

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA**

**MODALIDAD PRESENCIAL
SÍLABO POR COMPETENCIAS
TERMODINÁMICA PARA INGENIERÍA
QUÍMICA I**

I. DATOS GENERALES

Línea de Carrera	Cursos Especializados Comunes
Semestre Académico	2026-II
Código del Curso	305
Créditos	4
Horas Semanales	5h: 3h (T), 2h (P)
Ciclo	V
Sección	A
Docente	Mg. David Daniel Milla Carhuapoma
Correo institucional	dmilla@unjfsc.edu.pe

II. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1 SUMILLA

La asignatura de Termodinámica para Ingeniería Química I es de naturaleza teórico-práctica y pertenece al área de Formación Profesional Especializada de la carrera profesional de Ingeniería Química. Tiene como propósito que el estudiante analice y aplique los principios fundamentales de la termodinámica al estudio de procesos físicos y químicos, orientados a la transformación de energía y materia en sistemas de interés ingenieril.

Comprende los siguientes contenidos: conceptos básicos de la termodinámica, formas de energía, calor y trabajo, leyes de la termodinámica, propiedades de sustancias puras y mezclas, ecuaciones de estado para gases ideales y reales, análisis de sistemas cerrados y abiertos, y balances de energía y entropía. También abarca el comportamiento PVT de sustancias, relaciones termodinámicas, propiedades residuales y aplicaciones en sistemas de dos fases. Finalmente, se estudian los ciclos termodinámicos de potencia y de refrigeración, con énfasis en su análisis, eficiencia y aplicaciones en la industria química, considerando criterios de eficiencia energética y sostenibilidad.

2.2 UNIDADES DIDÁCTICAS

El curso está organizado en 4 unidades didácticas:

- Unidad I** : Fundamentos y Propiedades de Sustancias Puras
- Unidad II** : Primera Ley de la Termodinámica y Termoquímica
- Unidad III** : Segunda Ley de la Termodinámica y Exergía
- Unidad IV** : Ciclos Termodinámicos y Relaciones de Propiedades

III. CAPACIDADES AL FINALIZAR EL CURSO

	CAPACIDAD DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	NOMBRE DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	SEMANAS
UNIDAD I	Comprende y aplica los principios fundamentales de la termodinámica y el postulado de estado para caracterizar sistemas de ingeniería. Analiza el comportamiento PVT de sustancias puras mediante diagramas de fase, tablas de propiedades y modelos de gases reales (ecuaciones cúbicas y viriales), evaluando con rigor técnico la desviación de la idealidad en procesos industriales.	Fundamentos y Propiedades de Sustancias Puras	1 – 4
UNIDAD II	Analiza y aplica el primer principio de la termodinámica para cuantificar transferencias de energía en sistemas cerrados y abiertos de flujo estacionario. Determina los efectos térmicos en procesos químicos mediante el uso de la ley de Hess y la ecuación de Kirchhoff, evaluando calores de reacción, formación y temperaturas de flama adiabática para el diseño y balance de reactores químicos industriales.	Primera Ley de la Termodinámica y Termoquímica	5 – 8
UNIDAD III	Analiza y aplica la segunda ley de la termodinámica para evaluar la eficiencia y viabilidad de procesos de ingeniería química. Determina la generación de entropía y la destrucción de exergía en equipos de flujo real, empleando diagramas termodinámicos y balances de disponibilidad para diagnosticar irreversibilidades y proponer estrategias de optimización energética y sostenibilidad industrial.	Segunda Ley de la Termodinámica y Exergía	9 – 12
UNIDAD IV	Evalúa y optimiza ciclos de potencia de vapor y de refrigeración mediante análisis energético y de eficiencia, aplicando criterios técnicos, ambientales y de cogeneración. Deriva y utiliza relaciones termodinámicas fundamentales y de Maxwell para predecir propiedades residuales y variaciones de energía en fluidos reales, estableciendo las bases para el estudio del equilibrio de fases en la ingeniería química.	Ciclos Termodinámicos y Relaciones de Propiedades	13 – 16

