



Thomas Broadbent and Sons Limited
División de Azúcar

Hoja de Información SI/01/1

Solución a Problemas de Vibración en Centrifugas Discontinuas de Azúcar

Esta Hoja de Información sirve de guía para identificar y corregir problemas de desequilibrio y vibración en las centrifugas discontinuas de azúcar de suspensión pendular. La comprensión de los tipos de vibración e inestabilidad que puede ocurrir y las razones de ello le ayudará a resolver los problemas.

SUSPENSIÓN DE CENTRIFUGA DISCONTINUAS

La carga en la cesta de una centrifuga siempre estará un poco desequilibrada. Las centrifugas de azúcar giran normalmente a una velocidad que produce un efecto de separación de alrededor de 1000 'G' (mil veces la fuerza de gravedad normal), de forma que 1 kg desequilibrado producirá una fuerza centrífuga correspondiente de alrededor de 1 tonelada que actúa radialmente hacia afuera y gira a la velocidad de la centrifuga.

En una centrifuga con un eje de montaje rígido y cesta como la mostrada en la Figura 1, toda esta fuerza rotativa se transmite directamente a la carcasa y dañará rápidamente los cojinetes y hará vibrar la estructura de soporte.

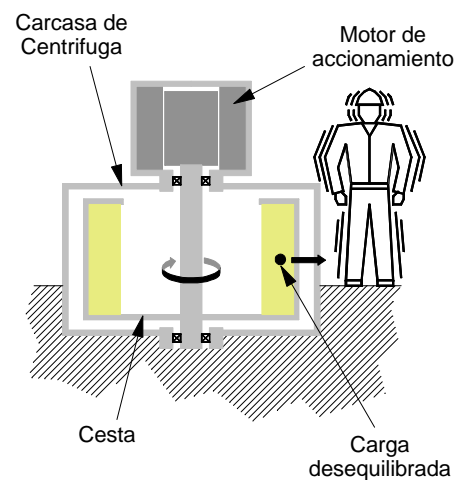


Fig 1 Centrifuga de cojinete rígido

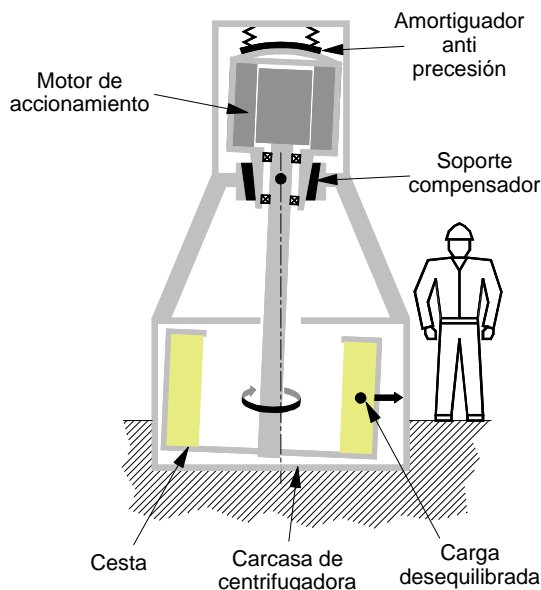
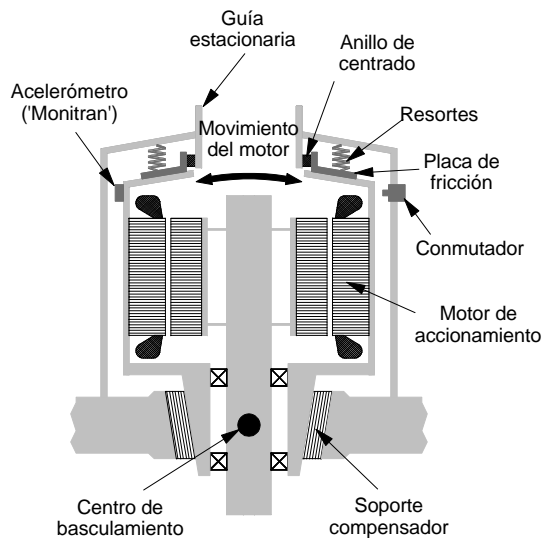


