

BASES PARA LA REALIZACION DE UN DIAGNOSTICO POR COMPARACIÓN
(BENCHMARKING) APLICADO A PROGRAMAS DE INGENIERIA QUÍMICA DE PAISES
MIEMBROS DE LA OEA – ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS

CARLOS ANDRÉS HERRERA PIEDRAHITA

TATIANA ZULUAGA MONTOYA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

MEDELLÍN

2014

BASES PARA LA REALIZACION DE UN DIAGNOSTICO POR COMPARACIÓN
(BENCHMARKING) APLICADO A PROGRAMAS DE INGENIERIA QUÍMICA DE PAISES
MIEMBROS DE LA OEA – ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS

CARLOS ANDRÉS HERRERA PIEDRAHITA

TATIANA ZULUAGA MONTOYA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

MEDELLÍN

2014

BASES PARA LA REALIZACION DE UN DIAGNOSTICO POR COMPARACIÓN
(BENCHMARKING) APLICADO A PROGRAMAS DE INGENIERIA QUÍMICA DE PAISES
MIEMBROS DE LA OEA – ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS

CARLOS ANDRÉS HERRERA PIEDRAHITA

TATIANA ZULUAGA MONTOYA

Trabajo de grado para optar al título de Especialistas en Gestión de la Tecnología y la
Innovación

Asesor

ANDRÉS FELIPE ÁVALOS PATIÑO

Ingeniero Agroindustrial, Magister en Gestión Tecnológica

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

MEDELLÍN

2014

12 de mayo de 2014

**Carlos Andrés Herrera Piedrahita y
Tatiana Zuluaga Montoya**

“Declaramos que este trabajo de grado no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad. Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana”

Firmas

Carlos Andrés Herrera P.

TATIANA ZULUAGA H.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos al Ingeniero Andrés Felipe Ávalos Patiño, Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación CIDI, Escuela de Ingeniería Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia). Ya que por él se llevó a feliz término el presente trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1 ANTECEDENTES.....	14
2 OBJETIVOS	17
3 METODOLOGÍA.....	18
4 RESULTADOS	22
4.1 CONCEPTO DE LA INGENIERÍA QUÍMICA Y SU CONTEXTO MUNDIAL.....	22
4.1.1 Concepto de Ingeniería Química	22
4.1.2 Reseña histórica de la ingeniería química en el mundo	23
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA CURRICULAR DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA QUÍMICA	25
4.2.1 Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (MA) (EE.UU.)...	26
4.2.2 University of California, Berkeley (EE.UU.)	31
4.2.3 Stanford University, Stanford (CA) (EE. UU.).....	36
4.2.4 Yale University, New Haven (CT) (EE.UU.)	40
4.2.5 Princeton University, Princeton (EE.UU.).....	43
4.2.6 California Institute of Technology (Caltech), Pasadena (CA) (EE.UU.)	48
4.2.7 University of Michigan (UM), Ann Arbor (MI) (EE.UU.).....	53
4.2.8 University of Toronto, Ontario (Canadá)	57
4.2.9 McGill University, Montreal (Provincia de Quebec) (Canadá)	60
4.2.10 Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México D.F. (México) 63	
4.2.11 Universidad de São Paulo, São Paulo (Brasil).....	67
4.2.12 University of Minnesota, Minneapolis y Saint Paul (EE.UU.).....	71
4.2.13 Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires (Argentina).....	76
4.2.14 University of Pennsylvania (Penn), Pennsylvania (EE.UU.)	80
4.2.15 Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).....	84

4.2.16	Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)	88
4.2.17	Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago (Chile)	92
4.2.18	Universidad de Costa Rica, San José (República de Costa Rica).....	97
4.2.19	Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (Colombia).....	101
4.2.20	Universidad de Los Andes, Bogotá (Colombia).....	105
4.2.21	Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín (Colombia)	108
4.3	CRITERIOS DE CALIDAD RESPECTO A LOS PROGRAMAS CURRICULARES DE LA INGENIERÍA QUÍMICA	113
4.3.1	Estados Unidos (EE.UU.)	113
4.3.2	Canadá.....	117
4.3.3	México.....	118
4.3.4	Brasil	120
4.3.5	Argentina.....	121
4.3.6	Chile	123
4.3.7	Colombia	124
4.3.8	República de Costa Rica	125
4.4	ENCUESTA PARA LLEVAR A CABO EL ESTUDIO COMPARATIVO	126
4.5	PROPUESTA DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ARROJADA POR LAS ENCUESTAS	138
5	CONCLUSIONES.....	140
	BIBLIOGRAFÍA.....	142

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química del Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (MA).....	31
Tabla 2. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of California, Berkeley.....	35
Tabla 3. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Standford University, Standford (CA).	39
Tabla 4. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Yale University, New Haven (CT).....	43
Tabla 5. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Princeton University, Princeton.	48
Tabla 6. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química del California Institute of Technology (Caltech), Pasadena (CA).....	52
Tabla 7. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Michigan (UM), Ann Arbor (MI).	57
Tabla 8. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Toronto, Ontario.....	60
Tabla 9. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de McGill University, Montreal (provincia de Quebec).....	63
Tabla 10. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México D.F.....	67
Tabla 11. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad de São Paulo, São Paulo (Brasil).....	71
Tabla 12. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Minnesota, Minneapolis y Saint Paul.	75

Tabla 13. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.	80
Tabla 14. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Pennsylvania (Penn), Pennsylvania.....	84
Tabla 15. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.....	88
Tabla 16. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Federal de Río de Janeiro, Río de Janeiro.....	92
Tabla 17. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.	97
Tabla 18. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica, San José.	100
Tabla 19. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.....	104
Tabla 20. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes, Bogotá D.C.....	108
Tabla 21. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.	113
Tabla 22. Cantidad de estudiantes matriculados por año.	127
Tabla 23. Cantidad de estudiantes graduados por año.....	128
Tabla 24. Cantidad de cursos obligatorios y electivos, con sus respectivos números de horas, relacionados con las áreas de formación.	131
Tabla 25. Cantidad de cursos relacionados con áreas de concentración y el número de horas respectivas.....	132
Tabla 26. Cantidad de cursos, créditos y horas de clase, relacionados con lista de cursos específicos.....	132
Tabla 27. Porcentaje de estudiantes que han participado en actividades voluntarias o extra-curriculares y el tiempo de dedicación en horas.	133
Tabla 28. Cantidad de profesores pertenecientes al programa de Ingeniería Química, experiencia en la industria y nivel de formación.....	135
Tabla 29. Investigación aplicada del programa.....	136

Tabla 30. Mujeres docentes en el programa de Ingeniería Química.....	137
Tabla 31. Tasa de deserción estudiantil en los últimos cinco años.....	137

RESUMEN

Para hacerle frente a los cambios importantes que se llevarán a cabo en la industria química, cuyas implicaciones van a crear un entorno en el que las empresas se verán obligadas a ser más agresivas, competitivas e innovadoras, se hace necesario preparar profesionales con estándares de calidad superiores.

Este trabajo tiene como alcance proporcionar las bases para un futuro análisis estratégico comparativo entre instituciones académicas, así se podrán identificar las tendencias, retos y oportunidades de la ingeniería química. Adicionalmente, se obtendrá información útil que ayude a las instituciones de educación superior a mejorar sus procesos académicos, investigativos y de extensión. Lo anterior se obtendrá de la observación de otras instituciones que se identifiquen como las mejores (o suficientemente buenas) en el desarrollo de aquellas actuaciones o procesos objetos de interés.

El documento se compone de cinco capítulos: el primer capítulo presenta los antecedentes del *benchmarking* utilizado en la educación y estudios futuros realizados para la Ingeniería Química. El segundo capítulo consta del objetivo específico y los objetivos generales que direccionan el proyecto. El capítulo tres presenta las cinco etapas sobre las que se estructuró la metodología. El capítulo cuatro ilustra los resultados del trabajo de investigación, los cuales se componen de: 1) el concepto de la ingeniería química y su contexto mundial, 2) la caracterización de la estructura curricular de los programas de Ingeniería Química de las universidades pertenecientes a países miembros de la OEA (Organización de Estados Americanos), 3) los criterios de calidad respecto a los programas curriculares que se caracterizaron, 4) la encuesta para llevar a cabo el estudio comparativo y 5) la propuesta de análisis estadístico de la información arrojada por la encuesta. El capítulo cinco presenta las conclusiones generales.

PALABRAS CLAVE: caracterización, benchmarking, estructura curricular, acreditación, comparación.

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Química como una de las ingenierías más antiguas, ha jugado un papel importante dentro de la industria, definiéndose, según la Institution of Chemical Engineers de Gran Bretaña, como: *“una rama de la Ingeniería relacionada con los procesos en los que las materias sufren un cambio en su composición, contenido energético o estado físico, con los medios para su procesado, con los productos resultantes y con su aplicación a la consecución de objetivos útiles. La Ingeniería Química tiene sus fundamentos en las Matemáticas, la Física y la Química; sus operaciones se desarrollan sobre la base de los conocimientos aportados por esas ciencias, por otras ramas de la Ingeniería, por la Biología y por las Ciencias Sociales. La práctica de la Ingeniería Química consiste en la concepción, el desarrollo, el diseño, la innovación y la aplicación de los procesos y sus productos; también concierne a la práctica de la Ingeniería Química el desarrollo económico, el diseño, la construcción, la operación, el control y la dirección de plantas químicas para esos procesos, la investigación y la enseñanza en estos campos”* (Open course ware - Universidad de Sevilla, 2014)

Hoy por hoy los campos la Ingeniería Química y sus industrias relacionadas, tales como petroquímica, refinería, agroindustrial, siderúrgica, metalúrgica, energética, farmacéutica, cosmética, textil, entre otras, presentan una evolución vertiginosa encontrando como principal reto la innovación de productos, procesos y servicios, para garantizar el acoplamiento de la química tradicional a los requisitos demandados por la industria globalizada.

De lo anterior se deriva la necesidad de construir escenarios futuros para visualizar el rumbo de la Ingeniería Química en el mundo, resultando de vital importancia para la planeación del desarrollo y la supervivencia de las industrias de procesos químicos y un punto de referencia indispensable para el diseño de los planes de estudio en esta profesión. Este tipo de planeación estratégica dentro de la educación superior no es nueva, con el pasar del tiempo se han desarrollado mejoramientos continuos en los programas educativos buscando mantener altos índices de calidad y competir por la excelencia, como claro resultado de la estructuración de criterios de acreditación a nivel internacional.

El programa de Ingeniería para las Américas EftA “Educación en Ingeniería para la Competitividad (CEE)”, es una iniciativa hemisférica, abanderada del mejoramiento educativo en ingeniería para agilizar vertiginosamente la innovación, la competitividad y el

crecimiento económico, que cuenta con el apoyo de las máximas autoridades en ciencia, tecnología e innovación (CTI) en América Latina y América del Norte.

EftA-CEE busca mejorar la calidad de los programas universitarios de ingeniería en cinco áreas básicas: Civil, Industrial, Mecánica, Eléctrica y Química; para asegurar la calidad en la educación, la formación ingenieros altamente preparados, incrementar la competitividad de los países y mejorar los procesos innovación y desarrollo.

Es, entonces, cuando se hace del *benchmarking* una herramienta indispensable para visualizar el panorama actual de los programas curriculares existentes en y realizar un análisis de las fortalezas y debilidades de los mismos. Para ello es necesario extraer la herramienta de gestión del ámbito industrial y adaptarlo al educativo, lo cual requiere de criterios específicos de medición y posterior análisis para aplicación.

El principal objetivo de la presente monografía es establecer las bases para llevar a cabo un análisis comparativo de los programas de pregrado de Ingeniería Química en algunos países miembros de la OEA. Lo cual consta de la revisión del concepto de la Ingeniería Química y su contexto mundial, la caracterización de los programas de Ingeniería Química de las instituciones seleccionadas de los países miembros de la OEA, la consulta e identificación de los aspectos generales de los sistemas de evaluación de la calidad de programas que adopta cada país objeto de estudio, el diseño de la encuesta para llevar a cabo el estudio comparativo de los programas de ingeniería química y la propuesta análisis de la información arrojada por la misma.

1 ANTECEDENTES

El Benchmarking en la Educación

El *benchmarking* ha sido definido como el “Proceso de identificación, aprendizaje y adaptación de prácticas y procesos sobresalientes de cualquier organización, en cualquier parte del mundo, para ayudar a otra organización a mejorar sus procesos y mediante esto su desempeño. Es la comparación y medición contra otra organización para conocer filosofías, políticas, prácticas e indicadores que la hacen destacada”(Spendolini, 1994).

Spendolini, Friedel y Workman (1999) indican que existen tres niveles diferentes de interpretación del Benchmarking:

- *Nivel I.* Comprende 85% de las actividades que hoy son reportadas; está ligada al análisis competitivo-comparativo entre organizaciones. La información primordial es cuantitativa reflejada en indicadores.
- *Nivel II.* Usada por 10% de los practicantes del benchmarking; es la búsqueda de información más cualitativa que cuantitativa. Los socios- de benchmarking brindan información, como ejemplos, anécdotas, datos y documentación sobre la cual basan sus actividades y procesos. Se enfoca a lo que hace mejorar el desempeño (como se disminuyen costos, ciclos de tiempo, como se aumenta la calidad, etc.).
- *Nivel III.* En este nivel los socios son más prescriptivos que descriptivos; es decir, de acuerdo con sus experiencias, otorgan recomendaciones de mejoramiento y no descripciones exactas de sus procesos.

En el año 2007, el Centro Europeo para la Educación superior de la UNESCO, publicó un glosario básico cuya finalidad fue suministrar una referencia, en términos y definiciones, para el aseguramiento de la calidad en la educación y la acreditación de la misma. En este se definió el *benchmarking* como un “método estandarizado para recolectar y reportar información organizacional crítica, en una forma que permite comparaciones frente al desempeño de diferentes organizaciones o programas, usualmente con el fin de establecer buenas prácticas, diagnosticar problemas de desempeño e identificar fortalezas. El *benchmarking* provee a la organización las referencias externas y las mejores prácticas sobre las cuales puede basar su evaluación y diseñar sus procesos” (Vlasceanu, 2007).

Al utilizar este método de comparación en el campo educativo, se hace necesario enfatizar en el origen de su aplicación y las definiciones iniciales, puesto que ésta herramienta se convierte en la mejor opción para enfrentar la tendencia que se presenta en los últimos años en la educación superior: diseñar y sostener sistemas de acreditación con los que se mejoran los mecanismos de evaluación de las instituciones (Agudelo Arredondo & Pino Palacio, 2013).

El uso de la herramienta de diagnóstico por comparación en la educación superior comenzó en los Estados Unidos en 1990, cuando la National Association of Colleges and University Business Officers (NACUBO), inició un proyecto de *benchmarking* con énfasis estadístico y financiero que aún se sigue aplicando. Años después, la Association of Commonwealth Universities (ACU) reconoció este método como útil para apoyar el aseguramiento de la calidad en la educación superior (Agudelo Arredondo & Pino Palacio, 2013). El interés por este tipo de análisis comenzó a incrementar a nivel mundial, lo que se evidenció en diferentes estudios posteriores.

