



PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química

CARRERA: Ingeniería Química

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Año Académico: 2023

Área: Básicas de la Especialidad

Bloque: Tecnologías Básicas

Nivel: 3

Tipo (obligatoria o electiva): Obligatoria

Modalidad (cuatrimestral o anual): Anual

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
72	96	3

FUNDAMENTACIÓN

La asignatura Balances de Materia y Energía es una materia básica de la especialidad perteneciente al bloque de tecnologías químicas. Aborda principalmente el estudio de los balances de materia y energía en sistemas abiertos y cerrados aplicados a plantas de procesos, para asegurar la obtención de productos y derivados de distintas industrias con los niveles de eficiencia solicitados, optimizando los recursos disponibles.

Para que las etapas de un proceso productivo puedan interpretarse, planificarse y dimensionarse es necesario contar con los balances de masa y energía de los distintos equipos y unidades que constituyen la planta productora a escala industrial.

Se logra de esta forma incorporar los conceptos básicos y herramientas que generan competencias tecnológicas que permiten identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos y procesos productivos en el marco de las tecnologías químicas básicas, y como competencias sociales, políticas y aptitudinales incentiva a aprender de forma continua y autónoma y brinda herramientas para actuar con espíritu emprendedor. Dando el puntapié inicial a las materias de especialidad para el



conocimiento y correcto dimensionamiento de las distintas etapas de proceso en todas las disciplinas.

COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Competencias de Actividades reservadas			Competencias de Alcances
	Alta	Media	Baja	
CE1 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 1) Identificar, formular y resolver 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 incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.		X		

COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Alta	Media	Baja
CT1 (COMPETENCIA GENÉRICA ►COMPETENCIA TECNOLÓGICA 1) Identificar, Formular y resolver problemas de Ingeniería.		X	
CS9 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 9) Aprender en forma continua y autónoma.			X
CS10 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 10) Actuar con espíritu emprendedor			X



OBJETIVOS (APRENDIZAJE/LOGROS A ALCANZAR)

- Identificar las variables determinantes de los diferentes tipos de balances de materia y energía, con el propósito de adquirir la habilidad en el manejo de las mismas para su interpretación y resolución.
- Adquirir progresivamente un cierto número de estrategias (conceptos y metodologías) para el análisis del problema, que le permita al alumno: interpretar físicamente el problema, encontrar el modelo teórico que mejor lo describe, emplear el método de cálculo apropiado para su resolución, discutir los resultados obtenidos; con el objeto de establecer conclusiones generales o particulares.
- Modelizar matemáticamente operaciones, procesos unitarios para el cálculo de balance de masa y energía sin y con reacción química en estado estacionario y no estacionario.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

- Definición cuantitativa del proceso a escala industrial.
- Las operaciones y procesos unitarios representativos.
- Balances de masa sin y con reacción química en estado estacionario.
- Balances de energía sin y con reacción química en estado estacionario.
- Balances combinados.

Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: INTRODUCCIÓN A LAS OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS REPRESENTATIVOS.

Definición cuantitativa de un proceso a escala industrial. Revisión de variables de procesos. Clasificación de los distintos tipos de diagramas de procesos, equipos y su nomenclatura.



Unidad Temática 2: BALANCE DE MASA SIN REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO ESTACIONARIO.

Interpretación de la ecuación general de balance de masa. Identificar la información requerida para su resolución. Definición de grados de libertad de un proceso, su cálculo y análisis. Cálculo de variables de proceso en equipos. Definición de arreglos de cañerías: recirculación, by-pass y purga. Cálculo de variables de proceso en sistemas con unidades múltiples. Desarrollo de problemas de aplicación (Serie N°1: Balance de masa sin reacción química en estado estacionario).

Unidad Temática 3: BALANCE DE MASA CON REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO ESTACIONARIO

Revisión de estequiometría: ecuación química, reactivo limitante y en exceso. Definición de grado de avance de la reacción y conversión de reactivos. Cálculo de conversión por paso y total. Planteo de balances de masa con reacción química basados en especies moleculares y en elementos. Definición de reacciones en serie y paralelo: cálculo de rendimiento y selectividad. Desarrollo de problemas de aplicación (Serie N°2: Balance de masa con reacción química en estado estacionario).

