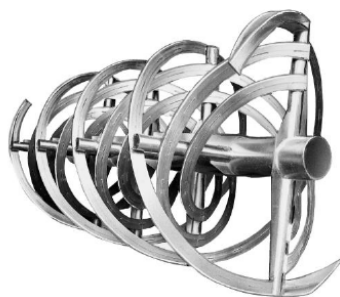


## Aporte para la fabricación de un secador al vacío de cuerpo fijo de nueva concepción.

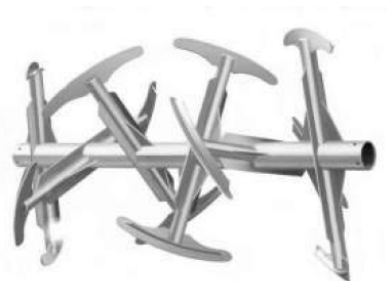
El presente documento describe sintéticamente el estudio efectuado por el Ing. M. Garbero y por el Prof. M. Vanni del Instituto Politecnico di Torino<sup>1</sup> sobre la configuración y las opciones constructivas adoptadas por Italtvacuum para la fabricación del nuevo secador al vacío a cuerpo fijo Planex System® (Patente N° US 5,857,264).

### Tipología de Rotor

En la práctica industrial los agitadores que se utilizan en los secadores cilíndricos horizontales, para garantizar una mezcla adecuada del sólido, son tipo *Ribbon* (Cinta) o *Paddle* (Pala).



(1a) - Ribbon



(1b) - Paddle

Figura 1 -  
Tipos de  
rotor

El tipo *Ribbon*, como aparece en la figura 1a, ofrece un grado elevado de mezcla tanto en dirección radial como en dirección axial sin fenómenos considerables de calentamiento del producto. Sin embargo, la limpieza del rotor es difícil y también lo es el desmontaje de las hojas para un posible mantenimiento.

El tipo *Paddle*, como se muestra en la figura 1b está menos afectado por este problema, pero en proporción, alcanza un nivel menor de mezcla, garantizando una buena mezcla en sentido radial pero no en sentido axial.

Para el proceso de secado al vacío de polvos, más que un elevado grado de mezclado, se deben conducir regularmente las partículas de sólido a la superficie del lecho granular, para que se pueda optimizar la evaporación del disolvente. La renovación continua de la superficie la garantizan ambos rotores. No obstante, el tipo *paddle* resulta más adecuado para su utilización en la industria farmacéutica y químico-farmacéutica porque ambas requieren una frecuente limpieza del aparato. El consumo de energía de los dos rotores es similar, aunque depende del número de cuchillas y de palas utilizadas.

**En base a estas consideraciones, evaluando también la ventaja de contar con un aparato de fácil fabricación, mantenimiento y limpieza, Italtvacuum ha preferido adoptar un rotor tipo *paddle*.**

### Mezcla del producto

Con el fin de mejorar la agitación y permitir una renovación eficaz de las partículas de sólido en la superficie del lecho granular, Italtvacuum ha optado por desarrollar dentro del secador, además del movimiento rotativo, un *movimiento planetario*. El movimiento planetario consiste en una rotación lenta del rotor, de diámetro reducido con respecto al de la cámara, alrededor del eje del secador que para el aparato en cuestión no coincide con el eje del agitador (ver Figura 2).

Para el secador examinado se ha elegido una relación entre el diámetro del rotor y el diámetro interno de la cámara de secado que apenas supera 0,5. Esta elección se basa en que el diámetro barrido por el rotor debe ser de tal como para que pueda mezclar eficazmente el sólido en cualquier zona del secador durante el movimiento planetario del agitador y por ello debe ser superior a  $D/2$ .

# Planex System

## INFORME TÉCNICO

Pero por otra parte resulta conveniente limitar las dimensiones del rotor para que se pueda trabajar con velocidades de rotación más elevadas. El agitador en cuestión es constituido por cuatro bloques que se pueden desmontar con facilidad, cada uno contiene una pala para la mezcla del sólido. La opción de limitar el número de palas (4 en total) deriva de la exigencia de reducir al máximo el esfuerzo del eje del rotor, provocado por la acción de las palas dentro de la masa sólida.