Uno de los estudios pioneros en tratar la comparación universitaria entre instituciones educativas de diferentes naciones como un medio para potenciar y mejorar sus programas, fue el realizado por el Commonwealth Higher Education Management Service (CHEMS). En este se clasifican los ejercicios basados en la voluntad de participación y proactividad por parte de las instituciones participantes (Agudelo Arredondo & Pino Palacio, 2013).

Iniciativa Ingeniería para las Américas

Ríos (2012) cita el documento *“Hacia la visión 2025: Ciencia, Tecnología e Innovación para las Américas”*, donde se define la meta de incrementar la cooperación interamericana para la educación en las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería, por medio de la promoción de alianzas entre los sectores académico, público y privado, el intercambio de buenas prácticas, el intercambio de estudiantes y profesores, y el desarrollo de programas de excelencia tales como los de doble titulación entre universidades y el fortalecimiento de la iniciativa hemisférica “Ingeniería para las Américas (EftA)” (Organización de los Estados Americanos [OEA], 2011,p.7). Las estrategias en el “Pilar # 2 formación y educación de los recursos humanos”, se enfocan en: incrementar el número de egresados de los programas de ciencia, tecnología e ingeniería, mejorar y actualizar los programas de ingeniería, buscar la acreditación internacional de los programas, atraer el mayor número de mujeres y grupos minoritarios a estas áreas de formación y fortalecer los servicios de extensión a las mipymes.

Es entonces, cuando la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) se vincula al programa EftA en el marco de Plan de Acción de México 2008, y las líneas de acción de la OSTI

(Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación) de la OEA, desarrollando el proyecto denominado “Diagnóstico por comparación (*benchmarking*) aplicado a programas de Ingeniería Industrial”. Con este se buscó obtener información sobre los elementos comunes y diferenciadores de universidades de toda América (Agudelo Arredondo & Pino Palacio, 2013), con la finalidad de actualizar los programas educativos e implementar tecnologías de avanzada, métodos de enseñanza y mejores prácticas en pro de la mejora curricular.

Estudios de futuro en Ingeniería Química

Los estudios relacionados al futuro de la Ingeniería Química arrojan como resultado que en los próximos años se llevarán a cabo una serie de cambios importantes, cuyas implicaciones van a crear un entorno en el que las empresas se verán obligadas a ser más agresivas y a adoptar visión futurista, con el fin de salir triunfantes en cuanto a competitividad. Los cambios que se vienen observando en la industria que comprende procesos químicos y los impactos que se esperan de algunos desarrollos tecnológicos que se están encubando en esta industria e industrias relacionadas. El paradigma que rigió la ingeniería química durante años se fundamentó en que la educación de dicha ingeniería debía tener como eje central las *operaciones unitarias* (las cuales comprenden etapas de procesos industriales como trituración, molienda, filtración, transferencia de calor, entre otros), lo que “constituye en la primera aproximación analítica de las industrias de procesos químicos como sistemas análogos que comparten unidades de transformación similares, en las que se suceden fenómenos cuyo comportamiento general es independiente de la naturaleza específica de las sustancias en proceso” (Perdomo Charry, 2010)

Se han realizado otros tipos de estudios en la parte química, tal es el caso del sector de plásticos ((ADER), 2013) y el sector biotecnológico. Garavito et al. (2001) realizaron un benchmarking en el cual compararon de forma cuantitativa y cualitativa la gestión tecnológica orientada al manejo de la innovación tecnológica y de transferencia tecnológica en biotecnología. La comparación permitió dar propuestas a las empresas para fortalecer las variables que fueron analizadas.

2 OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer las bases para llevar a cabo un análisis comparativo de los programas de pregrado de Ingeniería Química en algunos países miembros de la OEA.

Objetivos específicos

- Revisar el concepto de la Ingeniería Química y su contexto mundial.
- Caracterizar la estructura curricular de los programas de Ingeniería Química de las principales instituciones de algunos países miembros de la OEA – organización de estados americanos.
- Identificar los objetivos misionales, estructura curricular, beneficios adicionales y barreras de entrada de las facultades de ingeniería química en las universidades seleccionadas.
- Consultar criterios de calidad respecto a los programas curriculares de Ingeniería Química.
- Diseñar la encuesta para llevar a cabo el estudio comparativo.
- Realizar una propuesta de análisis de la información arrojada por la misma.

3 METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en cinco etapas básicas:

Primera etapa

En la primera etapa se estableció el concepto de la Ingeniería Química y su contexto mundial, realizando una revisión bibliográfica de diferentes fuentes de información. El concepto se construyó partiendo del significado de la química como ciencia básica y pasando por las definiciones de ingeniería, ingeniero e industria, para finalmente llegar a la definición de Ingeniería Química abordada como la ingeniería industrial aplicada a las transformaciones de las sustancias químicas, y conformada por puntos básicos utilizados en los procesos y sus productos. Además, se identifica el concepto de interés y las funciones de los ingenieros químicos establecidas por el American Institute of Chemical Engineers (AIChE).

La contextualización mundial se realizó como reseña histórica, haciendo énfasis en el paralelismo existente entre la Ingeniería Química y el desarrollo de la industria de procesos químicos a través del tiempo.

Segunda etapa

En la segunda etapa se llevó a cabo la identificación y selección de los programas de ingeniería química por parte del grupo de investigación, comenzando por identificar los países miembros de la OEA, consultar diferentes rankings e indagar con expertos acerca de las instituciones más importantes, de éstos países, que ofertan dicho programa.

Para llevar a cabo dicha selección se tuvieron en cuenta universidades con buen ranking nacional y, en casos particulares, ser universidades con quienes la OEA venía desarrollando otros programas de interés común. La mayoría de las universidades americanas clasificadas están incluidas en el ranking de los 10 mejores programas de pregrado en Ingeniería Química en los Estados Unidos y en el caso de las demás universidades se realizó una consulta en fuentes secundarias. Para Colombia, se

incluyeron la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Colombia, como líderes en su tipo, y fue importante la inclusión de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín como universidad responsable del estudio.

Como resultado se seleccionaron las siguientes universidades, y por tanto, los programas ofrecidos por las mismas:

1. Massachusetts Institute of Technology (EE.UU.)
2. University of California (EE.UU.)
3. Stanford University (EE. UU.)
4. Yale University (EE.UU.)
5. Princeton University (EE.UU.)
6. California Institute of Technology (EE.UU.)
7. University of Michigan (EE.UU.)
8. University of Toronto (Canadá)
9. McGill University(Canadá)
10. Universidad Nacional Autónoma de México(México)
11. Universidad de São Paulo (Brasil)
12. University of Minnesota (EE.UU.)
13. Universidad de Buenos Aires (Argentina)
14. University of Pennsylvania (EE.UU.)
15. Universidad Nacional de Colombia (Colombia)
16. Universidad Federal de Rio de Janeiro (Brasil)
17. Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)
18. Universidad de Costa Rica (República de Costa Rica)
19. Universidad Industrial de Santander (Colombia)
20. Universidad de Los Andes (Colombia)
21. Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia)

Luego se realizó la caracterización de la estructura curricular de cada programa teniendo en cuenta la información suministrada por las páginas web de cada universidad y revisando:

- Nombre del programa y del departamento o facultad
- Duración del programa
- Barreras de entrada
- Reseña histórica
- Misión, visión y objetivos estratégicos
- Perfil profesional
- Requisitos para obtener el título
- Acreditación del programa
- Internacionalización
- Estructura curricular, incluyendo plan de estudios y áreas de concentración

Tercera etapa

La tercera etapa constó de la consulta e identificación de los aspectos generales de los sistemas de evaluación de la calidad de programas que adopta cada país objeto de estudio (Estados Unidos, Canadá, México, Brasil, Argentina, Chile, Colombia y Costa Rica) y se realizó especial énfasis en el sistema de acreditación.

Cuarta etapa

La cuarta etapa correspondió al diseño de la encuesta para llevar a cabo el estudio comparativo de benchmarking, la cual se fundamentó en la información obtenida sobre los objetivos misionales, estructura curricular, beneficios adicionales, barreras de entrada de las facultades de Ingeniería Química en las universidades seleccionadas y criterios de calidad respecto a los programas curriculares. Además, se tomó en cuenta la encuesta adoptada para el mismo análisis realizado a los programas de pregrado en Ingeniería Industrial en algunos países miembros de la OEA; el ajuste del instrumento se llevó a

cabo por el grupo monitor del estudio, perteneciente a la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB).

Las variables consideradas para estructurar el análisis comparativo entre programas fueron:

1. Información general
2. Aspectos específicos del plan de estudios
3. Flexibilidad y multidisciplinariedad del plan de estudios
4. Métodos y estrategias de enseñanza
5. Internacionalización del programa
6. Infraestructura institucional
7. Relación con el entorno (Universidad-Empresa-Estado)
8. Cantidad de mujeres en la ingeniería
9. Deserción académica

Quinta etapa

En la quinta etapa se ejecutó la propuesta de análisis estadística de la información arrojada por las encuestas, la cual se fundamenta en las siguientes técnicas:

- Análisis descriptivo
- Estimación de modelos lineales generalizados
- Estimación de análisis de componentes principales
- Análisis de Clúster

4 RESULTADOS

4.1 CONCEPTO DE LA INGENIERÍA QUÍMICA Y SU CONTEXTO MUNDIAL

Dos tipos de industria han permitido a la humanidad desarrollarse correctamente: la industria de la transformación de la materia y la de la transformación de la forma. Y es, precisamente, el primer sector mencionado el que da origen a la profesión de la ingeniería química.

La ingeniería química nace como respuesta a la necesidad de la industria de la transformación de la materia, de profesionales que la desarrollaran y manipularan, además de la necesidad de una ingeniería que le proporcionara el apoyo tecnológico y científico necesario para su correcto desarrollo (García, 1998).

4.1.1 Concepto de Ingeniería Química

La química es la ciencia que estudia la composición, estructura, propiedades y la energía de los cambios en la materia, así como las leyes que rigen dichos cambios (Cuevas y Brambila, 2006). Comprende, además, la composición, transformación o combinación de sustancias, para la formación de otras diferentes.

De otro punto, teniendo en cuenta que los objetivos de la tecnología son la sistematización y la racionalización del conocimiento y entendimiento de la naturaleza para su transformación a la medida de las necesidades del ser humano, se puede definir la ingeniería, en general, como la aplicación específica, eficaz e inteligente de la ciencia a la solución de problemas tecnológicos. Se puede decir, entonces, que la ingeniería es el puente entre la ciencia y la tecnología, utilizando la primera y posibilitando la segunda.

Por lo anterior, el ingeniero está capacitado para profundizar tanto en los conocimientos científicos existentes, como en los avances tecnológicos, buscando obtener soluciones efectivas a diferentes objetivos planteados y a circunstancias particulares presentadas en la organización donde se desenvuelve laboralmente.

La industria es la actividad que tiene como fin principal la transformación de productos naturales o elaborados y de las fuentes de energía para su consumo, siendo competitiva y

adaptable a cambios del mercado, de innovación tecnológica, o presentados por otras circunstancias.

El ingeniero industrial, entendido como el ingeniero que aplica la ingeniería a la industria, parte del conocimiento científico y técnico, con énfasis en los aspectos tecnológicos correspondientes a la especialidad elegida, con capacidad para realizar proyectos de fabricación de productos y servicios para la sociedad. Además, está formado en dirección y gestión garantizando el desarrollo profesional en cualquier actividad y la actitud vigilante a los posibles cambios que afecten la industria (cambios tecnológicos, económicos, sociales y organizacionales) para encontrar las mejores soluciones para la misma.

Por último, la Ingeniería Química es la ingeniería industrial que aborda las transformaciones de las sustancias químicas con el objetivo de obtener determinado producto o efecto deseado. Es una ingeniería que une conceptos básicos de matemáticas, física, economía y química (lo que extiende su base científica), y conceptos avanzados de operaciones unitarias, fenómenos de transporte, termodinámica, diseño y control de procesos.

En 1935, el American Institute of Chemical Engineers (AIChE) define la ingeniería química como: "... la rama de la ingeniería que trata del desarrollo y aplicación de los procesos de fabricación en los que están involucradas transformaciones químicas o determinadas transformaciones físicas de las materias primas; estos procesos constan, generalmente, de series coordinadas de operaciones básicas físicas y procesos unitarios químicos..." (García, 1998).

Además propone como cimiento de su preparación y funciones de los Ingenieros Químicos: "...Su trabajo (el del Ingeniero Químico) es el diseño, construcción y operación de equipos y plantas en las que se aplican estas series de Operaciones Básicas y Procesos Unitarios. Química, Física y Matemáticas son las Ciencias base, mientras que la Economía es su guía en la práctica..." (García, 1998).

La práctica de la Ingeniería Química está conformada de los siguientes puntos básicos aplicados a los procesos y sus productos: concepción, desarrollo, diseño, investigación, innovación y aplicación. Además de otros puntos neurálgicos como lo son el desarrollo económico, la operación, el control y la dirección de las plantas químicas para dichos procesos, a la par que la enseñanza en esos campos.

4.1.2 Reseña histórica de la ingeniería química en el mundo

El desarrollo de la ingeniería química ha sido paralelo con el de la industria de procesos químicos. El nacimiento de la industria química y los principios de la disciplina aparece

con la revolución industrial, que se llevó a cabo a finales del siglo XVIII en la Gran Bretaña. Dicha industria fue determinante en la revolución que ha sido descrita como la mecanización de los sistemas de producción orientados a la manufactura de productos de uso final. Los químicos empíricos y empresarios británicos empezaron la manufactura a gran escala de ácido sulfúrico, soda, carbonato de sodio, cloro blanqueador y algunos colorantes sintéticos, los cuales constituyeron el corazón de la industria química hasta finales del siglo XIX (García H. T., 1998). El campo de los colorantes sufrió cambios tecnológicos, transformándolo en el sector semilla de la industria química moderna. La industria de los colorantes alemana enfrentó durante la primera guerra mundial la necesidad de manufacturar explosivos, gases venenosos, medicamentos y caucho sintético. Por ende fue la gran innovadora, no sólo en su campo sino también en la química inorgánica.

Las revoluciones industriales desencadenadas alrededor del motor de combustión interna, y de la línea de ensamble y la petroquímica para la producción masiva de combustibles, plásticos y fibras, generaron retos y oportunidades para el desarrollo de la ingeniería química que se conoce actualmente.

La industria de procesos químicos sufre una interrupción en el crecimiento durante la depresión económica luego de la primera guerra mundial, por tanto se desarrolló para hacer autosuficientes a sus países en los productos tradicionales en el mercado, y en la década de los treinta se dio el florecimiento de un nuevo subsector: la industria de los polímeros sintéticos. La mayoría de los polímeros sintéticos de interés comercial que se conocen hoy fueron producidos industrialmente en el período interguerra. La segunda guerra mundial aumentó la demanda de estos materiales y después de ella su demanda se hizo explosiva con la aplicación de los materiales sintéticos en campos inusitados (García H. T., 1998).

Paralelo al constante crecimiento del sector se daba la adiestramiento y la enseñanza de la ingeniería química por las universidades americanas. En 1888 se crea en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) el primer Departamento de Ingeniería Química del mundo, cuando L.M Norton organiza el primer programa académico denominado Ingeniería Química.