Unidad Temática 4: BALANCE DE MASA EN ESTADO NO ESTACIONARIO

Definición de proceso en estado no estacionario. Identificación de la condición no estacionaria de un proceso continuo durante el arranque/parada de planta. Clasificación de los distintos modelos de reactores. Definiciones de velocidad de reacción, ecuación cinética y velocidad de consumo de un reactivo. Planteo y resolución de balances diferenciales de masa para sistemas continuos e intermitentes, con o sin reacción química en estado no estacionario. Desarrollo de problemas de aplicación (Serie N°3: Balance de masa para procesos en estado no estacionario).

Unidad Temática 5: BALANCES DE ENERGÍA SIN REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO ESTACIONARIO

Revisión del Primer Principio de la Termodinámica para sistemas abiertos y cerrados. Análisis de operaciones con cambios en la temperatura y con cambios en el estado de agregación. Planteo y resolución de balances combinados de masa y energía en



distintos equipos y configuraciones con unidades múltiples en procesos no reactivos. Desarrollo de problemas de aplicación (Serie N°4: Balance de masa y energía sin reacción química en estado estacionario).

Unidad Temática 6: BALANCE DE ENERGÍA CON REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO ESTACIONARIO

Definición de reacciones de formación y calores de formación en condiciones estándar. Definición de reacciones de combustión y calores de combustión en condiciones estándar. Medición y cálculo de calores de reacción en condiciones estándar. Planteo y resolución de balances de energía en procesos reactivos en estado estacionario en condiciones no estándar: Ecuación de Kirchhoff. Planteo y resolución de balances combinados de masa y energía en estado estacionario. Desarrollo de problemas de aplicación (Serie N°5: Balance de masa y energía con reacción química en estado estacionario).

Unidad Temática 7: BALANCE DE ENERGÍA EN ESTADO NO ESTACIONARIO

Definición de ecuación general de balance de energía. Planteo y resolución de balances diferenciales de energía para procesos no reactivos de una sola fase, continuos o intermitentes, en estado transitorio. Desarrollo de problemas de aplicación (Serie N° 6: Balance de energía para procesos en estado no estacionario).

Unidad Temática 8: MÉTODO DE SIMULACIÓN

Descripción de módulos de simulación. Simulación básica de operaciones unitarias para la resolución de balances de masa y energía. Utilización del software Hysys/Unisim para revisión de los contenidos de la asignatura mediante la simulación de diferentes casos. Presentación de otros tipos de simuladores. Realización de trabajo práctico en el laboratorio de simulación de procesos.



DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Horas totales
Teórica	20	1	21
Formación práctica	43	8	51

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Lugar donde se desarrolla la práctica
Formación experimental	6	-	Laboratorio de Simulación de Procesos UTN-FRBA
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)	14	3	Aula/Aula virtual
Proyecto y diseño	23	5	Aula/Aula virtual
Otras:	-		
Práctica supervisada	-	-	-
Total de horas	43	8	51



ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La actividad integradora que propone la asignatura deberá pasar necesariamente por diferentes instancias: definición del problema, estudio del mismo, resolución numérica, análisis de los resultados obtenidos. Se deriva entonces, que dicha actividad implicará distintos momentos en la interacción docente-alumno: momentos en que el docente plantea el problema, momentos de búsqueda y elaboración de la información, momentos de discusión y momentos de cierre de temas.

Por otra parte, de acuerdo con las sucesivas etapas del cursado, las actividades se presentarán con mayor nivel de exigencia, profundidad e integración. Por lo tanto, estas se planificarán tendiendo a incentivar la actitud de observación, planteo de situaciones problemáticas que impliquen el análisis y síntesis de lo ya aprendido, con el fin de generar relaciones y nuevos interrogantes para acceder a nuevos aprendizajes.

La clave fundamental en esta metodología de trabajo es el intercambio de ideas, siendo el docente el coordinador y moderador de las mismas. La cátedra cuenta con un aula virtual ordenada en bloques para las distintas unidades temáticas, cada uno con su foro de consulta y discusión, y espacios de entrega de actividades de seguimiento. Los alumnos por su parte deberán realizar las actividades propuestas utilizando: bibliografía, gráficos, planillas de cálculo, software adecuado (Mathcad, HYSYS, Unisim) y todas las herramientas a su alcance para lograr la mejor calidad de trabajo.

a) Clases teórico-prácticas (Contribución a competencias CE1, CT1 y CS9)

En el desarrollo teórico de los distintos temas se reforzarán aquellos conceptos fundamentales que el alumno dispone como “conocimientos previos”. En cuanto a los contenidos propios de la asignatura se pondrá especial énfasis en la relación de los mismos con los de las asignaturas del mismo nivel y de niveles superiores.

