

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Fisicoquímica
Carrera:	Ingeniería en Nanotecnología
Clave de la asignatura:	NAF-0909
SATCA ¹ :	3 - 2 - 5

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

El contenido de esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Nanotecnología, las bases teóricas necesarias para la comprensión, interpretación y predicción del comportamiento físico de sustancias puras en los estados de agregación molecular. Asimismo, la asignatura permite al estudiante comprender los fenómenos de superficie presentes en diferentes procesos. Entender los procedimientos para los cálculos y desarrollar habilidades para obtener información de las sustancias, a partir de la evaluación de sus propiedades coligativas o de los fenómenos de superficie asociados. Desarrollar habilidades de trabajo en el laboratorio para la medición de variables que permitan elaborar diagramas de fase, y a la vez, estimar las composiciones para otras condiciones.

La asignatura, por su aportación al perfil profesional, debe impartirse en el quinto semestre de la carrera cuando el estudiante ya tiene conocimientos de Química, Física, Matemáticas y Análisis Instrumental, necesarios para entender los fenómenos y principios analizados. Además, da soporte a materias posteriores directamente relacionadas con la caracterización de nanomateriales, promoviendo en el estudiante la capacidad de comprender los fenómenos asociados en la formación de los mismos.

Intención didáctica.

Esta asignatura es particularmente importante en la formación del Ingeniero en Nanotecnología, ya que promueve el análisis, interpretación y cálculo de propiedades de la materia a través de la observación y medición de variables. Es necesario que el profesor, como facilitador del aprendizaje, introduzca al estudiante en los principios de las propiedades termodinámicas de las sustancias, gráficas de equilibrio, propiedades coligativas de las soluciones, equilibrio químico, culminando con los fenómenos de interfases.

El temario se desarrolla en cinco unidades. En la primera unidad el estudiante calcula y estima propiedades termodinámicas de sustancias puras a partir de ecuaciones empíricas.

En la segunda unidad se analiza las propiedades de fases en sistemas de uno o más componentes. En esta unidad el estudiante aprende a deducir ecuaciones diferenciales para el cálculo de propiedades termodinámicas y cambios termodinámicos en soluciones ideales

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

y no-ideales. Asimismo, interpreta diagramas de fases de equilibrio físico de soluciones ideales, determinando la existencia de dos fases y la composición de las fases formadas utilizando métodos gráficos y analíticos. El estudiante verifica la espontaneidad de los procesos a través de la energía libre de Gibbs.

En la tercera unidad se abordan las propiedades coligativas, donde el estudiante aplica los conceptos de las mismas en la solución de problemas prácticos. Correlaciona los efectos de la presencia de sales en los cambios de los puntos de ebullición, solidificación, presión osmótica, etc.

La cuarta unidad inicia con los fundamentos del equilibrio químico. En esta unidad, el estudiante predice el efecto de la temperatura, la presión y concentración sobre el equilibrio químico. Comprende el criterio de equilibrio en una reacción química. Deduce ecuaciones de constantes de equilibrio para diferentes sistemas químicos y estima grados de conversiones a partir de dicha constante. Analiza el efecto de la temperatura, presión y concentración en diferentes reacciones químicas.

La quinta unidad aborda los fenómenos de superficie, donde el estudiante, comprende los factores determinantes de los mismos y como se modelan algunos sistemas reales. Comprende el fenómeno de la tensión superficial y el de adsorción. Aplica los modelos de isotermas de adsorción para evaluar propiedades de diferentes sustancias, como porosidad, capacidad de saturación, etc.

La quinta unidad es muy importante para el curso, al proveer al estudiante de los conocimientos fundamentales que le permitan comprender los fenómenos que tienen lugar durante muchos procesos relacionados con diferentes materiales. En tanto que las unidades dos y tres, contribuyen en la habilidad para establecer y aplicar expresiones matemáticas para la solución de problemas y estimaciones de propiedades de diferentes sistemas, tanto hipotéticos como reales.