Posteriormente, aparecen otros programas con la misma denominación en la Universidad de Pensylvania (1892), Universidad de Tulane (1894) y Universidad de Michigan (1898), estos nuevos departamentos nacen de un Departamento de Química preexistente. Al mismo tiempo, surgen diferentes programas de enseñanza con igual nombre, como los ofrecidos por el Royal College of Glasgow (1887) y en la Universidad de Minnesota (1987).

Desde sus orígenes hasta la actualidad, su campo de acción ha sido tan amplio, que al poco tiempo de constituirse como disciplina, se hizo necesario estandarizar los programas académicos para asegurar la calidad de la enseñanza y realizar un seguimiento efectivo a

los contenidos enseñados. Fue así como en el año 1925, comienza la acreditación de los programas de Ingeniería Química en los Estados Unidos por parte de la AIChE (American Institute of Chemical Engineering fundada en 1908), convirtiéndose en la base de acreditación del Programa ABET instituido en el año 1933.

la Ingeniería Química ha evolucionado para adaptarse a las exigencias que surgen debido al desarrollo industrial y a las necesidades humanas. Lo anterior a ocurrido a diferentes niveles:

- Áreas avanzadas de investigación
- Desarrollo industrial
- Pedagogía

Ha tenido la capacidad de adoptar los adelantos en Ciencias Básicas y utilizarlos para sacar el mayor provecho en las transformaciones energéticas y de la materia, las cuales son consideradas la columna vertebral de la esta rama de la Ingeniería. Además, ha pasado por diferentes etapas y dichos cambios se han manifestado a través de la bibliografía sobre el tema y en los programas educativos ofrecidos a través del tiempo por diferentes universidades en el mundo.

En la actualidad la estructura curricular de la Ingeniería química se fundamenta principalmente en una combinación de cursos básicos de matemáticas, física y química inorgánica, orgánica y analítica; y de cursos avanzados de termodinámica, fenómenos de transporte, operaciones unitarias y diseño (procesos químicos, dinámica y control, cinética e ingeniería de las reacciones). A lo anterior se le puede adicionar algunos cursos de administración, electivas de ciencias sociales y/o humanidades y áreas de concentración tales como biotecnología, ciencia de los materiales, ciencia e ingeniería de nuevas tecnologías, ingeniería ambiental, ingeniería nuclear, entre otras.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA CURRICULAR DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA QUÍMICA

Luego de consultar los países miembros de la OEA (Organización de Estados Americanos) y de consultar diferentes rankings e indagar con expertos acerca de las instituciones más importantes, de éstos países, que poseen Ingeniería Química dentro de su oferta curricular, se realiza la caracterización de dichas estructuras curriculares.

Dentro de estas se pueden encontrar, además, la misión, visión y objetivos estratégicos misionales, y beneficios adicionales como la internacionalización y las áreas de concentración. De lo cual se hizo evidente y general, en cuanto a direccionamiento

estratégico de cada universidad, tener como eje central el ser, o el llegar a ser, la entidad que ofrezca la mejor educación certificada, formando profesionales líderes, competentes y con alto grado de responsabilidad social.

En cuanto a las barreras de entrada se evidenció que en las instituciones de países latinoamericanos tienen como requisitos para los postulantes haber culminado con éxito la secundaria y presentar una prueba de admisión; en algunos casos se demanda la entrevista personal. Mientras que las instituciones de países anglosajones demandan mayor número de requisitos para aplicar al pregrado, entre los cuales se encuentran: diligenciamiento de la aplicación común, cuota de solicitud de inscripción, recomendaciones de dos maestros de secundaria, un informe Escolar (incluye transcripción y recomendación del consejero), resultados de exámenes estandarizados (incluyendo el Test Of English as a Foreign Language - TOEFL, que es un examen que mide fluidez y conocimientos en el idioma inglés) e informe de mitad de año.

4.2.1 Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (MA) (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de ingeniería – Departamento de Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 4 años.
- **Barreras de entrada:** Los componentes de aplicación del MIT son:
 - ✓ Entrevista.
 - ✓ Diligenciamiento de un formulario biográfico.
 - ✓ Diligenciamiento de preguntas de respuesta corta, ensayos, reconocimiento de actividades preferidas y formulario de autoevaluación.
 - ✓ Cartas de recomendación por parte de dos maestros (un profesor de matemáticas o ciencias, y otro de humanidades, ciencias sociales o idiomas) de la escuela secundaria donde estudio la persona que está realizando la aplicación. Además una carta de recomendación de un consejero, junto con el expediente académico y el diligenciamiento de un formato establecido.
 - ✓ Requisitos de pruebas estandarizadas (SAT, ACT, o TOEFL, y 2 SAT Subject Tests).
 - ✓ Diligenciamiento de un formulario final.

(MIT Admissions, deadlines & requirements, 2014)

- **Reseña histórica:** En 1888, influenciado por la evolución de las universidades alemanas y una serie de conferencias sobre las prácticas de operación de la industria química británica, el MIT creó el “curso X”. Combinando la ingeniería mecánica con la química industrial, “curso X” fue diseñado “para satisfacer las necesidades de los estudiantes que desean una formación general en la ingeniería mecánica, y al mismo tiempo para dedicar una parte de su tiempo al estudio de las aplicaciones de la química a las artes, en especial a los problemas de ingeniería relacionadas con el uso y la fabricación de productos químicos “. En 1891, el Departamento de Química concedió siete grados de licenciatura de Ingeniería Química. Contornos de Química Industrial, que fue publicado en 1898, de Thorpe es considerado uno de los primeros libros de texto en ingeniería química. El trabajo acuñó el término "química industrial" para describir los procesos industriales que se aplican en la producción de productos químicos; esta frase mantuvo una estrecha colaboración con la ingeniería química para los siguientes 50 años. En el siglo 20, se modifica el plan de estudios para distinguir claramente la ingeniería química como profesión. Se desarrolló la idea de operaciones unitarias, un laboratorio de investigación dedicado a la química y de procesos industriales, y una Escuela de Prácticas de Ingeniería Química. Durante todo este tiempo, los “cursos X” todavía se enseñaban en el Departamento de Química. No fue sino hasta 1920 que un Departamento de Ingeniería Química se formó. En 1924, el MIT se convirtió en la primera escuela de la adjudicación Ph.D. grados en ingeniería química. Desde entonces, el Departamento de Ingeniería Química ha llevado a la nación en la concesión de títulos de posgrado. Con cerca de 6.000 egresados, la notable historia del Departamento está viva y sigue haciendo un impacto en los laboratorios de investigación, centros de I + D de las empresas y universidades de todo el mundo (Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, history of chemical engineering at MIT, 2013).
- **Misión:** La misión del Departamento de Ingeniería Química del MIT comprende tres áreas claves:
 - ✓ *Educación.* Ofrecer programas académicos que preparan a los estudiantes para dominar las habilidades de síntesis físicas, químicas y biológicas, la ingeniería de diseño, y, creativamente moldear y resolver problemas complejos, como la traducción de la información molecular en nuevos productos y procesos, y ejercer el liderazgo en la industria, la academia, y el gobierno en cuanto a temas tecnológicos, económicos y sociales.
 - ✓ *Investigación.* Proporcionar un programa de investigación interdisciplinario vibrante que atrae a los mejores jóvenes; formar creativamente ciencias de la ingeniería y el diseño a través de interfaces con la química, la biología y la

ciencia de los materiales, y contribuir a la solución de las necesidades tecnológicas de la economía global y la sociedad humana.

- ✓ *Responsabilidad social.* Promover el liderazgo activo y vigoroso de nuestro pueblo en la configuración del contexto científico y tecnológico de los debates en torno a temas sociales, políticos, económicos, y ambientales que enfrenta el país y el mundo.

(Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, mission, 2013)

- **Visión:** no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:**
 - ✓ El dominio de los principios básicos de la ciencia y la ciencia de la ingeniería que sustentan las tecnologías modernas químicas y biológicas.
 - ✓ Aplicación creativa del dominio de los principios básicos para la solución de problemas en una amplia gama de carreras profesionales.
 - ✓ La apreciación del contexto más amplio de factores ambientales, sociales, de seguridad y económicos que afectan a sus decisiones, y los más altos estándares de conducta ética.
 - ✓ Capacidad para comunicarse de manera efectiva, tanto de forma oral y escrita.
 - ✓ El reconocimiento y compromiso con la importancia de la continua superación y la capacidad de participar en el aprendizaje permanente.

(Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, program educational objectives, 2013)

- **Perfil profesional:** Los estudiantes que han completado con éxito el programa, obtienen una amplia formación en la aplicación de la ingeniería química a una variedad de áreas específicas, como la energía y el medio ambiente, la nanotecnología, los polímeros y coloides, ciencia de superficies, la catálisis y la ingeniería de las reacciones, los sistemas y el diseño de procesos, y la biotecnología. El plan de estudios proporciona una buena preparación para el empleo en la industria o el gobierno, y para estudios de posgrado en ingeniería química.

Ingeniería química también proporciona una excelente preparación para las carreras de medicina y otros campos relacionados de la ciencia y la tecnología de la salud. Fuerte énfasis del departamento de química y biología ofrece una excelente preparación para la escuela de medicina (Massachusetts Institute of

Technology, course catalog 2013 - 2014, department of chemical engineering, 2013).

- **Requisitos para obtener el título:** Los estudiantes deben haber asistido a no menos de tres períodos académicos regulares en el instituto, normalmente incluye el periodo de la graduación. También, deben haber completado satisfactoriamente el programa de estudio conforme con los reglamentos académicos, incluyendo los Requisitos Generales del Instituto (GIRs) y el programa departamental del Curso en el que el grado se adjudicará (Massachusetts Institute of Technology, course catalog 2013 - 2014, general institute requirements, 2013).
- **Acreditación del programa:** El programa está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET, como una carrera de ingeniería química (Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, undergraduate programs, 2013).
- **Internacionalización:** La universidad cuenta con oportunidades como:
 - ✓ *Estudiar en el extranjero.* MIT ofrece dos opciones a corto y largo plazo para satisfacer necesidades académicas y metas profesionales de los estudiantes. No sólo se puede aplicar para un programa administrado por el MIT como la Bolsa de Cambridge-MIT (CME), también se puede aplicar directamente a las universidades en el extranjero o para los programas ofrecidos por los proveedores de fuera de estudios en el extranjero. Programas para asignaturas específicas permiten estudiar en diferentes países en un semestre (MIT global education & career development, study abroad / explore, 2013).
 - ✓ *Prácticas.* Participar en MIT International Science and Technology Initiatives (MISTI) y prácticas en Brasil, Chile, China, Francia, Alemania, India, Israel, Italia, Japón, Corea, México, Rusia y España (MIT go global, internships & work, 2013).
 - ✓ *Investigación.* Llevar a cabo investigaciones en el extranjero a través de UROP internacional (IROP), realizar investigación financiada con donaciones de laboratorios o empresas del extranjero y explorar proyectos mundiales de investigación en el MIT de interés para el estudiante (MIT go global, research, 2013).
 - ✓ El servicio público y el servicio de aprendizaje.
(MIT global education & career development, all opportunities abroad, 2013)
- **Estructura curricular:** El programa está diseñado para 4 años y compuesto de un requisito básico que se divide por igual entre la ciencia, las matemáticas, y las

humanidades, las artes y las ciencias sociales. El requisito de ciencias / matemáticas incluye la química, la biología, la física y cálculo, así como laboratorios y ciencias electivas. El requisito de las humanidades, las artes, y las ciencias sociales se deben cumplir entre tres de las cinco categorías: estudios literarios y de texto, lenguaje, pensamiento y valor, las artes, las culturas y sociedades, y los estudios históricos. Además, se cuenta con el requisito de comunicación de cuatro asignaturas y el grupo de asignaturas correspondiente al programa de ingeniería química. Los Requisitos Generales del Instituto (GIRs) incluyen:

- ✓ Ocho asignaturas en humanidades, artes, y ciencias sociales.
- ✓ Seis asignaturas en ciencias divididas así: dos cursos de cálculo, dos cursos de física, un curso en química y un curso de biología.
- ✓ Dos electivas restringidas en las asignaturas de ciencias y tecnología.
- ✓ Una asignatura de laboratorio.

La carga estudiantil de un semestre típico es de cuatro a cinco cursos cada semestre (Massachusetts Institute of Technology, MIT curriculum guide, 2013).

En la **Tabla 1** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de unidades de crédito, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Unidades de crédito	Total materias	Total horas de clase semanales
Requisitos Generales del Instituto (GIRs)			
Matemáticas	24	2	24
Física	24	2	24
Química	12	1	12
Biología	12	1	12
Electivas en humanidades, artes y ciencias sociales	Varían	8	Varían
Electivas restringidas en ciencia y tecnología	Varían	2	Varían
Electiva en laboratorio	Varían	1	Varían
Requisitos de Comunicación			
Electivas en comunicación intensiva en humanidades, artes y ciencias sociales	Varían	2	Varían
Electivas en comunicación intensiva superior	Varían	2	Varían
Requisitos del Programa Departamental			
Química	24	2	24
Bioquímica	39	3	39
Termodinámica	24	2	24
Ingeniería química	12	1	12
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	30	3	30
Diseño	33	5	33
Total	-	37	-

Total asignaturas: 37 asignaturas

Total unidades de crédito: varían dependiendo de los cursos electivos que seleccione el estudiante.

Equivalencia del crédito: Las horas de crédito (unidades) de cada asignatura indica el número total de horas dedicadas a la semana en el aula y laboratorio, más el tiempo estimado que el estudiante promedio gasta cada semana en preparación exterior, por un período regular. Cada curso aparece en línea, con tres números de crédito, que muestran en secuencia las unidades asignadas a las horas de clase (lectura y/o recitación), laboratorio, diseño, o trabajo de campo y la preparación. La unidad de crédito total para una asignatura se obtiene mediante la suma de todas las unidades correspondientes a los puntos anteriormente mencionados (Massachusetts Institute of Technology, course catalog 2013 - 2014, academic procedures and institute regulations, 2013).

Áreas de concentración: Los requisitos de Concentración son establecidos por cada campo y se componen de tres o cuatro asignaturas. Al término de todas las materias del programa, cada estudiante debe presentar un formulario de finalización de concentración a más tardar al final de la primera semana de clases del último período antes de la graduación. En la actualidad, los siguientes campos de concentración se ofrecen: África y la diáspora africana; estudios americanos; estudios antiguos y medievales; antropología; arqueología y ciencias arqueológicas; arte, cultura y tecnología; economía del desarrollo; economía; ética; lenguas y literaturas extranjeras; historia; música; filosofía; ciencias políticas; psicología; entre otros (Massachusetts Institute of Technology, course catalog 2013 - 2014, general institute requirements, 2013).

Tabla 1. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química del Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge (MA).

4.2.2 University of California, Berkeley (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Química – Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular.
- **Duración del programa:** 8 semestres / 4 años.
- **Barreras de entrada:** se deben de cumplir los siguientes requisitos:
 - ✓ Completar un mínimo de 15 cursos de preparación universitaria (cursos AG), con al menos 11 terminados antes del comienzo del último año de secundaria.

