

**DISEÑO DE CONTENIDOS Y DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA
DIDÁCTICA PARA FAVORECER EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE
PARA LA ASIGNATURA ELECTIVA “INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE
SUPERFICIES” PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DERLY CONSTANTINO DELGADO GARCÍA
JORGE FLÓREZ ABAÚNZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2016

**DISEÑO DE CONTENIDOS Y DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA
DIDÁCTICA PARA FAVORECER EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE
PARA LA ASIGNATURA ELECTIVA “INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE
SUPERFICIES” PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DERLY CONSTANTINO DELGADO GARCÍA
JORGE FLÓREZ ABAÚNZA**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Químico

Directora

**LUZ MARINA BALLESTEROS RUEDA
Ingeniera Química, M. Sc., PhD**

Codirector

**HERNANDO GUERRERO AMAYA
Ingeniero Químico, PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A Dios por regalarme la oportunidad de levantarme cada día a luchar y trabajar por las metas, sueños, deseos y anhelos que me motivan a seguir creciendo como persona y profesional, sin su bendición esto no sería posible.

A mi Madre que me enseñó a tener siempre una actitud positiva ante las circunstancias desfavorables y no perder la fe en lo que uno cree y quiere, si no por el contrario a esforzarme cada día más para superar la adversidad.

A mis Tías Y Abuela, Osiris, Yaneth, Isaura, Enriqueta, pues estas cuatro mujeres son más que tías son mis otras madres, estuvieron siempre allí con mano fuerte para corregirme y con mano amorosa para apoyarme incondicionalmente en cada nuevo desafío que se presentara, gracias a ellas aprendí los valores y principios que hoy en día me hacen una persona íntegra y correcta.

A mi Tío Over, Carlos Bolívar Y Alberto Urbina, ellos estuvieron de manera discreta en este largo viaje, pero siempre dando una palabra de apoyo y ánimos cuando la meta se veía cada vez más lejos se ponían más difíciles.

A la Selección de Fútbol Sala Masculino de la UIS, a cargo del Profesor Rene Rincón Torres Y Javier Isidro Díaz, y a cada uno de mis hermanos con los que compartí en más de una ocasión el terreno de juego donde aprendimos a dejar la piel por el otro, pues ellos me enseñaron que si caminas solo se llega más rápido, pero si vas con la familia se llega más lejos.

A mis amigos los cuales compartieron experiencias de vida en este proyecto, con los cuales día a día se aprendía y se crecía como persona, en especial a Jorge Marulanda, Gustavo Rojas, Jorge Flórez y Waldir Duran.

Derly Constantino Delgado García

A Dios, por darme fortaleza.

A mis padres, Jorge y Martha por apoyarme con su infinito amor toda la vida.

*A mi familia, a mis abuelos Victoria y Leonel por encomendarme en sus oraciones,
a mi hermana Erika por permitirme conocer la UIS, a mí cuñado Alexis por sus
consejos, a mi tío Julio por aconsejarme estudiar una ingeniería.*

A Mafe por ser incondicional.

A mis profesores, compañeros, amigos.

Jorge

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra directora Luz Marina Ballesteros Rueda por creer en nosotros. A nuestro codirector Hernando Guerrero Amaya por sus aportes y colaboración.

A la Universidad Industrial de Santander, a la escuela de Ingeniería Química, a la sede UIS-Barrancabermeja por abrirnos sus puertas y forjarnos en valores y conocimientos para la construcción de nuestro proyecto de vida.

A todos los profesores que con esmero nos aportaron su tiempo y conocimiento.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ALCANCE	20
2. METODOLOGÍA	21
2.1 DESARROLLO CURRICULAR DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA	22
2.2 DESARROLLO DEL LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA	23
2.2.1 Recopilación De Información	23
2.2.2 Contenido Del Libro Guía De La Asignatura	24
2.3 ESTRATEGIAS ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	24
3. LOGROS	27
3.1 DESARROLLO CURRICULAR DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA	27
3.1.1 Perfil Del Estudiante	27
3.1.2 Contenido De La Asignatura	28
3.1.3 Propósitos De La Asignatura	31
3.2 DESARROLLO DEL LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA	32
3.2.1 Contenido Del Libro Guía De La Asignatura	32
3.2.2.1 Capítulo 1. Introducción a los Fenómenos de Superficie	32
3.2.2.1.2 Capítulo 2. Técnicas Avanzadas de Caracterización de Superficies	32
3.2.2.1.3 Capítulo 3. Ciencia de Superficies en Ingeniería Química	32
3.3 ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	33

3.3.1 Desarrollo De Las Guías De Las Prácticas De Laboratorio	33
3.3.2 Práctica 3. Visita técnica al laboratorio XPS en el Parque Tecnológico Guatiguará (PTG)	39
3.3.3 Desarrollo del Blog	40
4. CONCLUSIONES	41
5. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
BIBLIOGRAFIA	47
ANEXOS	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de la metodología para el desarrollo de este proyecto de grado	21
Figura 2. Esquema de las actividades para el desarrollo curricular de la asignatura	22
Figura 3. Esquema de las actividades para el desarrollo del libro guía	23
Figura 4. Esquema de las actividades para el desarrollo de las estrategias enseñanza-aprendizaje	25

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. GUÍA PARA LA CREACIÓN DE ASIGNATURAS ELECTIVAS	50
ANEXO B. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE UNA ASIGNATURA	54
ANEXO C. PROGRAMA DE LA ASIGNATURA ELECTIVA INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE SUPERFICIES	58
ANEXO D. TABLA A COMPLETAR DE LA PRÁCTICA 2	65

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE CONTENIDOS Y DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DIDÁCTICA PARA FAVORECER EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA LA ASIGNATURA ELECTIVA “INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE SUPERFICIES” PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

AUTORES: DERLY CONSTANTINO DELGADO GARCÍA,
JORGE FLÓREZ ABAÚNZA**

PALABRAS CLAVES: Asignatura electiva, Ciencia de Superficies, Caracterización, Interfase, Fenómenos de Superficie

DESCRIPCIÓN

La misión de la Universidad Industrial de Santander radica básicamente en la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos, y la actualización permanente de sus programas académicos para formar personas con las competencias apropiadas que contribuyan al desarrollo del país. Por esta razón los egresados de cualquier programa académico deben estar a la vanguardia y relacionados con los temas de actualidad para no estar relegados ante los constantes cambios que se presentan en el mundo.

Este trabajo de grado busca mostrar al estudiante de Ingeniería Química que existe más de una posibilidad en su campo de acción como egresado y no limitarlo solo al contexto de la industria de procesos, siendo esta asignatura electiva una puerta para incentivar el interés de los mismos por la ciencia de superficies en donde se estudiarán las nociones básicas en esta nueva línea del conocimiento, dejando la semilla para que el interesado pueda seguir profundizando sus conocimientos en un futuro.

La asignatura comprenderá los conceptos más básicos como son superficie, Interfase, adhesión, mojabilidad, fricción, entre otros; y las técnicas avanzadas más utilizadas para la caracterización de superficies como son en gran medida la espectroscopia y la microscopia con la finalidad de entender la importancia de la morfología y la composición de la misma, siendo esto una gran ventaja al momento de su aplicación en la ingeniería química.

Esta asignatura electiva tendrá una carga académica de 3 créditos y una intensidad horaria presencial de 3 horas semanales.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Directora: Luz Marina Ballesteros Rueda, Ingeniera Química, MSc., PhD; Codirector: Hernando Guerrero Amaya, Ingeniero Químico, PhD.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF CONTENTS AND DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY TO ENCOURAGE THE TEACHING-LEARNING PROCESS FOR THE ELECTIVE COURSE; "INTRODUCTION TO SURFACE SCIENCE" OF CHEMICAL ENGINEERING PROGRAM"

AUTHORS: DERLY CONSTANTINO DELGADO GARCÍA,
JORGE FLÓREZ ABAÚNZA**

KEYWORDS: elective course, surface science, characterization, interface, surface phenomena

DESCRIPTION

The mission of Universidad Industrial de Santander lies in the preparation of human beings demonstrating outstanding ethical, political and professional values, the generation and adaptation of knowledge, and the continuous updating of their academic programs to educate people with the appropriate skills to contribute to the proper development of the country. For this reason graduates of any academic program should be at the top level and in touch with the current issues in order to not be relegated to the constant changes occurring in the world.

The present work aims to illustrate the chemical engineering students that there are many possibilities within their course of action as a graduate and not limited only in the context of process industry, being this elective a new pathway to encourage the interest in surface science where the basic concepts are studied in this new line of knowledge, planting the seed so that the interested can continue to deepen their knowledge in the future.

The course will comprise simple concepts such as surface, interface, adhesion, wettability, and friction, among others, as well as widely used advanced techniques for the characterization of surfaces such as spectroscopy and microscopy in order to understand the importance of morphology and composition of the surfaces being this a great advantage at the time of its application in chemical engineering. The elective will have a 3-credit course load and time attendance intensity of 3 hours per week.

* Final project

** Physical-Chemical Engineering Department. Chemical Engineering School. Director: Luz Marina Ballesteros Rueda, Chemical Engineer, M. Sc., PhD; Codirector: Hernando Guerrero Amaya, Chemical Engineering, PhD.

INTRODUCCIÓN

Los principios de la Universidad Industrial de Santander radican en la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos, la actualización permanente de sus programas académicos^a para formar personas con las competencias apropiadas que contribuyan al logro de las metas de desarrollo del país, por esta razón los egresados de cualquier programa académico deben estar a la vanguardia y relacionados con los temas de actualidad para no estar relegados ante los constantes cambios que se presentan en el mundo, y así cuenten con las capacidades suficientes para afrontar los nuevos retos que surgen una vez se enfrenten a la realidad laboral y sean capaces de brindar soluciones eficientes y acertadas.

