



Programa Analítico de TERMODINÁMICA DE PROCESOS

Datos Generales

Nombre de la actividad curricular: Termodinámica de Procesos

Código: 15_QQF

Carrera: Ingeniería Química

Bloque de conocimientos al que pertenece: Tecnologías Básicas - Tecnologías Aplicadas

Año académico: 2025

Equipo Docente

| Nombre | Cargo | Dedicación |
|---------------------------|----------------------------|------------|
| Dra. Araujo, Paula Zulema | Profesora Asociada | Exclusiva |
| Ing. Cuezco, Ana María | Jefe de Trabajos Prácticos | Exclusiva |

Fundamentación

Manejar los conceptos fundamentales de la termodinámica que se aplican a los procesos de la Ingeniería Química, desde los principios hasta los equilibrios que no involucran transformaciones químicas. Adquirir metodologías para la obtención de información termodinámica para los procesos.

Resultados de Aprendizaje

Al finalizar exitosamente el cursado de la actividad curricular el estudiante será capaz de:

R.A. 1: Aplicar las leyes termodinámicas a procesos de Ingeniería Química sin reacción química.

R.A. 2: Estimar propiedades termodinámicas de mezclas.

R.A. 3: Adquirir herramientas metodológicas para la obtención experimental de propiedades termodinámicas de mezclas.

R.A. 4: Calcular distintos tipos de equilibrio entre fases.

Contenidos

Contenidos mínimos de la actividad curricular:

Fundamentos de termodinámica. Sistemas de un solo componente, gases ideales y reales, ecuaciones de estado. Primera ley de la termodinámica, entalpía, procesos reversibles. Segunda ley de la termodinámica, irreversibilidad y entropía. Aspectos termodinámicos de la conversión



de la energía. Tercera ley de la termodinámica. Propiedades de sistemas homogéneos mono compuestos, fugacidad. Sistemas heterogéneos de un solo componente, diagramas termodinámicos. Procesos homogéneos de multicomponentes. Sistemas heterogéneos de múltiples componentes, regla de las fases, equilibrios líquido-vapor, líquido-gas, líquido-líquido, líquido-líquido-vapor, sólido-líquido.

Programa extendido:

Unidad 1: FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA. Sistema termodinámico, clasificación. Estado termodinámico. Ecuaciones y variables de estado. Propiedades intensivas y extensivas. Proceso, trayectoria. Procesos reversibles e irreversibles. Unidades.

Unidad 2: PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA. Ecuación de conservación de materia. Ecuación general de conservación de energía. Trabajos de expansión-compresión, flujo y eje. Casos particulares: sistemas abiertos, cerrados y aislados. Eficiencia termodinámica. Capacidad calorífica y calor específico. Calor sensible y calor latente.

Unidad 3: PROPIEDADES VOLUMÉTRICAS DE LOS FLUIDOS. Comportamiento P-V-T de las sustancias puras: punto crítico, punto triple, zona de dos fases, curvas límite y título de un vapor. Diagramas termodinámicos: P-V, P-T, P-H, T-S y H-S. Métodos de estimación de calores latentes y presión de vapor. Tablas de propiedades termodinámicas del agua. Modelos de ecuaciones de estado para gases ideales y reales. Factor de compresibilidad. Parámetros reducidos. Ley de los estados correspondientes. Ecuaciones de estado: viriales, cúbicas y correlaciones generalizadas de los fluidos. Extensión a multicomponentes.

Unidad 4: SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA. Dirección de los procesos espontáneos. Entropía. Criterios de factibilidad de procesos. Segunda Ley de la Termodinámica. Ecuación general del balance de entropía. Enunciados. Ciclo de Carnot. Teorema de Carnot. Máquinas térmicas. Tercera ley de la termodinámica.

Unidad 5: GENERACIÓN DE POTENCIA. Ciclo Rankine simple, principales irreversibilidades. Recalentamiento. Regeneración. Análisis en diagramas T-S. Aplicaciones actuales.

Unidad 6: REFRIGERACIÓN Y LICUEFACCIÓN. Ciclos de refrigeración. Refrigerantes. Bombas de calor. Análisis en diagramas P-H. Coeficiente de desempeño. Licuefacción.

Unidad 7: TERMODINÁMICA CLÁSICA. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS PUROS. Relaciones entre las propiedades termodinámicas para una fase, sistemas cerrados y abiertos. Propiedades residuales, cálculo a partir de ecuaciones de estado: viriales, cúbicas y correlaciones generalizadas.

Unidad 8: EQUILIBRIO DE FASES PARA COMPONENTES PUROS. Criterio de equilibrio para componentes puros. Cambio de la energía de Gibbs con la presión. Fugacidad y coeficiente de fugacidad a partir de ecuaciones de estado: viriales, cúbicas y correlaciones generalizadas.