IV. INDICADORES DE CAPACIDADES AL FINALIZAR EL CURSO

N°	INDICADORES DE CAPACIDAD AL FINALIZAR EL CURSO
1	Caracteriza sistemas termodinámicos y aplica el postulado de estado para determinar variables independientes en procesos de ingeniería.
2	Determina propiedades termodinámicas de sustancias puras utilizando tablas, diagramas de fase y el concepto de calidad de vapor.
3	Modela el comportamiento PVT de fluidos reales mediante ecuaciones de estado cúbicas (PR, SRK) y correlaciones generalizadas.
4	Ejecuta balances de masa y energía en sistemas cerrados y abiertos para cuantificar transferencias de calor y trabajo.
5	Evalúa el desempeño térmico de equipos de flujo estacionario (turbinas, bombas, intercambiadores, etc.) mediante la primera ley.
6	Cuantifica efectos térmicos en reacciones químicas, calculando entalpías de formación y temperaturas de flama adiabática.
7	Aplica la segunda ley de la termodinámica para calcular la generación de entropía y determinar la viabilidad de procesos físicos.
8	Realiza análisis de exergía en sistemas industriales para identificar la destrucción de trabajo útil y proponer mejoras de eficiencia.
9	Modela y analiza el rendimiento térmico de ciclos de potencia Rankine y ciclos de refrigeración por compresión de vapor.
10	Deriva relaciones termodinámicas de Maxwell y utiliza funciones de Gibbs para predecir cambios en propiedades de fluidos reales.
11	Calcula propiedades residuales y coeficientes de Joule-Thomson para describir desviaciones de la idealidad en gases reales.
12	Sustenta soluciones técnicas a problemas complejos de termodinámica integrando balances de masa, energía y entropía.