Como desafío la universidad busca que sus egresados posean una formación integral, ya que se encuentran condicionados por los cambios en la sociedad, con la capacidad para desempeñarse de manera competente tanto en su quehacer profesional como personal.

Es este el caso del Ingeniero Químico de la escuela de Ingeniería Química, cuyo perfil es ser un profesional creativo que se adapte a nuevos procesos según las necesidades de la región y del país^b en consecuencia el conocimiento de nuevas ciencias no debe quedarse estancado puesto que sería perjudicial para la formación integral y vanguardista del Ingeniero Químico.

En vista que el mundo vive un cambio constante a pasos agigantados que no dan espera, que si no se tienen las capacidades y aptitudes que el sistema demanda

^a Misión y Visión de la Universidad Industrial de Santander

^b Perfil Egresado del Programa Académico de Ingeniería Química

simplemente no se es considerado, lo que se traduce en posibilidades limitadas para la realización de la vida profesional como Ingeniero Químico. Por estas razones se tomó la decisión de diseñar el contenido de una nueva asignatura electiva llamada Introducción a la Ciencia de Superficies que profundice y complemente los conocimientos del estudiante para que cuente con una formación integral. Este diseño se basó en la Guía para la Creación de Asignaturas Electivas y en la Guía para la Elaboración del Programa de una Asignatura las cuales se encuentran en los Anexo A y Anexo B respectivamente. A continuación se exponen los hechos históricos que llevaron a la formación de esta ciencia y la necesidad de incluirla como una posibilidad dentro del abanico de electivas que ofrece el pensum de Ingeniería Química.

El estudio de las superficies y los fenómenos de superficie a nivel atómico o molecular define la ciencia de superficies moderna. Hay dos eventos que han tenido un impacto importante en la génesis y el rápido desarrollo del campo. En primer lugar, en la década de 1950, el auge de la ciencia y la tecnología espacial hizo la consecución del ultra alto vacío UHV (10^{-9} Torr) relativamente fácil y económico, permitiendo la producción de superficies limpias que permanecen libre de gases absorbidos proporcionando el tiempo suficiente para llevar a cabo la mayoría de los estudios de superficie.

Debido a la necesidad de un escrutinio a nivel atómico de propiedades superficiales, un gran número de técnicas se han inventado y desarrollado desde los años 1950. Estas técnicas emplean fotones, electrones e iones para determinar la estructura, composición, estados de oxidación de la superficie, y la unión de adsorbatos a la superficie. Lo anterior cada vez realizado con mayor resolución espacial, temporal, y energética. Algunas de estas técnicas son más útiles para estudios de superficies externas, mientras que otras pueden ser utilizadas para materiales micro-porosos con una gran área de superficie interna.

Como resultado de la aplicación de estas técnicas para investigar las propiedades moleculares de las superficies, monocapas adsorbidas, y fenómenos de superficie (químico, mecánico, óptico, eléctrico, magnético), se descubrieron una amplia cantidad de conceptos nuevos de la ciencia de superficies y estos conceptos ayudaron al desarrollo de nuevas tecnologías. Las demandas de estas tecnologías proporcionaron incentivos para el desarrollo de nuevas técnicas de caracterización de la superficie y para la investigación de nuevos fenómenos superficiales que llevaron al descubrimiento de nuevos conceptos.^[1]

Por último, la crisis energética en la década de 1970, hizo necesario el rápido desarrollo de nuevos procesos basados en catalizadores para las industrias del petróleo y la química, impulsando también el desarrollo de la ciencia de superficies. El aumento del consumo de energía en los países desarrollados generó la necesidad de tecnologías basadas en catalizadores ambientales para limpiar el aire, el agua y el suelo, y sensores para detectar y controlar la contaminación.

La crisis global, ambiental y energética se han convertido en temas esenciales para la humanidad, con los cuales nacen nuevos interrogantes de como poder afrontarlos y solucionarlos, es así como se evidencia la rápida evolución de la ciencia de superficies que busca optimizar los procesos de manera eficiente haciendo reacciones más selectivas con menor tiempo de reacción, aprovechamiento de los reactivos con la mínima pérdida de materia posible, ejemplo de estos cambios y la solución a ellos es la utilización de los no tan conocidos nano-catalizadores.^[2]

El número de industrias relacionadas con la ciencia de superficies han aumentado dramáticamente en las últimas décadas a través del rápido desarrollo de recubrimientos de superficies, adhesivos, textiles, recuperación de petróleo,

cosméticos, productos farmacéuticos, biomédica, biotecnología, agricultura, flotación de minerales, industrias de lubricación y nanotecnología.

Un gran número de publicaciones sobre estos temas durante la última década, ha dado lugar a una mejor comprensión de todos estos campos científicos, que son en su mayoría de naturaleza interdisciplinaria, donde físicos, químicos, biólogos e ingenieros químicos, de materiales, biomédicos, ambientales y electrónicos están contribuyendo.

Es por esto que la formación del Ingeniero Químico debe ser multidisciplinaria y no enfocada en una sola línea del conocimiento ya que el campo de acción es bastante amplio y cambiante cada día, y deben formarse ingenieros que se adapten a los cambios y estén en constante crecimiento intelectual.

Fundamentado en lo anterior, este proyecto de grado en modalidad práctica en docencia consistió en elaborar el contenido de una nueva asignatura electiva, *Introducción a la Ciencia de Superficies*, para ser ofertada en el pensum de la escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander orientados en los siguientes incisos: a) establecer el plan curricular y los contenidos dirigidos al perfil del estudiante de Ingeniería Química, los cuales tienen en cuenta el desarrollo de metodologías didácticas para el proceso de enseñanza aprendizaje; b) A partir de los temas establecidos, crear un libro guía que sirva de soporte tanto para el docente como para los estudiantes; y por último, c) La creación de dos prácticas de laboratorio con sus respectivas guías para afianzar los temas vistos en clase y la creación de un blog el cual le permitirá al estudiante interactuar con el docente y estar enterado de temas de actualidad de la asignatura.

Durante el desarrollo del trabajo de grado no solamente se está en la búsqueda del cumplimiento de los objetivos académicos descritos anteriormente sino

también de un atesoramiento de competencias a nivel personal que nos prepararán para el desempeño de nuestra profesión. Estas competencias son:

COMPETENCIAS BÁSICAS

- Comprender y emplear eficazmente metodologías de investigación y recopilación de información apropiadas para su posterior utilización.
- Trabajar tanto independiente como en equipo mostrando iniciativa para lograr claramente los objetivos definidos en el rango de tiempo que se estipule.
- Demostrar la capacidad de escritura para la redacción sencilla y asertiva del documento con bases sólidas y correctamente argumentadas.
- Decidir y utilizar el lenguaje apropiado para comunicar, defender o explicar una idea a diversas audiencias, incluyendo tanto a personas especializadas como aquellas que no lo son.

1. ALCANCE

El desarrollo de este trabajo de grado en modalidad práctica en docencia pretende que los conceptos básicos de la ciencia de superficies estén a la mano de los estudiantes de la escuela de ingeniería química interesados en ampliar sus conocimientos a las nuevas líneas del saber distintas a la cultura energética-industrial que solo se enfoca en la manufactura del sector petrolero.

Con el gran camino que se está forjando en torno a temas relacionados con nanotecnología y propiedades químicas y físicas de los nuevos materiales que se alteran y modifican para que estos sean funcionales, mejores, más resistentes y con capacidades energéticas y mecánicas significativamente mejores respecto a los materiales convencionales se está evidenciando una visión más amplia del conocimiento por parte de una gran cantidad de investigadores.

Lo que busca principalmente la asignatura electiva Introducción a la Ciencia de Superficies es que el estudiante matriculado entienda los conceptos básicos, analice y se plantee nuevas situaciones e interrogantes que le ayuden a evidenciar los fenómenos que se llevan a cabo en la superficie y como estos contribuyen de manera significativa en la industria química y en su formación como ingeniero químico integral.