Como se analizará a continuación, este esfuerzo representa uno de los temas principales en lo referido a la potencia disipada del eje del motor. Adoptando esta configuración resulta necesario aumentar las dimensiones del eje, para evitar posibles ladeos y vibraciones durante el movimiento planetario, pero permite ahorrar energía.

Duplicando de hecho el número de palas (de 4 a 8) se estima un aumento de la potencia disipada de aprox. 30 %.

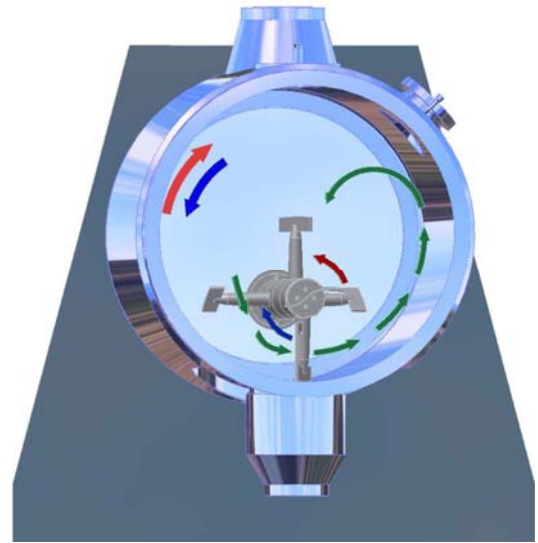


Figura 2 - Agitador *paddle* con 4 palas

Finalmente la forma de las palas externas está pensada en modo tal de reducir al mínimo el espacio entre el perfil del agitador y la pared del secador para favorecer el desprendimiento de grumos de material. La opción de la inclinación de las palas es para compensar aproximadamente el empuje en dirección axial en el rotor. Sin embargo, un cálculo preciso de tal empuje no es posible, en cuanto depende del roce entre el sólido granulado y la pala, que varía bastante con las condiciones del proceso y no es cuantificable previamente.

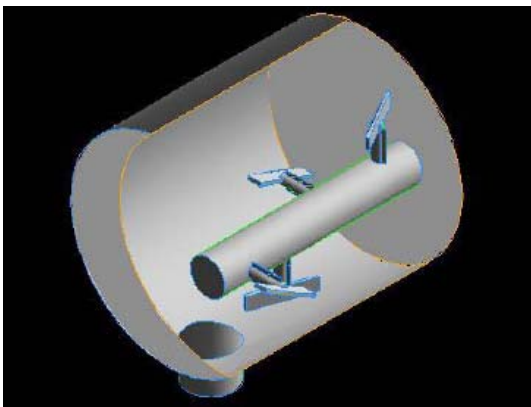


Figura 3 - Boquilla de descarga

La figura 3 muestra una disposición con boquilla de descarga situada abajo en la superficie cilíndrica del recipiente entre la primera y la segunda pala: esta disposición hace que la descarga sea alimentada periódicamente, cada vez que el agitador se ubica en el fondo del cilindro. Gracias a un ciclo de descarga específico que cuenta con un movimiento pendular del agitador, con adecuados sentidos de rotación alternados y con poca luz entre el perfil del agitador y la pared de la cámara de secado, se puede lograr la descarga total del producto.

### **Consumos de potencia y sobrecalentamiento del producto**

Para la máquina examinada, el consumo total de potencia depende de la acción combinada del movimiento rotacional y planetario del eje del rotor en el interior de la masa de sólido.

La potencia disipada solamente por el movimiento planetario durante el proceso es apenas superior a la que sería necesaria para mover las piezas mecánicas sin el sólido. Esto deriva del hecho de que el sólido es movido principalmente por el movimiento del rotor alrededor del propio eje y que la rotación planetaria se produce lentamente. Por consiguiente, la potencia disipada por la rotación planetaria depende principalmente del peso de las piezas mecánicas y del roce por su movimiento.

