerirá más curvas adicionales.

Estos costos, podran ser convertidos en Pesos por Kg. de producto al multiplicar los valores de la curva por los valores correspondientes de Kg. de líquido por Kg. de sólido seco en la alimentación.

Esto es para concentraciones de alimentación que no tengan efecto en los costos de las graficas, ni en las suposiciones usadas para preparar dichas graficas.

Concluyendo por tanto para la Figura No. 21, que entre más grande es la capacidad, más bajo es el costo de Libra o Kg. de agua evaporada, o bien por peso de producto seco. A baja capacidad, son mayores los costos de las partidas tales como Combustibles, y mano de obra. A altas capacidades el costo mayor son los combustibles, en cambio que la Inversión y el mantenimiento son menores. Estas curvas pueden ser usadas para mostrar la economía esperada para estos secadores.



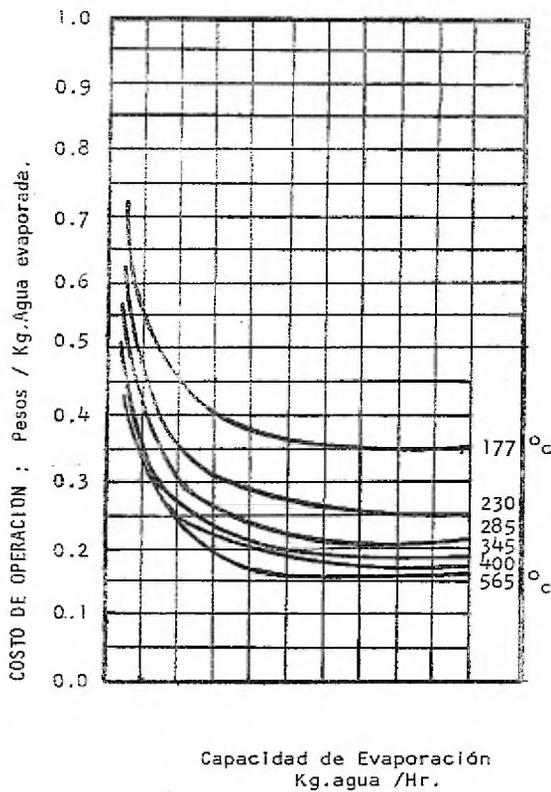


Figura No.21

GRAFICA DE COSTOS DE OPERACION DE  
ACUERDO CON LA CAPACIDAD Y LA TEM-  
PERATURA.

Facultad de Química

Carlos Bazán V.

Febrero de 1973

por atomización de gran capacidad comparadas con otros tipos usados para líquidos o pastas, que requieran varias unidades para alcanzar las cantidades de Producción a gran volumen requeridas.

B I B L I O G R A F I A

---

- 1) Brown and Associates, Unit Operations , .  
pag. 560-564, 566.  
John Wiley and Sons, Inc. New York, 1964.
- 2) Robert E. Treybal, Mass transfer Operations,  
pag. 536, 554-555, 564-566.  
Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York, 1964.
- 3) John H. Perry, Chemical Engineering Handbook,  
pag. 803-804, 863-889 , #a. Ed.  
Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York, 1950.
- 4) Warren L. McCabe and Julian C. Smith, Unit Operations  
tions of Chemical Engineering, pag. 882-888.  
Mc. Graw Hill Book Co., Inc. New York, 1956.
- 5) W. R. Marshall , Atomization and Spray Drying,  
Chemical Engineering Progr. Monograph Series  
Vol. 50, No. 2, 1954.
- 6) E.R. Riegel, Chemical Progress Machinery,  
Capítulo 7, 2a. Ed.  
Reinhold Publishing Corporation, New York, 1953.

- 7) D.W. Belcher, S.A. Smith, E.M. Cook, Chemical Engineering, Sept. 30 y Octubre 14, 1963.  
Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York.
- 8) E. J. Crosby, W.R. Marshall Jr., Effects of drying Conditions on the properties of Spray dried particles, Chemical Engineering Progr. Vol. 54, No. 7, Julio 1958.
- 9) A.S. Foust, L.A. Wenzel, principles of Unit Operations, Pag. 340-350.  
John Wiley and Sons, New York .
- 10) W.C. Lapple, W.E. Clark, Drying Methods and Equipment, Chemical Engineering , Octubre 1955 y Drying Design and Costs , Noviembre 1955.  
Mc Graw Hill Book Co, Inc. New York.
- 11) W.R. Marshall Jr., E. Seltzer, Principles of Spray Drying, Chemical Engineering Progr. Vol. 46, No. 10 pag. 501- 508, Octubre- Noviembre 1950.