



# WHITEPAPER

## Sistemas de procesos

*La solución óptima para el control de temperatura en aplicaciones técnicas*

Tanto si se trata de técnicas analíticas como de síntesis, se requieren temperaturas definidas o perfiles de temperatura para numerosas tareas en el laboratorio y la industria, que estén garantizadas por los sistemas de control de temperatura. Pero, ¿qué es importante para los instrumentos de control de temperatura modernos? ¿Qué parámetros son críticos en la selección del sistema de control de temperatura? En este artículo, JULABO explica las claves para encontrar la solución óptima y más eficiente para una aplicación.

Principio básico del control de temperatura en aplicaciones técnicas .....	03
Rendimiento: combinación óptima de la bomba en uso .....	05
Seguridad: garantizar la seguridad de la planta y los productos .....	07
Seguridad del proceso: control de temperatura extremadamente preciso .....	09
Comodidad: manejo simple e intuitivo .....	11
Costes: bajo mantenimiento, compacto y flexible .....	13
Conclusión .....	14
Unidad de negocio de soluciones (BUS) .....	15

# WHITEPAPER

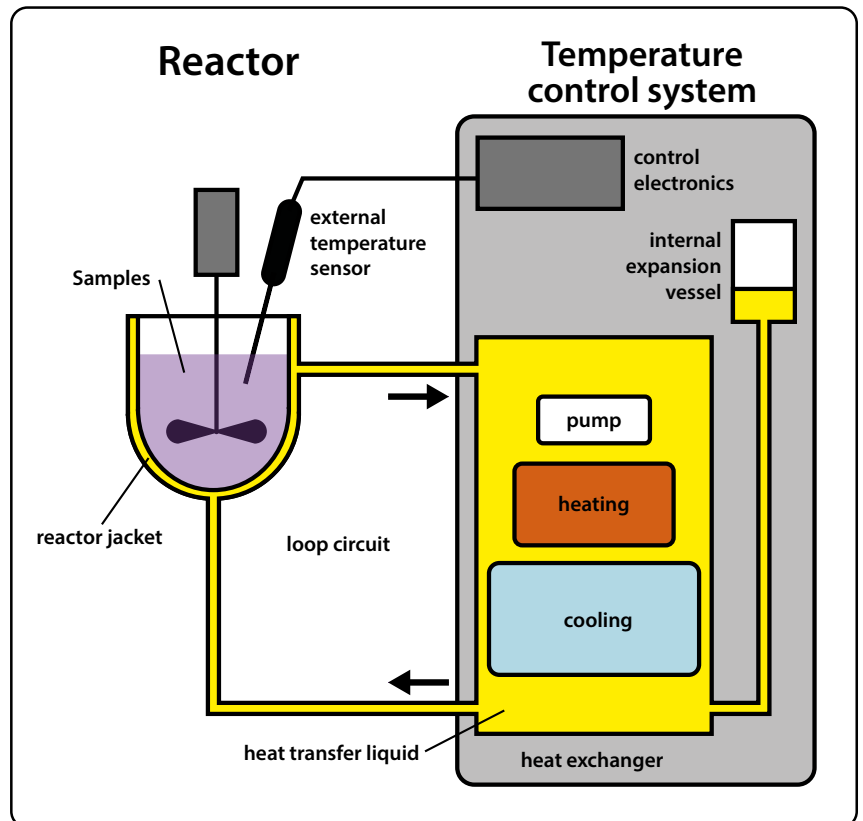


# Principio básico del acondicionamiento térmico

El control de la temperatura de los reactores en laboratorios farmacéuticos y químicos, así como en plantas industriales y experimentales, suele requerir el uso de criotermostatos dinámicos. Las reacciones endotérmicas y exotérmicas en las aplicaciones deben compensarse con rapidez y fiabilidad. Los reactores, p. ej., también están disponibles en una amplia gama de diseños y modos de operación que tienen en cuenta la variedad de reacciones químicas y sus complejas relaciones.

## Ejemplos de aplicaciones

- Miniplanta (p. ej., pequeños lotes)
- Centro técnico (p. ej., industria farmacéutica o química)
- Pruebas de componentes (p. ej., construcción de automóviles y aeronaves, investigación espacial)
- Simulación de temperatura
- Producción de alimentos (p. ej., fermentación, destilación)



En la aplicación clásica del reactor, los materiales básicos utilizados, como el vidrio, el acero o el esmalte, tienen ventajas y desventajas específicas en cada caso, p. ej., la reactividad del material de la caldera con los productos procesados o su estabilidad frente a la presión y la temperatura. Los materiales también influyen en aplicaciones de acondicionamiento térmico altamente dinámicas, como las diferentes propiedades de transferencia térmica de los materiales o los diferentes grosores de pared.