- ✓ Obtener un promedio ponderados mínimos de calificaciones de 3,0 para los aspirantes residentes en California y 3,4 para los estudiantes de fuera del estado.
- ✓ Realizar un examen, tomando el ACT Plus Writing o el Examen de Razonamiento SAT en diciembre del último año.

(Universidad of California, Berkeley, admission requirements, 2014)

- **Reseña histórica:** La química ha sido ofrecida por la Universidad de California, desde su fundación en 1868. La Facultad de Química en sí fue creada como una unidad dentro de la Universidad en 1872. Entre 1912 y 1941, el número de títulos de grado otorgado anualmente aumentó de un promedio de siete a más de sesenta; la facultad también creció, tanto en números como en distinción. Conocida sobre todo por su trabajo en química física, la universidad también ha desarrollado una reputación en química nuclear, sobre todo después del desarrollo del ciclotrón y del laboratorio de radiación. Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial fueron un período de expansión y reconstrucción: la química orgánica se fortaleció, y la ingeniería química se convirtió en un programa de buena fe en 1945. En 1947 se unificó la facultad, y el programa de doctorado en ingeniería química fue inaugurado. En 1957, la ingeniería química se estableció como un departamento separado dentro de la facultad de química. Las inscripciones aumentaron a lo largo de la segunda mitad del siglo 20, gran parte del aumento fue el resultado de un crecimiento en la ingeniería química que incluye las nuevas tecnologías como el procesamiento de los dispositivos electrónicos y la ingeniería bioquímica. Varios campos también fueron agregados en la química, en particular la biología estructural, la química sintética y la física química. Además, los grupos orgánicos e inorgánicos y los grupos teóricos se reforzaron aún más. Durante el siglo 20, la Facultad de Química y los investigadores del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley fueron los encargados de descubrir nueve elementos que se agregaron a la tabla periódica: Neptunio (1940), Plutonio (1941), Curio (1944), Berkelio (1949), Californio (1950), Mendelevio (1955), Nobelio (1958), Lawrencio (1961), y Seaborgio (1974). El siglo 21 ha visto un mayor énfasis en la investigación interdisciplinaria y becas, en correlación con los enormes avances en la tecnología. Se realizan investigaciones en bioingeniería, ingeniería química y biomolecular, la química, la biología molecular y celular, la física, la resonancia magnética nuclear y espectrometría de masas (College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, history, 2013).
- **Misión:**
 - ✓ Educar a hombres y mujeres para las carreras de liderazgo e innovación en ingeniería química y áreas afines.

- ✓ Ampliar la base de conocimientos de ingeniería a través de la investigación original y por el desarrollo de tecnología para atender las necesidades de la sociedad.
- ✓ Beneficiar al público a través del servicio a la industria, el gobierno y la profesión de ingeniero.

(College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering undergraduate student learning goals and mission statement, 2013)

- **Visión:** no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:** Los objetivos del programa de pregrado son formar profesionales que cumplan con:
 - ✓ Comprender las matemáticas y las ciencias que constituyen la base para las aplicaciones de ingeniería y la innovación tecnológica fundamentales.
 - ✓ Aplicar los principios científicos y de ingeniería para analizar, diseñar y sintetizar sistemas químicos y físicos de importancia para la sociedad.
 - ✓ Ser líderes intelectuales, capaces de funcionar de manera creativa en un entorno de trabajo independiente y como miembro de un equipo.
 - ✓ Utilizar apropiadamente las herramientas analíticas, numéricas y experimentales para investigar los sistemas químicos y físicos.
 - ✓ Integrar la tecnología moderna de la información y las herramientas computacionales y de ingeniería en la práctica de la misma.
 - ✓ Comunicarse eficazmente por medios orales, escritos y gráficos.
 - ✓ Ser competentes y confiados en la interpretación de los resultados de las investigaciones.
 - ✓ Apreciar la importancia y las oportunidades para el aprendizaje permanente.
 - ✓ Reconocer el contexto social amplio, tanto históricos como contemporáneos, en el que se practica la ingeniería.
 - ✓ Comprender las responsabilidades éticas, profesionales y la ciudadanía de la práctica de la ingeniería.

(College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering undergraduate student learning goals and mission statement, 2013)

- **Perfil profesional:** Los estudiantes que cumplen con éxito los requisitos para obtener el título, obtienen una sólida preparación para el trabajo profesional en el desarrollo, diseño y funcionamiento de los productos y procesos químicos. Preparados para el empleo en industrias como la química, petróleo, electroquímica, bioquímica, semiconductores, nuclear, aeroespacial, plásticos, procesamiento de alimentos, o el control del medio ambiente. Además, los estudiantes con un alto nivel escolar están bien preparados para entrar en los programas de postgrado conducentes a grados avanzados en ingeniería química o en campos profesionales, científicas y de ingeniería relacionados (College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major, 2013).
- **Requisitos para obtener el título:** Los estudiantes deben cumplir con los siguientes requisitos, además de completar los requisitos de los cursos de división inferior y superior:
 - ✓ *Requisitos universitarios:* se debe cumplir con un requisito de escritura (en inglés) para el nivel de entrada y, un requisito de historia y las instituciones gubernamentales de los Estados Unidos.
 - ✓ *Requisito del campus (Berkeley):* se debe tomar un curso de culturas americanas.
 - ✓ *Requisito de residencia del estudiante del último año:* después de haber completado 90 unidades, por lo menos, 24 de las unidades restantes deben ser completadas en la residencia en la Facultad de Química, en un mínimo de dos semestres.
 - ✓ *Requisito de mínimo de unidades totales:* se deben completar con éxito al menos 120 unidades.
 - ✓ *Requisitos de grados:* se debe obtener por lo menos un promedio de C (2.0 GPA) en todos los cursos.

(College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major degree requirements, 2013)

- **Acreditación del programa:** El programa en Ingeniería Química está acreditado por el Consejo de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET) (College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major, 2013).
- **Internacionalización:** La universidad cuenta con el Programa de Educación de la Universidad de California en el Extranjero (UCEAP) que es la Universidad de estudios en el extranjero de todo el sistema de California. Los estudiantes de la UC que participan en UCEAP pueden: estudiar en el verano, semestre o año académico; elegir entre el estudio, la investigación y los programas de prácticas;

obtener créditos para completar el programa educativo (Universidad of California, Berkeley, study abroad, 2013).

- **Estructura curricular:** El programa universitario está diseñado para 4 años, compuesto de 33 cursos básicos que se dividen de la siguiente manera:
 - ✓ *Cursos de división inferior:* 4 cursos en matemáticas, 2 cursos en física, 1 curso en biología, 3 cursos en química, 4 cursos pertenecientes al departamento de ingeniería química y biomolecular, 1 curso en ingeniería, 1 curso de lectura y composición, y electivas de amplitud (College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major lower division requirements, 2013).
 - ✓ *Curso de división superior:* 2 cursos en química, 6 cursos pertenecientes al departamento de ingeniería química y biomolecular, 1 curso en ingeniería, 1 curso en ingeniería eléctrica y, electivas y concentraciones (College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering upper division requirements, 2013).

En la **Tabla 2** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de unidades, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Unidades	Total materias	Total horas de clase semanales
Matemáticas	-	4	-
Química	-	4	-
Física	-	2	-
Biología	-	1	-
Lectura y composición	-	1	-
Ingeniería	-	2	-
Ingeniería eléctrica	-	1	-
Termodinámica	-	2	-
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	-	2	-
Diseño (procesos químicos, dinámica y control, cinética e ingeniería de las reacciones)	-	5	-
Técnicas de comunicación para ingenieros químicos	-	1	-
Electivas			
De amplitud	-	4	-
De ciencias	-	1	-
De ingeniería	-	2	-
De núcleo de ingeniería química	-	1	-
Total	-	33	-

Total asignaturas: 33 cursos

Total unidades: No se encuentra disponible en la página web.

Equivalencia del crédito: No se encuentra disponible en la página web.

Áreas de concentración:
Las concentraciones son en las siguientes áreas:

- Biotecnología.
- Procesos químicos.
- Tecnología ambiental.
- Ciencia de los materiales y la tecnología.
- Ciencia física aplicada.

Los estudiantes que planean declarar una concentración deberán hacerlo a más tardar al final de su tercer año. No se permiten concentraciones dobles (College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering upper division requirements, 2013).

Tabla 2. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of California, Berkeley.

4.2.3 Stanford University, Stanford (CA) (EE. UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química y Biológica.
- **Nombre del departamento o facultad:** Departamento de Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 12 trimestres / 4 años.
- **Barreras de entrada:** los componentes de solicitud requeridos son:
 - ✓ Solicitud común de primer año.
 - ✓ Suplemento de Stanford en escritura.
 - ✓ 90 USD como cuota de solicitud no reembolsable.
 - ✓ Exámenes oficiales (SAT o el ACT Plus Writing) enviado por el College Board o ACT.
 - ✓ Informe Escolar.
 - ✓ Transcripción oficial del informe escolar.
 - ✓ Dos evaluaciones de maestros.
 - ✓ Informe de mitad de año.

(Stanford University, undergraduate admission, freshman requirements & process, 2014)

- **Reseña histórica:** Desde la fundación de Stanford en 1891, la ingeniería ha sido un núcleo de los programas de educación e investigación de la universidad. Cinco de los primeros 15 miembros de la facultad de la universidad eran profesores de ingeniería y 141 originales de 559 estudiantes de la universidad se matricularon en ingeniería.

La Escuela de Ingeniería fue fundada en 1925, y durante más de ocho décadas, los ingenieros de Stanford han impulsado innovaciones tecnológicas incontables, fomentó el desarrollo de la industria de la tecnología en California, y ayudó a fundar miles de empresas (Engineering - Stanford University, history, 2013).

- **Misión:** Buscar soluciones a importantes problemas mundiales y educar a los líderes que van a hacer del mundo un mejor lugar mediante el uso de la fuerza de los principios de ingeniería, técnicas y sistemas. Es esencial educar a los ingenieros que poseen no sólo la excelencia técnica profunda, también la creatividad, la conciencia cultural y las habilidades empresariales que provienen

de la exposición a las artes liberales, negocios, medicina y otras disciplinas que son una parte integral de la experiencia de Stanford (Engineering - Stanford University, about Stanford engineering, 2013).

- **Visión:** no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:**
 - ✓ *Principios y Habilidades:* Proporcionar un conocimiento básico de los principios de la ingeniería química, junto con la capacidad de análisis de resolución de problemas y comunicación necesarias para tener éxito en diversas carreras, incluida la práctica de la ingeniería química y la investigación académica.
 - ✓ *Preparación para la práctica cambiante y diversa:* Preparar a los estudiantes para la práctica exitosa en un campo cuyo foco está en constante cambio y crecimiento, con una perspectiva a largo plazo que tenga en cuenta las nuevas herramientas, nuevos medios de dispersión y control de la información, las nuevas áreas de interés, como la biotecnología y la ingeniería molecular, y las expectativas profesionales y sociales cada vez más complejos.
 - ✓ *Preparación para estudios de posgrado:* Preparar a los estudiantes para estudios de postgrado junto con a corto plazo y / o de investigación profesional a largo plazo en las ciencias de la ingeniería química y química.
 - ✓ *Preparación para el servicio:* Preparar y desarrollar habilidades, conocimiento, y antecedentes de los estudiantes para convertirse en ciudadanos responsables, empleados y líderes en nuestras comunidades y en el campo de la ciencia química.

(Engineering - Stanford University, undergraduate degree programs, 2013)

- **Perfil profesional:** Los estudiantes que han completado con éxito el programa, cumple con los siguientes resultados:
 - ✓ Dominio y capacidad para aplicar los conocimientos de la ingeniería, las matemáticas a través de ecuaciones diferenciales, probabilidad y estadística y ciencias como la física, la química y la biología.
 - ✓ Capacidad para diseñar y realizar experimentos, así como analizar e interpretar los datos obtenidos.
 - ✓ Capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas.
 - ✓ Capacidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.

- ✓ Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- ✓ Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
- ✓ Capacidad de comunicarse de manera efectiva.
- ✓ Amplio estudio necesario para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social.
- ✓ Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje de por vida.
- ✓ Conocimiento de los problemas contemporáneos.
- ✓ Capacidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- ✓ Adquirir los principios para la admisión a los programas de posgrado de ingeniería o profesionales.

(Engineering - Stanford University, undergraduate degree programs, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:** El estudiante debe crear una “hoja programa de pregrado del estudiante”. Este es un documento esencial para la planificación y para la certificación de grado de la Facultad de Ingeniería y debe presentarse al departamento de Ingeniería Química para su revisión y posterior aprobación. Además, para satisfacer Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología de los requisitos (ABET), un estudiante con especialización en ingeniería química, debe completar un año y medio (mínimo 68 unidades) de temas de ingeniería apropiadas para el campo de estudio en cuestión (Handbook for undergraduate engineering programs 2013 - 2014, Stanford University, school of engineering, 2013).
- **Acreditación del programa:** El programa en Ingeniería Química está acreditado por la Comisión de Acreditación de Educación y Cultura de ABET (Engineering - Stanford University, undergraduate degree programs, 2013).
- **Internacionalización:** La universidad cuenta con programas de prácticas y proyectos de servicio en China, los cuales tienen como objetivo mejorar la enseñanza de la ingeniería, proporcionando a los estudiantes la oportunidad de aprender acerca de este país, para construir redes profesionales y de adquirir experiencia laboral real en un entorno culturalmente diverso e internacional. Además, la Escuela de Ingeniería y Bing Overseas Studies Program (BOSP) han trabajado juntos para ofrecer excelentes oportunidades para estudiantes de ingeniería para estudiar, trabajar y experimentar la vida en otros países como Australia, Beijing, Berlin, Cape Town, Florence, Kyoto, Madrid, Moscow, Oxford,

Paris y Santiago (Handbook for undergraduate engineering programs 2013 - 2014, Stanford University, school of engineering, 2013).

- **Estructura curricular:** El programa universitario está diseñado para 4 años, compuesto de 34 cursos básicos que se dividen de la siguiente manera:
 - ✓ Cursos de matemáticas y ciencias.
 - ✓ Curso de tecnología en la sociedad.
 - ✓ Cursos de fundamentos de ingeniería.
 - ✓ Curso de requisito profesional.
 - ✓ Cursos del departamento de ingeniería

(Handbook for undergraduate engineering programs 2013 - 2014, Stanford University, school of engineering, 2013)

En la **Tabla 3** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de unidades, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Unidades	Total materias	Total horas de clase semanales
Matemáticas	25	5	-
Química	23	6	-
Física	8	2	-
Tecnología en la sociedad	3-5	1	-
Fundamentos de ingeniería	9	3	-
La profesión de ingeniería química	1	1	-
Diseño (modelamiento y dinámica de procesos, cinética y reactores, diseño de plantas)	9	3	-
Termodinámica	12	4	-
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	11	3	-
Bioquímica	6	2	-
Laboratorio de ingeniería química	8	2	-
Asignaturas a elegir en ingeniería química			
Curso a elegir (ingeniería de fabricación en micro y nanotecnología, catálisis con aplicación en transformación de energía, ciencias e Ingeniería de polímeros, polímeros para la energía y sostenibilidad Ambiental, microbiología ambiental I y bioquímica II)	6	2	-
Total	Varían	34	-

Total asignaturas: 34 cursos

Total unidades: se debe cumplir un mínimo de 118 unidades.