Fig 2 Centrifuga de suspensión pendular

Por esta razón, las centrifugas discontinuas de azúcar de Broadbent tienen suspensión pendular con el montaje rotativo colgado de un **soporte compensador** cónico de goma según se muestra en la Figura 2. Con tal de que la velocidad de rotación sea superior a la resonancia de balanceo, la cesta oscilará ligeramente en dirección opuesta a la posición del desequilibrio para hallar un eje mejor equilibrado de rotación y reducir así la transmisión de fuerzas a la estructura de soporte. La resonancia de balanceo es la frecuencia en que el montaje rotativo oscilaría naturalmente si fuera empujado ligeramente hacia un lado y soltado a continuación. Para asegurar que esta acción auto equilibradora ocurre siempre que se cargue la cesta, *la velocidad a que se alimenta el producto en la centrifuga deberá siempre ser substancialmente superior a la frecuencia resonante de balanceo.*

TIPOS DE VIBRACIÓN E INESTABILIDAD

Considere una centrifuga de suspensión pendular tal como la mostrada en la Figura 2, girando con un desequilibrio en la cesta. La acción de autobalanceo significa que sólo una fracción de la fuerza de desequilibrio es transmitida al marco de la estructura, pero esta fuerza residual transmitida puede sentirse como vibración a la misma frecuencia de rotación del eje. Esto se conoce como **Vibración de Frecuencia del Eje**. Como el montaje rotativo completo se inclina ligeramente en una orientación fija relativa al desequilibrio, al girar la centrifuga, la cesta y el motor parecen moverse de un lado a otro a la misma velocidad que el eje. Un sensor de vibración (acelerómetro) acoplado a la parte superior del motor puede detectar este pequeño movimiento (alrededor de 0,1 a 0,2 mm por 1 Kg de desequilibrio en la cesta). Esta aceleración es proporcional a la cuantía de desequilibrio en la cesta y a los esfuerzos correspondientes en la cesta y en el eje causados por el desequilibrio. El sensor de vibración puede por lo tanto usarse para proteger la cesta y el eje contra esfuerzos excesivos.



La alimentación se realiza normalmente a una velocidad rotacional baja, pero más alta que la velocidad resonante de balanceo. Durante la alimentación, la fuerza centrífuga hace que el producto suba por el interior de la cesta y también que fluya alrededor de la cesta para producir un producto apelmazado de espesor regular. Mientras el producto fluye dentro de la cesta, ésta tiende a bascular en gran cantidad y esto se conoce como **Giración**. Al mismo tiempo, la fuerza centrífuga hace que se purgue el licor del producto. Cuanta mayor velocidad rotacional haya, con mayor rapidez se purga el producto apelmazado. El objetivo es alimentar más producto en la cesta lo suficientemente rápido para reemplazar el licor perdido por la purga y mantener por lo tanto el producto apelmazado durante un período de tiempo lo suficientemente largo para permitirle fluir y equilibrarse por sí mismo.

Fig 3 Detalles de la suspensión pendular

Si el producto apelmazado se purga demasiado rápido durante su alimentación (p.ej., si la velocidad de alimentación es demasiado rápida o demasiado lenta). El producto apelmazado se solidifica antes de poder equilibrarse por sí mismo y esta es la causa del desequilibrio y de la *Vibración de Frecuencia del Eje* a alta velocidad. Por otro lado, si la velocidad de alimentación es demasiado lenta, el apelmazado permanecerá fluido durante más tiempo y el montaje rotativo estará más cerca de la resonancia de balanceo que tenderá a que ambos incrementen la Giración. **Si se incrementa la velocidad de alimentación se reduce la Giración durante la alimentación pero se incrementa la Vibración de Frecuencia del Eje a alta velocidad. Reduciendo la velocidad de alimentación se disminuye la Vibración de Frecuencia del Eje, pero se incrementa la Giración.** Hasta cierto punto se puede compensar una velocidad alta de alimentación incrementando la tasa de alimentación, o una velocidad baja de alimentación reduciendo la tasa de alimentación.