Este artículo se centra en los reactores de acero y vidrio de encamisado doble de uso frecuente. Este tipo de reactor consta de un recipiente interno para los componentes de reacción cuya temperatura se va a controlar. Está rodeado por una camisa donde circula el medio de baño. Con este tipo de regulación térmica del reactor, el sistema de control de temperatura bombea el medio de baño permanentemente a través de la camisa del reactor. Presenta diferentes conexiones. Los cambios de temperatura repentinos dentro del reactor se compensan dinámicamente mediante el rápido calentamiento o enfriamiento del líquido de baño. Tal calentamiento o enfriamiento tiene lugar dentro del sistema de control de temperatura.

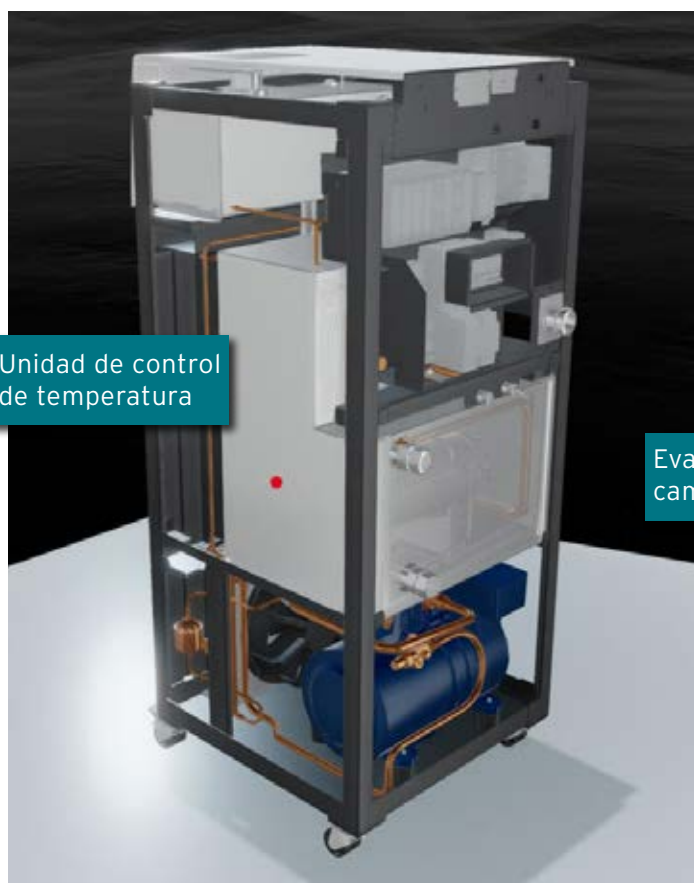
Quien quiera optimizar un proceso de reacción química, necesitará el mejor equilibrio posible para cumplir con la alta selectividad, calidad y, por lo tanto, productividad requeridas en un proceso de producción química. Un punto importante aquí es determinar la temperatura de reacción óptima para los distintos pasos del proceso, ya que la función del sistema de control de temperatura y la eficiencia del control de la

reacción están estrechamente relacionadas. Para conseguir estos objetivos, hay tres componentes en el sistema que desempeñan un papel fundamental:

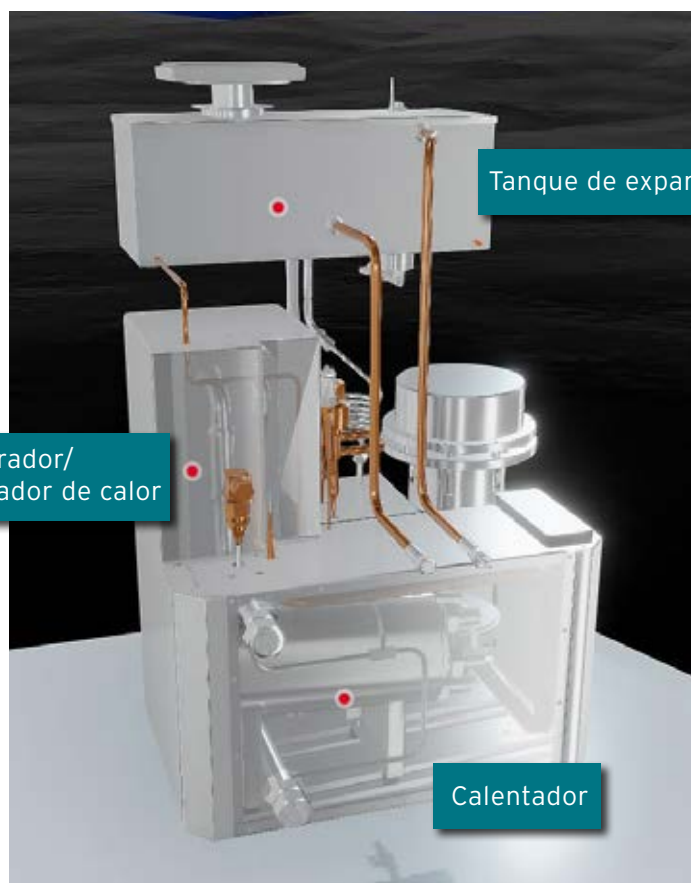
- Cambiador de calor
- Bomba
- Electrónica de control