V. DESARROLLO DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS:

UNIDAD I: Fundamentos y Propiedades de Sustancias Puras

CAPACIDAD DE LA UNIDAD I: Comprende y aplica los principios fundamentales de la termodinámica y el postulado de estado para caracterizar sistemas de ingeniería. Analiza el comportamiento PVT de sustancias puras mediante diagramas de fase, tablas de propiedades y modelos de gases reales (ecuaciones cúbicas y viriales), evaluando con rigor técnico la desviación de la idealidad en procesos industriales.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
1	Conceptos Fundamentales y Definiciones / Definición del Sistema y su Entorno / Propiedades de un Sistema / Estado y Equilibrio / Procesos y Ciclos / Temperatura y Ley Cero / Presión: Conceptos y Medición / El Postulado de Estado	- Caracteriza sistemas termodinámicos identificando fronteras e interacciones con el entorno. - Analiza el postulado de estado para determinar el número de propiedades independientes requeridas. - Realiza conversiones y mediciones de presión y temperatura con precisión técnica. - Diferencia procesos de ciclos mediante diagramas representativos de estados termodinámicos.	- Muestra disposición al análisis riguroso de conceptos fundamentales de ingeniería. - Participa activamente en discusiones técnicas con argumentación basada en leyes físicas. - Reconoce la importancia de la precisión conceptual para el diseño de procesos químicos. - Valora el uso de unidades del sistema internacional en cálculos de ingeniería.	Expositiva (Docente/Alumno) Debate dirigido (Discusiones) Lecturas (Uso de repositorios digitales) Lluvia de ideas (Saberes previos)	- Explica correctamente los conceptos básicos y su aplicación en sistemas cerrados y abiertos. - Identifica las variables de estado necesarias para definir un sistema según el postulado de estado. - Resuelve problemas de medición de presión y temperatura aplicando la ley cero. - Diferencia con claridad entre propiedades intensivas y extensivas.
2	Sustancia Pura / Estado de agregación / Fase / Procesos de Cambio de Fase en Sustancias Puras / Temperatura y Presión de Saturación / Calor latente y calor sensibles / El Domo de Vapor y el Punto Crítico / Calidad o Título de Vapor (x) / Diagramas de Fase: $P-T$ y Superficie $P-v-T$ / Tablas de Propiedades Termodinámicas / Entalpía: Una Propiedad Fundamental en Ingeniería / Estrategia para Resolución de Problemas	- Interpreta diagramas de fase y superficies $P-v-T$ para identificar estados de agregación. - Calcula propiedades termodinámicas mediante el uso de tablas y el concepto de calidad de vapor. - Determina calores sensibles y latentes asociados a cambios de fase en sustancias puras. - Aplica estrategias sistemáticas para la resolución de problemas de ingeniería basados en entalpía.	- Muestra precisión y rigor al manejar datos termodinámicos de tablas estándar. - Valora el uso correcto de modelos y diagramas según el estado físico de la sustancia. - Asume responsabilidad al validar resultados numéricos con datos experimentales tabulados. - Demuestra orden en la representación gráfica de procesos de cambio de fase.		- Diferencia correctamente entre fases y estados de una sustancia pura en el domo de vapor. - Utiliza tablas y diagramas de forma adecuada para el análisis de propiedades de ingeniería. - Establece el estado de una sustancia a partir de dos propiedades independientes e intensivas. - Calcula variaciones de entalpía en procesos de saturación y sobrecalentamiento.
3	Fundamentos del Comportamiento Molecular / El Modelo de Referencia: Gas Ideal / Desviación de la Idealidad y Factor de Compresibilidad / Ecuaciones de Estado Cúbicas / Modelos Basados en Mecánica Estadística: Ecuación Virial / Correlaciones Generalizadas / Ecuaciones de Estado Complejas / Comportamiento de Fases Condensadas	- Evalúa la desviación de la idealidad utilizando el factor de compresibilidad y el factor acéntrico. - Resuelve ecuaciones de estado cúbicas (Van der Waals, RK, PR) para determinar volúmenes molares. - Aplica la ecuación virial y correlaciones de Pitzer para la predicción de propiedades de gases reales. - Analiza el comportamiento de fases condensadas mediante modelos de incompresibilidad relativa.	- Muestra autonomía en el manejo de métodos de solución numérica para ecuaciones cúbicas. - Desarrolla disciplina en el manejo riguroso de modelos basados en mecánica estadística. - Manifiesta disposición para integrar la teoría molecular con la práctica de procesos reales. - Es crítico al seleccionar el modelo de estado más adecuado según las condiciones de operación.		- Aplica correctamente la ecuación del gas ideal y el factor de compresibilidad según corresponda. - Resuelve con éxito ejercicios de aplicación de ecuaciones de Van der Waals, RK y Peng-Robinson. - Utiliza modelos apropiados para calcular propiedades volumétricas bajo condiciones críticas. - Justifica el uso de modelos complejos frente a simplificaciones en mezclas gaseosas.
4	Síntesis de Competencias del Módulo / Puntos Clave para el Reforzamiento / Resolución de Problemas de Alto Nivel / Reflexión de Diseño en Ingeniería EXAMEN DE MÓDULO 1	- Sintetiza los fundamentos de la primera unidad para la resolución de casos integradores. - Modela procesos de alta complejidad que involucran múltiples cambios de fase y modelos de gas real. - Evalúa críticamente soluciones de diseño basadas en el comportamiento PVT de sustancias. - Ejecuta algoritmos de cálculo para la validación de propiedades en sistemas industriales.	- Adopta una actitud analítica frente a la eficiencia del diseño termodinámico en ingeniería. - Muestra responsabilidad en la validación de modelos termodinámicos aplicados a la seguridad. - Reflexiona sobre la aplicabilidad de los modelos teóricos a procesos reales de gran escala. - Colabora proactivamente en el taller de resolución de problemas complejos.		- Interpreta resultados de manera lógica y fundamentada en principios de diseño de ingeniería. - Resuelve ejercicios integradores aplicando el postulado de estado y modelos de sustancias puras. - Demuestra dominio técnico en la selección de parámetros para el modelado de fluidos reales. - Sustenta técnicamente la elección de una ecuación de estado para un proceso determinado.
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
Exámenes		- Informes finales y trabajos grupales - Soluciones a ejercicios propuestos		Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.	