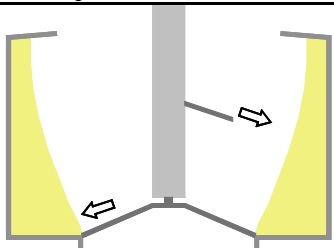
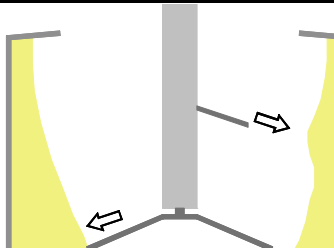
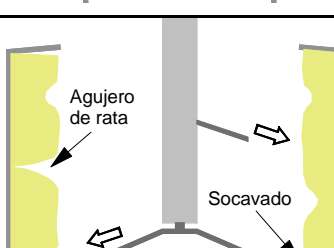
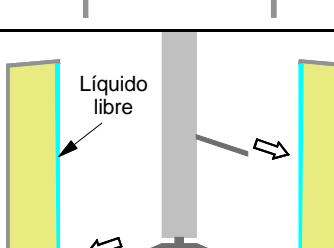
Si el producto contiene gran cantidad de cristales muy pequeños (p.ej., una masa cocida de 'grano falso') y una alta proporción de licor, o si el medio de filtración está cegado por el producto o contaminantes que bloquean las perforaciones, el licor podrá tener dificultad de purgarse fuera del apelmazado. En su lugar, se formará una capa de licor en la superficie del apelmazado. Comenzarán a formarse ondas en esta capa de líquido y cuando la velocidad de estas ondas se sincronice con la velocidad rotacional de la cesta, la cesta saltará repentinamente lateralmente y golpeará en la carcasa. Esto se conoce como **Inestabilidad de Carga del Licor** y podría causar daño serio al equipo.

La *inestabilidad de carga del licor* ocurre tan repentinamente que el sistema de control de la centrífuga es incapaz de tomar acción correctiva alguna y por esta razón es potencialmente peligroso.

Al girar a gran velocidad, el montaje rotativo de la centrífuga es susceptible a la **Precesión Giroscópica**. Esta es la tendencia del eje de cualquier objeto rotativo a comenzar a orbitar lentamente con una amplitud cada vez mayor gradual y puede verse en el giro excéntrico de una peonza. Si se deja sin comprobar, la cesta golpeará finalmente la carcasa causando daño serio al equipo. Se evita esto empujando una placa con un forro de fricción sobre la parte superior del motor con presión de resorte (Figura 3). Este sistema de **Amortiguador de anti precesión** ayuda también a reducir el movimiento de *Giración* durante la alimentación. Cualquier signo de que el montaje rotativo está deambulando en círculos durante la rotación es una indicación de que el Amortiguador anti precesión requiere mantenimiento.

De lo anterior se deduce que muchos de los problemas de vibración e inestabilidad surgen a causa de la pobre calidad de alimentación del producto y de una velocidad o frecuencia de alimentación mal ajustadas. La figura 4 resume algunos problemas típicos y los medios de corregirlos.

Fig 4 Problemas de alimentación

<i>Síntoma</i>	<i>Aspecto</i>	<i>Causa</i>	<i>Acción</i>
Incapaz de llenar la cesta. Alta <i>Giración</i> durante la alimentación. Baja <i>vibración de frecuencia del eje</i> a alta velocidad	El apelmazado tiene conicidad desde arriba abajo pero está uniforme alrededor de la cesta 	'G' insuficiente para que el producto suba por la cesta	Incrementar la velocidad de alimentación
Incapaz de llenar la cesta. Apelmazado esequilibrado produciendo alta <i>vibración de frecuencia del eje</i> a alta velocidad.	El apelmazado está más grueso donde el producto contacta por primera vez con la cesta. 	Purgado del producto demasiado rápido e incapaz de fluir para distribuirse por igual alrededor de la cesta	Disminuir la velocidad de alimentación y/o incrementar la tasa de alimentación
<i>Vibración de frecuencia del eje</i> excesiva a alta velocidad.	Socavados del apelmazado en la parte superior o inferior. Depresiones o agujeros en posiciones aleatorias. 	'Agujeros de ratas' por los bordes o en el tamiz de filtración	Comprobar el ajuste de los tamices en la cesta. Comprobar que los tamices no están rotos o agujereados. Comprobar que el tubo de lavado no está goteando en el fondo de la cesta
La cesta golpea repentinamente la carcasa durante la aceleración debido a la <i>inestabilidad de carga del licor</i> .	Líquido libre visible en la superficie del apelmazado 	Sedimentación del producto en lugar del purgado. Las ondas establecidas en la capa de líquido causan inestabilidad repentina.	Comprobar que los tamices no están bloqueados. Comprobar que la calidad de alimentación del producto no tiene un alto contenido de licor libre, y cristales excesivamente pequeños.

DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS DE PROTECCIÓN

Todas las centrifugas discontinuas de azúcar de Broadbent llevan instalados dos tipos de sensores que están conectados al sistema de control para proporcionar protección automática contra los problemas de vibración e inestabilidad que podrían dañar la centrifuga o presentar un peligro para los operarios. Estos sensores se muestran en la Figura 3.

El **Interruptor de Desequilibrio (OOB)** es un interruptor mecánico robusto, diseñado para detectar gran amplitud, movimientos de velocidad lenta del montaje rotativo debidos a la *Giración o Precesión*. El espacio entre el interruptor y una placa cebadora en la parte superior del motor está ajustado para activar el interruptor si el montaje rotativo gira lo suficiente para tomar alrededor del 50% de la tolerancia entre el anillo de sacudidas de la cesta y el anillo portador de la carcasa.

El **Monitor de Vibración** es un acelerómetro simple con filtro incorporado y amplificador para responder sólo al movimiento de frecuencia del eje a la velocidad rotacional de la centrifuga. Está diseñado para detectar los movimientos de *Vibración de Frecuencia del eje* a alta velocidad y pequeña amplitud de la centrifuga causados por el *desequilibrio de la cesta*. El monitor de vibración produce una lectura continua de la aceleración de vibración en 0,01 G rms en la interfaz de operador. Esta lectura es casi exactamente proporcional a los esfuerzos en el husillo y la cesta, y el sistema de control está diseñado para tomar automáticamente la acción protectora adecuada si la amplitud de vibración excede una amplitud presente durante más tiempo del preseleccionado. Se preseleccionan normalmente dos ajustes de niveles de vibración- **Hi Vibration** y **Hi Hi vibration**.

La acción tomada por el sistema de control depende de la posición en el ciclo cuando se active el interruptor OOB o el monitor de vibración.

SOLUCIÓN A PROBLEMAS DE VIBRACIÓN E INESTABILIDAD PERSISTENTES

La causa más probable de los disparos regulares del interruptor OOB y del monitor de vibración (paradas automáticas) es que los parámetros del proceso han sido usados incorrectamente para el producto que se está procesando. En particular, la velocidad rotacional en alimentación y la tasa de alimentación según está controlada por la apertura de la válvula de alimentación tiene un gran efecto en la habilidad de la centrifuga para autoequilibrarse. Si la consistencia del producto que está alimentando varía significativamente, deberá modificar estos parámetros. Consulte la Figura 4.

Una causa menos probable de ocasionar problemas es algún defecto mecánico en la centrifuga. Este será el caso solamente si los problemas persisten cuando se deja funcionar la centrifuga vacía.

La Figura 5 lista síntomas, causas y acciones recomendadas para corregir todo tipo de problemas de vibración e inestabilidad. Trabaje con la Figura 5 metódicamente como sigue:

- (a) Están *el interruptor de desequilibrio o el monitor de vibración* defectuosos?
- (b) Persiste el problema cuando se deja funcionar la centrifuga vacía?
- (c) Consiste el problema con la *vibración de frecuencia del eje, la giración, la inestabilidad de carga del licor o precesión*, y cuándo ocurre?

Note que cualquier cambio de la velocidad de alimentación deberá hacerse lentamente, nunca más de 5 rpm cada vez, y la velocidad de alimentación nunca menos de 25 rpm por encima de la resonancia de balanceo.