Los criotermostatos dinámicos se han desarrollado, sobre todo, para su uso en miniplantas, plantas piloto y de destilación, biorreactores y reactores químicos, calorímetros y autoclaves. Estas unidades con termodinámica optimizada son la primera opción para estas aplicaciones, incluso en condiciones de planta difíciles o muy fluctuantes.

Estos sistemas ofrecen ventajas significativas en la práctica en términos de rendimiento, seguridad, fiabilidad del proceso, comodidad y costes. Las siguientes secciones evalúan el impacto de los factores clave mencionados antes y proporcionan criterios de evaluación importantes para la selección del sistema de control de temperatura.



Vista interior de PRESTO



Vista de unidad de control de temperatura



# Rendimiento: combinación óptima de la bomba en uso

En la práctica, no solo son importantes los datos de rendimiento primario de un instrumento de control de temperatura. La interacción optimizada del rendimiento de la bomba, la calefacción y la refrigeración también es la tecla. La capacidad de refrigeración y calefacción influye en gran medida en la velocidad a la que se alcanzan determinados valores de temperatura. Para la determinación del rendimiento necesario, deben tenerse en cuenta, entre otros, los siguientes factores:

- Masa del objeto de control de temperatura
- Diferencias de temperatura necesarias
- Tiempos de calentamiento o enfriamiento deseados
- Capacidad calorífica específica del medio de baño

Al mismo tiempo, los valores óptimos del rendimiento de calefacción y refrigeración solo alcanzan su máximo potencial si la bomba de circulación también contribuye completamente a la transferencia de calor. Según lo especificado por el fabricante del reactor, se aplican normativas distintas para el uso de las bombas en el sistema de control de temperatura. Existen valores de presión máximos permitidos para cada tipo de reactor y la solución de control de temperatura seleccionada no debe superar estos límites durante el funcionamiento. Antes de la operación inicial, se deben ajustar los límites correspondientes en el instrumento de control de temperatura como una de las variables de control, dependiendo del reactor.

Por lo tanto, la bomba debe diseñarse con capacidad suficiente para alcanzar altos flujos a presión constante. Debe generar la presión necesaria rápido y, al mismo tiempo, bajo control constante para garantizar que no se superen los límites de presión del reactor. Para ello, se debe poder ajustar el rendimiento de la bomba por etapas o mediante un valor de presión especificado.



Los sistemas de control de temperatura especiales también tienen bombas que compensan, de forma automática y dinámica, los cambios de viscosidad en el medio de baño y, por lo tanto, mantienen la eficiencia energética. Esto se debe a que la viscosidad modifica el flujo y, por lo tanto, también la transferencia de energía.

El concepto general de la familia PRESTO™ se ha adaptado a este importante factor de influencia y garantiza un uso constante con resultados reproducibles y precisos. Estas soluciones eficientes se basan en un pequeño volumen de cambiador de calor activo, que, en combinación con la capacidad de refrigeración y calefacción necesaria, garantiza tiempos de calentamiento y enfriamiento rápidos. Los modelos de la serie PRESTO™ permiten una capacidad de calefacción de hasta 36 kW y una capacidad de refrigeración de 33 kW, dependiendo de la unidad.

Los kits de expansión de temperatura están disponibles en modelos seleccionados para mejorar el rendimiento de la unidad. Posibilitan cubrir un rango de temperatura más amplio con un solo medio de baño. Con ayuda del equipo adicional, se puede aplicar sobrepresión al circuito cerrado del sistema. Así

se puede elevar el punto de ebullición del medio de baño y, por lo tanto, la temperatura de trabajo. Para el medio THERMAL HL30 (mezcla de agua-glicol), p. ej., esta es de hasta +150 °C. Un regulador de presión de precisión integrado garantiza un ajuste exacto de la presión necesaria y, por lo tanto, permite un control de temperatura muy preciso. El usuario solo necesita una conexión de aire comprimido.