Unidad 9: PROPIEDADES DE SISTEMAS MULTICOMPONENTES. Relaciones fundamentales entre las propiedades termodinámicas para mezclas. Potencial químico. Propiedades parciales



molares. Mezcla de gases ideales y reales. Soluciones ideales y reales. Propiedades de exceso. Actividad y coeficiente de actividad.

Unidad 10: EQUILIBRIO DE FASES PARA MEZCLAS. Criterio de equilibrio de fases para sistemas multicomponentes. Comportamiento cualitativo. Cálculo del equilibrio líquido-vapor en mezclas reales (enfoques γ/ϕ y ϕ/ϕ). Modelos termodinámicos para la estimación del coeficiente de actividad. Modelos termodinámicos para la estimación del coeficiente de fugacidad a partir de ecuaciones de estado. Cálculos de punto de rocío y burbuja. Destilación instantánea. Ley de Henry. Equilibrio líquido-líquido (L-L). Equilibrio líquido-líquido-vapor (L-L-V). Equilibrio sólido-líquido (S-L). Equilibrio sólido-sólido-líquido (S-S-L).

Listado de prácticos de laboratorio:

1. Estudio experimental de sistemas ternarios. Confección de gráficos de equilibrio de fases.
2. Elaboración de diagramas de equilibrio de mezclas líquidas binarias.

Bibliografía

Bibliografía básica

- Smith, J. M., Van Ness, H. C. y Abbott, M. M. (2007). Introducción a la termodinámica en ingeniería química. 7^{ma} ed. México – McGraw Hill. Libro Impreso. Disponibilidad: Biblioteca FACET.
- Elliott, J. R. y Lira, C.T. (2012). Introductory Chemical Engineering Thermodynamics. 2nd ed. Prentice Hall. Libro Impreso. Disponibilidad: Cátedra de Termodinámica de Procesos (oficina 4-2-24).
- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D. y Bailey, M. B. (2018). Fundamental of Engineering Thermodynamics. 9th ed. United States of America – Wiley. Libro Impreso. Disponibilidad: Cátedra de Termodinámica de Procesos (oficina 4-2-24).

Carga horaria de la Actividad Curricular

Carga horaria total de la Actividad Curricular: **128**

Carga horaria de Tecnologías Básicas: **90**

Carga horaria de Tecnologías Aplicadas: **38**

Duración del dictado en semanas para aprobación directa: **16**

Duración del dictado en semanas de recuperación: **4**

Carga horaria total destinada a las actividades de formación práctica supervisada (Aula, taller, laboratorios, campo, etc): **80**



Metodología aplicada

Plan de actividades:

- **Clases teórico-prácticas.** Desarrollo de los conceptos teóricos de la Termodinámica de Procesos aplicados a problemas. Resolución de ejercicios y discusión de aplicaciones. Identificación, formulación y resolución de problemas relacionados a procesos, a modificaciones físicas y energéticas de la materia. Estrategias de abordaje, definición de modelos y métodos para establecer relaciones termodinámicas. Análisis de resultados numéricos y coherencia con la realidad. Desarrollo de problemas con la asistencia de software específico de uso libre.
- **Prácticas de laboratorio.** Realización de prácticas de laboratorio que permitan fortalecer los conceptos de equilibrios de fase, las suposiciones y los modelos termodinámicos que permiten analizar de forma rigurosa los equilibrios.
- **En el aula virtual** de la asignatura (FACET VIRTUAL), se encuentran disponibles: programa, cronograma, avisos, presentaciones que soportan el dictado de las clases, trabajos prácticos, guías de laboratorio y un foro de consultas.
<https://facetvirtual.facet.unt.edu.ar/enrol/index.php?id=21>
- **Visita al taller** de Ingeniería Mecánica FACET-UNT.
- **Charla de un profesional** en actividad privada en el área sobre aplicaciones de los conceptos trabajados en la asignatura.

Distribución de actividades:

- **Clases teórico-prácticas:** 80% obligatorias. Cada trabajo práctico cuenta con problemas que se realizan en clases presenciales interactivas con los alumnos (actividad obligatoria). Para continuar el proceso de análisis crítico, se les propone a los alumnos, que avancen con la resolución de problemas de forma autónoma (actividad sugerida).
- **Prácticas de laboratorio.** Obligatorias. Actividad grupal. 100% de asistencia y aprobación.
- **Autoevaluaciones** son actividades sugeridas que las resuelven a través de FACET VIRTUAL.

Mecanismos de seguimiento de los aprendizajes:

- **Participación en clase:** se realizan preguntas durante las clases para identificar el grado de participación y comprensión de los estudiantes.
- **Evaluaciones teórico-prácticas:** 2 (dos) con respectivas recuperaciones.
- **Autoevaluaciones teórico-prácticas:** 10 (diez).
- **Evaluación del alumno en equipos de trabajo de laboratorio.** Realización de informes grupales por cada práctica.