Dado que esta asignatura constituye la base de materias pertenecientes al bloque de tecnologías aplicadas (Ingeniería de las Reacciones Químicas, Operaciones Unitarias I, Operaciones Unitarias II, Tecnología de la Energía Térmica) el dictado de cada unidad



se complementará con una breve descripción de las posibles aplicaciones de lo aprendido, teniendo en cuenta que los balances de materia y energía son el paso preliminar para abordar el diseño de equipos en los que se llevan a cabo procesos fisicoquímicos. Esta estrategia permitirá al alumno integrar las asignaturas mencionadas, y por consiguiente los conocimientos adquiridos tendrán una mayor significación.

La resolución de problemas que se llevan a cabo aplicando los conceptos teóricos a situaciones nuevas, es esencial para el aprendizaje. En consecuencia, en cada unidad se incluirá el análisis y la resolución de problemas con diferentes grados de complejidad; algunos muy sencillos que solo requerirán formular simples balances, y otros que exigirán un cierto grado de creatividad y pondrán de manifiesto la flexibilidad de los métodos empleados que pueden aplicarse a situaciones diferentes. Para tal fin el alumno tendrá a su disposición Series de Problemas cuidadosamente elaboradas para las distintas unidades temáticas. A continuación, se detallan las distintas Series de Problemas:

- **Serie N°1:** Balance de masa sin reacción química en estado estacionario
- **Serie N°2:** Balance de masa con reacción química en estado estacionario
- **Serie N°3:** Balance de masa para procesos en estado no estacionario
- **Serie N°4:** Balance de masa y energía sin reacción química en estado estacionario
- **Serie N°5:** Balance de masa y energía con reacción química en estado estacionario
- **Serie N°6:** Balance de energía para procesos en estado no estacionario

b) Trabajos prácticos (Contribución Competencias CE1, CT1 y CS9)

Para mejorar la metodología del proceso enseñanza y del proceso de aprendizaje, es necesario utilizar modernas herramientas de trabajo. En este aspecto no se puede dejar de mencionar la computación y todos los programas de enseñanza, aplicación, ejercitación, cálculo y simulación; dirigidos esencialmente a aprovechar toda su potencia en ahorro de tiempo, eliminando actividades repetitivas que no aportan conocimientos.



Por tal motivo la unidad 8 se abordará en el Laboratorio de Simulación de Procesos, donde el alumno desarrollará luego de una introducción teórica, los trabajos prácticos de simulación que se detallan a continuación:

- **T. P. Sim. N°1:** “Resolución de un balance de masa en un proceso industrial” empleando HYSYS o Unisim.
- **T. P. Sim. N°2:** “Resolución de balances de masa y energía en un proceso industrial” empleando HYSYS o Unisim.

Por último, con relación a la contribución del desarrollo de la competencia **CS10**, se indica que la cátedra realiza una charla con profesionales invitados, para tratar el tema de emprendedorismo.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Dado que la evaluación adquiere todo su valor en la retroalimentación que proporciona al alumno y al docente mejorar el proceso de enseñanza y el proceso de aprendizaje; se proponen dos modos de evaluación:

- 1) Continua o del proceso: que consiste en un seguimiento continuo de las actividades que se desarrollan en la clase, atendiendo principalmente a la comprensión y aplicación de los contenidos propios de la asignatura a la resolución de las distintas situaciones problemáticas planteadas; permitiendo evaluar asimismo el nivel de integración de los conocimientos. Este hecho de observar los procesos mientras se realizan, el detectar errores dentro de la clase; permite al docente reforzar a tiempo los conceptos a fin de mejorar el proceso de aprendizaje.
- 2) Final o del producto: que consiste en una evaluación final de los resultados obtenidos. A continuación, se detallan las distintas instancias de evaluación que se instrumentarán para la aprobación de la asignatura:
 - a) **Exámenes Parciales**: la evaluación de los contenidos teórico-prácticos de la asignatura se realizará por medio de 2 (dos) exámenes parciales de complejidad creciente, siendo el segundo de carácter integrador. Los parciales no aprobados son



recuperados según lo establecido en el Reglamento de Estudios de la Universidad Tecnológica Nacional, donde se establece la posibilidad de recuperar dos veces cada examen parcial.

b) **Trabajos Prácticos de Simulación:** Se considerará que el alumno está en condiciones de aprobar cada trabajo práctico de simulación, cuando haya realizado satisfactoriamente las actividades planteadas en el mismo, evidenciado su comprensión durante la ejecución; y haya presentado y aprobado el informe final correspondiente, en tiempo y forma.