UNIDAD II: Primera Ley de la Termodinámica y Termoquímica

CAPACIDAD DE LA UNIDAD II: Analiza y aplica el primer principio de la termodinámica para cuantificar transferencias de energía en sistemas cerrados y abiertos de flujo estacionario. Determina los efectos térmicos en procesos químicos mediante el uso de la ley de Hess y la ecuación de Kirchhoff, evaluando calores de reacción, formación y temperaturas de flama adiabática para el diseño y balance de reactores químicos industriales.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
5	Transferencia de Energía por Calor (Q) / Transferencia de Energía por Trabajo (W) / La Primera Ley: Balance de Energía para Sistemas Cerrados / Definición de Entalpía (H) / Capacidades Caloríficas: C_v y C_p / Análisis de Procesos Politrópicos / Balance de Energía en Gases Ideales	• Ejecuta balances de energía en sistemas cerrados identificando las fronteras y el tipo de interacción energética. • Calcula el trabajo en procesos politrópicos mediante la integración de la trayectoria P-V. • Relaciona las capacidades caloríficas con los cambios de energía interna y entalpía en gases ideales. • Determina la transferencia de calor en procesos isobáricos e isocóricos utilizando calores específicos.	• Muestra orden y disciplina en el desarrollo de cálculos energéticos complejos. • Valora la utilidad de los balances de energía como base para el diseño de procesos químicos. • Demuestra precisión técnica al diferenciar entre funciones de estado y funciones de trayectoria. • Muestra una actitud crítica ante la conservación de la energía en sistemas aislados.	Expositiva (Docente/Alumno) Debate dirigido (Discusiones) Lecturas (Uso de repositorios digitales) Lluvia de ideas (Saberes previos)	• Aplica con precisión el balance de energía en sistemas cerrados bajo distintas condiciones. • Determina el trabajo realizado por o sobre el sistema en procesos de expansión y compresión. • Relaciona C_v y C_p con variaciones de entalpía y energía interna de manera correcta. • Resuelve balances energéticos para gases ideales en procesos politrópicos.
6	Conservación de la Masa (Ecuación de Continuidad) / Trabajo de Flujo y la Entalpía / Balance de Energía de Flujo Estacionario (FE) / Análisis de Equipos de Proceso / Intercambiadores de Calor / El Diferencial de Energía / Estrategia para Resolución de Problemas	• Aplica el principio de conservación de masa y energía en sistemas de flujo estacionario. • Modela el comportamiento de equipos de proceso como turbinas, bombas, compresores y válvulas. • Diseña balances de energía para intercambiadores de calor evaluando la transferencia térmica entre fluidos. • Emplea el concepto de trabajo de flujo para justificar el uso de la entalpía en sistemas abiertos.	• Muestra rigurosidad al aplicar las leyes de conservación en dispositivos reales de la industria. • Colabora en el análisis grupal de procesos industriales de flujo continuo. • Valora la importancia de la eficiencia en los equipos de transformación de energía. • Reflexiona sobre las simplificaciones necesarias para el modelado de flujo estacionario.		• Establece correctamente los balances de masa y energía en sistemas abiertos industriales. • Identifica y calcula los términos de energía (cinética, potencial, entálpica) en un flujo estacionario. • Analiza dispositivos de flujo con fundamentos termodinámicos sólidos. • Propone estrategias de resolución para sistemas multietapa con recirculación.
7	Entalpía Estándar de Reacción / Entalpía Estándar de Formación / Ley de Hess / Efecto de la Temperatura: Ecuación de Kirchhoff / Temperatura de Flama Adiabática / Entalpía de Combustión / Balance de Energía en Reactores Químicos / Dependencia del C_p / Estrategia de Análisis Termoquímico	• Calcula el calor estándar de reacción integrando datos de formación y combustión de tablas técnicas. • Aplica la ley de Hess y la ecuación de Kirchhoff para determinar calores de reacción a temperaturas no estándar. • Estima la temperatura de flama adiabática en procesos de combustión industrial. • Evalúa la dependencia térmica de las capacidades caloríficas mediante modelos polinomiales.	• Muestra rigurosidad en el manejo de datos termoquímicos y unidades de energía. • Valora el análisis termoquímico como herramienta clave para la seguridad en reactores químicos. • Se compromete con el uso ético y preciso de la información científica recolectada. • Demuestra proactividad en la resolución de balances energéticos con estequiometría.		• Aplica calores estándar de formación para determinar calores de reacción en condiciones estándar. • Ajusta correctamente el calor de reacción a temperaturas distintas de 25 °C usando datos de C_p. • Calcula la temperatura máxima teórica en reactores adiabáticos con precisión. • Realiza estimaciones térmicas basadas en tablas termoquímicas confiables.
8	Síntesis de Competencias / Puntos Críticos para el Reforzamiento / Resolución de Problemas de Integración EXAMEN DE MÓDULO 2	• Integra los balances de masa, energía y termoquímica en la resolución de casos de estudio complejos. • Identifica y corrige errores comunes en la asignación de signos y convenciones de calor y trabajo. • Modela sistemas que combinan cambios de fase con reacciones químicas simultáneas. • Sustenta técnicamente las variaciones energéticas en un proceso químico integral.	• Adopta una postura crítica frente a los resultados numéricos obtenidos en simulaciones manuales. • Muestra responsabilidad en la validación de resultados que impactan el diseño de procesos. • Demuestra capacidad de síntesis y razonamiento lógico bajo presión académica. • Participa activamente en el reforzamiento de competencias procedimentales.	• Interpreta resultados de balances integrales de manera lógica y fundamentada. • Resuelve problemas de integración que vinculan la primera ley con efectos térmicos de reacción. • Justifica la selección de trayectorias de cálculo para sistemas no estándar. • Relaciona los conocimientos teóricos con los equipos de procesos físicos y químicos.	
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
• Exámenes		• Informes finales y trabajos grupales • Soluciones a ejercicios propuestos		• Realiza contribuciones enriquecedoras que amplía la comprensión del tema. • Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.	