La asignatura estará segmentada en clases teóricas, talleres de apoyo, prácticas de laboratorio para hacer más fácil el proceso enseñanza-aprendizaje y un componente evaluativo donde se pueda medir el desempeño del estudiante durante el curso para constatar que aprendió y amplió el conocimiento en el área de la Ciencia de Superficies.^[3]

2. METODOLOGÍA

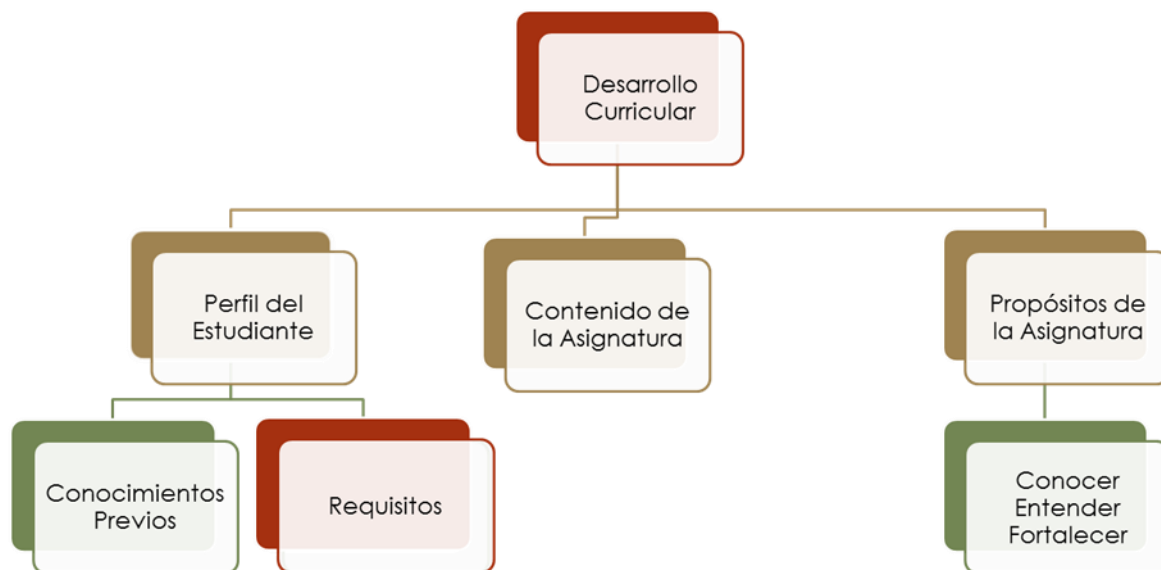
La metodología para realización de este proyecto de grado fue dividido en tres etapas como se muestra en la figura 1

Figura 1. Esquema de la metodología para el desarrollo de este proyecto de grado



2.1 DESARROLLO CURRICULAR DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Figura 2. Esquema de las actividades para el desarrollo curricular de la asignatura

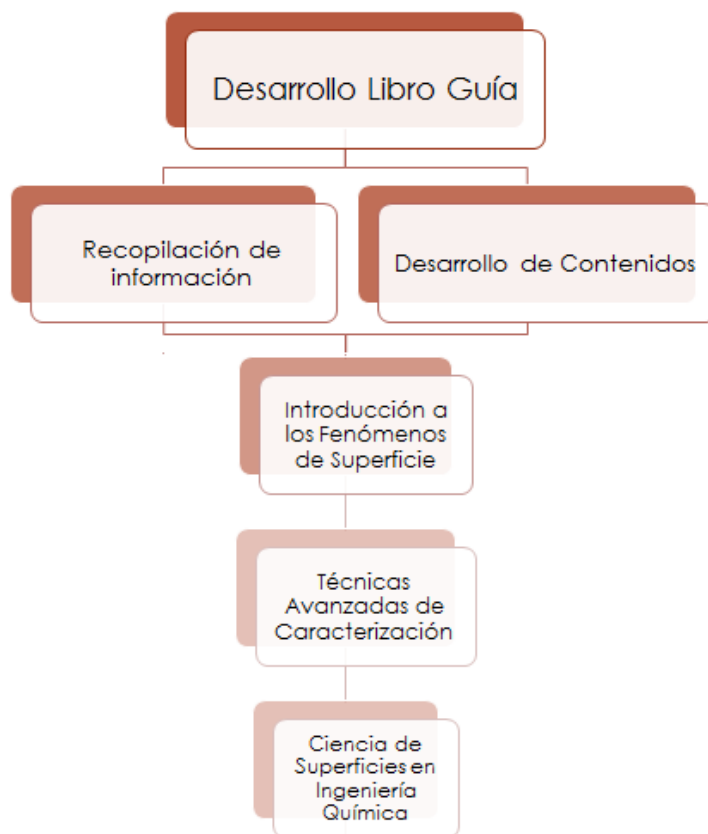


Con Base en la necesidad de ampliar la oferta de asignaturas electivas en la escuela de Ingeniería Química y dando continuidad a las asignaturas obligatorias de Fisicoquímica y Nanotecnología se identificó el perfil del estudiante para el cual va dirigida esta asignatura, para posteriormente definir los propósitos y contenidos del programa de la misma (ver figura 2). Dicho programa se desarrolló fundamentado en un perfil por competencias del estudiante que se encuentra matriculado en la asignatura con base en el libro estrategias de enseñanza y aprendizaje publicado por el Centro para el Desarrollo de la Docencia en la Universidad Industrial de Santander (CEDEDUIS). El propósito y el contenido de la asignatura se desarrollaron basados en una búsqueda en diferentes universidades que ofrecen esta asignatura y las necesidades del país.

2.2 DESARROLLO DEL LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA

La realización del libro guía se dividió en varios pasos como se muestra en la figura 3

Figura 3. Esquema de las actividades para el desarrollo del libro guía



2.2.1 Recopilación De Información Después de haber precisado los contenidos de la asignatura electiva *Introducción a la Ciencia de Superficies* se compilaron de diversas fuentes bibliográficas para el desarrollo del libro guía. Como fuentes se indagó en los libros que abordan la temática de ciencia de superficies tales como *Physical Chemical of Surfaces*,^[4] *Theoretical Surface Science*,^[5] *Practical Guide to Surface Science*,^[6] *Handbook of Surface Science*,^[7] *Principios de Análisis Instrumental*,^[8] *Introduction to Surface Chemistry and Catalysis*,^[9] *Langmuir*

Monolayers in Thin Film Technology, ^{[10],[11]–[19]} que se pueden encontrar en la bibliografía del libro guía.

2.2.2 Contenido Del Libro Guía De La Asignatura Para el diseño del contenido de la asignatura electiva “Introducción a la Ciencia de Superficies” se investigó en universidades extranjeras con el fin de revisar su contenido programático y ajustarlo tanto al perfil del estudiante de esta electiva como al del Ingeniero Químico de la Universidad Industrial de Santander. Asimismo, los contenidos de los libros más usados en Ciencia de Superficies, Química y Física de Superficies, y Catálisis fueron consultados con el objeto de precisar los temas a tratarse y que cumplan con los objetivos de la asignatura.

Los contenidos propuestos para la asignatura se muestran en los resultados y estos fueron diseñados para que la electiva tuviese una intensidad horaria de 3 horas semanales presenciales con 6 horas de trabajo independiente por parte del estudiante. Además, contará con carga académica de 3 créditos.

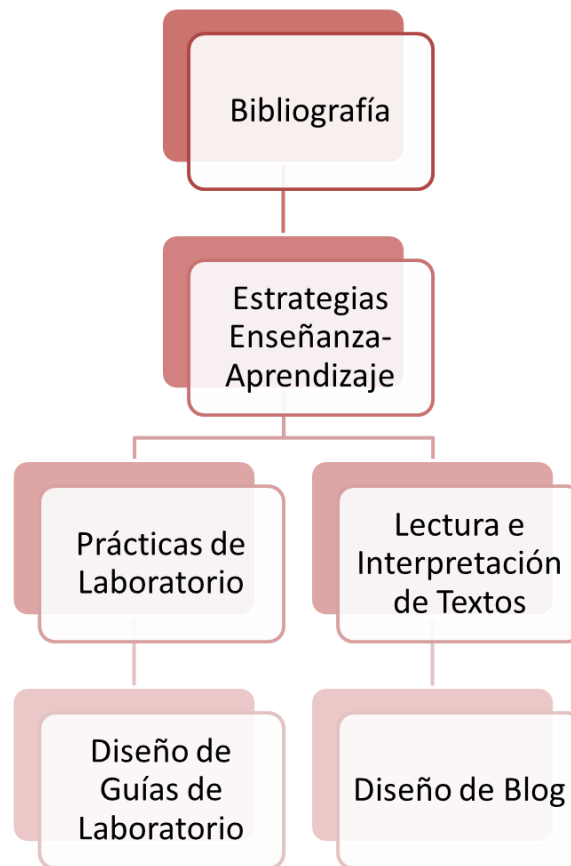
2.3 ESTRATEGIAS ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Para el desarrollo de las estrategias enseñanza-aprendizaje se tuvieron en cuenta los pasos mostrados en la figura 4.

La estrategia didáctica para lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje será la aplicación de actividades experimentales con el fin de que el estudiante no solo corrobore los conceptos teóricos vistos en el aula de clase sino que construya conocimiento desde la praxis, plantee hipótesis y desarrolle un método que lo lleve a obtener resultados y de esta manera, al finalizar la práctica los estudiantes puedan generar discusiones en torno a esos resultados, contribuyendo a su formación integral, lo que le permite tener un pensamiento crítico ante situaciones

que deba afrontar en su diario vivir. Igualmente le proporciona la oportunidad al estudiante para emplear los diferentes materiales que se manipulan durante el desarrollo de las prácticas y poner a prueba sus competencias procedimentales y de interacción con sus compañeros en un equipo de trabajo.

Figura 4. Esquema de las actividades para el desarrollo de las estrategias enseñanza-aprendizaje



En el trabajo realizado por Rocha & Bertelle (2007),^[20] enuncian que el trabajo experimental es fundamental para el aprendizaje de la ciencia. Proporciona a los estudiantes una oportunidad para explorar, proponer, reflexionar y elaborar conclusiones a partir de las experiencias realizadas. El objetivo principal de la práctica de laboratorio es “facilitar que los alumnos lleven a cabo sus propias

investigaciones, contribuyendo a desarrollar su comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y su reflexión sobre el propio aprendizaje personal” (Novak, 1990).^[21]

Por otro lado García (2005)^[22] indica que los precedentes apuntan a que las enseñanzas prácticas en cualquier asignatura establecen una actividad importante del aprendizaje, ya que en estas los estudiantes se relacionan con los métodos procedimentales y pueden desarrollar una mejor aprehensión conceptual, por consiguiente, se libran de aprenderse de memoria los conceptos abstractos de difícil visualización mediante la comprobación experimental de un hecho, puesto que, es mucho más didáctico que su conocimiento a través de la lectura o la explicación verbal.^{[23]-[26]}

Se buscan nuevas estrategias que coadyuven a la captación de conocimientos, desarrollo de competencias y la aplicación teórica-práctica en el aula-laboratorio.