Equivalencia del crédito: No se encuentra disponible en la página web.

Áreas de concentración:
El plan de estudios del departamento de ingeniería química se concentra en el estudio de las matemáticas aplicadas balances de energía, materiales y, termodinámica, mecánica de fluidos, transferencia de masa y energía, tecnologías de separaciones, cinética de las reacciones químicas y el diseño del reactores y procesos químicos. Estos cursos se construyen sobre una base en las ciencias de la química, la física y la biología (Handbook for undergraduate engineering programs 2013 - 2014, Stanford University, school of engineering, 2013).

Tabla 3. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Stanford University, Standford (CA).

4.2.4 Yale University, New Haven (CT) (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ingeniería y Ciencia Aplicada - Departamento de Ingeniería Química y ambiental.
- **Duración del programa:** 8 semestres / 4 años.
- **Barreras de entrada:** Los solicitantes de admisión de primer año deben presentar lo siguiente:
 - ✓ Aplicación común y preguntas específicas, que se realizan en línea.
 - ✓ 75 USD como cuota de solicitud o inscripción.
 - ✓ Recomendaciones de dos maestros de secundaria.
 - ✓ Informe Escolar (incluye transcripción y recomendación del consejero)
 - ✓ Resultados de exámenes estandarizados, incluyendo el SAT y dos exámenes de materias SAT o el examen de redacción de ACT Plus.
 - ✓ Informe de mitad de año (correspondiente al primer semestre o trimestre de los grados superiores que estén disponibles en su escuela).

(Yale University, application instructions & components, 2014)

- **Reseña histórica:** Las raíces de Yale se remontan a la década de 1640, cuando los clérigos coloniales llevaron un esfuerzo para establecer una universidad en New Haven para preservar la tradición de la educación liberal europea en el Nuevo Mundo. Universidad de Yale sobrevivió a la Guerra de Independencia (1775-1783) intacta y, al final de sus primeros cien años, ha crecido rápidamente. Los siglos XIX y XX trajeron el establecimiento de las escuelas de posgrado y profesionales que harían una verdadera universidad de Yale. La Escuela de Medicina de Yale fue fundada en 1810, seguida de la Escuela de Teología en 1822, la Facultad de Derecho en 1824, y la Escuela de Graduados de Artes y Ciencias en 1847 (que, en 1861, recibió el primer doctorado en los Estados Unidos) (Yale University, about, history, 2013).

Yale tiene una historia larga e ilustre de Ingenieros Químicos. La instrucción formal se inició en 1922, y los primeros años fueron muy influenciado por el profesor Barnett Dodge, quien se desempeñó como Jefe del Departamento de treinta años (1931-1961). Profesor Harding fue el primer editor de la Revista AIChE en 1955. Más recientemente, el profesor John Fenn ganó el Premio Nobel 2002 de Química

por trabajo hecho mientras estaba en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Yale. En 2010, para reflejar con mayor precisión el alcance de las actividades de investigación, el Departamento cambió oficialmente su nombre por el de Química e Ingeniería Ambiental. Hoy en día, el estudio en el Departamento se centra en los principios fundamentales de la ingeniería, la innovación, la perspectiva global, y el liderazgo. Se aprovechen al máximo las oportunidades de colaboración con los excelentes programas de Yale en Ingeniería, Química, Biología, Física, Ciencias Ambientales, Medicina y Administración. Los graduados en Ingeniería Química y Ambiental (tanto a nivel de doctorado y licenciatura) son creativos, adaptativos y líderes científicos y técnicos que en última instancia, encuentran empleo en la industria, la academia y el gobierno (School of engineering & applied science - Yale University, chemical and environmental engineering, department chair's message, 2013).

- **Misión:**
 - ✓ La misión de la *Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas* es proporcionar una educación liberal moderna, basada en principios científicos y la práctica de la ingeniería, que constituye la base para el liderazgo en las carreras vitales para la sociedad (Mission statements of the schools of Yale University, 2013).
 - ✓ Como todas las grandes universidades de investigación, *Yale* tiene una misión tripartita: para crear, preservar y difundir el conocimiento (Yale University, about, leadership & organization, 2013).
- **Visión:** no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:** La *Universidad de Yale* tiene como objetivo llevar a cabo cada parte de su misión en el más alto nivel de excelencia, a la par de las mejores instituciones del mundo (Yale University, about, leadership & organization, 2013).
- **Perfil profesional:** Los graduados del Programa de Ingeniería Química están preparados para:
 - ✓ Alcanzar posiciones de liderazgo dentro de la academia, la industria y el gobierno.
 - ✓ Entra y sobresalir dentro de los mejores programas de posgrado en química, campos de la ingeniería biomédica, ambientales y relacionados con ellos.
 - ✓ Entrar y sobresalir dentro de las mejores escuelas profesionales, por ejemplo en derecho, en medicina, en gestión.
 - ✓ Entrar y subir dentro de las empresas grandes y pequeñas.
 - ✓ Convertirse en empresarios exitosos.

- ✓ Aplicar la ingeniería práctica hacia el beneficio de la humanidad.

(School of engineering & applied science - Yale University, undergraduate study chemical engineering, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:** El estudiante debe completar el programa de 36 cursos, el cual puede cumplirse 4 semestres de 4 cursos y cuatro de 5 cursos; el mínimo de cursos que se pueden tomar son de 4 por semestre.
- **Acreditación del programa:** El programa en Ingeniería Química está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET (School of engineering & applied science - Yale University, undergraduate study chemical engineering, 2013).
- **Internacionalización:** La universidad cuenta con el programa Whitney and Betty MacMillan Center de estudios internacionales y de área. El cual es el punto focal para impulsar y coordinar la docencia y la investigación sobre los asuntos, regiones y culturas de todo el mundo. De la ciencia y la ingeniería, a las artes y las humanidades, explora diferentes formas en las que el profesorado, los estudiantes y académicos de Yale realizan estudios, la investigación y debates sobre cuestiones internacionales y mundiales. El programa cuenta con:
 - ✓ *Centros e iniciativas.* La investigación de Yale internacional, la enseñanza y las actividades de estudio se llevan a cabo en una amplia variedad de centros y programas en todas las áreas académicas (Yale University, Yale and the world, international centers & initiatives, 2013).
 - ✓ *Investigación de la Facultad. Investigación de la Facultad.* Permite acceder a la base de datos de líneas de investigación y proyectos de la facultad de Yale en todo el mundo. Abarca disciplinas académicas y miembros de la facultad de Yale que están involucrados en centros y proyectos de investigación conjunta de Chile y Brasil a China y Japón
 - ✓ *Colecciones de la Biblioteca.* Buscar en las colecciones internacionales de la Biblioteca de la Universidad de Yale, una de las bibliotecas de investigación más importantes del mundo, que incluye alrededor de 12,8 millones de volúmenes y la información en todos los medios, que van desde antiguos papiros de los primeros libros impresos en bases de datos electrónicas.
 - ✓ *Museos y Galerías*
 - ✓ *Yale Contenidos Digitales*

(Yale University, Yale and the world, academics & research, 2013)

- **Estructura curricular:** El programa universitario está diseñado para 4 años, compuesto de 36 cursos básicos que se dividen de la siguiente manera:
 - ✓ Requisitos previos.
 - ✓ Curso requeridos.
 - ✓ Cursos obligatorios adicionales.
 - ✓ Cursos de libre elección en ingeniería química.
 - ✓ Cursos de libre elección en humanidades/ciencias sociales.

(Chemical engineering, director of undergraduate studies, 2013)

En la **Tabla 4** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de unidades, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Unidades	Total materias	Total horas de clase semanales
Matemáticas	-	4	-
Química	-	6	-
Física	-	2	-
Informática	-	1	-
Principios de ingeniería química	-	2	-
Termodinámica	-	4	-
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	-	3	-
Diseño (cinética y reactores, procesos de control)	-	3	-
Electivas			
Humanidades/Ciencias sociales	-	8	-
Ingeniería	-	3	-
Total	-	36	-

Total asignaturas: 36 cursos

Total unidades: No se encuentra disponible en la página web.

Equivalencia del crédito: No se encuentra disponible en la página web.

Áreas de concentración:
 El programa de Ingeniería Química Universidad de Yale se centró principalmente en las ciencias básicas, la ingeniería y la resolución de problemas, con un enfoque adicional en la comunicación, el análisis de experimentos, y el diseño de procesos químicos. El programa parte de una base arraigada en las ciencias básicas de las matemáticas, la química, la física, y la biología, un núcleo de la ingeniería tradicional de termodinámica, fenómenos de transporte, y la cinética química, un componente de diseño riguroso, y un enfoque en la ampliación de los temas emergentes en los materiales, nanotecnología y ciencias de la vida. Además, hace énfasis en tecnologías de última generación como la microelectrónica, energía alternativa, la biomedicina y farmacia (School of engineering & applied science - Yale University, undergraduate study chemical engineering, 2013).

Tabla 4. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Yale University, New Haven (CT).

4.2.5 Princeton University, Princeton (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química y Biológica.

- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- **Duración del programa:** 4 años.
- **Barreras de entrada:** Todos los estudiantes deben presentar:
 - ✓ Un formulario de solicitud completo, ya sea a través de la solicitud común o de la aplicación universal (recomendada).
 - ✓ Suplemento de la escritura de Princeton para la solicitud común (se presenta en línea)
 - ✓ Suplemento de Princeton a la aplicación Universal (se realiza si se realiza el formulario de solicitud a través de la aplicación universal).
 - ✓ Un informe de la escuela (SR) y la transcripción.
 - ✓ Recomendaciones de dos maestros de áreas diferentes de estudio. .
 - ✓ Un informe de la escuela a mitad de año.
 - ✓ Examen de razonamiento SAT o el ACT.
 - ✓ SAT Subject Tests.
 - ✓ Los resultados del TOEFL

Como componentes opcionales de la aplicación se pueden presentar:

- ✓ Suplemento en artes.
- ✓ Entrevista.

(Princeton University, application checklist, 2014)

- **Reseña histórica:** Constituida en 1746 como el Colegio de Nueva Jersey, la Universidad de Princeton fue la cuarta universidad de la Norteamérica británica. En Elizabeth por un año y luego en Newark por nueve, la Universidad de Nueva Jersey se mudó a Princeton en 1756. En 1896, la Universidad de Nueva Jersey pasó a llamarse oficialmente la Universidad de Princeton en honor a su comunidad de acogida de Princeton. Cuatro años más tarde, en 1900, se creó la Escuela de Postgrado (Princeton University, Princeton's history, 2013).

Universidad de Princeton ofreció sus primeros cursos en ingeniería química en 1922 bajo la dirección de Sir Hugh Stott Taylor. El primer doctorado en Ingeniería Química en Princeton fue concedido en 1948. En reconocimiento de la creciente

importancia de la biotecnología en la disciplina de la ingeniería química, y en la investigación y el plan de estudios de nuestro departamento, este se convirtió oficialmente en Ingeniería Química y Biológica, el 1 de julio de 2010. A mediados de 2010, nuestro departamento está compuesto por 18 profesores y 3 miembros asociados profesores, 97 estudiantes de posgrado, 120 estudiantes de pregrado y 32 de investigación y personal técnico, incluyendo los asociados posdoctorales. En conjunto, este grupo está formado por una comunidad dinámica y vibrante de investigadores, profesores y académicos (School of engineering and applied science - Princeton, about us, 2013).

- **Misión:**

- ✓ Ofrecer programas de educación e investigación de la más alta calidad, que prepararán a los estudiantes para puestos de liderazgo en la industria química, materiales de bioquímica, biomedicina y, academia y laboratorios gubernamentales.
- ✓ Ayudar a definir las fronteras del conocimiento en la moderna ingeniería química y biológica a través del liderazgo intelectual en la investigación y la erudición.
- ✓ Contribuir al liderazgo tecnológico de la nación mediante la realización de investigaciones que estimula el desarrollo de nuevas tecnologías.

(School of engineering and applied science - Princeton, about us, 2013)

- **Visión:** Siendo reconocida mundialmente como universidad de investigación, Princeton busca alcanzar los más altos niveles de la distinción en el descubrimiento, la transmisión y la comprensión del conocimiento. Al mismo tiempo, busca distinguirse entre las universidades de investigación en su compromiso con la enseñanza de pregrado (Princeton University, about Princeton: overview, 2013).

- **Objetivos estratégicos:**

- ✓ Sobresalir en las carreras de ingeniería química, en la práctica y la investigación para la industria química, la industria bioquímica, energía y materiales.
- ✓ Hacer uso de la versatilidad del programa de ingeniería química de Princeton para sobresalir en diversas carreras, incluyendo negocios, medicina, leyes, gobierno y educación.
- ✓ Destacar en los programas de posgrado de alta clasificación y escuelas profesionales.

- ✓ Ser reconocidos como pensadores críticos, creativos e independientes que dirigen sus conocimientos técnicos para abordar las necesidades de la sociedad.

- ✓ Ser reconocidos como líderes en sus campos.

(School of engineering and applied science - Princeton, ABET accreditation, 2013)

- **Perfil profesional:** Los estudiantes que han completado con éxito el programa, cumple con los siguientes resultados del programa ABET:

- ✓ Capacidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.

- ✓ Capacidad para diseñar y realizar experimentos, así como analizar e interpretar los datos obtenidos.

- ✓ Capacidad de diseñar un componente del sistema o proceso para satisfacer las necesidades deseadas.

- ✓ Capacidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.

- ✓ Capacidad para formular y resolver problemas de ingeniería.

- ✓ Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.

- ✓ Capacidad de comunicarse de manera efectiva.

- ✓ La amplia educación necesaria para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contenido global y de la sociedad.

- ✓ Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje de por vida.

- ✓ Conocimiento de los problemas contemporáneos.

- ✓ Capacidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería, necesarias para la práctica de la misma.

(School of engineering and applied science - Princeton, ABET accreditation, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:** El estudiante debe completar el programa de 36 cursos, el cual puede cumplirse 4 semestres de 4 cursos y cuatro de 5 cursos; el mínimo de cursos que se pueden tomar son de 4 por semestre. La escuela también requiere que el promedio departamental debe ser de al menos 2,00 para permitir que un estudiante se gradúe (Department of chemical and biological engineering - Undergraduate Handbook, 2013).

- **Acreditación del programa:** Programa de pregrado de Ingeniería Química y Biológica está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET, Inc. Es una de las organizaciones de acreditación más respetada en los Estados Unidos, y se utiliza para garantizar que determinados programas académicos cumplen con las normas establecidas de la ingeniería y de la educación técnica (School of engineering and applied science - Princeton, ABET accreditation, 2013).
- **Internacionalización:** La universidad cuenta con:
 - ✓ El Programa de Estudios en el Extranjero (SAP) que proporciona una guía para los estudiantes de Princeton que deseen estudiar en el extranjero durante el año académico o verano.
 - ✓ El Programa Internacional de Becas (IIP), que admite estudiantes de Princeton que deseen realizar una pasantía de verano en el extranjero.
 - ✓ Una amplia gama de estudios internacionales y de investigación, oportunidades disponibles para los estudiantes de pregrado y postgrado, incluyendo la posibilidad de llevar a cabo investigaciones independientes en el extranjero.
 - ✓ Apoyo a los estudiantes interesados en proyectos extracurriculares en el extranjero.
 - ✓ El programa del año sabático, el cual permite a un selecto grupo de estudiantes entrantes a pasar un año en el servicio público en el extranjero.