UNIDAD III: Segunda Ley de la Termodinámica y Exergía

CAPACIDAD DE LA UNIDAD III: Analiza y aplica la segunda ley de la termodinámica para evaluar la eficiencia y viabilidad de procesos de ingeniería química. Determina la generación de entropía y la destrucción de exergía en equipos de flujo real, empleando diagramas termodinámicos y balances de disponibilidad para diagnosticar irreversibilidades y proponer estrategias de optimización energética y sostenibilidad industrial.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
9	Limitaciones de la Primera Ley y Direccionalidad / Depósitos de Energía Térmica y Máquinas Térmicas / Enunciados de la Segunda Ley / Eficiencia Térmica / Ciclo de Carnot y Principios de Carnot / El Concepto de Entropía (S) / Principio del Incremento de Entropía / Balance de Entropía en Ingeniería Química	- Identifica las limitaciones de la primera ley mediante el análisis de la direccionalidad de los procesos. - Calcula la eficiencia térmica máxima de máquinas térmicas utilizando el ciclo de Carnot como referencia. - Aplica el principio del incremento de entropía para verificar la viabilidad de procesos físicos y químicos. - Realiza balances de entropía en sistemas cerrados y abiertos identificando la generación de entropía.	- Valora el papel de los límites teóricos impuestos por la naturaleza en el diseño de procesos. - Muestra una actitud crítica frente a propuestas de máquinas de movimiento perpetuo. - Demuestra compromiso con el análisis riguroso de la irreversibilidad en sistemas químicos. - Reconoce la relevancia de la segunda ley en la dirección de los fenómenos naturales.	Expositiva (Docente/Alumno) Debate dirigido (Discusiones) Lecturas (Uso de repositorios digitales) Lluvia de ideas (Saberes previos)	- Explica el enunciado de la segunda ley y su impacto en la conversión de energía. - Compara eficiencias de ciclos reales con la eficiencia ideal de Carnot. - Interpreta la desigualdad de Clausius y su relación directa con la entropía. - Calcula la generación de entropía y su impacto en la pérdida de trabajo útil.
10	El Proceso Isentrópico / Relaciones Isentrópicas para Gases Ideales / Eficiencia Isentrópica de Turbinas / Eficiencia Isentrópica de Compresores y Bombas / Eficiencia de Toberas / Diagramas T-s y h-s (Diagrama de Mollier) / Balance de Entropía en Dispositivos de Flujo Real / Procedimientos de Cálculo	- Emplea relaciones isentrópicas para modelar el comportamiento ideal de gases en turbomáquinas. - Determina la eficiencia isentrópica de equipos industriales comparando el trabajo real con el ideal. - Construye y analiza procesos de expansión y compresión en diagramas T-s y de Mollier. - Ejecuta procedimientos de cálculo para dispositivos de flujo real considerando fricción y pérdidas.	- Muestra precisión y rigor al manejar diagramas termodinámicos complejos (Mollier). - Promueve una actitud reflexiva frente a los supuestos de adiabaticidad en la práctica ingenieril. - Valora la importancia de la eficiencia de equipos en la rentabilidad de una planta química. - Muestra orden en la representación gráfica de procesos irreversibles.		- Justifica la validez de procesos isentrópicos en el análisis de turbinas y bombas. - Calcula el desempeño real de compresores mediante eficiencias adiabáticas precisas. - Representa correctamente procesos reales en diagramas T-s e identifica desviaciones isentrópicas. - Determina el estado de salida de un fluido en equipos de flujo real.
11	Concepto de Exergía y Estado Muerto / Exergía de una Masa Fija (Sistemas Cerrados) / Exergía de Flujo (Sistemas Abiertos) / Destrucción de Exergía e Irreversibilidad / Eficiencia de la Segunda Ley (Eficiencia Exergética) / Balances de Exergía en Equipos de Proceso / Introducción a la Termoeconomía / Estrategias de Auditoría Exergética	- Calcula la exergía de sistemas y corrientes identificando el potencial de trabajo útil respecto al estado muerto. - Cuantifica la destrucción de exergía en intercambiadores, reactores y válvulas de expansión. - Evalúa la eficiencia de la segunda ley para diagnosticar ineficiencias localizadas en procesos. - Propone estrategias de mejora basadas en auditorías exergéticas y principios de termoeconomía.	- Asume una postura proactiva hacia la optimización energética y el uso racional de recursos. - Se interesa por tecnologías sostenibles que minimicen la destrucción de exergía. - Integra criterios económicos y termodinámicos en la toma de decisiones técnicas. - Valora el análisis exergético como herramienta de diagnóstico superior.		- Calcula la destrucción de exergía y la relaciona con las irreversibilidades del sistema. - Aplica balances de exergía en equipos de proceso para identificar puntos de mejora energética. - Explica el concepto de estado muerto y su influencia en el cálculo de la disponibilidad. - Diferencia entre eficiencia térmica (1ra Ley) y eficiencia exergética (2da Ley).
12	Síntesis de Competencias / Puntos Críticos para el Reforzamiento / Resolución de Problemas de Integración EXAMEN DE MÓDULO 3	- Integra los conceptos de entropía y exergía en la resolución de casos de estudio industriales. - Identifica y fundamenta las causas raíz de la baja eficiencia en ciclos de potencia y refrigeración. - Modela sistemas complejos que requieren el cumplimiento simultáneo de balances de masa, energía y entropía. - Sustenta técnicamente propuestas de optimización de procesos basadas en la reducción de irreversibilidades.	- Adopta una actitud analítica y profesional ante los resultados de auditorías energéticas. - Demuestra capacidad de síntesis para comunicar hallazgos técnicos sobre la calidad de la energía. - Muestra responsabilidad en la validación de modelos aplicados a la sostenibilidad industrial. - Colabora eficientemente en el taller de resolución de problemas de alto nivel.	- Resuelve problemas integradores vinculando la generación de entropía con la pérdida de exergía. - Resuelve problemas integradores vinculando la generación de entropía con la pérdida de exergía. - Interpreta resultados de balances exergéticos de manera lógica y fundamentada. - Relaciona los conocimientos con los fenómenos de degradación de energía en la naturaleza.	
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
Exámenes		- Informes finales y trabajos grupales - Soluciones a ejercicios propuestos		- Realiza contribuciones enriquecedoras que amplía la comprensión del tema. - Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.	