Otra metodología de enseñanza-aprendizaje será por medio de la lectura y composición de textos. Para aplicar esta estrategia se ha decidido la creación de un blog, el cual le permite al estudiante matriculado interactuar con el docente, con los compañeros y retroalimentarse de ellos de manera virtual para fortalecer los temas vistos en clase. El profesor podrá asignar actividades, compartir recursos audiovisuales, libros, artículos, etc.

3. LOGROS

A continuación se evidencian el cumplimiento de los objetivos trazados a lo largo de este trabajo y siguiendo la metodología anteriormente expuesta.

3.1 DESARROLLO CURRICULAR DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Como se propuso en la metodología el desarrollo curricular genera tres logros que son:

3.1.1 Perfil Del Estudiante Esta asignatura electiva va dirigida a estudiantes de séptimo semestre o superior de la carrera de Ingeniería Química, esto se logra definir basados en el plan de estudios de la escuela de ingeniería química. El cual en su VI semestre tiene las asignaturas requisito de la materia que son Nanotecnología y Fisicoquímicas, en las cuales el estudiante atesora conocimientos previos indispensables para poder matricularse en esta nueva asignatura. Conocimientos como: forma de cristalización de sólidos, distribución espacial de las moléculas y átomos. Que desean obtener conocimientos básicos en Ciencia de Superficies con la finalidad de ampliar sus competencias académicas o para fortalecer su formación a nivel profesional.

Los estudiantes deben tener conocimientos en áreas como Termodinámica, Fenómenos de Transporte, Estructura y Propiedades de los Materiales; además deben haber cursado y aprobado las asignaturas de Nanotecnología y Fisicoquímicas.

3.1.2 Contenido De La Asignatura Después de una exhaustiva búsqueda de los antecedentes a nivel nacional e internacional de las universidades que ofrecen esta asignatura se decidió que el contenido más recomendado fuese:

1. INTRODUCCIÓN A SUPERFICIES E INTERFASES	
A. Definición, tipos de superficies e importancia	
Líquidos y superficies líquidas.....	
ii. Superficie en relación al volumen	
iii. Sólidos y rugosidad de la superficie sólida	
iv. Química, La heterogeneidad de las superficies sólidas	
v. Energía libre superficial	
vi. Trabajo de cohesión y adhesión	
vii. Trabajo superficial en sistemas de un componente	
b. Tensión Superficial.....	
i. Tensión interfacial	
ii. Efecto de Temperatura	
iii. Tensión superficial en sistemas multi-componentes. Isoterma de adsorción de Gibbs.....	
iv. Tensión superficial de soluciones acuosas.....	
v. Agente tensoactivos	
vi. Propiedades físicas de soluciones de tensoactivos.....	
vii. Estructuras de las micelas.	
viii. Clasificación de tensoactivos	
ix. Balance Hidrófilo-Lipófilo (BHL).....	
x. Cálculos de HLB.....	
xi. Medición de la tensión superficial	
c. La Naturaleza y Termodinámica de las Interfaces Líquidas.....	

- i. Sistemas de un componente
- ii. Orientación en las interfaces
- d. Películas superficiales sobre sustratos líquidos.....**
 - i. Dispersión de un líquido sobre otro
 - ii. Técnicas experimentales para el estudio de películas mono moleculares
 - iii. Medición de π presión de la película.....
 - iv. Potencial de superficie.....
 - v. Propiedades ópticas de las monocapas
 - vi. Evaluación microscópica de las monocapas
 - vii. Fases de una película mono-molecular
 - viii. Fases condensadas
 - ix. Películas mixtas.....
- e. Interfase Solido-Liquido ; Solido-Gas. Angulo de Contacto.....**
 - i. Energías Superficiales debido a cambio en la solubilidad, inmersión y adsorción.....
 - ii. Angulo de contacto de gotas liquidas en solidos
 - iii. Histéresis del Angulo de Contacto y su Interpretación
 - iv. Interfase solido –gas
 - v. efecto de la temperatura
 - vi. presión parcial del gas
 - vii. área efectiva del solido
 - viii. termodinámica de la adsorción
- f. Fricción, lubricación y adhesión**
 - i. Fricción
 - ii. Fricción entre superficies no lubricadas.....
 - iii. Fricción entre superficies lubricadas
 - iv. Fricción entre superficies no metálicas

v. Fricción entre superficies metálicas.....	.....
vi. Adhesión polimérica e ideal .....	.....
g. Mojabilidad y flotación .....	.....
i. Mojabilidad como un fenómeno del ángulo de contacto.....	.....
ii. Mojabilidad como fenómeno de la tensión superficial.....	.....
iii. Papel del ángulo de contacto en la flotación.....	.....
iv. Flotación de minerales metálicos y no-metálicos.....	.....
h. Películas macromoleculares, cargadas y de Langmuir-Blodgett.....	.....
i. Películas de Langmuir de Polímeros .....	.....
ii. Membranas, Bicapas y Vesículas .....	.....
iii. Influencia del pH en Películas Cargadas .....	.....
iv. Estructura y Caracterización de Películas LB .....	.....
2. TÉCNICAS AVANZADAS DE CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES POR ESPECTROSCOPÍA Y MICROSCOPÍA.....	.....
a. Microscopia de la superficie .....	.....
i. Microscopia de efecto túnel “STM” .....	.....
ii. Microscopio de barrido de efecto túnel .....	.....
iii. Microscopia de fuerza atómica “AFM” .....	.....
iv. Microscopias electrónicas de barrido y de transmisión.....	.....
b. Métodos espectroscópicos para superficies .....	.....
i. Espectroscopía fotoelectrónica de rayos X.....	.....
ii. Espectroscopía de Electrones Auger.....	.....
iii. Resumen.....	.....
iv. ISS Espectroscopia De Dispersión De Iones.....	.....
v. Espectroscopia De Fotoelectrones Ultravioleta (Ups).....	.....
3. CIENCIA DE SUPERFICIES EN INGENIERIA QUÍMICA .....	.....

Cabe destacar que el capítulo 3 del libro guía se desarrollara mediante la estrategia de enseñanza –aprendizaje lectura y comprensión de textos, la cual se ejecutara desde el blog, introducción a la ciencia de superficies. Donde con material de apoyo como artículos y recursos audiovisuales se evidenciaran las aplicaciones en la Ingeniería Química.

3.1.3 Propósitos De La Asignatura Los propósitos de esta asignatura electiva, son:

- Conocer los principales fundamentos de la ciencia de superficies que intervienen en los procesos nanotecnológicos vistos en la asignatura de nanotecnología
- Entender el comportamiento físico-químico de las superficies e interfases
- Adquirir conocimientos avanzados de los aspectos más actuales de la Química de Superficies y las aplicaciones en la Ingeniería Química
- Fortalecer la habilidad para el razonamiento inductivo y deductivo, especialmente para la participación en la interpretación de resultados de la investigación y de la innovación
- Habilidad para la presentación de material técnico y científico
- Familiarizarse con los procedimientos teóricos y experimentales para estudiar los fenómenos que ocurren en las superficies e interfases
- Proporcionar al estudiante una nueva visión de las áreas en las que el ingeniero químico puede desempeñarse para aplicarlos de cara a su vida profesional

El programa que recibe el estudiante el primer día de clase para la asignatura electiva “Introducción a la Ciencia de Superficies” se muestra completamente en el **Anexo C.**

3.2 DESARROLLO DEL LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA

Después de la recopilación bibliográfica y de definir el contenido de la asignatura el contenido del libro guía quedó distribuido de la siguiente manera.

3.2.1 Contenido Del Libro Guía De La Asignatura

3.2.2.1 Capítulo 1. Introducción a los Fenómenos de Superficie En el primer capítulo del libro guía se empieza por definir los aspectos básicos de la Ciencia de Superficies y los fenómenos que en esta ocurren. Este capítulo es de vital importancia ya que se abordan los conceptos generales a tener en cuenta en el desarrollo del curso, definiendo los fenómenos más importantes tanto químicos como físicos dependiendo del tipo de interfase. **Intensidad horaria: 18 horas**

3.2.1.2 Capítulo 2. Técnicas Avanzadas de Caracterización de Superficies Este capítulo contiene las técnicas más relevantes para la caracterización de superficies. Se segmenta en dos partes, la primera de ellas habla de las técnicas microscópicas y la segunda de las técnicas espectroscópicas más importantes. Se busca familiarizar al estudiante con los principios de las técnicas, la información relevante que se extrae y la instrumentación necesaria para la caracterización de superficies. **Intensidad horaria: 15 horas**

3.2.1.3 Capítulo 3. Ciencia de Superficies en Ingeniería Química El último capítulo del libro abarca las aplicaciones que tiene la Ciencia de Superficies en la vida cotidiana y como esta ciencia está presente en nuestro diario vivir, también el impacto que esta tiene en el mundo de manera regular. A su vez se le muestra al lector que las aplicaciones de esta ciencia cubren un amplio rango de acción que va desde la medicina hasta sectores industriales como textil. **Intensidad horaria: 6 horas**

El libro guía “Introducción a Ciencia de Superficies” se encuentra en fase de revisión por parte de la directora y el codirector del proyecto de grado. Se pretende que el libro sea de utilidad tanto para el docente como para el estudiante.