Requisitos de regularidad: Se considerará que el alumno está en condiciones de regularizar la materia, cuando haya cumplimentado las exigencias de asistencia reglamentaria y aprobado; los exámenes parciales con 6 (seis) o más puntos (o sus respectivos recuperatorios) y los trabajos prácticos de simulación.

Requisitos de aprobación: Se considerará que el alumno está en condiciones de aprobar la materia cuando, luego de cumplimentar lo establecido en el apartado anterior, rinda en forma satisfactoria un examen final de carácter teórico-práctico, donde tendrá la posibilidad de demostrar el modo en que integró los conocimientos.

Régimen de Aprobación Directa (Promoción): El alumno *Promociona* la asignatura cuando la suma de sus calificaciones alcanza un valor de 15 (quince) o más puntos, habiendo obtenido 8 (ocho) o más puntos en la segunda evaluación; y demás exigencias académicas establecidas por la cátedra (asistencia y aprobación de los trabajos prácticos de simulación).

Se tiene una única instancia de recuperación. Si el alumno solicita recuperar un parcial que está aprobado, en cuanto a la calificación obtenida, pero que no le permite llegar al valor 15; puede hacerlo a fin de mantener la posibilidad de promoción, pero arriesga la nota obtenida.

Si el alumno no alcanza el puntaje necesario para promocionar, pero aprueba las evaluaciones, regulariza la asignatura. En este caso, los requisitos de regularidad y aprobación no se alteran.



ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Para el correcto manejo de los balances de materia y energía, es necesario poseer información y conocimientos en diferentes disciplinas: Introducción a la Ingeniería Química, Introducción a Equipos y Procesos, Química, Química Inorgánica, Química Orgánica, Termodinámica, Físicoquímica.

De acuerdo con lo dicho precedentemente, la asignatura Balance de Masa y Energía deberá contener las disciplinas antes mencionadas ya sea en forma explícita o implícita, de acuerdo con su importancia, con el objeto de permitir un análisis integral de dichos balances.

En la tabla siguiente se especifican las asignaturas con las que Balance de Masa y Energía se articula horizontalmente, los temas relacionados y núcleos temáticos de Balance de Masa y Energía involucrados.

Asignatura	Temas	Núcleos temáticos
<i>Termodinámica</i>	Balance de energía (orientado desde el Primer Principio)	Balances de energía en sistemas cerrados y abiertos, en estado estacionario y transitorio
<i>Físico - Química</i>	Equilibrio de Fases en sistemas gas - líquido y en sistemas líquido - vapor	Balances de masa en torres de absorción, de destilación y secadores de sólidos

En la Tabla siguiente se especifican las materias del Primer y Segundo Nivel con las que la asignatura Balance de Masa y Energía se articula verticalmente, los temas relacionados y los núcleos temáticos de Balance de Masa y Energía involucrados.

Asignatura	Temas	Núcleos temáticos
<i>Química</i>	Nomenclatura química. Estequiometría. Conceptos de pureza, rendimiento, exceso, etc., en reacciones químicas	Balances de masa en sistemas multicomponentes, con y sin reacción química



<i>Química Inorgánica</i>	Compuestos inorgánicos relevantes por su estructura o su importancia industrial. Equilibrio Químico. Calor de reacción y Ley de Hess	Balances de masa y energía en sistemas multicomponentes, con y sin reacción química
<i>Introducción a la Ingeniería Química</i>	Balances macroscópicos de masa. Concepto de corrientes materiales. Estado estacionario y transitorio	Todos los núcleos temáticos de la asignatura
<i>Introducción a Equipos y Procesos</i>	Balances macroscópicos de masa y energía en sistemas binarios	Todos los núcleos temáticos de la asignatura

CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Nota: Las horas consignadas como “virtual-sincrónicas” son computadas como horas presenciales, conforme el documento CONEAU sobre consideraciones sobre las estrategias de hibridación IF-2021-123533751-APN-CONEAU#ME, la resolución del CIN 1716/22 sobre la reconfiguración de las opciones pedagógicas presencial y a distancia, y la resolución del Consejo superior 87/22 sobre el desarrollo de actividades académicas presenciales.