Por el contrario, la cantidad de energía disipada por el movimiento rotacional del rotor alrededor de su propio eje no es fácil de cuantificar. Además de la geometría de las palas, la energía disipada depende del tipo de sólido, de su granulometría, del grado de humedad, del número de vueltas del agitador y del nivel de

# Planex System

## INFORME TÉCNICO

llenado. De esto se deduce una de las ventajas del movimiento planetario, o sea **la posibilidad de adoptar un rotor con un diámetro sensiblemente más pequeño que aquel del aparato**. El movimiento planetario garantiza el movimiento del material en todo el volumen mientras que el **pequeño diámetro del rotor permite reducir la energía disipada por el roce entre las partículas sólidas**.

El valor de potencia para suministrar el eje puede ser extrapolado a partir de la siguiente fórmula<sup>2</sup>:

$$P = L \times g \times \lambda \times \varphi \times \rho \times \frac{\pi \times D_g^2}{4} \times S \times N$$

Donde los símbolos representan:

$P$  = potencia suministrada al eje, Kw.

$g$  = aceleración de gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>

$\lambda$  = coeficiente de resistencia del desplazamiento del material (3-4)

$\varphi$  = nivel de llenado

$\rho$  = densidad aparente del material, kg/m<sup>3</sup>

$D_g$  = diámetro del rotor, m

$S$  = paso, m

$L$  = longitud del agitador, m

$N$  = velocidad de rotación, rps

**Por lo tanto, la potencia para suministrar al eje del rotor del secador Planex y en consecuencia la energía disipada por el roce entre las partículas sólidas en esta tipología de máquinas, es tres veces inferior con respecto a las necesarias para los secadores tradicionales equipados con agitador concéntrico.**

### Nivel de llenado

Como ya se ha evidenciado, la potencia disipada por el movimiento rotacional del rotor alrededor de su propio eje, depende también del nivel de llenado. En equipos convencionales equipados con agitador concéntrico, la cantidad de sólido movida está relacionada con el nivel de llenado de todo el equipo, en cuanto el volumen barrido por el rotor coincide con el volumen total, mientras que para el equipo en cuestión el rotor actúa solamente en una porción del sólido, variable durante la rotación planetaria. Resulta entonces que, con iguales niveles de llenado, el consumo de potencia variará en el tiempo en función de que el rotor se encuentre más o menos sumergido en el sólido.

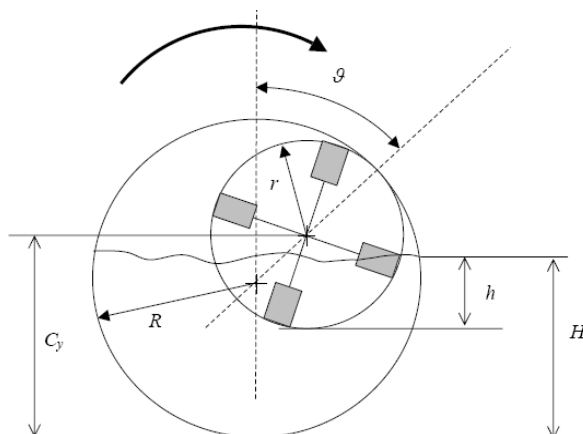


Figura 4 - Rotación planetaria del rotor

# Planex System

## INFORME TÉCNICO

Expresando la potencia disipada en función del nivel de llenado  $\varphi$  y de la velocidad de rotación  $N$  (rpm) según la relación de Masiuk<sup>3</sup>:

$$P = k \cdot N \cdot \exp[1.28(\ln \varphi + \varphi)] \quad (1)$$

se obtiene el gráfico de la figura 5, que presenta la evolución de la potencia disipada en función del ángulo de rotación del rotor alrededor del eje del secador para diferentes niveles de llenado de la cámara.