A futuro se desea publicar el libro guía por parte de la Universidad Industrial de Santander y para eso se comenzará con la socialización del mismo con profesores de la Escuela de Ingeniería Química, afines al área para su posterior revisión. El libro guía se puede descargar a través del siguiente código QR:



3.3 ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

3.3.1 Desarrollo De Las Guías De Las Prácticas De Laboratorio Con las prácticas de laboratorio no solo se busca que el estudiante matriculado en la asignatura electiva “Introducción a la Ciencia de Superficies” conozca de primera mano los fundamentos teóricos sino que mediante la realización de las mismas afiance los conocimientos aprendidos en el aula de clase.

Por esa razón se proponen dos prácticas a realizarse en los laboratorios de la escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander y una última en el Parque Tecnológico Guatiguará (PTG). Lo anterior pretende que el estudiante asista a prácticas de laboratorio, ya que estas solo se ven en los dos últimos semestres de la carrera permitiendo que se vaya familiarizando con los materiales, normas, equipos que se tienen en cuenta en este.

Para el diseño de las prácticas de laboratorio fue necesario definir lo esperado en cada una de ellas y relacionarlo con los contenidos teóricos vistos para así lograr que el estudiante una vez finalizada la práctica tenga afianzados conceptos tales como tensión superficial e interfacial, fuerzas de adhesión, ángulo de contacto, adsorción, adsorbente, etc.

A continuación se mostrará un compendio de las prácticas de laboratorio para medir la tensión superficial y realizar la isoterma de adsorción.

Práctica 1: Medición de la tensión superficial

Duración: 3 horas

Objetivo: Determinar el efecto de la concentración en soluciones etanol-agua sobre la tensión superficial del agua

Metodología de la practica: Selección de los grupos de trabajo a criterio de los estudiantes (no superar 4 personas por grupo)

Cada grupo deberá basarse en un método diferente para medir la tensión superficial, ya sea algún método basado en la medición de una fuerza (Método de Whilelmy o Método de Nouy), métodos basados en la medida de una presión (Ascenso Capilar o Presión de Burbuja) o métodos basados sobre una deformación (Gota pendiente, gota colocada, etc.)

Cada grupo tendrá que entregar un pre informe el cual debe contener:

Definición de los siguientes términos: interfase, tensión superficial, tensión interfacial, capilaridad, fuerzas de cohesión, fuerzas de adhesión y ángulo de contacto.

Fundamento del instrumento a utilizar.

Ejemplos de sustancias que al colocarse en una superficie de vidrio, presenten un ángulo de contacto menor a 90 grados y 2 que presenten un ángulo de contacto mayor a 90 grados.

Explicar la isoterma de Gibbs

Realizar los cálculos correspondientes para preparar 50 ml de cada una de las disoluciones acuosas de etanol mencionadas en la tabla incluida en la técnica experimental de esta práctica.

Densidad del etanol a 20, 22 y 25 grados.

Bibliografía

Realizar el correspondiente procedimiento experimental.

Cada grupo tendrá que entregar un informe el cual debe contener: objetivo, resultados, discusión de resultados, resolución de las preguntas, conclusiones y bibliografía.

Procedimiento experimental:

Figura 1. Tensiómetro de Nouy



Preparar las soluciones etanol-agua de diferentes concentraciones en %m/v (10, 20, 30, 40, 50 y 60)

Determinar las densidades de las soluciones a la temperatura de trabajo

Tomar 20ml de muestra, empezar con la muestra más diluida y medir datos por triplicado de la altura alcanzada en el capilar

Registrar temperatura de trabajo

Resultados Construir gráfica de γ vs C (M)

Construir gráfica de γ vs $\ln X$ (X es la fracción mol de etanol en las soluciones)

Determinar el exceso de superficie (Γ) con las siguientes ecuaciones:

$$\Gamma = -(C/RT)(d\gamma/dC)$$

$$\Gamma = -(1/RT)(d\gamma/d\ln X)$$

Cuestionario Explica si es importante mantener la temperatura constante durante la realización de esta práctica.

Si en lugar de usar volúmenes de 20 ml de las disoluciones, se hubieran usado 15 ml para las determinaciones, los valores de tensión superficial hubieran sido los mismos o diferentes, explica tu respuesta.

Indica cuáles son las interfases que se encuentran presentes en las disoluciones acuosas de etanol.

Explica a qué se debe el efecto del etanol sobre la tensión superficial del agua.

Explica a qué se debe la tendencia que presentan los valores de exceso de superficie que calculaste.

Explica en qué casos es posible utilizar el tensiómetro capilar para determinar la tensión superficial de un fluido

Práctica 2: Determinación de la isoterma de adsorción

Duración: 3 horas

Objetivo: Determinar el tipo de adsorción que tiene lugar para estas sustancias

Metodología de la practica:

- Selección de los grupos de trabajo a criterio de los estudiantes (no superar 4 personas por grupo)
- Se estudiará el proceso de adsorción del ácido acético diluido por contacto con carbón activado en polvo.

- Cada grupo tendrá que entregar un pre informe el cual debe contener:
 1. Definición de los siguientes términos: adsorción, adsorbente, adsorbato e isoterma de adsorción.
 2. Tipos de adsorción y explicar las diferencias entre ellos.
 3. ¿Perfiles gráficos de isothermas qué se conocen?
 4. Escribe la ecuación de la isoterma de Langmuir y su gráfica
 5. Bibliografía

- Realizar el correspondiente procedimiento experimental.

- Cada grupo tendrá que entregar un informe el cual debe contener: objetivo, resultados, discusión de resultados, resolución de las preguntas, conclusiones y bibliografía.

Procedimiento experimental:

- Tomar 5 frascos que contengan una cantidad conocida de carbón activado pesado en una balanza analítica; anote en una etiqueta el peso del carbón. Numere los frascos del 1 al 5.
- Agregar a cada frasco 25 ml de una solución de ácido acético (titulada) de diferente concentración. Todo el carbón debe ser mojado con la solución.
- Tape los frascos, colóquelos en un baño de agua a temperatura ambiente y déjelos en reposo durante 2 horas.
- Filtre las soluciones y de los filtrados tome 3 alícuotas de 5 ml, titúlelas con NaOH 0.25 M. Anote la temperatura de trabajo.

Resultados

- Anotar datos en tabla que se encuentra en Anexo D.
- Graficar C/y vs C
- Calcular el área superficial específica del adsorbente, considerando que el área molecular del acético es $\sigma = 21 \times 10^{-19} \text{m}^2/\text{molécula}$, usando la ecuación $\Sigma = Y_m N_0 \sigma$

Cuestionario

1. ¿Es importante mantener la temperatura constante durante este experimento?
¿Por qué?
2. ¿Por qué se utilizan soluciones valoradas de ácido acético?
3. ¿Por qué es necesario colocar y mantener el carbón activado en una plancha de calentamiento a 100 °c antes de usarlo para efectuar el experimento?
4. ¿Cómo se podría mejorar el proceso de adsorción del ácido acético sobre carbón activado?
5. ¿A qué se debe la tendencia que presentan los valores de fracción de superficie cubierta calculada?

Se puede descargar una copia digital de las guías a través del siguiente código QR:



3.3.2 Práctica 3. Visita técnica al laboratorio XPS en el Parque Tecnológico Guatiguará (PTG) Se realizará una visita técnica para conocer la plataforma

XPS/ISS/UPS-Aristóbulo Centeno recientemente adquirida por la Universidad Industrial de Santander y que se encuentra ubicada en el laboratorio 101 del Edificio de investigaciones del Parque Tecnológico Guatigará. Esta plataforma viene de Alemania y fue fabricada por la compañía SPECS, cabe resaltar que este tipo de plataformas existen muy pocas en Latinoamérica. La idea del director^c del SurfLab es “formar una escuela científica y académica de ciencia de superficies, donde estudiantes y profesionales puedan capacitarse y desarrollar sus proyectos de pregrado, maestría y doctorado”.

La finalidad de esta visita es que los estudiantes recuerden los contenidos vistos en el capítulo 2 acerca de las técnicas espectroscópicas, repasando los fundamentos teóricos, la instrumentación y las aplicaciones de la recién adquirida plataforma. Una vez terminada la visita se realizará una retroalimentación oral por parte del docente.

3.3.3 Desarrollo del Blog Otra estrategia que se utilizará para llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje es a través de un blog donde el estudiante pueda interactuar con otros estudiantes y con el profesor. La dirección del blog creado para esta electiva es:



^c PhD. Víctor Gabriel Baldovino Medrano, Director CICAT y SurfLab

4. CONCLUSIONES

- Se diseñó el programa y los contenidos de la asignatura electiva “Introducción a la Ciencia de Superficies”, el cual estará disponible para estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander que cumplan con el requisito de haber aprobado las asignaturas obligatorias Físicoquímica y Nanotecnología. Esta nueva electiva abarca 3 capítulos, 2 prácticas de laboratorio y una visita técnica al PTG. Dicha asignatura tendrá una carga académica de 3 créditos e intensidad horaria de 3 horas semanales.
- Al culminar el desarrollo de este trabajo de grado uno de los resultados importantes es el libro guía “Introducción a la Ciencia de Superficies” el cual consta de 3 capítulos que abarca los fundamentos, las técnicas avanzadas de caracterización y las aplicaciones en Ingeniería Química. Esta guía será de gran ayuda tanto para el docente que imparta la asignatura como para el estudiante de Ingeniería Química que desee adquirir conocimiento en esta ciencia.
- Se diseñaron dos guías prácticas de laboratorio y un blog como estrategias de enseñanza-aprendizaje para que el estudiante matriculado pueda reforzar los conocimientos aprendidos en el aula de clase de manera práctica e interactuar de manera virtual con la asignatura.
- Con el desarrollo de esta electiva se abren nuevos caminos en cuanto a las áreas de conocimiento del Ingeniero Químico de la UIS.