Las ventajas de este concepto son claras: si los sistemas de control de temperatura funcionan con el mismo líquido de baño en todo el rango de temperatura de trabajo, el usuario no tiene que cambiar el medio con frecuencia y se simplifica el almacenamiento. Además, el sistema es más flexible y ahorra tiempo. Sin pausas para el vaciado, la limpieza y la recarga, p. ej., las series de pruebas pueden ejecutarse a intervalos cortos y a diferentes temperaturas.



La bomba adicional con acoplamiento magnético se puede emplear para aumentar la presión o el flujo dentro de una aplicación.

# Seguridad: garantizar la seguridad de la planta y los productos

Antes de adquirir un sistema de control de temperatura, se deben examinar de forma crítica los aspectos relevantes de la seguridad con el fin de garantizar un funcionamiento sin problemas para los usuarios. Esto se aplica tanto a la seguridad del personal como a la de todo el sistema y, por lo tanto, a la calidad del producto.

Los cambios de volumen relacionados con la temperatura en el cambiador de calor deben ser absorbidos permanentemente por un tanque de expansión. Por lo tanto, los tanques de expansión internos deben ser suficientemente grandes. La refrigeración separada del tanque de expansión también debe asegurar que el propio instrumento de control de temperatura no se caliente en exceso y que no haya riesgo de lesiones para el personal operativo.

Un criterio específico del reactor es el límite delta T. Describe la diferencia máxima permitida entre la temperatura de flujo y la del contenido del reactor. El límite delta T, también conocido como límite de cinta, depende en gran medida del tipo de reactor; los reactores de vidrio, p. ej., reaccionan con mucha más sensibilidad que los de acero y tienen límites de cinta comunes de solo 50...80 K.

Por lo tanto, este valor es uno de los parámetros internos que deben supervisarse de forma continua y automática. El instrumento de control de temperatura debe tener así la opción de introducir los límites dependientes del reactor por unidad de tiempo; la función limita entonces activamente la diferencia de temperatura y protege la mezcla de reacción del estrés térmico. De este modo, se puede trabajar con rangos de altas temperaturas.

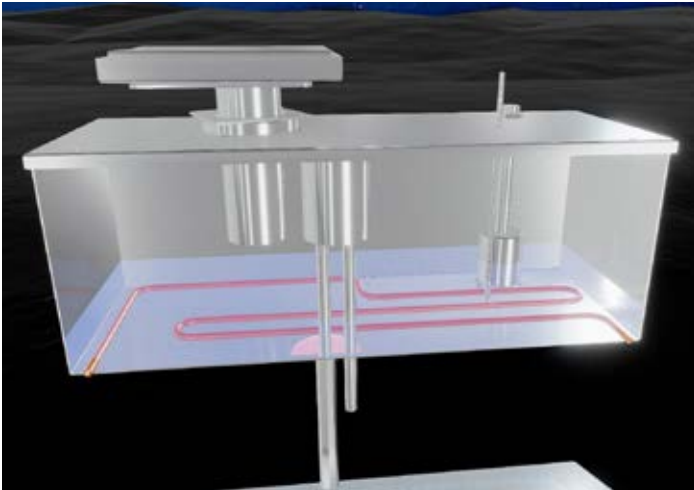
El límite de cinta también es de interés para la calidad del producto. P. ej., un control estricto evita que la temperatura de la pared sea demasiado alta y que las sustancias reaccionen con la pared cuando la temperatura es más baja dentro del reactor.

Otro aspecto de seguridad son las funciones de advertencia y alarma integradas, que benefician al usuario, al sistema y al producto. Las unidades de la serie PRESTO™ ya vienen con ellas. Las advertencias se generan automáticamente cuando se superan los límites. Todas las advertencias se muestran en varios idiomas, son simples y fáciles