Se sugieren actividades de aprendizaje que permitan un desarrollo más significativo de las competencias en el estudiante. Algunas tienen carácter de actividad extra clase. Se busca que la formalización del aprendizaje sea a través de la observación, la reflexión, solución de problemas, exposición de temas y su discusión.

Es muy importante que durante el curso, el estudiante valore las actividades que realiza y comprenda que está adquiriendo las competencias necesarias para abordar otras asignaturas relacionadas en el programa profesional, así mismo el estudiante deberá apreciar la importancia del conocimiento adquirido, los hábitos de estudio y de trabajo para que desarrolle competencias tales como la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p>Competencias específicas:</p> <p>Adquirir los conocimientos que permitan aplicar teorías y principios de equilibrio físico y equilibrio químico para calcular las variaciones de propiedades de un compuesto puro en fases distintas, de una mezcla de compuestos, de una solución de compuestos de estado físico diferente; así como, el estudio de las propiedades coligativas para su aplicación en problemas prácticos.</p> <p>Comprender los aspectos fundamentales de fenómenos de superficie y el modelado de sistemas reales.</p>	<p>Competencias genéricas</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Capacidad de análisis y síntesis▪ Capacidad de organizar y planificar▪ Conocimientos generales básicos▪ Conocimientos básicos de la carrera▪ Habilidades básicas de manejo de la computadora▪ Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas)▪ Solución de problemas <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica• Trabajo en equipo• Habilidades interpersonales• Habilidad para trabajar en un ambiente laboral• Compromiso ético <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica• Habilidades de investigación• Capacidad de aprender• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones• Habilidad para trabajar en forma autónoma• Búsqueda del logro
---	---

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez del 27 al 29 de Abril de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Primera Reunión Nacional de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología e Ingeniería Logística del SNEST.
Instituto Tecnológico de Puebla del 8 al 12 de Junio de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua	Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ing. en Nanotecnología, Gestión Empresarial, Logística, y asignaturas comunes del SNEST.
Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de Noviembre de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua	Segunda Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de Mayo de 2010	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Superior de Irapuato, Chihuahua, Saltillo.	Reunión de consolidación de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST.

5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

Adquirir los conocimientos que permitan aplicar teorías y principios de equilibrio físico y equilibrio químico para calcular las variaciones de propiedades de un compuesto puro en fases distintas, de una mezcla de compuestos, de una solución de compuestos de estado físico diferente; así como, el estudio de las propiedades coligativas para su aplicación en problemas prácticos.

Comprender los aspectos fundamentales de fenómenos de superficie y el modelado de sistemas reales.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conoce aspectos básicos de Termodinámica
- Realizar conversiones de los diferentes sistemas de unidades.
- Resuelve problemas de: ecuaciones diferenciales exactas, ecuaciones algebraicas con una y dos incógnitas, regresiones lineales y polinomiales, cálculo integral.
- Resuelve cálculos de estequiometría.
- Conoce conceptos básicos de química general y orgánica.

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Fundamentos y conceptos teóricos	1.1 Propiedades termodinámicas de los componentes puros (Relación fundamental de la Termodinámica, Relaciones Maxwell y de conveniencia, cálculo de propiedades en función de propiedades medibles). 1.2 Regla de las fases de Gibbs. (Diagramas de fase y ecuaciones de estado). 1.3 Propiedades termodinámicas en sistemas abiertos o cerrados de una fase, dos fases, en la zona de cambio de fase. 1.4 Evaluación de propiedades mediante correlaciones empíricas (ecuación de Clapeyron, Antoine, Wagner). 1.5 Cambios de propiedad en la zona de cambio de fase. Ecuación de Clapeyron, Clausius-Clapeyron, ecuaciones empíricas para el cálculo del calor de cambio de fase.
2	Propiedades de fases en sistemas de uno o más componentes	2.1 Soluciones y tipos de soluciones 2.2 Propiedades termodinámicas de soluciones 2.3 Potencial químico 2.4 Propiedades parciales molares 2.5 Fugacidad y coeficientes de fugacidad de sustancias puras y soluciones 2.6 Actividad y coeficiente de actividad 2.7 Propiedades de exceso y relación de la actividad y del coeficiente de actividad con la