- Este proyecto fue elaborado para mostrarle al estudiante de Ingeniería Química, la diversidad en los campos de acción en que se puede desenvolver como egresado ya que no estaba comprendido dentro del pensum de la carrera de Ingeniería Química.

5. RECOMENDACIONES

- Se sugiere ampliar las prácticas de laboratorio, por ejemplo, prácticas en tribología (fricción, desgaste y lubricación), además la posibilidad de realizar otra visita al PTG para conocer el Laboratorio de Microscopía, de modo que la asignatura en un futuro se convierta en teórico-práctica ya que como anteriormente se describió es una muy buena estrategia de enseñanza-aprendizaje.
- Se recomienda que esta asignatura electiva sea interdisciplinaria y no solo exclusiva para el programa de Ingeniería Química, ya que para estudiantes de programas académicos como Ingeniería Metalúrgica, Física o Química puede resultarles de alto interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] G. A. Somorjai, "Modern Surface Science and Surface Technologies: An Introduction," *Chem. Rev.*, vol. 96, no. 4, 1996.
- [2] S. H. Joo, J. Y. Cheon, and J. Y. Oh, *Current Trends of Surface Science and Catalysis*. 2014.
- [3] P. Becerra and Y. Florez, "Elaboración de la Asignatura Electiva 'Diseño de equipos de Intercambio de Calor' para el Programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander," Universidad Industrial de Santander, 2015.
- [4] A. Adamson and A. Gast, *Physical Chemistry Of Surfaces*. John Wiley, 1997.
- [5] A. Grob, *Theoretical Surface Science - A Microscopic Perspective*, Second Edi. Springer, 2009.
- [6] Y.-W. Chung, *Practical Guide to Surface Science & Spectroscopy*. .
- [7] N. V. Richardson and S. Holloway, *Handbook of Surface Science*, vol. 2. 2013.
- [8] D. Skoog, J. Holler, and S. Crouch, *Principios de análisis instrumental*, Sexta. CENCAGE Learning, 2007.
- [9] G. A. Somorjai, *Introduction to Surface Chemistry and Catalysis*, Wiley. 1994.

- [10] J. A. Sherwin, *Langmuir Monolayers in Thin Film Technology*, Nova. 2011.
- [11] H. Y. Erbil, *Surface Chemistry of Solid and Liquid Interfaces*, vol. 83, no. 5. Blackwell, 2006.
- [12] K. W. Kolasinski, *Surface Science - Foundation of Catalysis and Nanoscience*. Wiley, 2012.
- [13] J. F. Watts and W. John, *An Introduction to SURFACE ANALYSIS by XPS and AES*. Wiley, 2003.
- [14] D. P. Woodruff and T. A. Delchar, *MODERN TECHNIQUES OF SURFACE SCIENCE*, Second edi. Cambridge University Press, 2003.
- [15] J. B. Hudson, "Atomic Structure of Surfaces," in *Surface Science An Introduction*, Wiley, 1992.
- [16] E. D. Shchukin, A. V. Pertsov, E. A. Amelina, and A. S. Zelenev, "Colloid and Surface Chemistry," p. 774, 2002.
- [17] K. Wandelt, "Introduction : An Intuitive Approach to Surface and Interface Science," 2012.
- [18] D. B. Williams and C. B. Carter, *Transmission Electron Microscopy: a Textbook for Materials Science*. 2009.
- [19] A. Tanarro S. and A. Tanarro O., *Diccionario de tecnología nuclear*, Second Edi. Madrid, 2008.

- [20] A. Rocha and A. Bertelle, "El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química." 2007.
- [21] J. D. Novak, "Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning," *Instr. Sci.*, vol. 19, no. 1, 1990.
- [22] G. M. García, "El laboratorio de química en microescala en las actividades experimentales en enseñanza de las ciencias, número extra. VII CONGRESO," *Enseñanza las Ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas*, p. 130, 2005.
- [23] M. Vitalia, A. Pérez, D. R. Arbeláez, M. V Corredor, and M. I. Pérez, *Concepciones sobre competencias*, CEDEDUIS. Bucaramanga: UIS, 2009.
- [24] M. Corredor M., M. Perez A., and R. Arbelaes L., *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*, CEDEDUIS. UIS, 2009.
- [25] A. M. Amado N., "La lectura como estrategia de enseñanza en el desarrollo de la práctica docencia servicio de los estudiantes de fisioterapia," Universidad Industrial de Santander, 2008.
- [26] F. Cardona B., "Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica," Universidad del Valle, 2013.

BIBLIOGRAFIA

A. Adamson and A. Gast, Physical Chemistry Of Surfaces. John Wiley, 1997.

A. Grob, Theoretical Surface Science - A Microscopic Perspective, Second Edi. Springer, 2009.

A. M. Amado N., "La lectura como estrategia de enseñanza en el desarrollo de la práctica docente servicio de los estudiantes de fisioterapia," Universidad Industrial de Santander, 2008.

A. Rocha and A. Bertelle, "El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química." 2007.

A. Tanarro S. and A. Tanarro O., Diccionario de tecnología nuclear, Second Edi. Madrid, 2008.

D. B. Williams and C. B. Carter, Transmission Electron Microscopy: a Textbook for Materials Science. 2009.

D. P. Woodruff and T. A. Delchar, MODERN TECHNIQUES OF SURFACE SCIENCE, Second edi. Cambridge University Press, 2003.

D. Skoog, J. Holler, and S. Crouch, Principios de análisis instrumental, Sexta. CENCAGE Learning, 2007.

E. D. Shchukin, A. V. Pertsov, E. A. Amelina, and A. S. Zelenev, "Colloid and Surface Chemistry," p. 774, 2002.

F. Cardona B., "Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica," Universidad del Valle, 2013.

G. A. Somorjai, "Modern Surface Science and Surface Technologies: An Introduction," Chem. Rev., vol. 96, no. 4, 1996.

G. A. Somorjai, Introduction to Surface Chemistry and Catalysis, Wiley. 1994.

G. M. García, "El laboratorio de química en microescala en las actividades experimentales en enseñanza de las ciencias, número extra. VII CONGRESO," Enseñanza las Ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas, p. 130, 2005.

H. Y. Erbil, Surface Chemistry of Solid and Liquid Interfaces, vol. 83, no. 5. Blackwell, 2006.

J. A. Sherwin, Langmuir Monolayers in Thin Film Technology, Nova. 2011.

J. B. Hudson, "Atomic Structure of Surfaces," in Surface Science An Introduction, Wiley, 1992.

J. D. Novak, "Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning," Instr. Sci., vol. 19, no. 1, 1990.

J. F. Watts and W. John, An Introduction to SURFACE ANALYSIS by XPS and AES. Wiley, 2003.

K. W. Kolasinski, Surface Science - Foundation of Catalysis and Nanoscience. Wiley, 2012.

K. Wandelt, "Introduction : An Intuitive Approach to Surface and Interface Science," 2012.

M. Corredor M., M. Perez A., and R. Arbelaes L., Estrategias de enseñanza y aprendizaje, CEDEDUIS. UIS, 2009.

M. Vitalia, A. Pérez, D. R. Arbeláez, M. V Corredor, and M. I. Pérez, Concepciones sobre competencias, CEDEDUIS. Bucaramanga: UIS, 2009.

N. V. Richardson and S. Holloway, Handbook of Surface Science, vol. 2. 2013.

P. Becerra and Y. Florez, "Elaboración de la Asignatura Electiva 'Diseño de equipos de Intercambio de Calor' para el Programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander," Universidad Industrial de Santander, 2015.

S. H. Joo, J. Y. Cheon, and J. Y. Oh, Current Trends of Surface Science and Catalysis. 2014.

Y.-W. Chung, Practical Guide to Surface Science & Spectroscopy. .

ANEXOS

ANEXO A. GUÍA PARA LA CREACIÓN DE ASIGNATURAS ELECTIVAS



PROCESO
FORMACIÓN

DE
Código:GFO.04

Versión: 02

GUÍA PARA LA CREACIÓN DE ASIGNATURAS ELECTIVAS

Página 1 de 2

Revisó: Vicerrector Académico	Aprobó: Rector	Fecha de aprobación: Octubre 31 de 2008 Resolución N° 1974
---	--------------------------	---

1. OBJETIVO

Determinar los lineamientos para la creación de nuevas asignaturas electivas dentro de los Planes de Estudio.

2. ALCANCE

Aplica para todos los Programas Académicos de Pregrado de la UIS.

3. DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Asignatura:** Materia o conjunto de contenidos que se enseña en un curso y que forma parte de un Programa o Plan de estudios.

- **Consejo de Facultad:** En cada una de las facultades debe existir un Consejo de Facultad con capacidad decisoria en los asuntos académicos y con carácter asesor del Decano. Está integrado por el Decano (quien lo preside), los Directores de Escuela, el Director de Investigaciones de la Facultad, un representante de los profesores y un representante de los estudiantes.^d
- **Consejo Académico:** Máxima autoridad académica. Está integrado por el Rector (quien lo preside), el Vicerrector Académico (quien lo presidirá en ausencia del Rector), el Vicerrector Administrativo, el Vicerrector de Investigación y Extensión, los Decanos de las Facultades de la Universidad, un representante de los Directores de Escuela, un representante de los profesores y un representante de los estudiantes.^e

4. CONTENIDO DE LA GUÍA

4.1 ASIGNATURAS ELECTIVAS

Son aquellas que la Universidad ha establecido en el respectivo plan de estudios para coadyuvar a la formación profesional. Las asignaturas electivas pueden ser Electivas Profesionales, Afines Profesionales y de Cultura General^f.