Figura 5 Diagnóstico de los problemas de vibración y desequilibrio

<i>Síntoma</i>	<i>Causas</i>	<i>Acciones</i>
El disparo ocurre sin vibración o balanceo excesivo aparente	Interruptor OOB defectuoso	Compruebe el espacio de separación del Interruptor OOB (véanse los planos o el manual) Compruebe que el interruptor OOB no está dañado
	Monitor de vibración defectuoso	Compruebe el cableado y la puesta a tierra del monitor Compruebe la calibración del monitor
La <i>vibración de frecuencia del eje</i> persiste cuando la centrifuga funciona en vacío sin el producto en la cesta	Suciedad en la cesta	Compruebe que no hay restos del producto dejados en la cesta Compruebe que no hay objetos extraños en la cesta
	Avería mecánica	Compruebe que no hay suciedad atrapada entre las caras del husillo y de la brida de la cesta y que los pernos de la cesta están apretados Compruebe que el husillo no está doblado o dañado Compruebe que la cesta no está dañada
Giración excesiva durante la alimentación	La alimentación del producto tiene alto contenido de licor o la tasa de alimentación es demasiado alta causando fuerte impacto en la cesta	Reduzca la tasa de alimentación cerrando un poco la apertura de la válvula de alimentación Compruebe si hay licor excesivo en el producto de alimentación
	La velocidad de alimentación es demasiado lenta, cerca de la resonancia de balanceo de la centrifuga	Incremente la velocidad de alimentación
	Amortiguador anti precesión defectuoso	Compruebe los ajustes del resorte del amortiguador (véanse los planos o el manual) Compruebe que los forros de fricción en la placa del amortiguador no están sueltos o desgastados Compruebe que el anillo de centrado está apretado en el conducto del ventilador
La cesta 'golpea' al comienzo de aceleración después de alimentación	El apelmazado del producto es demasiado fluido y móvil debido a insuficiente purga durante la alimentación	Incremente la velocidad de alimentación Reduzca la tasa de alimentación cerrando un poco la apertura de la válvula de alimentación Cambie la demora de asentamiento de purga de cero a unos cuantos segundos. Compruebe si existen grandes cantidades de pequeños cristales o licor excesivamente viscoso en el producto alimentado
Inestabilidad de carga de licor repentina durante la aceleración de rotación RIESGO DE SEGURIDAD	El producto se purga mal debido a que tiene pequeños cristales o alto contenido de licor permitiendo la formación de una capa visible de licor sobre la superficie del producto apelmazado	Mejore la calidad del producto alimentado. Ajuste el limitador de alimentación para reducir el espesor del apelmazado. Cambie la demora de asentamiento de purga de cero a 30-60 segundos. Reduzca la tasa de alimentación reduciendo la apertura de la válvula de alimentación. Incremente la velocidad de alimentación (con precaución)
	El tamiz de filtración está bloqueado, lo cual evita la purga y permite la formación de una capa visible de licor sobre la superficie del producto apelmazado	Compruebe si los agujeros en el tamiz de filtración están bloqueados por el producto no eliminado durante la operación de arrasado o por contaminantes. Incremente la duración de aclarado del tamiz.
La <i>vibración de frecuencia del eje</i> se incrementa a un nivel excesivo durante la aceleración de alimentación a rotación	El producto apelmazado se ha purgado demasiado rápido durante la alimentación evitando que fluya para producir un apelmazado uniforme	Reduzca la velocidad de alimentación. Incremente la tasa de alimentación abriendo un poco la válvula de alimentación. Compruebe que el producto alimentado no tiene una cantidad excesiva de cristales grandes.
	El tamiz de filtración defectuoso permite que se produzcan agujeros, aberturas o depresiones en la superficie del apelmazado	Compruebe si hay agujeros en el tamiz de filtración. Compruebe si hay aberturas entre la parte superior e inferior del tamiz y de la cesta. Compruebe si hay aberturas y pliegues sobre el tamiz de filtración.

<p>La <i>vibración de frecuencia del eje</i> se eleva al máximo y después baja durante la aceleración de alimentación a rotación</p>	<p>La estructura de soporte es demasiado flexible, lo cual produce una resonancia lateral inferior a la velocidad de rotación</p>	<p>Incremente la rigidez de la estructura de soporte (véase la Hoja de Información SI/96/1 o SI/97/1 de Broadbent) Mejore la rigidez de la conexión entre la parte posterior del marco superior de la centrifuga y el tanque mezclador (véase la Hoja de Información SI/96/1 o SI/97/1 de Broadbent)</p>
<p><i>Precesión</i> durante la rotación</p>	<p>Amortiguador anti precesión defectuoso, lo cual permite que el montaje rotativo pase lentamente a un movimiento de órbita</p>	<p>Compruebe los ajustes de resorte del amortiguador (véanse los planos o el manual) Compruebe que los forros de fricción o la placa del amortiguador no están sueltos o desgastados. Compruebe que el anillo de centrado está bien apretado en el conducto del ventilador.</p>