		energía Libre de Gibbs de exceso
		2.8 Evaluación de propiedades termodinámicas de soluciones mediante ecuaciones de estado
		2.9 Equilibrio Líquido – vapor. Ley de Raoult y Ley de Henry
		2.10 Equilibrio líquido – líquido (diagramas triangulares de Gibbs y rectangulares. Líneas de unión y curva de inmiscibilidad.)
		2.11 Equilibrio Líquido-gas (Modelos ideales. Ley de Raoult. Ley de Henry)
		2.12 Equilibrio líquido - sólido (Gráficas de Equilibrio sólido-líquido, Diagramas de T-X)
3	Propiedades coligativas	3.1 Introducción
		3.2 Disminución de la presión de vapor del solvente
		3.3 Disminución del punto de congelación
		3.4 Aumento de la temperatura de ebullición de la solución
		3.5 Presión osmótica
		3.6 Aplicaciones a soluciones electrolíticas y no electrolíticas
4	Equilibrio químico	4.1 Ecuación de Lewis
		4.2 Determinación de la constante de equilibrio y del grado de conversión
		4.3 Ecuación de Vant´Hoff
		4.4 Principio de LeChatelier
		4.5 La espontaneidad de las reacciones
5	Fenómenos de superficie	5.1 Fenómenos interfaciales
		5.2 Condiciones en una sola fase (tensión superficial, energía superficial, entropía superficial)
		5.3 Tensión interfacial (entropía, cohesión y adhesión)
		5.4 Relación entre tensión superficial e interfacial (Tratamiento de Gibbs, Relación de Antonoff, métodos de medición)
		5.5 Ángulo de contacto (líquido-sólido, métodos de medición)
		5.6 Adsorción (fundamentos y tipos de interacción)
		5.7 Isotermas de adsorción (Freundlich, Langmuir, ecuación BET)
		5.8 Aplicaciones

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

Para esta asignatura, las actividades sugeridas deberán realizarse de manera individual y grupal para que el conocimiento proporcionado, investigado y analizado pueda ser comprendido, a través de la discusión, el cuestionamiento, el análisis crítico y el intercambio de ideas, por los estudiantes. Estas sugerencias didácticas deberán propiciar en el estudiante, la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía y el trabajo cooperativo. Para esto, deberán incorporar los conceptos teóricos analizados en clase, los investigados en la bibliografía y otras fuentes de información, la solución de problemas y casos tipos, el desarrollo de las prácticas de laboratorio y la interpretación de resultados obtenidos mediante las técnicas estudiadas en el curso.

- El profesor presenta problemas para que el estudiante los desarrolle en forma independiente y de manera colectiva, propiciando la identificación, desarrollo y verificación de los resultados mediante la comparación.
- Desarrollar prácticas experimentales para facilitar la comprensión de los conceptos teóricos y facilitar el trabajo colaborativo.
- Exposiciones por parte del profesor para activar conocimientos previos y además estimular la motivación a través de lecturas vinculadas al tema.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Ejemplo: al socializar los resultados de las investigaciones y las experiencias prácticas solicitadas como trabajo extra clase.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que da soporte, para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante. Ejemplos: efecto de la concentración solutos sobre las propiedades coligativas de sustancias puras, calcular concentraciones de especies en equilibrio, estimar porosidades de materiales.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral. Ejemplos: trabajar las actividades prácticas a través de guías escritas, redactar reportes e informes de las actividades de experimentación, exponer al grupo las conclusiones obtenidas durante las observaciones.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Estimación, mediante un examen diagnóstico del nivel de aprendizaje y comprensión de los conocimientos previos, con objeto de homogeneizarlos.
- Participación en talleres de solución de problemas.
- Reporte de investigaciones en distintas fuentes de información.
- Participación en sesiones grupales para la discusión de temas.
- Asistencia a pláticas y conferencias en las que participen profesionales.
- Resolución de problemas utilizando bancos de datos de propiedades de sustancias puras, calculadora programable y computadora.
- Reporte de prácticas de laboratorio.
- Participación en aula en el análisis de información experimental obtenida en el laboratorio.
- Exposiciones de temas
- Resultados de exámenes de conocimientos al finalizar cada tema.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Fundamentos y conceptos teóricos