Su propósito es que los estudiantes cursen una asignatura que profundice en una línea específica de su área de formación (Electivas Profesionales), que complemente su formación profesional (Afines Profesionales) o que le brinde conocimientos relacionados con disciplinas que pueden no pertenecer a la carrera elegida (de Cultura General).

^d Artículo 51° del Estatuto General de la Universidad Industrial de Santander.

^e Artículo 22° del Estatuto General de la Universidad Industrial de Santander

^f Artículo 84 del Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado

La creación de asignaturas electivas les permite a los Programas Académicos una flexibilidad curricular que facilite la adaptación del programa en su pertinencia, sin ejecutar una Reforma Académica completa del Programa.

 	PROCESO FORMACIÓN	Código:GFO .04
	GUÍA PARA LA CREACIÓN DE ASIGNATURAS ELECTIVAS	Versión: 02
		Página 2 de 2

4.2 CRITERIOS PARA LA CREACIÓN DE ASIGNATURAS ELECTIVAS

Para crear una asignatura electiva que forme parte de un determinado Plan de Estudios, la Unidad Académica Respectiva debe haber identificado la necesidad de incluirla de manera que fortalezca una línea del programa, que aporte valor agregado al Plan de Estudios y que amplíe la formación general o profesional de los estudiantes.

Una vez se identifique la necesidad de creación de la asignatura electiva, se deben seguir, a grandes rasgos, los siguientes:⁹

- La Unidad Académica elabora el proyecto de la asignatura
- El Consejo de Escuela estudia el proyecto y de considerarlo adecuado da concepto favorable o lo devuelve para su modificación
- El Consejo de Facultad, previo concepto favorable del Consejo de Escuela, estudia el proyecto y de considerarlo adecuado da concepto favorable o lo devuelve para su modificación.


⁹ Acuerdo del Consejo Académico No. 166 de Noviembre 29 de 2005

- Planeación y CEDEDUIS, previo concepto favorable del Consejo de Facultad, revisan el proyecto y dan concepto de recomendación de aprobación o modificación.
- El Consejo Académico, previo concepto favorable de Planeación y CEDEDUIS, estudia el proyecto y los conceptos anteriores y de considerarlo adecuado, aprueba la creación de la asignatura electiva.

Para la creación de una asignatura electiva se debe diligenciar el Formato para la Descripción de los Contenidos de las Asignaturas.^h

^h Anexo 2 del Acuerdo del Consejo Académico No. 009 de 2007.

ANEXO B. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE UNA ASIGNATURA

 	PROCESO FORMACIÓN		Código:FFO.06
	DISEÑO DEL PROGRAMA DE ASIGNATURAS DE PROGRAMAS ACADÉMICOS PRESENCIALES		Versión: 03
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UNIDAD ACADÉMICA Nombre del Programa			
Nombre de la Asignatura			
Código		Número de Crédito	
INTENSIDAD HORARIA SEMANAL		Requisitos:	
TAD		TI:	
Teóricas:	Prácticas:		
TALLERES: ____	LABORATORIO: ____	TEÓRICO-PRÁCTICA: ____	
JUSTIFICACIÓN			
<p>La justificación exige argumentar en qué medida la asignatura aporta al logro de los propósitos de formación del estudiante participante y por qué es importante para el desarrollo de competencias que lo potencien como persona, ciudadano y profesional. Lo anterior requiere hacer un análisis de los objetivos y perfiles de formación de los planes de estudio que están cursando los estudiantes matriculados, ya que es importante que en la justificación se presente en forma clara aquello que aportará la asignatura al proceso de formación y al desarrollo del perfil profesional. Adicionalmente, la justificación incluye una descripción general de los contenidos a estudiar.</p>			
PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA			
<p>El propósito incluye la descripción de qué se busca con el desarrollo de la asignatura. Su definición exige establecer y priorizar las necesidades educativas de acuerdo con las propuestas curriculares de los programas que estén cursando los estudiantes matriculados, las necesidades sociales actuales y prospectivas, el tipo y las necesidades de los estudiantes participantes, y el enfoque del proceso educativo. El propósito de una asignatura ha de ser favorecer la formación integral del estudiante, el desarrollo del perfil profesional y el logro de los propósitos de</p>			

formación definidos en la propuesta curricular del programa profesional al que pertenecen los estudiantes.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Ó COMPETENCIAS

(Seleccionar uno de los dos enfoques y diligenciar con base en la elección)

Los objetivos de aprendizaje son enunciados que describen claramente las actividades de aprendizaje y los efectos que se pretenden conseguir en el aprendizaje de los estudiantes al terminar una experiencia, un tema, una unidad, un ciclo.

La competencia es la capacidad de desempeño integrada por el saber, el saber hacer, el ser y el saber convivir; hacen referencia a la convergencia de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, valores y sentimientos, para reconocer una situación problemática y resolverla adecuadamente, para tomar decisiones, en fin para actuar acertadamente en cada situación de la vida personal, social y profesional. Están hechas de saberes, acciones, habilidades, destrezas, conocimientos, valores, sentimientos, se organizan en competencias, niveles de logro e indicadores que permitan valorar el desempeño.

CONTENIDOS

Los contenidos se han de describir:

- Centrados en el estudiante, sus necesidades de formación (perfil profesional, propósitos de formación, intereses, necesidades) y atendiendo a su desarrollo cognitivo y no solamente a la lógica de las disciplinas.
- Con atención a la comprensión y aplicación del conocimiento, por encima de la sola adquisición y memorización del mismo.
- Con un sentido crítico y reflexivo de las fuentes de conocimiento, la realidad y el entorno disciplinar, laboral y social. Es importante que a los estudiantes les quede claro que el conocimiento es un producto histórico en continua evolución, lo que significa que han de entender que cada nuevo descubrimiento, abre una nueva incertidumbre y cada nueva verdad abre el espacio a la duda. Es importante, como dice Morinⁱ, que *la estrategia, como el conocimiento, sigue siendo la navegación en un océano de incertidumbre a través de archipiélagos de certeza.*

Es posible estructurar tres tipos de contenidos: declarativos, procedimentales y actitudinales. Los declarativos hacen referencia al conocimiento de qué y acerca

ⁱ MORIN, Edgar. Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Bogotá: UNESCO-MEN. 2000. pag. 68

de, o sea, que en esta categoría están las características y los atributos de conceptos y hechos, que adquieren sentido únicamente cuando una vez relacionados constituyen las teorías y los principios complejos o asociaciones de conceptos. Los procedimentales hacen referencia a secuencias o cadenas de pasos, procesos o etapas para la resolución de problemas, análisis de casos, toma de decisiones, etc. Tanto los contenidos declarativos como los procedimentales son considerados como contenidos cognoscitivos ya que son el pretexto para la construcción de estructuras conceptuales sólidas y el desarrollo de competencias cognitivas, actitudinales y axiológicas. De otro lado, los contenidos actitudinales *se refieren a las preferencias, los valores, las expectativas y los sentimientos de los estudiantes en relación con el aprendizaje^j*; normalmente están implícitos en los propósitos, los objetivos de aprendizaje o las competencias, las estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación formuladas para el desarrollo del curso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Las estrategias son procedimientos definidos dentro de un plan de acción que una persona utiliza de manera reflexiva, consciente, intencionada, flexible y controlada con el propósito de conseguir éxito en una tarea determinada.

Particularmente, las estrategias de enseñanza corresponden a procedimientos que un agente de enseñanza, como lo llaman Díaz y Hernández^k (2002), utiliza consciente y de forma adaptativa para acompañar procesos de aprendizaje de forma que éstos sean realmente significativos. En cuanto al uso de estrategias De la Torre insiste a los profesores,

“elegid una estrategia adecuada y tendréis el camino para cambiar a las personas, a las instituciones y a la sociedad. Si se trata de resolver un problema, tal vez convenga distanciarse de él en algún momento; si se pretende informar, conviene organizar convenientemente los contenidos; si hay que desarrollar habilidades o competencias necesitamos recurrir a la práctica; si se busca cambiar actitudes, la vía más pertinente es la de crear situaciones de comunicación informal. Cualquier profesor sabe, por propia experiencia, que la excesiva teoría aburre, la práctica cansa, el ejemplo atrae, el diálogo anima”^l.

Algunas estrategias pueden ser: lectura y composición de textos, resolución

^j ESTÉVEZ NÉNNINGER, Ety Haydeé. Enseñar a aprender. Estrategias cognitivas. Barcelona: Paidós. 2002. pág.90.

^k DIAZ BARRIGA, Frida y HERNÁNDEZ ROJAS, Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. Segunda Edición. Méjico: McGraw Hill. 2002. 465 p.