UNIDAD IV: Ciclos Termodinámicos y Relaciones de Propiedades

CAPACIDAD DE LA UNIDAD IV: Evalúa y optimiza ciclos de potencia de vapor y de refrigeración mediante análisis energético y de eficiencia, aplicando criterios técnicos, ambientales y de cogeneración. Deriva y utiliza relaciones termodinámicas fundamentales y de Maxwell para predecir propiedades residuales y variaciones de energía en fluidos reales, estableciendo las bases para el estudio del equilibrio de fases en la ingeniería química.					
SEMANA	CONTENIDO			ESTRATEGIAS DE LA ENSEÑANZA	INDICADORES DE LOGRO
	CONCEPTUAL	PROCEDIMENTAL	ACTITUDINAL		
13	El Ciclo Carnot de Vapor y sus Limitaciones / Etapas del Ciclo Rankine Ideal / Análisis de Energía del Ciclo / Mejoras al Ciclo Rankine / Cogeneración / Estrategia de Evaluación de Ciclos	- Modela las etapas de compresión, adición de calor, expansión y condensación en un ciclo Rankine. - Evalúa la eficiencia térmica del ciclo analizando el impacto del recalentamiento y la regeneración. - Realiza balances de energía en sistemas de cogeneración para optimizar el uso de calor residual. - Representa gráficamente los ciclos en diagramas T-s para identificar irreversibilidades.	- Asume una actitud analítica ante la eficiencia energética de diferentes ciclos térmicos. - Demuestra interés por tecnologías sostenibles como la cogeneración industrial. - Valora el impacto económico de las mejoras en ciclos de potencia de vapor. - Muestra orden en la representación de diagramas de flujo de procesos.	Expositiva (Docente/Alumno) Debate dirigido (Discusiones) Lecturas (Uso de repositorios digitales) Lluvia de ideas (Saberes previos)	- Diferencia ciclos de potencia de vapor en función de sus componentes y mejoras térmicas. - Interpreta la eficiencia térmica de ciclos ideales y reales mediante análisis energético. - Aplica correctamente el balance de energía en ciclos con múltiples etapas. - Explica el principio de operación de sistemas de cogeneración y su ventaja técnica.
14	Refrigeradores y Bombas de Calor / Coeficiente de Desempeño (COP) / El Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor (Ideal) / Análisis de Energía y Entalpía / Selección de Refrigerantes / Sistemas de Refrigeración en Cascada / Estrategia de Diseño	- Calcula el COP de refrigeradores y bombas de calor bajo condiciones ideales y reales de operación. - Analiza el efecto de la caída de presión y el subenfriamiento en el rendimiento del ciclo. - Evalúa la viabilidad técnica de sistemas de refrigeración en cascada para bajas temperaturas. - Selecciona refrigerantes considerando criterios de eficiencia y compatibilidad ambiental.	- Muestra conciencia ambiental al seleccionar refrigerantes con bajo impacto ecológico. - Evidencia responsabilidad técnica al proponer soluciones eficientes y sostenibles. - Integra conocimiento teórico con aplicaciones reales en procesos de refrigeración industrial. - Valora la importancia de la cadena de frío en la industria química y alimentaria.		- Calcula y analiza el rendimiento del ciclo de refrigeración por compresión en condiciones reales. - Diferencia esquemáticamente ciclos de refrigeración convencionales y en cascada. - Justifica la selección de refrigerantes considerando eficiencia, seguridad y sostenibilidad. - Modela procesos de refrigeración avanzada utilizando balances energéticos detallados.