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Calcular y estimar propiedades termodinámicas de sustancias puras a partir de ecuaciones empíricas.	<ul style="list-style-type: none">• Analizar la relación funcional entre tres o más variables termodinámicas y la relación en los diagramas de fases.• Deducir la relación fundamental de las propiedades termodinámicas, las funciones de conveniencia y las relaciones de Maxwell.• Aplicar las relaciones de Maxwell y las fundamentales de las propiedades termodinámicas (dU, dH y dS).• Aplicar la teoría de los estados correspondientes en las ecuaciones de estimación y correlación de propiedades.• Investigar el concepto de presión de vapor, su dependencia con la temperatura y métodos experimentales para determinarla.• Realizar búsqueda de datos experimentales de presión de vapor a diferentes temperaturas.• Graficar y ajustar datos experimentales de

	<p>presión de vapor mediante regresión lineal a una ecuación de dos parámetros tipo Clapeyron.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar ecuaciones viriales en fases gaseosas y las ecuaciones cúbicas de dos y tres parámetros en su forma explícita para P e implícita para Z. • Resolver problemas para cálculo de P, V y T usando ecuaciones de estado y de propiedad y correlaciones empíricas. • Investigar el calor de cambio de fase y su determinación experimental. • Investigar los criterios físicos de equilibrio de fases para una sustancia pura. • Calcular grados de libertad en donde se realicen cambios de fase. • Calcular el calor de cambio de fase y su intervalo de aplicación (Clapeyron y Clausius-Clapeyron). • Calcular calores de vaporización usando las ecuaciones de: Clapeyron, Clausius - Clapeyron, Watson, Riedel, entre otras, a diferentes temperaturas o presiones.
--	--

Unidad 2: Propiedades de fases en sistemas de uno o más componentes

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Deducir ecuaciones diferenciales para el cálculo de propiedades termodinámicas y cambios termodinámicos en soluciones ideales y no-ideales.</p> <p>Interpretar diagramas de fases del equilibrio físico de soluciones ideales, determinando la existencia de dos fases y la composición de las fases formadas utilizando métodos gráficos y analíticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la diferencia entre soluciones, coloides y suspensiones. • Ejemplificar como formar soluciones líquidas, sólidas y gaseosas. • Deducir expresiones para el cálculo de cambio de propiedades en soluciones. • Definir el potencial químico y su importancia en las propiedades termodinámicas de las mezclas y como criterio de equilibrio. • Investigar el significado físico de las propiedades parciales molares.