Recursos empleados

Espacios:

- Aula disponible del Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial (4-0-1).
- Laboratorio de Termodinámica de Procesos (4-2-19).
- Laboratorio Físicoquímica (4-3-01).

Equipos:

- Materiales de vidrio de laboratorio (matraces Erlenmeyers, pipetas, propipetas, buretas, etc.); reactivos (n-heptano, 1-propanol, agua, acetona y ciclohexano).
- Refractómetro de Abbé.
- Varióstato.
- Equipo de destilación.

Medios tecnológicos:

- Proyector multimedia del Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial.
- Computadoras portátiles personales de los docentes.
- Softwares de uso libre: TermoGraf y Thermonator.
- Aula virtual extendida (FACET Virtual).

<https://facetvirtual.facet.unt.edu.ar/enrol/index.php?id=21>

Evaluación

Métodos empleados:

Evaluaciones escritas individuales, enfocadas en el desarrollo y resolución de problemas teóricos y prácticos.

Pruebas de seguimiento (por ejemplo, quizzes), destinadas a monitorear el avance continuo en el aprendizaje de los conceptos clave.

Entregas de trabajos prácticos de laboratorio, que podrán ser individuales o grupales, orientadas al análisis de resultados experimentales, aplicación de metodologías termodinámicas y resolución de casos concretos.

Condiciones para la aprobación directa de la Actividad Curricular:

- Acreditar una asistencia no inferior al 80% a las clases teórico-prácticas.
- Aprobar el 100% de los trabajos prácticos de laboratorio.
- Aprobar las dos evaluaciones parciales teórico-prácticas o sus recuperaciones, con una calificación mínima de 4 (cuatro) en cada una.



En el período de recuperación, para aprobar la materia los alumnos deben:

- Acreditar una asistencia no inferior al 80% a las clases teórico-prácticas que se indiquen.
- Aprobar las evaluaciones parciales teórico-prácticas desaprobadas en el período regular con una calificación mínima de 4 (cuatro) en cada una.

Correlativas académicas

Física II

Cálculo III

Química General e Inorgánica



Ejes y enunciados multidimensionales y transversales

Esta Actividad Curricular aporta a los siguientes ejes y enunciados multidimensionales y transversales de la carrera en el nivel que se indica:

| Ejes y enunciados multidimensionales y transversales específicos | Nivel |
|---|-----------|
| 1. Identificación, formulación y resolución de problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. Estrategias de abordaje, diseños experimentales, definición de modelos y métodos para establecer relaciones y síntesis. | medio |
| 2. Diseño, cálculo y proyecto de productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. Estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulación para la valorización y optimización. | medio |
| 3. Planificación y supervisión de la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. Utilización de recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; desarrollo de criterios de selección de materiales, equipos, accesorios y sistemas de medición y aplicación de normas y reglamentaciones. | No aporta |
| 4. Verificación del funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. | No aporta |
| 5. Proyecto y dirección de la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios referido a la higiene y seguridad en el trabajo y al control y minimización del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional. | No aporta |



| Ejes y enunciados multidimensionales y transversales | Nivel |
|--|-----------|
| 1. Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería | Alto |
| 2. Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería | Bajo |
| 3. Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos de ingeniería | No aporta |
| 4. Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería | Medio |
| 5. Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas | No aporta |
| 6. Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo | Medio |
| 7. Fundamentos para una comunicación efectiva | Bajo |
| 8. Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable | Bajo |
| 9. Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local | No aporta |
| 10. Fundamentos para el aprendizaje continuo | Alto |
| 11. Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora | No aporta |



Investigación

Proyectos de investigación relacionados a la asignatura en la que participen los docentes

- Desarrollo de productos agroindustriales con alto valor agregado en la región del NOA (E704). Entidad financiadora: Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. Duración: desde 02/01/2023 hasta 31/12/2026. Investigadora responsable: Dra. Paula Z. Araujo.
- Estrategias de ingeniería de sistemas de procesos para el diseño y operación de biorrefinerías sustentables y sus cadenas de suministro (E733). Entidad financiadora: Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. Duración: desde 02/01/2023 hasta 31/12/2026. Investigador responsable: Dr. Fernando D. Mele.
- Centro Interinstitucional Regional Biorrefinerías del Norte Argentino (BioNA). Instituciones beneficiadas: CONICET-NOA Sur, INTI-NOA, UNaM y UNT-FACET. Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Inicio: 2023. Coordinación por UNT-FACET: Mg. Álvaro Bravo y Dr. Daniel H. Valdeón.

Proyectos de investigación relacionados a la asignatura en la que participen los estudiantes

- Desarrollo de productos agroindustriales con alto valor agregado en la región del NOA (E704). Entidad financiadora: Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. Duración: desde 02/01/2023 hasta 31/12/2026. Investigadora responsable: Dra. Paula Z. Araujo.
-