15	Relaciones de Propiedad de Gibbs / Relaciones de Maxwell / Ecuación de Clapeyron / Relaciones Generales para du, dh, ds / Coeficiente de Joule-Thomson / Introducción a las Propiedades Residuales / Estrategia de Análisis de Propiedades	- Deriva e interpreta las relaciones de Maxwell a partir de las funciones fundamentales de energía. - Emplea la ecuación de Clapeyron para estimar variaciones de entalpía durante cambios de fase. - Calcula cambios de energía interna, entalpía y entropía a partir de datos P-v-T medibles. - Analiza el efecto Joule-Thomson y su relación con la expansión de gases reales y licuación.	- Desarrolla disciplina en el manejo riguroso de ecuaciones diferenciales y transformaciones. - Manifiesta disposición para integrar la teoría matemática con la práctica de ingeniería. - Valora el uso de fundamentos termodinámicos para entender desviaciones de la idealidad. - Muestra precisión en la manipulación de operadores matemáticos para derivar propiedades.		- Deriva correctamente las relaciones de Maxwell a partir de las funciones de estado. - Explica el principio del efecto Joule-Thomson y lo relaciona con la expansión de gases reales. - Calcula propiedades residuales usando el enfoque teórico y ecuaciones de estado. - Estima presiones de vapor con precisión usando relaciones termodinámicas adecuadas.
16	Consolidación de Competencias Finales / Repaso Maestro: La Jerarquía de la Termodinámica / Taller de Problemas de Integración Total / Hacia la Termodinámica II: El Equilibrio de Fases EXAMEN DE MÓDULO 4	- Consolida las competencias de las cuatro unidades mediante la resolución de problemas de diseño total. - Jerarquiza las leyes termodinámicas para abordar problemas complejos de ingeniería química. - Evalúa el comportamiento de sistemas multicomponente como introducción al equilibrio de fases. - Sustenta técnicamente soluciones integrales que involucran ciclos, reacciones y modelos reales.	- Adopta una actitud ética y profesional ante los desafíos del diseño termodinámico industrial. - Se interesa por el aprendizaje continuo y las aplicaciones avanzadas de la termodinámica. - Colabora proactivamente en la síntesis de conocimientos para la evaluación final. - Reflexiona sobre la importancia de la termodinámica en la carrera de Ingeniería Química.	- Resuelve problemas integradores de alto nivel técnico con fundamentos termodinámicos sólidos. - Relaciona los conocimientos con equipos y procesos industriales reales de gran escala. - Interpreta resultados de balances complejos de manera lógica y fundamentada. - Identifica la transición hacia el estudio de sistemas en equilibrio de fases y químico.	
EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA					
EVIDENCIA DE CONOCIMIENTOS		EVIDENCIA DE PRODUCTO		EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	
Exámenes		- Informes finales y trabajos grupales - Soluciones a ejercicios propuestos		- Realiza contribuciones enriquecedoras que amplía la comprensión del tema. - Relaciona los conocimientos con los fenómenos de la naturaleza y con los equipos/dispositivos de procesos físicos y químicos.	