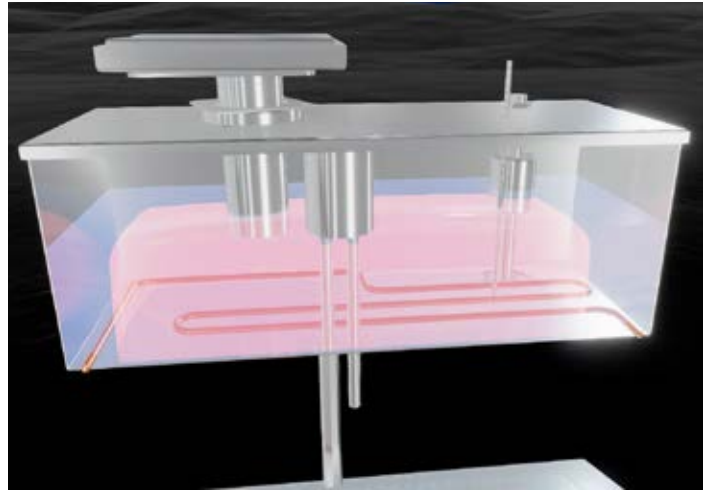
de entender, y proporcionan instrucciones claras para una rápida resolución de problemas. El sistema de control de temperatura está diseñado y fabricado como un circuito cerrado en el que el líquido de baño no entra en contacto con el aire ambiente. Así se puede trabajar de forma segura por encima del punto de inflamación del líquido de baño. El diseño también evita la entrada de humedad y la oxidación, y que los vapores de aceite se escapen al entorno de trabajo. El circuito cerrado prolonga, en gran medida, la vida útil del medio de baño.



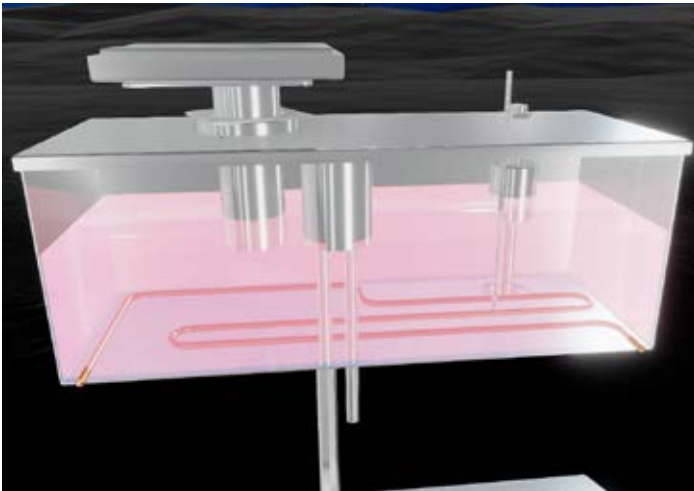
# WHITEPAPER



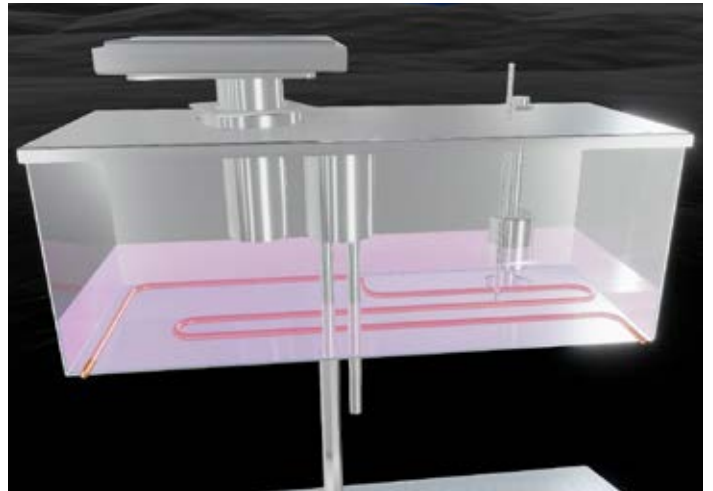
Tanque de expansión para la compensación permanente de los cambios de volumen relacionados con la temperatura en el cambiador de calor.



El tanque de expansión absorbe el cambio de volumen relacionado con la temperatura.



Para absorber todo el cambio de volumen, los tanques de expansión internos deben ser lo bastante grandes.



La refrigeración adicional del tanque de expansión evita el sobrecalentamiento del instrumento de control de temperatura.

# Seguridad del proceso: control de temperatura extremadamente preciso

El control continuo y de alta precisión de la temperatura es importante en el proceso de control de la temperatura. De ello se encarga una sofisticada electrónica de control en el sistema de control de temperatura, que supervisa y regula el proceso en el reactor y los procesos internos en el sistema para adaptar rápido una variable de control al valor objetivo en caso de cambios, con el menor rebasamiento posible.