El aprendizaje permanente y el servicio en el extranjero son actividades que muchos alumnos ponen en acción, creando en contactos con las culturas y comunidades que abarcan todo el mundo (Princeton University, international Princeton: overview, 2013).

- **Estructura curricular:**El programa universitario está diseñado para 4 años, compuesto de 36 cursos básicos que se disgregan así: núcleo común (para todos los estudiantes de ingeniería) de cursos de matemáticas, química, física e informática; requisitos de escritura; electivas en humanidades y ciencias sociales; cursos básicos de ingeniería química y biológica; requisitos en ciencias y matemáticas avanzadas; optativas del programa y electivas libres (School of engineering and applied science - Princeton, course requirements, 2013).

En la **Tabla 5** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Núcleo Común			
Matemáticas	-	4	-
Física	-	2	-
Química general	-	1	-
Informática	-	1	-
Requisito de Escritura			
Requisito de escritura	-	1	-
Electivas en Humanidades y Ciencias Sociales			
Cursos a elegir (deben incluir por lo menos un curso en el pensamiento ético y valores morales)	-	7	-
Cursos Básicos de Ingeniería Química y Biológica			
Ingeniería química	-	2	-
Termodinámica	-	1	-
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	-	2	-
Diseño (ingeniería de los reactores, diseño de procesos)	-	2	-
Tesis de grado	-	2	-
Requisitos en Ciencias y Matemáticas Avanzadas			
Matemáticas	-	1	-
Química	-	2	-
Biología molecular	-	1	-
Optativas del Programa			
Áreas de concentración	-	3	-
Amplitud	-	1	-
Electivas Libres			
Cursos a elegir	-	2	-
Total	-	36	-

Total asignaturas: 36 cursos

Total créditos: No se encuentra disponible en la página web.

Equivalencia del crédito: No se encuentra disponible en la página web.

Áreas de concentración:

- Bioingeniería y biotecnología.
- Emprendimiento y gestión.
- Energía y tecnología del medio ambiente.
- Materiales e ingeniería de producto.
- Optimización, dinámica y tecnología de la información.
- Ciencia e ingeniería de nuevas tecnologías.

Profundizar en un área de concentración se lleva a cabo mediante la adopción de tres cursos de una lista prescrita y la realización de trabajos independientes de alto nivel (tesis de grado) en la misma zona de la concentración (School of engineering and applied science - Princeton, course requirements, 2013).

Tabla 5. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Princeton University, Princeton.

4.2.6 California Institute of Technology (Caltech), Pasadena (CA) (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** División de Química e Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 4 años (el año escolar se divide en tres trimestres).
- **Barreras de entrada:**
 - ✓ Solicitar admisión, enviando la solicitud común para diligenciar las preguntas de los miembros Caltech y realizar el suplemento de escritura. Además se debe enviar 75 USD como cuota de solicitud y la documentación de apoyo.
 - ✓ Se debe contar con la siguiente preparación académica: 4 años de matemáticas (incluyendo cálculos), 1 año de la física, 1 año de la química, 3 años de Inglés (se recomiendan 4 años) y 1 año de la historia de EE.UU. (obligatoria para los estudiantes internacionales)

- ✓ Requisito de pruebas estandarizadas: SAT escritura o ACT escritura, SAT matemáticas nivel 2, SAT Subject Test (en biología ecológica, biología molecular, química o física) y TOEFL (para estudiantes internacionales).
- ✓ Evaluaciones de dos maestros, uno de matemáticas o ciencias y el otro de humanidades o ciencias sociales.
- ✓ Entrevista.

(California Institute of Technology, undergraduate admissions, freshman applicants, 2014)

- **Reseña histórica:** En septiembre de 1891, se estableció la Universidad de Throop, precursora de Caltech. En noviembre de ese año, la universidad abrió sus puertas con 31 estudiantes y una facultad de seis miembros. En 1907, Throop comenzó a moldear la escuela en una institución de primera clase para la ingeniería y la investigación científica y la educación. Para 1921, la institución había para cambiado el nombre de Instituto de Tecnología de California (California Institute of Technology, about Caltech, history & milestones, 2013). Durante los siguientes 85 años se añadieron programas en la geología, la biología, la aeronáutica, la astronomía, la astrofísica, las ciencias sociales, ciencias de la computación, y la computación y sistemas neuronales (California Institute of Technology, undergraduate admissions, Caltech history, 2013).

La ingeniería química en Caltech tiene una larga tradición. Comenzó como la química aplicada, y por esa época el departamento llevó el famoso Proyecto 37 del Instituto Americano del Petróleo que proporcionó gran parte de los conocimientos básicos sobre termodinámica y los equilibrios de fase en sistemas de hidrocarburos. Los acontecimientos posteriores, bajo la hábil dirección de una serie de distinguidos educadores y científicos, han llevado al departamento a la vanguardia de la investigación y la docencia en ingeniería química. En la actualidad, la facultad de ingeniería química en Caltech lleva, de forma activa, las investigaciones más destacadas e innovadoras del mundo en nuevos campos de aplicación y la participación (Chemical engineering - California Institute of Technology, home, 2013).

- **Misión:** Ampliar el conocimiento humano y beneficiar a la sociedad mediante la investigación integrada con la educación. Investigamos los más desafiantes problemas fundamentales de la ciencia y la tecnología en un ambiente singularmente colegial e interdisciplinario, mientras se educan estudiantes excepcionales para convertirse en miembros creativos de la sociedad (Caltech catalog, september 2012, 2013).
- **Visión:** no se encuentra la información disponible en la página web.

- **Objetivos estratégicos:** Caltech prepara a los estudiantes a convertirse en líderes mundiales en la ciencia, la ingeniería, la academia, las empresas y servicios públicos. El Instituto tiene como objetivos para estos resultados educativos:
 - ✓ Educar para analizar, sintetizar y comunicar ideas. Que demuestren integridad, la responsabilidad personal y profesional, y el respeto por los demás.
 - ✓ Educar para identificar, analizar y resolver problemas difíciles dentro y a través de la ciencia y disciplinas de la ingeniería. Además, de aplicar sus habilidades analíticas de otras áreas del saber y entender cuestiones importantes en nuestra sociedad.
 - ✓ Educar para aplicar conocimientos avanzados en un área especializada en la preparación de sus carreras profesionales.
 - ✓ Educar para que el individuo identifique de manera independiente, analice y resuelva los problemas fundamentales de la investigación con amplitud y profundidad.

(Caltech catalog, september 2012, 2013)

- **Perfil profesional:** La opción de la ingeniería química sigue los criterios del ABET para la acreditación de ingeniería y bajo este enfoque, los estudiantes que han completado con éxito el programa cumplen con los siguientes resultados:
 - ✓ Capacidad para aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
 - ✓ Capacidad para diseñar y realizar experimentos, así como analizar e interpretar los datos obtenidos.
 - ✓ Capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas dentro de las limitaciones económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y sostenibilidad.
 - ✓ Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.
 - ✓ Capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
 - ✓ Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
 - ✓ Capacidad de comunicarse de manera efectiva.
 - ✓ Conocimiento necesario para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social.

- ✓ Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje de por vida.
- ✓ Conocimiento de temas contemporáneos.
- ✓ Capacidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para su práctica.

(Chemical engineering - California Institute of Technology, undergraduate program, ChE option, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:**

- ✓ Se deben cumplir 12 trimestres de residencia, independiente de la carga de créditos de cada trimestre o si un estudiante completa los requisitos de graduación en un trimestre (s) antes de tiempo.
- ✓ Independientemente de la cantidad de unidades otorgadas al matricularse, los estudiantes de transferencia deben pasar al menos dos años (seis trimestres) en residencia en Caltech. Los estudiantes también deben ganar por lo menos 216 unidades en Caltech, sin incluir los cursos realizados para satisfacer las matemáticas y los requisitos del plan de estudios de ciencias.
- ✓ Los estudiantes deben tomar, o haber tomado y aprobado el equivalente de todos los cursos del plan de estudios.

(Caltech catalog, september 2012, 2013)

- **Acreditación del programa:** El programa de ingeniería química en Caltech está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET (Chemical engineering - California Institute of Technology, undergraduate program, ChE option, 2013).
- **Internacionalización:** Caltech ofrece seis oportunidades oficiales de estudios en el extranjero para los estudiantes de cualquier disciplina: Melbourne Scholars Program, Ecole Polytechnique Scholars Program, Cambridge Scholars Program, Copenhagen Scholars Program, Edinburgh Scholars Program y UCL Scholars Program. Además ofrece oportunidades a los estudiantes graduados que buscan financiación para apoyar la investigación en el extranjero a nivel de posgrado o pos - doctorado con becas de investigación, como la Fullbright (California Institute of Technology, fellowships advising & study abroad, study abroad, 2013).
- **Estructura curricular:** El programa universitario está diseñado para 12 trimestres de residencia (4 años, cada año escolar se divide en tres trimestres). No se maneja el término “crédito”, en cambio se asignan “unidades” a cada curso y representan el número de horas invertidas en la clase, en el laboratorio, y que se

estima se gastarán en preparación a la semana (California Institute of Technology, Caltech catalog courses 2012 - 2013, 2013). En el primer y segundo año se trabaja en el ciclo básico, y en el tercer y cuarto año se debe tomar una de las cuatro áreas de concentración. Durante el segundo, tercer y cuarto año se toman los cursos referentes al programa de ingeniería química. El plan de estudios se centra en el desarrollo de la capacidad de sintetizar y aplicar el conocimiento de los temas estudiados en el diseño de sistemas, componentes, procesos o experimentos, sin perjuicios técnicos, económicos, ambientales y/o limitaciones sociales (Caltech catalog, september 2012, 2013).

En la **Tabla 6** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de unidades, la equivalencia de la unidad y las áreas de concentración.

Plan de estudios:				
Disciplinas	Unidades por trimestre (ver equivalencia de la unidad)			Cantidad de cursos
	1er	2do	3er	
Primer año				
Matemáticas	9	9	9	1
Física	9	9	9	1
Biología	-	-	9	1
Química	12	15	6	2
Informática	9	-	-	1
Segundo año				
Matemáticas	21	21	12	2
Física	9	9	-	1
Química	9	9	18	2
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	9	-	-	1
Termodinámica	-	9	9	1
Electivas en ciencias sociales y humanas	9	9	9	Varían
Tercer año				
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	9	9	9	1
Diseño (ingeniería de la reacción química, dinámica y control de procesos)	-	9	9	2
Escritura científica	3	3	3	1
Economía	9	-	-	1
Electivas en ciencias sociales y humanas	9	18	18	Varían
Cuarto año				
Química	-	-	9	1
Termodinámica	9	9	9	1
Electivas en ciencia o ingeniería	9	9	9	Varían
Electivas en ciencias sociales y humanas	-	9	9	Varían
Electivas	9	9	9	Varían
Áreas de concentración				
Cuatro áreas a elegir	72	-	-	8
Total unidades	549			Varían

Total asignaturas: Varían dependiendo de la cantidad de cursos tomados por las electivas a seleccionar en cada años escolar. Además, se debe tener en cuenta que algunos de los cursos se pueden ver hasta en los tres trimestres del año escolar.

Total unidades: 549 unidades.

Equivalencia de la unidad: El número de unidades asignadas en un trimestre para cualquier asignatura representa el número de horas invertidas en la clase, en el laboratorio, y que se estima se gastarán en preparación a la semana (California Institute of Technology, Caltech catalog courses 2012 - 2013, 2013).

Áreas de concentración:
Cada área de concentración consta de ocho cursos de ingeniería o ciencias, las cuales son:

- Biomolecular.
- Ambiental.
- Sistemas de procesos.
- Materiales.

(Chemical engineering - California Institute of Technology, undergraduate program, courses, 2013)

Tabla 6. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química del California Institute of Technology (Caltech), Pasadena (CA).

4.2.7 University of Michigan (UM), Ann Arbor (MI) (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Ingeniería.
- **Duración del programa:** 4 años.
- **Barreras de entrada:** Todos los estudiantes siguen los mismos pasos básicos para aplicar a la Universidad de Michigan, una solicitud completa incluirá cada uno de los siguientes elementos:
 - ✓ La Solicitud Común.
 - ✓ Preguntas UM Miembros y Suplemento de Escritura.
 - ✓ Transcripción de la alta escuela.
 - ✓ Informe Escolar.
 - ✓ Una evaluación de maestros.
 - ✓ SAT o ACT con resultados de las pruebas de escritura.
 - ✓ TOEFL, MELAB o IELTS (para los hablantes no nativos de inglés).

(University of Michigan, undergraduate admissions, application requirements, 2014)

- **Reseña histórica:** En 1898 los Regentes aprueban una solicitud para el primer curso de estudios en la Universidad de Michigan, que lleva a una licenciatura en ciencias en ingeniería química. En 1903, cinco estudiantes se convierten en la primera clase en graduarse con un título en ingeniería química de la Universidad de Michigan. Requisitos para la graduación en ese momento eran 130 horas de crédito y una tesis. Seis años más tarde, el departamento graduaba un promedio de veinte estudiantes por año. En 1925, el campo de la ingeniería química es reconocido nacionalmente como una rama de la ingeniería y la Universidad de Michigan es uno de los 14 planes de estudios acreditados enumerados por el AIChE. En 1934, el programa que ofrece el Departamento de Ingeniería Química de la UM está clasificado por el Consejo Americano de Educación como uno de los tres principales programas "más destacados" de la nación. Los criterios incluyeron la adecuación del personal y equipo para preparar a los candidatos para el doctorado. En 1948, en sus 50 años, el departamento había matriculado un total de 3.876 estudiantes de grado y 2.151 otorgados grados de licenciatura, en la Escuela de Postgrado, se habían otorgado 940 grados más altos (Chemical

engineering - University of Michigan, about our department, notable historical chemical engineering events, 2013). En la actualidad son más de 100 años de trayectoria y reconocimiento mundial, de la mano de los más altos estándares de calidad.

- **Misión:** Proporcionar una sólida y actualizada base técnica que prepara a los estudiantes para una carrera en Ingeniería Química o áreas afines (Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, program mission, 2013).
- **Visión:** Educar y apoyar a estudiantes diversos, y prepararlos para ser líderes en Ingeniería Química o áreas afines (Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, program mission, 2013).
- **Objetivos estratégicos:** formar profesionales que estén en la capacidad de alcanzar posiciones de liderazgo frente a pares o a profesionales en otros campos, sobresaliendo en los siguientes aspectos:
 - ✓ Eficacia como solucionadores de problemas creativos e innovadores.
 - ✓ Capacidad de pensar críticamente para resolver problemas relevantes.
 - ✓ eficacia como comunicadores para obtener y transmitir información.
 - ✓ La competencia y la comodidad en ambientes multifuncionales y multiculturales.
 - ✓ Exhibir y exigir altos estándares éticos.

(Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, program mission, 2013)

- **Perfil profesional:** Los estudiantes que han completado con éxito el programa, obtienen los siguientes resultados:
 - ✓ Capacidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería a los problemas de ingeniería química [ABET: 3a]
 - ✓ Capacidad de diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar los datos [ABET: 3b]
 - ✓ Capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas [ABET: 3c; Programa]
 - ✓ Habilidad para trabajar en grupos multidisciplinarios [ABET: 3d]

- ✓ Capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería [ABET: 3e]
- ✓ Comprensión de la responsabilidad profesional y ética [ABET: 3f]
- ✓ Capacidad de comunicarse de manera efectiva oralmente y por escrito [ABET: 3g]
- ✓ Comprensión del impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social [ABET: 3h]
- ✓ Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje permanente [ABET: 3i]
- ✓ Conocimiento de los problemas contemporáneos [ABET: 3j]
- ✓ Capacidad de utilizar las técnicas, habilidades, y la ingeniería moderna y herramientas informáticas necesarias para la práctica de la ingeniería [ABET: 3k; Programa]
- ✓ Manejo de una base sólida en química, la física, la biología y la ciencia de los materiales, con cursos seleccionada en base a los intereses del estudiante. [Programa]
- ✓ Conocimiento práctico, incluyendo aspectos de seguridad y medio ambiente, de los balances de materia y energía aplicados a los procesos químicos; termodinámica del equilibrio físico-químico; transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento; ingeniería química reacción; operaciones de separación continua y por etapas; control y dinámica del proceso, la economía de procesos químicos y de diseño [Programa]

(Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, program mission, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:** Se exige la finalización con éxito de un programa de 128 horas de crédito. Un promedio de 16 horas crédito por semestre permite a un estudiante completar el programa en 8 términos, por lo general requieren 4 años de estudio. (Michigan Engineering - University of Michigan, core requirements, 2013). Los estudiantes pueden tomar cursos fuera de UM para cumplir con estos requisitos, pero deben completar 50 créditos en UM-Ann Arbor, incluidos 30 créditos técnicos en el nivel 300 o superior. Los estudiantes no deben tomar más de 3 cursos básicos fuera de UM-Ann Arbor (Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, undergraduate degree in chemical engineering, 2013).

- **Acreditación del programa:** El programa está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET (Michigan Engineering - University of Michigan, degree options, 2013).
- **Internacionalización:** La Facultad de Ingeniería está asociada con las principales universidades técnicas para organizar estudios en el extranjero en países como Austria, Francia, Alemania, Hungría, España, Reino Unido, Dinamarca, Islandia, Finlandia, Japón, Egipto, Argentina, Brasil, Costa Rica, Ecuador y Perú (Michigan Engineering - University of Michigan, international programs in engineering, beyond UM, 2013). Además, se ofrecen programas de centros de estudio globales e interculturales, y la posibilidad de participar en programas gestionados por organizaciones fuera de la Universidad de Michigan, facilitando la transferencia de créditos (Michigan Engineering - University of Michigan, international programs in engineering, study abroad for engineers, 2013).
- **Estructura curricular:** El programa de ingeniería química tiene requisitos básicos que son comunes a todos los programas. Estos requisitos comunes incluyen: 16 créditos en matemáticas (cálculo, ecuaciones diferenciales y álgebra lineal), 15 créditos en ciencia (física y química), 16 créditos en amplitud intelectual, 8 créditos en cursos de primer año de ingeniería, y entre 9 y 15 créditos de asignaturas optativas generales. Las horas de crédito restantes son únicamente para disciplina específica del programa de ingeniería química (Michigan Engineering - University of Michigan, degree options, 2013).

En la **Tabla 7** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Asignaturas requeridas para todos los programas			
Matemáticas	16	4	16
Ingeniería	8	2	8
Química	3	1	3
Física	10	2	10
Amplitud intelectual	16	4	16
Química avanzada			
Química (estructura y reactividad, química cuántica)	11	3	11
Temas técnicos relacionados			
Electiva en biología / ciencias de la vida	4	1	4
Electiva en materiales	4	1	4
Electivas de ingeniería	3	1	3
Asignaturas del programa			
Termodinámica	8	2	8
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	12	3	12
Diseño (ingeniería y diseño de los reactores, diseños de procesos, dinámica y control de procesos e economía de los procesos de la ingeniería química)	13	4	13
Laboratorios de ingeniería química	8	2	8
Electivas generales	12	4	12
Total	128	34	128

Total asignaturas: 34 asignaturas

Total créditos: 128

Equivalencia del crédito: 1 crédito tiene una equivalencia de 1 hora.

Áreas de concentración:

Las concentraciones contempladas en el programa son:

- Ingeniería biofarmacéutica.
 - Ingeniería eléctrica – Dispositivos eléctricos.
 - Ingeniería en sistemas de energía.
 - Ingeniería ambiental.
 - Ciencias de la vida.
 - Ingeniería en ciencia de los materiales.
 - Ingeniería mecánica.
 - Ingeniería nuclear.
 - Exploración de gas y petróleo.
- (Concentrations within the BSEChE program, 2013)

Tabla 7. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Michigan (UM), Ann Arbor (MI).

4.2.8 University of Toronto, Ontario (Canadá)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Ciencias Aplicadas a Ingeniería.
- **Duración del programa:** 4 años.
- **Barreras de entrada:** no se encuentra disponible en la página web.
- **Reseña histórica:** La Facultad de Ciencias Aplicadas e Ingeniería de la Universidad de Toronto es una de las escuelas de ingeniería más antiguas de Canadá. Todo comenzó en 1873 con la creación de la Escuela de Ciencia Práctica, que sólo ofreció instrucción a los estudiantes en la minería, la ingeniería, la mecánica y la fabricación. La Escuela de Ciencias práctica, también conocida como la "Pequeña Escuela Roja", se convirtió oficialmente en parte de la Universidad de Toronto en 1906 y su nombre cambió a la Facultad de Ciencias e Ingeniería Aplicada. Desde 1873, la facultad ha graduado alrededor de 50.000 profesionales de la ingeniería y ha cambiado a lo largo de los años para incluir una gama más amplia de programas de ingeniería, las nuevas tecnologías, las

instalaciones, y una perspectiva global más amplia (Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, history, 2013).

- **Misión:** La Universidad de Toronto se compromete a ser una universidad de investigación de importancia internacional, con programas de pregrado, postgrado y profesionales de excelente calidad (University of Toronto, mission and purpose, 2013).
- **Visión:** La información no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:**
 - ✓ Construir sobre logros pasados y así mejorar sus actividades de investigación y docencia.
 - ✓ Prever que se seguirá siendo una gran universidad.
 - ✓ Aprovechar las ventajas de las becas en una amplia gama de disciplinas de las humanidades, las ciencias sociales, las ciencias y las profesiones.
 - ✓ Seguir valorando la herencia de colegios y universidades federadas que es para muchos estudiantes una sede institucional en la gran Universidad.
 - ✓ Hacer de sus campus configuraciones atractivas para la actividad académica.

(University of Toronto, mission and purpose, 2013)

- **Perfil profesional:** Es un profesional que combina sus conocimientos de química, biología, matemáticas y físicos, con disciplinas de la ingeniería para resolver problemas prácticos, crear, diseñar, construir, evaluar y mejorar productos, sistemas y procesos. Está capacitado para abordar las cuestiones claves que enfrenta nuestra sociedad: la sostenibilidad, la salud y el cuidado del medio ambiente, además de poseer habilidades de liderazgo (Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, discover engineering, 2013).

Ingenieros químicos graduados son capaces de resolver problemas cualificados. Una sólida formación en química aplicada proporciona los conocimientos necesarios para participar en la más amplia gama de actividades de ingeniería, y de hecho para dedicarse a otras carreras profesionales en la gestión, la medicina, el derecho, la enseñanza y el gobierno (Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, curriculum and programs, 2013).

- **Requisitos para obtener el título:** El estudiante debe completar el programa (total de créditos relacionados a las asignaturas) en un plazo de nueve años naturales de primera matriculación, exclusiva de ausencias obligatorias de su programa. Además, ningún estudiante se le permitirá graduarse si no cumplen con

los criterios que puedan conducir a la inscripción como ingeniero profesional establecido por el Consejo de Acreditación de Ingeniería de Canadá (CEAB). También se hace necesario el dominio del idioma inglés como requisito, al igual que la experiencia de práctica; ésta última consta de un mínimo de 600 horas de prácticas antes de la graduación (Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, academic regulations, 2013).

- **Acreditación del programa:** El programa está acreditado y evaluado periódicamente por la Junta de Acreditación de Ingeniería de Canadá (CEAB) del Consejo Canadiense de Ingenieros Profesionales (Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, curriculum and programs, 2013).
- **Internacionalización:** Tiene convenios internacionales con: Argentina, Australia, Austria, Barbados, Bélgica, Brasil, Chile, China, República Checa, Dinamarca, Inglaterra, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Hungría, India, Irlanda, Israel, Italia, Jamaica, Japón, Kenia, Corea del Sur, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Escocia, Singapur, España, Suecia, Suiza, Taiwan, Tailandia, Trinidad, Turquía, Estados Unidos. Incluyen las universidades, centros de investigación, fundaciones e institutos con los que la Universidad de Toronto tiene convenio de intercambio, investigación, cooperación académica y científica, entre otros (University of Toronto, center for international experience, 2013).
- **Estructura curricular:** El programa universitario está diseñado para 4 años, los cuales se fraccionan de la siguiente manera:
 - ✓ *Año 1.* Está diseñado para proporcionar una base fundamental en todas las áreas de la ingeniería. Las clases en el aula se refuerzan con estudios de laboratorio.
 - ✓ *Año 2.* Se centra en los fundamentos de la ingeniería química: química, el calor, la masa y la cantidad de movimiento, y matemáticas aplicadas. También se presentan oportunidades para desarrollar habilidades en comunicación. Los laboratorios son una parte importante del programa.
 - ✓ *Año 3.* Se fundamenta en las aplicaciones de la ingeniería y la química, incluyendo el aprendizaje práctico en los laboratorios. Se hace énfasis en el diseño y la economía de las unidades y procesos industriales.
 - ✓ *Año 4.* Permite elegir un área de interés. Se hace énfasis en aplicaciones de ingeniería y ciencias aplicadas, así como en el diseño de la planta y una tesis de investigación.

(Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, undergraduate program, 2013)

En la **Tabla 8** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Materias de obligatorio cumplimiento			
Cursos introductorios, de estrategias y fundamentos	2.30	6	24
Química, ingeniería y química aplicada	4.00	7	42
Mecánica	0.50	1	5
Matemáticas y estadística	3.00	6	28
Seminarios y comunicación	0.25	3	2.5
Ciencia de los materiales	1.00	2	11
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	1.75	3	19
Termodinámica y reactores	1.75	4	19
Procesos	1.25	2	14.25
Diseños plantas químicas	1.00	1	8
Electivas	3.50	7	-
Estudios complementarios, humanidades y ciencias sociales optativas	2.00	4	-
Tesis	2.00	2	14
Práctica profesional	0.00	1	2
Total	24.30	50	varían

Total asignaturas: 50 asignaturas
Total créditos: 24.3
Equivalencia del crédito: 0.5 crédito tiene una equivalencia entre 4 y 7 horas semanales, repartidas entre clases, laboratorios y tutorías.

Áreas de concentración:
El plan de estudios comprende la disciplina de la ingeniería primaria basada en las ciencias fundamentales de la química, la física, la bioquímica y matemáticas. Además de las ciencias básicas, se abarcan conocimientos en la aplicación de las leyes de conservación de materia y energía, termodinámica y cinética, y la transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento. La enseñanza de los aspectos importantes del análisis económico también se incluye en el programa. Las asignaturas de libre elección, disponibles en los años tercero y cuarto, cubren una amplia gama de áreas fundamentales y la aplicación de la ingeniería química y química aplicada. Los estudiantes de cuarto año pueden llevar a cabo un proyecto de investigación de un año completo individual. Este proyecto, cuya culminación es una tesis, sirve en muchos casos como una introducción a la investigación, y brinda la oportunidad de aplicar los principios establecidos en los tres primeros años del programa a los problemas de interés de la ingeniería (Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, curriculum and programs, 2013).

Tabla 8. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Toronto, Ontario.

4.2.9 McGill University, Montreal (Provincia de Quebec) (Canadá)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Ingeniería.
- **Duración del programa:** 8 semestres /4 años.
- **Barreras de entrada:** La decisión de admisión se basa en su expediente académico, así como el rendimiento en los cursos que se catalogan como pre-requisito del programa. El proceso de admisión a la Universidad McGill es competitivo y a los estudiantes que presentan los requisitos mínimos no se garantiza la aceptación, puesto que está sujeta a la disponibilidad de plazas. Se necesita, además:

- ✓ Prueba de competencia en inglés, usando diferentes opciones para obtener certificado de aprobación.
- ✓ Pruebas de nivel en matemáticas y ciencias básicas.
- ✓ Transcripciones y requisitos de documentos de apoyo.
- ✓ Resultados de pruebas externas, como TOEFL, SAT, ACT, AP, IELTS, y los resultados de pruebas IB electrónicamente.

(McGill, general admission and documentation requirements for all applicants, 2014)

- **Reseña histórica:** El plan de estudios de ingeniería química, establecida en McGill en 1908, produjo el primer postgrado de su licenciatura en 1911. Después de aproximadamente 25 años en esa etapa inicial, el segundo período, comenzó en 1931. El uso de las "operaciones unitarias" marco la pauta en la renovación del programa de McGill. Esta segunda fase terminó en 1964.

A partir de 1964, las dos décadas del tercer período fueron más lejos del equilibrio. Este período vio la transformación de la escuela con investigadores reconocidos internacionalmente, a un departamento que en 1983 fue declarado como "un departamento de clase mundial de la Ingeniería Química", en la evaluación externa requerida periódicamente de todos los departamentos de McGill. Dado que el logro de ese estado, el departamento sigue evolucionando en una cuarta etapa, su periodo de madurez, con una variedad de innovaciones típicos de los departamentos dinámicos (Chemical Engineering - McGill, history, 2013).

- **Misión:** La misión de la Universidad McGill es el avance del aprendizaje a través de la enseñanza, becas y servicios a la sociedad, ofreciendo a destacados estudiantes de pregrado y posgrado la mejor educación disponible, mediante la realización de actividades académicas que se consideran excelentes si se comparan con los más altos estándares internacionales y por prestación del servicio a la sociedad, por la que se adaptan bien en virtud de nuestras fortalezas académicas (McGill, about McGill, mission, 2013).
- **Visión:** La información no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:** La información no se encuentra disponible en la página web.
- **Perfil profesional:** El ingeniero químico estará capacitado para resolver el tipo de problemas que se encuentran típicamente en las "industrias de procesos químicos", que incluyen la fabricación de productos químicos, plásticos,

tratamiento de agua, pulpa y papel, refinación de petróleo, la cerámica, y las industrias de pintura, así como de partes de la industria de alimentos, textil, energía nuclear, las industrias bioquímicas, biomédica y farmacéutica. Ya que los problemas tecnológicos y oportunidades de estas industrias suelen estar estrechamente vinculadas a las preocupaciones sociales, económicas y ambientales, los profesionales de la ingeniería química estarán capacitados para enfrentar estas preguntas cuando se está trabajando en la gestión, reducción de la contaminación, el desarrollo de productos, marketing y diseño de equipos. Por medio de cursos complementarios, los estudiantes también pueden obtener mayor profundidad en las áreas técnicas y la amplitud de temas no técnicos.