VI. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDÁCTICOS

1. MEDIOS Y PLATAFORMAS VIRTUALES

- Casos prácticos
- One Note
- Google Meet
- Repositorios de datos
- Separatas virtuales en PDF, para que refuercen los conceptos realizados en clase.
- Separatas virtuales en PDF, para que resuelvan los ejercicios que contienen.

2. MEDIOS INFORMATICOS:

- Computadora
- Tableta gráfica
- Celulares
- Internet.

VII. EVALUACIÓN:

La Evaluación es inherente al proceso de enseñanza aprendizaje y será continua y permanente. Los criterios de evaluación son de conocimiento, de desempeño y de producto.

1. Evidencias de Conocimiento.

La Evaluación será a través de pruebas escritas y orales para el análisis y autoevaluación. En cuanto al primer caso, medir la competencia a nivel interpretativo, argumentativo y propositivo, para ello debemos ver como identifica (describe, ejemplifica, relaciona, reconoce, explica, etc.); y la forma en que argumenta (plantea una afirmación, describe las refutaciones en contra de dicha afirmación, expone sus argumentos contra las refutaciones y llega a conclusiones) y la forma en que propone a través de establecer estrategias, valoraciones, generalizaciones, formulación de hipótesis, respuesta a situaciones, etc.

En cuanto a la autoevaluación permite que el estudiante reconozca sus debilidades y fortalezas para corregir o mejorar.

Las evaluaciones de este nivel serán de respuestas simples y otras con preguntas abiertas para su argumentación.

2. Evidencia de Desempeño.

Esta evidencia pone en acción recursos cognitivos, recursos procedimentales y recursos afectivos; todo ello en una integración que evidencia un saber hacer reflexivo; en tanto, se puede verbalizar lo que se hace, fundamentar teóricamente la práctica y evidenciar un pensamiento estratégico, dado en la observación en torno a cómo se actúa en situaciones impredecibles.

La evaluación de desempeño se evalúa ponderando como el estudiante se hace investigador aplicando los procedimientos y técnicas en el desarrollo de las clases a través de su participación asertiva.

3. Evidencia de Producto.

Están implicadas en las finalidades de la competencia, por tanto, no es simplemente la entrega del producto, sino que tiene que ver con el campo de acción y los requerimientos del contexto de aplicación.

La evaluación de producto de evidencia en la entrega oportuna de sus trabajos parciales y el trabajo final.

El 30% de inasistencia inhabilita el derecho a la evaluación.

VARIABLES	PONDERACIONES	UNIDADES DIDÁCTICAS DENOMINADAS MÓDULOS
Evaluación de Conocimiento	30 %	El ciclo académico comprende 4 módulos.
Evaluación de Producto	35%	
Evaluación de Desempeño	35 %	

Siendo el promedio final (PF), el promedio simple de los promedios ponderados de cada módulo (PM1, PM2, PM3, PM4)

$$PF = \frac{PM1 + PM2 + PM3 + PM4}{4}$$

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÇENGEL, Y. A., BOLES, M. A., KANOGLU, M.

Termodinámica. 9na Edición. McGraw-Hill/Interamericana. (2019).

2. SMITH, VAN NESS, ABBOTT

Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. 7ma Edición. McGraw-Hill/Interamericana. (2007).

3. CASTELLAN G. W.

Fisicoquímica. 2da Edición. Addison Wesley Longman de México S.A. de C.V. (1998).

4. MORAN M. J., SHAPIRO H. N.

Fundamentos de Termodinámica Técnica. 2da Edición. Editorial Reverté, S. A. (2018).

5. MORAN M. J., SHAPIRO H. N., BOETTNER D. D., BAILEY M. B.

Fundamentals of Engineering Thermodynamics. 9th Edition. John Wiley & Sons, Inc. (2018).

6. SANDLER S. I.

Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. (2017).

7. ELLIOT J. R., LIRA C. T.

Introductory Chemical Engineering Thermodynamics, Second Edition. Prentice Hall. (2012).

Huacho, agosto 2026



Universidad Nacional

“José Faustino Sánchez Carrión”

Mg. David Daniel Milla Carhuapoma

CIP N° 227047