

Resumen

El presente trabajo de investigación desarrolla el diseño, análisis y evaluación de un sistema de transferencia de calor compuesto por un intercambiador de calor de tubos y coraza integrado a una torre de enfriamiento, considerando criterios térmicos, hidráulicos, mecánicos y operacionales orientados a aplicaciones industriales. Inicialmente se abordan los fundamentos de transferencia de calor, explicando los mecanismos de conducción y convección, así como los conceptos de calor sensible y calor latente, los cuales constituyen la base para comprender el comportamiento energético entre fluidos a diferentes temperaturas. Se realiza además una clasificación general de los intercambiadores de calor, describiendo equipos de placas, doble tubo y tubos y coraza, destacando que este último es el más utilizado a nivel industrial debido a su elevada capacidad de transferencia térmica, resistencia mecánica y facilidad de adaptación a diferentes condiciones de operación. El estudio profundiza en los mecanismos de flujo en paralelo y contracorriente, demostrando que la configuración en contracorriente proporciona una mayor fuerza impulsora térmica y una mejor eficiencia de intercambio de calor, razón por la cual es ampliamente utilizada en diseño industrial. A partir de ello se desarrolla el método de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (LMTD), estableciendo las ecuaciones fundamentales para el cálculo de la fuerza impulsora térmica y el flujo de calor, considerando condiciones ideales de estado estacionario, capacidades caloríficas constantes y ausencia de pérdidas hacia el entorno. Posteriormente se analiza el coeficiente global de transferencia de calor U , integrando las resistencias térmicas asociadas a los mecanismos de conducción a través de la pared del tubo y convección en ambos fluidos, incorporando además los efectos del ensuciamiento mediante factores de obstrucción internos y externos que permiten aproximar el comportamiento real del equipo durante su operación prolongada. El trabajo incluye el análisis de parámetros fundamentales como el número de Reynolds, Prandtl y Nusselt, los cuales permiten caracterizar el régimen de flujo y estimar los coeficientes convectivos involucrados en el proceso. Para el diseño térmico del intercambiador se emplean metodologías reconocidas en ingeniería, destacando el

método de Kern para cálculos preliminares y el método Bell-Delaware para una representación más precisa del flujo en la coraza, incorporando factores de corrección asociados a fugas, bypass, flujo en ventanas de deflectores y distribución no ideal del fluido. Mediante estas metodologías se determinan variables geométricas y operacionales como número de tubos, longitud del haz tubular, espaciamiento entre deflectores, diámetro de coraza, velocidades de flujo y caída de presión admisible, buscando un equilibrio entre eficiencia térmica, costo de fabricación y estabilidad hidráulica. De igual manera se desarrolla el análisis de la fuerza impulsora corregida para intercambiadores multipaso mediante el factor de corrección F , estableciendo límites operacionales adecuados para garantizar un comportamiento térmico estable y eficiente. En la parte correspondiente a la torre de enfriamiento se estudia el fenómeno de transferencia simultánea de calor y masa entre el agua caliente y el aire atmosférico, abordando conceptos psicrométricos como temperatura de bulbo húmedo, humedad absoluta, entalpía del aire y saturación. Se emplea el método de Merkel para el dimensionamiento térmico de la torre, calculando parámetros como range, approach, número de unidades de transferencia, altura de relleno y caudales de aire requeridos para garantizar el enfriamiento adecuado del fluido de recirculación. Asimismo, se consideran pérdidas por evaporación, arrastre y purga, además de aspectos relacionados con el relleno, distribución hidráulica y sistemas de ventilación. El documento también incorpora criterios de selección de materiales, análisis de factores de seguridad, evaluación de resistencias térmicas y consideraciones prácticas relacionadas con mantenimiento, ensuciamiento e incrustaciones, elementos fundamentales para asegurar la vida útil y eficiencia del sistema. Finalmente, la investigación integra los fundamentos teóricos con el diseño aplicado de un sistema de transferencia de calor funcional, proponiendo un equipo técnicamente viable y adaptable a condiciones industriales reales, donde el intercambiador de tubos y coraza y la torre de enfriamiento operan de manera complementaria para optimizar el aprovechamiento energético, reducir pérdidas térmicas y garantizar condiciones estables de operación, demostrando la importancia del análisis térmico e hidráulico en el desarrollo de equipos de

transferencia de calor eficientes, económicos y operativamente seguros dentro del campo de la ingeniería química e ingeniería térmica.