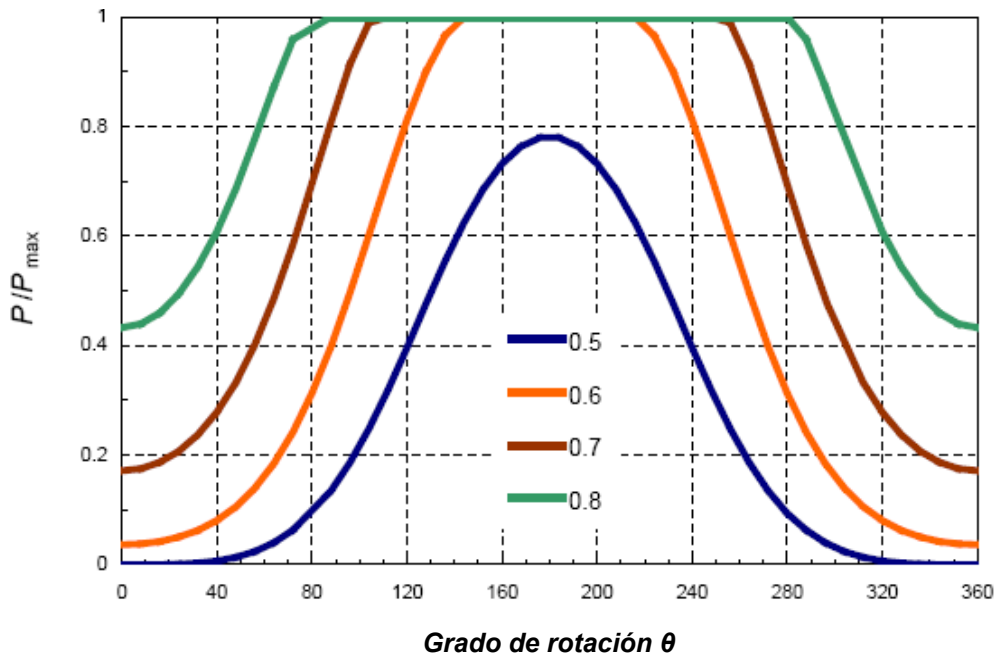


Figura 5 - Evolución de la potencia disipada por el rotor según la ecuación (1) durante el movimiento planetario en función del nivel de llenado de la cámara de secado

Para seleccionar la configuración óptima se debe considerar más que la variación de potencia, la renovación de la superficie gas-sólido, parámetro fundamental para lograr una evaporación eficiente y la renovación del contacto partículas-pared, fundamentalmente para obtener un elevado intercambio térmico. Esto depende de la combinación de ambos movimientos del rotor, planetario y rotacional. El llenado óptimo depende además de la maquinaria también de las condiciones del proceso y de las características del producto. Por lo tanto, es oportuno controlarlo experimentalmente con pruebas piloto. Es evidente que en caso de un llenado excesivo, el proceso no se puede desarrollar en condiciones de eficiencia, ya que el rotor resulta casi siempre sumergido y no puede renovar la superficie. Mientras que para valores bajos de llenado, los dos movimientos combinados, de rotación alrededor del propio eje y planetario con alternancias oportunas, resultan extremadamente eficaces aún con poco producto.

**Por lo tanto, la configuración óptima es intermedia y corresponde a valores teóricos de llenado de la cámara desde 0,5 al 0,8 del volumen total. Para estos valores, el rotor mueve una cierta cantidad de sólido y está completamente sumergido solamente por un breve intervalo de tiempo.**

Además, gracias al movimiento pendular del agitador se puede descender hasta valores de llenado de la cámara de 0,2, sin reducir la eficiencia de la máquina.

<sup>1</sup> Garbero, M., Vanni, M., 2004, "Contributo alla realizzazione di un essiccatore prototipo per brevetto IT1273100".

<sup>2</sup> Dubbel, Beitz, Kuttner, "Dubbel's Handbook of mechanical engineering", CRC Press, (1994).

<sup>3</sup> Masiuk S., "Power consumption, Mixing Time and Attrition Action for Solid Mixing in a Ribbon Mixer", Powder Technology, 217-229, 51, (1987).