- Explicar los métodos gráficos para determinar propiedades parciales molares.
- Obtener expresiones para el cálculo de las propiedades parciales molares.
- Investigar definiciones de fugacidad y coeficiente de fugacidad de sustancias puras y soluciones y los métodos que existen para su cálculo.
- Calcular el coeficiente de fugacidad para sustancias puras y soluciones mediante gráficos, a partir de datos experimentales y ecuaciones de estado.
- Investigar la definición de la actividad, el coeficiente de actividad y su relación con la energía libre de Gibbs de exceso.
- Calcular coeficientes de actividad para un conjunto de datos isotérmicos (P -x-y).
- Analizar el efecto de la composición en el coeficiente de actividad.
- Calcular propiedades termodinámicas de soluciones ideales líquidas y gaseosas.
- Analizar el efecto de la composición en soluciones reales.
- Aplicar las reglas de mezclado en las ecuaciones de estado para calcular propiedades termodinámicas de soluciones líquidas y gaseosas reales.
- Investigar el concepto de equilibrio físico o de fases en soluciones, los criterios de equilibrio en soluciones, métodos experimentales para el equilibrio líquido-vapor.
- Construir, a partir de datos experimentales, los gráficos P-x-y y T-x-y así como las curvas de equilibrio.

	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la ley de Raoult, sus desviaciones y ejemplos para cada caso. • Graficar datos del equilibrio líquido-vapor para sistemas binarios ideales y reales a partir de los parámetros de modelos de solución reportados en bibliografía (Margules, Van Laar, Wilson). • Investigar el método de puntos de niebla para la construcción de la curva de inmiscibilidad (líneas de unión o de reparto), representación gráfica de sistemas ternarios (Diagramas de Gibbs y rectangulares). • Investigar los conceptos de presión parcial, solubilidad de un gas, efecto de la solubilidad con la presión y la temperatura. • Diferenciar una solución ideal en el sentido de la Ley de Raoult con la Ley de Henry para el caso de equilibrio líquido-gas. • Resolver problemas de equilibrio de soluciones ideales binarias y multicomponentes. • Investigar el equilibrio líquido-sólido para sistemas binarios (Datos T-x) con ejemplos. • Construir diagramas para sistemas binarios, identificando puntos eutécticos, peritéticos, la composición y la temperatura de estos.
--	---

Unidad 3: Propiedades coligativas

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Aplicar los conceptos de las propiedades coligativas en la solución de problemas prácticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las propiedades coligativas y sus aplicaciones. • Analizar el efecto de adicionar un soluto no volátil en la presión de vapor, sobre el punto de ebullición y de congelación de una solución; y calcular su variación.

	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular pesos moleculares de solutos de no electrólitos, a través de las propiedades coligativas. • Analizar el efecto que se tiene en la presión osmótica por la adición de un soluto en un solvente puro. • Estimar la presión osmótica en soluciones no electrolíticas. • Analizar el efecto en el equilibrio líquido-vapor (efecto de salting-in, efecto de salting-out) por la adición de sales en soluciones. • Estimar la presión osmótica en soluciones electrolíticas.
--	--

Unidad 4: Equilibrio químico

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Predecir el efecto de la temperatura, la presión y concentración sobre el equilibrio químico.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender el criterio de equilibrio en una reacción química. • Deducir la ecuación de Lewis para definir la constante de equilibrio de una reacción química. • Calcular la constante de equilibrio y el grado de conversión en una reacción química. • Estudiar la ecuación de Vant´Hoff sobre el efecto de la temperatura sobre la constante de equilibrio. • Estudiar relaciones empíricas sobre las variables que modifican el equilibrio químico como el principio de Le Chatelier. • Analizar el efecto de variables como temperatura, presión y concentración sobre reacciones químicas de relevancia industrial. • Analizar el criterio de espontaneidad en reacciones químicas.

Unidad 5: Fenómenos de superficie

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Comprender los factores determinantes de los fenómenos de superficie y como se modelan algunos sistemas reales.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Investigar el concepto de tensión superficial.• Comparar los términos de cohesión y adhesión basándose en el concepto de tensión interfacial.• Explicar la relación entre tensión superficial, y tensión interfacial, basándose en el tratamiento de Gibbs o la relación de Antonoff.• Relacionar la diferencia en magnitud del ángulo de contacto (>90, $=90$, <90) con la adhesión de líquidos y sólidos.• Explicar los diferentes métodos para determinar la tensión superficial e interfacial.• Comparar dos métodos de medición del ángulo de contacto.• Identificar los tipos de fuerzas que intervienen en la adsorción.• Analizar la ecuación de Henry y sus limitaciones.• Diferenciar la adsorción localizada y deslocalizada.• Deducir la ecuación de Langmuir.• Investigar la adsorción polimolecular.• Representar las diferentes formas de isothermas de adsorción de vapores.• Explicar la presión de gas dentro de una burbuja esférica.• Explicar la elevación capilar de un líquido.• Deducir la ecuación de adsorción de Gibbs.