La electrónica de control es un requisito previo importante para una alta consistencia en aplicaciones de acondicionamiento térmico. Un factor para su evaluación es el esfuerzo necesario para la parametrización. Los sistemas de control de temperatura óptimos solo requieren la introducción de un valor objetivo. Durante el proceso de control de temperatura real, la electrónica de control se asegura de que los parámetros de control PID se cumplan

a través del algoritmo ICC (control en cascada inteligente). Las unidades PRESTO™ garantizan una precisión y estabilidad de temperatura excepcionales de hasta  $\pm 0.01$  °C.

En el funcionamiento diario, las series de pruebas bajo las mismas condiciones exactas de control de temperatura son una práctica común. Para estas series, la unidad de control debe estar equipada con la función de memoria correspondiente con el fin de permitir una reproducibilidad clara. Funciones como estas también ayudan a archivar la documentación experimental sin lagunas. Las unidades PRESTO™, p. ej., están equipadas para estos fines.

Para proteger los parámetros de proceso en el funcionamiento diario, se utilizan programas operativos de alta calidad con protección por contraseña en varios niveles de usuario. P. ej., un administrador puede establecer parámetros por adelan-



La electrónica de control es un requisito previo importante para una alta consistencia en aplicaciones de acondicionamiento térmico.

tado, mientras que otros niveles de usuario tienen derechos de acceso restringidos y solo pueden acceder a la configuración. El procedimiento simplifica las operaciones y evita cambios involuntarios de parámetros y un manejo incorrecto.

La robustez con respecto a las condiciones ambientales también reviste importancia en la fiabilidad del proceso. Los cálculos de muestra suelen basarse en una temperatura ambiente de +20 °C, lo que rara vez corresponde a la realidad en la práctica. Incluso cuando se usa en una miniplanta, el sistema está sujeto a requisitos más exigentes. Los sistemas de control de temperatura también están expuestos a situaciones críticas durante los meses de verano. Las unidades que pueden soportar rangos de tolerancia más amplios son una ventaja en este caso.

Las unidades PRESTO™ pueden funcionar a una temperatura ambiente de hasta +40 °C. El agua del grifo para la refrigeración también puede alcanzar una temperatura de hasta +30 °C en esta serie de modelos sin que las unidades se apaguen solas. Si la temperatura en el depósito es demasiado alta, se activa automáticamente un modo degasificado de dos etapas.

Un aspecto que depende de la unidad es su tecnología de refrigeración: los criotermostatos dinámicos están disponibles con refrigeración por aire o agua. Las unidades refrigeradas por aire se pueden usar en cualquier ubicación, ya que no consumen agua. Sin embargo, quizá sea necesario tener en cuenta la disipación de calor residual en la sala. Esta es mucho menos importante para las unidades refrigeradas por agua que requieren la conexión a una línea de agua de refrigeración. También se debe integrar un condensador robusto y sin desgaste en la unidad. Así se garantiza que el agua de refrigeración contaminada no bloquee el cambiador de calor.



La elección de la ubicación es decisiva para la tecnología de refrigeración usada: los criotermostatos dinámicos están disponibles con refrigeración por aire o agua.

# Comodidad: manejo simple e intuitivo

La comodidad se refleja en gran medida en dos factores: el diseño estructural y la seguridad operativa de la unidad.

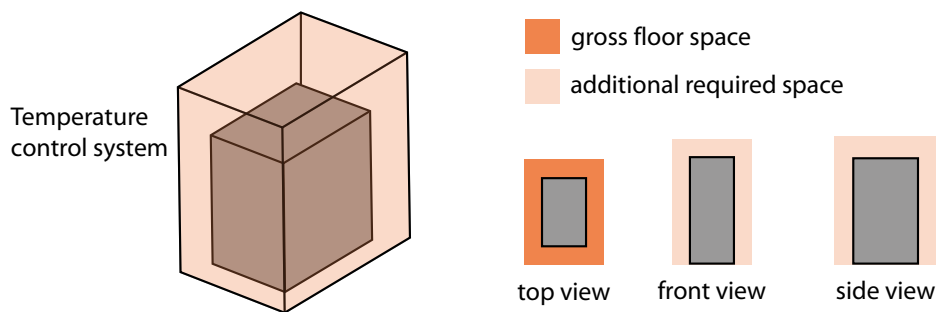
Un diseño bien pensado hace que sea más fácil trabajar desde varios lados, ya que, en los laboratorios, el espacio disponible suele desempeñar un papel importante en la disposición del sistema. Por este motivo, un diseño compacto de los instrumentos de control de temperatura combina, en la medida de lo posible, todas las interfaces y elementos de manejo, así como conexiones y ranuras de ventilación, en la parte delantera y trasera. Así se reduce el espacio necesario para todas las conexiones y se permite que el aire recirculado fluya sin problemas. De este modo, otros componentes del sistema también se pueden colocar al lado y el

personal operario puede acceder sin restricciones a todas las funciones.