^l DE LA TORRE, Saturnino y Otros. Op. Cit. Página 108

de problemas, estudio de casos, aprendizaje basado en proyectos, el error didáctico, la exposición, la pregunta, los organizadores gráficos (cuadros sinópticos, mapas mentales, mentefactos, mapas conceptuales, diagramas de decisión), el juego de roles, etc.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

La evaluación es una acción permanente que tiene como propósito apreciar, valorar para emitir juicios críticos sobre los procesos de desarrollo de los estudiantes o sobre los procesos pedagógicos o administrativos, así como sobre los resultados de éstos con el propósito de definir planes que favorezcan el logro de los propósitos educativos, el mejoramiento continuo de la calidad de los procesos. La evaluación ha de ser un proceso reflexivo, crítico y permanente que debe aportar información para conocer, comprender y transformar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Es importante que en el proceso de evaluación se utilicen diversas estrategias e instrumentos, se favorezca el reconocimiento de sí mismo y de los otros, se obtenga información para la realimentación y el mejoramiento continuo del proceso educativo. La evaluación del aprendizaje tiene en cuenta la evaluación diagnóstica, la formativa y la sumativa.

En el diseño del sistema de evaluación se deben incluir los indicadores de logro, las estrategias de evaluación y la equivalencia cuantitativa.

- **Indicadores de aprendizaje**

Son las acciones observables que permitirán evidenciar durante el desarrollo del curso el nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes en relación con los objetivos de aprendizaje o las competencias formuladas según el caso.

- **Estrategias de evaluación**

Indique la forma en que se valorará el nivel de aprendizaje de los estudiantes: estudio de casos, resolución de problemas, desarrollo de proyectos, lectura y composición de textos, trabajo colaborativo, intervenciones en el aula, textos, artículos, ensayos, etc.

- **Equivalencia cuantitativa**

Señale la manera como se obtendrá la calificación final de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

No olviden que la bibliografía ha de contener referencias actualizadas y tener en cuenta los recursos con que cuenta la biblioteca de la UIS.

Anexo C. PROGRAMA DE LA ASIGNATURA ELECTIVA INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE SUPERFICIES



**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

INFORMACIÓN GENERAL

Asignatura:	Introducción a la Ciencia de Superficies		
Código:	XXXXX		
Semestre:	7 semestre		
Número de créditos	de	3	
Horario:	XXXXX		
Salón:	XXXXX		
Intensidad horaria:	TAD: 3 horas	TI: 6 horas	
Requisitos:	27540,23222 Físicoquímica, Nanotecnología		

JUSTIFICACIÓN

Introducción a la Ciencia de Superficies es una asignatura electiva que aporta una continuidad a las asignaturas obligatorias Físicoquímica y Nanotecnología que proporciona al estudiante una nueva visión de las áreas en las que el ingeniero químico puede desempeñarse. El objetivo central en esta asignatura es adquirir conocimiento básico en ciencia de superficies afianzando bases termodinámicas ya aprendidas. Esta asignatura está orientada básicamente a la caracterización, descripción y modelización de las superficies. La asignatura contempla por una parte el tratamiento teórico de las superficies y su modelización y por otra, se estudian en detalle algunas técnicas dirigidas al

análisis y caracterización de las superficies, en particular las espectroscopias XPS, microscopia TEM y las nanoscopías STM y AFM y sus principales variantes.

PROPÓSITOS

- Conocer los principales fundamentos que intervienen en los procesos nanotecnológicos vistos en la asignatura de nanotecnología.
- Adquirir conocimientos avanzados de los aspectos más actuales de la Química de Superficie y las aplicaciones en la Ingeniería Química.
- Fortalecer la habilidad para el razonamiento inductivo y deductivo, especialmente para la participación en la interpretación de resultados de la investigación y de la innovación.
- Habilidad para la presentación de material técnico y científico.
- Conocer la información suministrada en cada una de las técnicas con las que cuenta la universidad en el Parque Tecnológico Guatiguará y así poder utilizarlas en el desarrollo de trabajos de grado o tesis doctorales.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Conocer los fundamentos de la Físicoquímica de Superficies.
- Incorporar fenómenos específicos de superficie desde el punto de vista termodinámico
- Usar los conceptos de energía superficial para entender y explicar conceptos como tensión superficial, mojabilidad, interfase líquido-líquido, autoensamblaje o acción surfactante.
- Entender y utilizar modelos básicos de una interfase para estimar la orientación molecular.
- Estudiar los diferentes mecanismos de la adsorción/desorción molecular

sobre superficies.

- Entender y utilizar las isothermas de adsorción usadas sobre superficies sólidas
- Afianzar el conocimiento de la catálisis heterogénea y algunos modelos sencillos
- Entender y describir los fundamentos de la operación de técnicas analíticas de superficie (AFM, STM, Auger, XPS, TEM) y las limitaciones de cada método
- Realizar un ejemplo práctico de modelización de la adsorción de una molécula sobre una superficie.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN A SUPERFICIES E INTERFASES	
A. Definición, tipos de superficies e importancia	
i. Líquidos y superficies líquidas.....	
ii. Superficie en relación al volumen	
iii. Sólidos y rugosidad de la superficie sólida	
iv. Química, La heterogeneidad de las superficies sólidas	
v. Energía libre superficial	
vi. Trabajo de cohesión y adhesión	
vii. Trabajo superficial en sistemas de un componente	
b. Tensión Superficial.....	
i. Tensión interfacial	
ii. Efecto de Temperatura	
iii. Tensión superficial en sistemas multi-componentes. Isotherma de adsorción de Gibbs.....	

- iv. Tensión superficial de soluciones acuosas.....
- v. Agente tensoactivos
- vi. Propiedades físicas de soluciones de tensoactivos.....
- vii. Estructuras de las micelas.
- viii. Clasificación de tensoactivos
- ix. Balance Hidrófilo-Lipófilo (BHL).....
- x. Cálculos de HLB.....
- xi. Medición de la tensión superficial

c. La Naturaleza y Termodinámica de las Interfaces Líquidas.....

- i. Sistemas de un componente
- ii. Orientación en las interfaces

d. Películas superficiales sobre sustratos líquidos.....

- i. Dispersión de un líquido sobre otro
- ii. Técnicas experimentales para el estudio de películas mono moleculares
- iii. Medición de π presión de la película.....
- iv. Potencial de superficie.....
- v. Propiedades ópticas de las monocapas
- vi. Evaluación microscópica de las monocapas
- vii. Fases de una película mono-molecular
- viii. Fases condensadas
- ix. Películas mixtas.....

e. Interfase Solido-Líquido ; Solido-Gas. Angulo de Contacto.....

- i. Energías Superficiales debido a cambio en la solubilidad, inmersión y adsorción.....
- ii. Angulo de contacto de gotas líquidas en sólidos
- iii. Histéresis del Angulo de Contacto y su Interpretación
- iv. Interfase solido –gas
- v. efecto de la temperatura

- vi. presión parcial del gas
- vii. área efectiva del sólido
- viii. termodinámica de la adsorción
- f. Fricción, lubricación y adhesión**
 - i. Fricción
 - ii. Fricción entre superficies no lubricadas.....
 - iii. Fricción entre superficies lubricadas
 - iv. Fricción entre superficies no metálicas
 - v. Fricción entre superficies metálicas.....
 - vi. Adhesión polimérica e ideal
- g. Mojabilidad y flotación**
 - i. Mojabilidad como un fenómeno del ángulo de contacto.....
 - ii. Mojabilidad como fenómeno de la tensión superficial.....
 - iii. Papel del ángulo de contacto en la flotación.....
 - iv. Flotación de minerales metálicos y no-metálicos.....
- h. Películas macromoleculares, cargadas y de Langmuir-Blodgett.....**
 - i. Películas de Langmuir de Polímeros
 - ii. Membranas, Bicapas y Vesículas
 - iii. Influencia del pH en Películas Cargadas
 - iv. Estructura y Caracterización de Películas LB

2. TÉCNICAS AVANZADAS DE CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES POR ESPECTROSCOPÍA Y MICROSCOPÍA

- a. Microscopía de la superficie**
 - i. Microscopía de efecto túnel “STM”
 - ii. Microscopio de barrido de efecto túnel
 - iii. Microscopía de fuerza atómica “AFM”

iv. Microscopias electrónicas de barrido y de transmisión.....	
b. Métodos espectroscópicos para superficies	
i. Espectroscopía fotoelectrónica de rayos X.....	
ii. Espectroscopía de Electrones Auger.....	
iii. Resumen.....	
iv ISS Espectroscopia De Dispersión De Iones.....	
V Espectroscopia De Fotoelectrones Ultravioleta (Ups).....	
3. CIENCIA DE SUPERFICIES EN INGENIERIA QUÍMICA	

Cabe destacar que el capítulo 3 del libro guía se desarrollara mediante la estrategia de enseñanza –aprendizaje lectura y comprensión de textos, la cual se ejecutara desde el blog, introducción a la ciencia de superficies. Donde con material de apoyo como artículos y recursos audiovisuales se evidenciaran las aplicaciones en la Ingeniería Química.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Prácticas y estrategias pedagógicas:

- Asignaciones para llevar a la casa.
- Clase magistral
- Talleres de ejercicios
- Demostraciones en el aula o en el PTG.
- Trabajos colaborativos y puesta en común.
- Lectura comprensiva de textos
- Trabajo Práctico para el análisis de superficie
- Exposiciones sobre temas actuales en la ciencia de superficie

Mediaciones pedagógicas:

- Apuntes de Clase

- Artículos Científicos

EVALUACIÓN

- Tres exámenes previos de 20% cada uno, 60%
- Participación activa en clases y tutorías, 10%
- Exposición de un tema actual en Ciencia de Superficie, 20%
- Trabajo práctico de análisis de superficie, 10%

Anexo D. TABLA A COMPLETAR DE LA PRÁCTICA 2

$[\text{HOAc}]_i$ (M)	g. carbón	m_i (mol)	$[\text{HOAc}]_e$ (M)	m_e (moles)	Y (moles/g)	C/Y (g/L)	θ