	<ul style="list-style-type: none">• Investigar sustancias tensoactivas e inactivas y su relación con el concepto de adsorción.• Relacionar las ecuaciones de estado y las isothermas de adsorción.• Deducir la variación de energía libre en la adsorción.• Relacionar la tensión interfacial con la adsorción de adsorbentes porosos.• Establecer la diferencia entre la adsorción en sólidos y la adsorción en soluciones.
--	--

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Atkins, Peter W. *Fisicoquímica*. México: Fondo Educativo Interamericano, 1985
2. Castellan, Gilbert W. *Fisicoquímica*. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano, 1986
3. Henley E.J., Seader J.D. *Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química*. Barcelona: Reverté, 1988.
4. Huang Francis. *Ingeniería Termodinámica. Fundamentos y Aplicaciones* CECSA
5. Levine *Fisicoquímica* 5 edición. Mc. Graw-Hill. 2004
6. Moore W.J. *Química Física*. URMO. 1978.
7. Perry –Chilton. *Manual de Ingeniero Químico*. Sexta Edición Mc. Graw-Hill.1993.
8. Reid – Poling – Prausnitz. *The Properties of Gases and Liquids*. 4^a.edition. Mc. Graw-Hill. 1995.
9. Smith J. M. Van Ness –Abbott. *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*. Mc. Graw-Hill Sexta edición. 2003.
10. Shoichiro Nakamura. *Métodos Numéricos con Software*. Prentice Hall.1992.
11. Stanley M. Walas *Phase Equilibria in Chemical Engineering*. Butterworth Heinemann.1985.
12. Treybal R. *Operaciones de Transferencia de Masa*. Mc. Graw-Hill. 1987.
13. Shaw D.J. *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butterworth. 1991.
14. Davies J. T. & Rideal E. K. *Interfacial Phenomena*. . Academic Press.
15. Adamson A. W. *Physical Chemistry of Surfaces*. John Wiley and Sons, Inc. 1994.
16. David W. Ball. *Fisicoquímica*. International Thomson, 2004.
17. K. J. Laidler, J. H. Meiser, *Fisicoquímica*. CECSA, México. 1997.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Determinación de la capacidad calorífica de un líquido.
2. Determinación de la capacidad calorífica de un sólido.
3. Elaboración de curvas de presión de vapor de líquidos puros
4. Volumen específico en soluciones binarias ideales y no ideales.
5. Presión de vapor en soluciones ideales. Ley de Raoult. Diagrama P-X₁ a temperatura constante.
6. Presión de vapor en soluciones no ideales. Desviaciones de la ley de Raoult. Diagrama P-X
7. Equilibrio líquido-vapor. Elaboración del diagrama T-X₁-Y₁ a presión constante en un sistema que presenta azeótropo.
8. Equilibrio líquido- líquido. Determinación de la curva de inmiscibilidad y las líneas de reparto.
9. Aumento del punto de ebullición.
10. Disminución de la presión de vapor.
11. Presión osmótica.
12. El sistema etanol-ácido acético-agua-acetato de etilo.
13. Determinación espectrofotométrica de la constante de equilibrio en un sistema de reacción en medio homogéneo.
14. Determinación del coeficiente de reparto del yodo en benceno y agua.
15. Determinación de la tensión superficial de un sistema agua-jabón.
16. Determinación del ángulo de contacto del agua sobre distintas superficies.