El menor cableado necesario para un instrumento de control de temperatura como este simplifica la instalación y mejora la movilidad de la unidad. El montaje con ruedas y asas permite un uso flexible en diferentes lugares. Una o más personas, dependiendo del tamaño del sistema, se pueden encargar de cambiarlo de sitio.

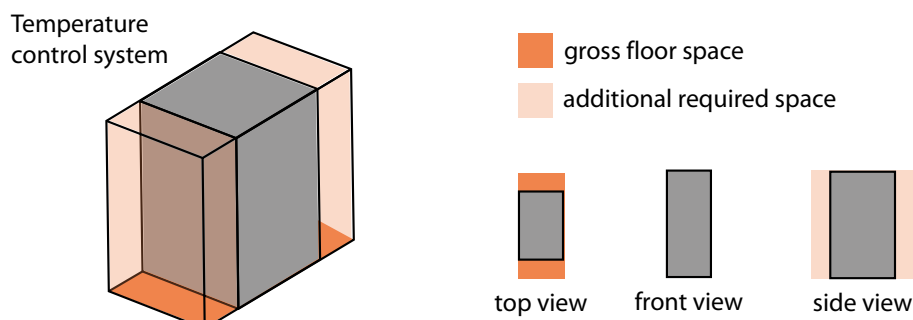
Si el sistema de control de temperatura se encuentra en una sala en la que los empleados trabajan a menudo, el ruido que genera el sistema de control de temperatura es un criterio de evaluación importante. Para ello, existen los llamados sistemas de control de temperatura "silenciosos", que ofrecen una gran ventaja ergonómica. En salas como esta,

## Conventional temperature control system



Requires additional space on every side for connections and air flow.

## Space-optimized temperature control system



Space for connections and air flow needed only at the front and rear.



un diseño hidráulicamente sellado también resulta beneficioso, ya que evita vapores y olores. Igualmente importante es la accesibilidad de la abertura para un relleno seguro y cómodo. Debe situarse de forma que el relleno sea lo más fácil y limpio posible y que no entre fluido en la unidad en caso de fuga.

Los elementos de operación de los modernos sistemas de control de temperatura brindan una visualización clara y ordenada de toda la información importante en forma de valores, representaciones gráficas e indicaciones grandes con texto claro. Por tanto, la información relevante del proceso está disponible en tiempo real en el display. Una función táctil integrada aumenta aún más la facilidad de uso.

Otro factor para un alto nivel de seguridad operativa son las diversas interfaces para el manejo remoto del sistema de control de temperatura a través de redes o la integración en sistemas de control. No siempre se quiere, o se puede, usar directamente el sistema de control de temperatura. Los modernos estándares de interfaces conforman opciones ideales para el acceso remoto a todas las funciones del sistema. Para el usuario, resulta muy útil que la interfaz de usuario presente las mismas funciones a través de una red que directamente en la unidad. Así se elimina la necesidad de formación adicional y, a la vez, un manejo incorrecto en este caso.



El puerto de llenado debe ubicarse de manera que el relleno sea lo más fácil y limpio posible, y que no entre ningún fluido vertido en la unidad.



# Costes: bajo mantenimiento, compacto y flexible

Los sistemas de reactores y los objetos de control de temperatura suelen requerir una gran inversión. En este sentido, un sistema de control de temperatura perfectamente coordinado no solo garantiza el flujo de proceso especificado, sino también la seguridad del sistema y la aplicación.

El coste del propio instrumento de control de temperatura puede verse influido, sobre todo, por el diseño de la unidad. El tamaño reducido de las unidades compactas optimiza el uso del espacio. Un diseño bien pensado de la unidad también aminora asimismo los tiempos de inactividad y los costes de mantenimiento, ya que se puede acceder rápido a cada elemento en caso necesario. Con los instrumentos de control de temperatura de JULABO, p. ej., se procura que no sea siempre necesario tener que desmontar la unidad de calefacción completa. Gracias al acoplamiento magnético, el cambio del motor de la bomba es rápido y fácil. Por lo general, la serie PRESTO™ requiere menos líquido de baño en comparación con los circuladores de calentamiento, lo que implica que los costes de los con-

sumibles sean bajos. Los conjuntos autolubricantes también propician un funcionamiento sin desgaste y, por tanto, costes derivados y tiempos de inactividad menores.

Otro criterio es el rango de temperatura de trabajo. Cuanto más grande sea la versión seleccionada, más flexible será el uso del sistema de control de temperatura.