Clase	Tema	Actividad	Modalidad de dictado	Hs Cátedra
1	Presentación de la asignatura.	Teoría	Presencial	1
	Variables de proceso.	Teoría	Presencial	2
2	Descripción de equipos	Teoría / Práctica	Virtual sincrónica	1
	Diagramas de procesos: distintos tipos.	Teoría / Práctica	Virtual asincrónica	2
3	Balance de masa sin reacción química en estado estacionario.	Teoría	Presencial	3



4	Resolución de problemas: Serie N°1.	Práctica	Virtual sincrónica	3
5	Resolución de problemas: Serie N°1.	Práctica	Presencial	3
6	Balance de masa con reacción química en estado estacionario.	Teoría	Presencial	3
7	Balance de masa con reacción química en estado estacionario.	Teoría	Presencial	2
	Resolución de problemas: Serie N°2.	Práctica	Presencial	1
8	Resolución de problemas: Serie N°2.	Práctica	Presencial	3
9	Resolución de problemas: Serie N°2.	Práctica	Virtual sincrónica	3
10	Resolución de problemas: Serie N°2.	Práctica	Presencial	3
11	Resolución de problemas: Serie N°2.	Práctica	Virtual asincrónica	3
12	Balance de masa en estado no estacionario.	Teoría	Presencial	2
	Resolución de problemas: Serie N°3.	Práctica	Presencial	1



13	Resolución de problemas: Serie N°3.	Práctica	Presencial	3
14	Resolución de problemas: Serie N°3.	Práctica	Virtual sincrónica	3
15	Repaso (Series: 1, 2, 3)	Práctica	Presencial	3
16	1º Parcial	Parcial	Presencial	3
17	Simulación de procesos - Explicación TP N°1.	Simulación	Presencial	3
	Desarrollo trabajo práctico de Simulación N°1.			
18	Balance de energía sin reacción química en estado estacionario.	Teoría	Presencial	3
19	Resolución de problemas: Serie N°4.	Práctica	Presencial	3
20	Resolución de problemas: Serie N°4.	Práctica	Virtual asincrónica	3
21	Balance de energía con reacción química en estado estacionario.	Teoría	Presencial	3
22	Balance de energía con reacción química en estado estacionario.	Teoría	Presencial	2
	Resolución de problemas: Serie N°5.	Práctica	Presencial	1
23	Balance de energía con reacción química en estado estacionario.	Teoría	Virtual sincrónica	2



	Resolución de problemas: Serie N°5.	Práctica	Virtual asincrónica	1
24	Resolución de problemas: Serie N°5.	Práctica	Presencial	3
25	Resolución de problemas: Serie N°5.	Práctica	Virtual sincrónica	3
26	Resolución de problemas: Serie N°5.	Práctica	Virtual asincrónica	3
27	Resolución de problemas: Serie N°5.	Práctica	Presencial	3
28	Balance de energía en estado no estacionario.	Teoría	Presencial	3
29	Resolución de problemas: Serie N°6.	Práctica	Presencial	3
30	Simulación de procesos - Explicación TP N°2.	Simulación	Presencial	3
	Desarrollo trabajo práctico de Simulación N°2.			
31	Repaso (Series: 4, 5, 6)	Práctica	Presencial	3
32	2º Parcial	Parcial	Presencial	3

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Felder, R. y Rousseau, R. (2004). *Principios elementales de los procesos químicos*. (3ª Ed).
Limusa Wiley.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

Himmelblau, D. (1997). *Principios básicos y cálculos en ingeniería química*. (6ª Ed).
Prentice Hall Hispanoamericana SA.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Izquierdo, J., Izquierdo, M., Rodriguez, J. y Martínez, E. y Costa, J. (2015). *Introducción a la ingeniería química. Problemas resueltos de balances de materia y energía*. (2ª Ed).
Edit. Reverté