Los componentes de alta calidad garantizan una larga vida útil in situ; por parte del usuario, p. ej., los intervalos de mantenimiento cíclicos son una aportación considerable. Las ofertas de servicio y asistencia de los proveedores de soluciones de control de temperatura también se deben tener en cuenta. Además del asesoramiento experto, un servicio integral de atención al cliente y la asistencia durante la instalación o la calibración, también se debe garantizar la provisión de toda la documentación sobre la cualificación del equipo. Con este certificado reconocido en todo el mundo, los proveedores homologados según la DIN EN ISO 9001 son sinónimo de alta calidad.

# Conclusión

Junto con el reactor, el sistema de control de temperatura es el corazón de la aplicación. Los requisitos varían mucho en función del uso y la empresa, el objetivo de la aplicación o el flujo de trabajo.

Además de las especificaciones tradicionales, las unidades también deben cumplir con los requisitos funcionales. En el uso diario, se presta especial atención a la amplia gama de factores de seguridad operativa. La solución de control de temperatura óptima permite una instalación y puesta en marcha rápidas, un manejo que se aprende rápido, y detalles bien pensados que hacen que la aplicación sea más cómoda, ergonómica y segura.

Aunque el uso de los instrumentos de control de temperatura es cada vez más intuitivo, los usuarios nunca deberían prescindir de la formación de los proveedores. Los sistemas y las plantas son cada vez más complejos, con requisitos cada vez mayores en la práctica. La formación durante la operación inicial o la formación continua selectiva más adelante aseguran un alto nivel de seguridad con-

stante durante la utilización. Para tomar la decisión correcta, es importante comprender cómo afectará el equipo a la aplicación. Por tanto, un elemento clave en el proceso de toma de decisiones es el asesoramiento proporcionado por el proveedor del instrumento de control de temperatura deseado.

En JULABO, los representantes del servicio de atención al cliente siempre trabajan con especialistas en aplicaciones para garantizar que la unidad esté bien dimensionada y mejore la aplicación. La participación temprana de departamentos como el de servicio técnico o de electrónica también garantiza que los escenarios para integrar una solución en el sistema del cliente sean adecuados y estén bien pensados.

Por consiguiente, un sistema de control de temperatura óptimo es una inversión a largo plazo en un componente de sistema flexible y fiable, que permite a los usuarios centrarse en el proceso principal.



Uno de los puntos fuertes de JULABO es el diseño de sistemas de medición y control de flujo específicos para el cliente que maximicen la flexibilidad en la regulación de la temperatura.

# Business Unit Solutions (BUS)

Los productos como los sistemas de proceso PRESTO se emplean cada vez más en la industria de procesos y la automatización. Sobre todo en las áreas de la industria de procesos, los usuarios exigen productos o soluciones que cumplan con precisión sus requisitos específicos de control de temperatura. JULABO no solo ha escuchado a sus clientes, sino que también ha respondido a estos requisitos creando su propia unidad de negocio de soluciones.

La unidad de negocio de soluciones (BUS) es un equipo de desarrollo interno de ingenieros y diseñadores, especializado en la optimización o modificación de diseños de equipos existentes para satisfacer los requisitos de cada cliente. Muchos años de experiencia y la máxima flexibilidad son la respuesta perfecta a requisitos fuera de lo común. Se trata de un activo que permite a JULABO innovar siempre para sus clientes. Los resultados son impresionantes.

Al comienzo de cada proceso de desarrollo, se produce siempre un intenso intercambio de información acerca de los deseos y expectativas del usuario. Con estos datos, nuestros especialistas en control de temperatura desarrollan un concepto inicial para una solución óptima, que tiene en cuenta los aspectos tecnológicos y económicos. Lo más importante son la viabilidad y la rentabilidad, así como la calidad y la utilidad. Durante toda la fase de desarrollo, el equipo de expertos está en estrecho contacto con el cliente. Tras la finalización de la unidad y las extensas pruebas de funcionamiento en condiciones simuladas, así como tras la preparación de los documentos necesarios (p. ej., homologación CE), se procede a la entrega al cliente y la operación inicial conjunta in situ. La cartera se completa con atractivas ofertas de servicio técnico.

Los clientes tienen un reto y JULABO implementa la solución perfecta.



Un equipo de desarrollo optimiza y modifica los diferentes modelos de las unidades existentes según los requisitos del cliente.



Soluciones especiales de un solo proveedor: en las áreas de la industria de procesos, los usuarios exigen productos o soluciones que respondan a sus requisitos específicos de control de temperatura.