Los estudiantes que completen este programa adquieren una educación amplia y equilibrada en las ciencias naturales, con el acento en la aplicación. Por lo tanto, será la base de un programa educativo que puede continuar con una variedad de estudios, como la administración de empresas, medicina o derecho. La versatilidad es, pues, una de las características más valiosas de los graduados del programa de Ingeniería Química (Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, department of chemical engineering, 2013).

- **Requisitos para obtener el título:** El estudiante debe completar el programa exitosamente (total de créditos relacionados a las asignaturas) en un plazo de seis años a partir de haber realizado la primera matrícula. Los candidatos admitidos a un programa prolongado, o a un programa acortado debido a la posición avanzada, o que están trabajando o terminando el Programa de Prácticas de Ingeniería (EIP), tendrán un periodo correspondientemente mayor o menor para completar su programa. Las extensiones pueden ser concedidas por la Comisión Permanente en los casos de problemas médicos graves o cuando otros factores incontrolables hayan afectado progreso del estudiante (Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, student progress, 2013).

Además, ningún estudiante se le permitirá graduarse si no cumplen con los criterios que puedan conducir a la inscripción como ingeniero profesional establecido por el Consejo de Acreditación de Ingeniería de Canadá (CEAB) (Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, degrees and requirements for professional registration, 2013).

- **Acreditación del programa:** El programa está acreditado y evaluado periódicamente por la Junta de Acreditación de Ingeniería de Canadá (CEAB) del Consejo Canadiense de Ingenieros Profesionales (Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, degrees and requirements for professional registration, 2013).
- **Internacionalización:** La información no se encuentra disponible en la página web.

- **Estructura curricular:** El programa está diseñado para 8 semestres e incluye varias categorías de cursos: cursos departamentales requeridos, cursos técnicos complementarios (CT), cursos obligatorios no departamentales, estudios complementarios (CS), electivas libres y cursos en las categorías 1, 2 y 3 se denominan cursos "básicos" (McGill, department of chemical engineering - Undergraduate student Handbook, 2013).

En la **Tabla 9** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Cursos departamentales requeridos			
Química	8	2	-
Matemáticas	16	5	-
Física	8	2	-
Termodinámica	15	5	-
Operaciones unitarias y fenómenos de transporte	9	3	-
Diseño (ingeniería de los reactores, diseño de procesos, dinámica, control de procesos, ingeniería de proyectos, diseño pruebas de laboratorio)	29	9	-
Biotecnología y bioquímica	6	2	-
Materiales	6	2	-
Documento técnico	1	1	-
Electiva	3	1	-
Cursos técnicos complementarios			
Cursos a elegir entre los aprobados por el Departamento	9	3	-
Cursos obligatorios no departamentales			
Química orgánica	7	2	-
Infomática	3	1	-
Ética y práctica profesional	2	2	-
Ingeniería económica	3	1	-
Matemáticas	9	3	-
Estudios complementarios			
Curso a elegir acerca de "Impacto de la Tecnología en la Sociedad"	3	1	-
Curso a elegir acerca de "Humanidades y Ciencias Sociales, Estudios de Gestión y Derecho"	3	1	-
Total	142	46	varían

Total asignaturas: 46 asignaturas

Total créditos: 142

Equivalencia del crédito: no se encuentran disponibles en la página web.

Áreas de concentración:
La ingeniería química se basa en la física, matemáticas y química. La aplicación de estas tres ciencias fundamentales es básica para una comprensión cuantitativa de los procesos industriales. También se encontrarán varios cursos en el plan de estudios que integren los aspectos de las ciencias biológicas relevantes para las industrias de proceso, tales como procesamiento de alimentos, la fermentación, biomédica y control de la contaminación del agua. Cursos sobre los aspectos técnicos y económicos de la industria de procesos se añaden a esta fundación. El plan de estudios concluye con cursos de diseño de procesos. La resolución de problemas, la experimentación, la planificación, y habilidades de comunicación son eje central en los cursos del plan de estudios básico (Faculty of Engineering - McGill, program requirements, 2013).

Tabla 9. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de McGill University, Montreal (provincia de Quebec).

4.2.10 Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México D.F. (México)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Química.

- **Duración del programa:** 9 semestres.
- **Barreras de entrada:** Los requisitos para ingresar a la UNAM son haber concluido el bachillerato con un promedio mínimo de 7,0 y presentar un examen de selección que se realiza en tres oportunidades por año (Cómo ingreso a la UNAM? , 2014). Antes de presentar dicho examen es necesario diligenciar el formato de registro y pagar por el derecho al examen y la identificación del aspirante.
- **Reseña histórica:** El 23 de septiembre de 1916, por Decreto Presidencial, se funda la Escuela Nacional de Industrias Químicas en el pueblo de Tacuba, y gracias al Mtro. Juan Salvador Agraz que identificó, la necesidad del naciente Estado mexicano, que requería en ese momento preparar a profesionales para la industria química y petroquímica, pues el país transitaba rumbo a un momento coyuntural en su historia, que daría inicio a Petróleos Mexicanos. Desde sus comienzos hace 90 años, primero como Escuela de Ciencias Químicas en Tacuba y a partir de 1965 como la Facultad de Química de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), ésta ha estado a la cabeza de las instituciones académicas afines del país y ha formado a varias generaciones de profesionales de la química, coadyuvando de manera muy significativa a preparar a egresados líderes, que han influido en la transformación industrial de México. La labor académica que a lo largo de este tiempo ha llevado a cabo la Facultad de Química, le ha servido para obtener el prestigio y reconocimiento internacional del que ahora goza(Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, acerca de la facultad , 2013).
- **Misión:** Formar Ingenieros químicos con una sólida preparación científico-tecnológica y una conciencia social que les permita contribuir al desarrollo nacional sustentable y a incrementar la calidad de vida del ser humano (Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas ingeniería química, 2013).
- **Visión:** Ser el mejor programa de Ingeniería Química de Latinoamérica, gozar de gran prestigio a nivel mundial, estar acreditado, por la alta calidad científica, tecnológica y humana de sus egresados, quienes ejercen un gran impacto en su entorno laboral y caracterizarse por una interacción dinámica con el sector industrial (Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas ingeniería química, 2013).
- **Objetivos estratégicos:**
 - ✓ Propiciar la mejora continua del plan de estudios de la carrera.

- ✓ Proporcionar a los estudiantes del programa una formación integral de alta calidad que coadyuve a la solución de los problemas nacionales e incremente el nivel de vida de la sociedad.
- ✓ Fomentar la participación activa del personal académico, estudiantes y autoridades en los procesos de mejora continua del programa.
- ✓ Promover la difusión de las actividades académicas que se llevan a cabo en el programa.
- ✓ Promover la mejora de las actividades académico administrativas y de apoyo que inciden en el programa.
- ✓ Fortalecer la vinculación entre la docencia y la investigación, como un mecanismo para propiciar el desarrollo de la creatividad en los estudiantes.

(Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas ingeniería química, 2013)

- **Perfil profesional:** El ingeniero químico de la Facultad de Química de la UNAM es un profesionista con actitud crítica, formado para atender y transformar el sector de la industria química; capaz de participar en la concepción, diseño, construcción, operación y administración de plantas de proceso en las que la materia prima se transforme de una manera económica en productos químicos útiles al ser humano, preservando el medio ambiente; buscando el uso óptimo de los recursos materiales y energéticos y la seguridad de operarios y pobladores.

Asimismo, el ingeniero químico de esta Facultad, posee una formación básica sólida, orientada a los aspectos fundamentales de la disciplina y las aplicaciones relevantes, que le permite mantenerse aprendiendo a lo largo de su vida (Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas ingeniería química, 2013).

- **Requisitos para obtener el título:** Para obtener el título de Ingeniero Químico se requiere. aprobar la totalidad de los créditos del plan de estudios, acreditar un examen de lectura técnica en inglés mediante constancia expedida por el CELE de la UNAM u otro Centro de Idiomas de la UNAM y cumplir con el Servicio Social obligatorio (se requiere cubrir 70% de los créditos que señala el plan de estudios y trabajar cuando menos 480 horas en un mínimo de seis meses y un máximo de dos años.)(Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química, 2013).
- **Acreditación del programa:** La carrera está acreditada por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), el Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Farmacéutica (COMAEF) y el Consejo Nacional de

la Enseñanza y del Ejercicio Profesional de las Ciencias Químicas (CONAECQ). Además, cuenta con nuevo plan de estudio, más moderno y eficiente, aprobado en junio de 2005 por los Consejos Académicos de las Áreas de las Ciencias Físico-matemáticas y de las Ingenierías (CAACFMI), así como de las Áreas de las Ciencias Biológicas y de la Salud (CAACBYS) (Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas, 2013).

- **Internacionalización:** Tiene convenios específicos, generales y de colaboración con: Canadá, Estados Unidos, Puerto Rico, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, República Dominicana, Uruguay, Venezuela, Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, Eslovaquia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Noruega, Países Bajos, Polonia, República Checa, República Serbia, Reino Unido, Rumania, Rusia, Suecia, Suiza, Australia, China, Costa de Marfil, Corea del Sur, India, Israel, Japón, Nueva Zelanda y Singapur (Universidad Nacional Autónoma de México - Global, convenios, 2013).
- **Estructura curricular:** La carrera de Ingeniería Química contiene áreas organizadas en tres ciclos: *Tronco Común*, *Fundamental de la Profesión* y *Terminal y de Pre - especialización*. Asimismo, uno de ellos conjuga áreas en paquetes terminales: biotecnología, catálisis, economía y administración, ingeniería de proyectos, ingeniería de sistemas, matemáticas aplicadas a la ingeniería química, polímeros y protección ambiental (Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química plan de estudios, 2013).

Los conocimientos suministrados durante los tres ciclos anteriormente mencionados serán:

- ✓ Básicos generales de física, química y matemáticas.
- ✓ Fundamentales de la profesión, relacionados con termodinámica, cinética química, balances de materia y energía.
- ✓ Aplicados, en las áreas de flujo de fluidos, transferencia de calor, procesos de separación, diseño de reactores, dinámica y control de procesos e ingeniería de proyectos.
- ✓ Complementarios, de economía, administración, ecología, ciencias sociales y humanidades.

(Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química, 2013)

En la **Tabla 10** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Materias de obligatorio cumplimiento			
Matemáticas y estadística	46	6	28
Físicas y laboratorios de física	20	3	12
Químicas	60	7	41
Físico-química	62	8	38
Ingeniería química y laboratorios (operaciones unitarias y fenómenos de transporte)	54	10	35
Diseño (ingeniería de los reactores, diseño de procesos, dinámica, control de procesos e ingeniería de proyectos)	37	5	21
Taller de problemas	6	1	6
Socio-humanística	24	4	12
Ingeniería ambiental	6	1	3
Optativas			
Optativas socio-humanísticas	24	4	12
Optativas disciplinarias	42	6-10	varían
Estancias			
Estancia académica ó estancia profesional	24	1	24
Total	405	56 - 60	varían

Total asignaturas: 56 – 60 (46 obligatorias, de 6 a 10 optativas disciplinarias y 4 sociohumanísticas) (Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas ingeniería química, 2013).

Total créditos: 405 (305 créditos corresponden a asignaturas obligatorias, 42 créditos de materias optativas disciplinarias y 24 de optativas con carácter socio-humanístico y 24 créditos corresponden a la estancia, ésta se elegirá entre estancia académica o estancia profesional.) (Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química plan de estudios, 2013).

Equivalencia del crédito: no se encuentran disponibles en la página web.

Áreas de concentración:
Se hace énfasis en el diseño, manejo, optimización, control y administración de procesos y proyectos para la transformación física y/o química de materias primas, a fin de obtener productos y servicios útiles al hombre que sean, técnica, ambiental y económicamente factibles. Lo anterior, sin dejar de lado los conceptos de física, química, matemáticas, operaciones unitarias, economía y administración.
Se busca que el egresado a través de su actividad beneficie a la población ya que colabora en la solución de problemas de gran importancia: control de la contaminación, manejo y preservación de recursos naturales, uso eficiente de energía, elaboración de ciertos productos en los que hay alguna transformación física o química implícita (Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química, 2013).

Tabla 10. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México D.F.

4.2.11 Universidad de São Paulo, São Paulo (Brasil)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela Politécnica.
- **Duración del programa:**
 - ✓ Ideal: 10 semestres.
 - ✓ Mínima: 8 semestres.

✓ Máxima: 18 semestres.

- **Barreras de entrada:** La matrícula en los cursos de pregrado en la Universidad de Sao Paulo se realiza a través de un examen de ingreso. Las pruebas de selección se aplican anualmente y el concurso está organizado por la Fundación para la Prueba de Acceso a la Universidad (Fuvest) (Universidade de São Paulo, como estudar na USP, 2014).
- **Reseña histórica:** Creado por las leyes del Estado No.26 y No.64, en 1893, la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo tuvo el mismo año la creación de cursos de ingeniería industrial, ingeniería agrícola, ingeniería civil y artes mecánicas. Bajo la Escuela Politécnica, comenzó a trabajar en São Paulo, los primeros cursos de astronomía (dando origen al Instituto de Astrofísica y Geofísica), arquitectura, bellas artes, física, química y ciencias, que más tarde se convirtieron en universidades autónomas. En 1894, el marqués de Solar Tres Ríos fue la primera instalación de Poli, el cual fue adaptado para albergar las actividades académicas para 31 alumnos matriculados y 28 oyentes. En ese momento, un grupo de destacados empresarios de São Paulo inició un proceso de renovación de la región que incluyó reformas urbanas, un intenso trabajo para que el estado y su capital, dado el nuevo modelo de entidad de la sociedad industrial que se adoptó en todo el mundo. Los ingenieros tuvieron un papel decisivo en este proceso, el desarrollo de proyectos y la construcción de la infraestructura necesaria, como la construcción de ferrocarriles y presas para abastecer de agua a los hogares y las empresas. Con el tiempo, hubo un aumento significativo en la demanda de profesiones técnicas, con un número creciente de estudiantes y profesores, lo cual obligó a la contratación de algunos de los grandes nombres de la ingeniería internacional y a la ampliación de las instalaciones.

Con el éxito de las medidas adoptadas para promover el crecimiento de la actividad industrial, el aumento de la importancia de la participación de los ingenieros en el proceso de modernización, provocando la transformación progresiva de la modesta ciudad de finales del siglo XIX a la metrópoli que ha convertido a lo largo del siglo pasado. La creación de la Universidad de São Paulo, en 1934, promovió la incorporación de varias unidades de educación superior, entre las que la Escuela Politécnica Superior, que se unió al esfuerzo de proporcionar una universidad pública de la población, como parte de la iniciativa del Gobierno del Estado, con el objetivo mejora y democratización de la educación. En la actualidad la Escuela cuenta con un cuerpo docente altamente calificado, hay 15 departamentos de enseñanza e investigación, que mantienen acuerdos académicos internacionales con diferentes países, y acuerdos y contratos con el sector productivo. Ofrece 17 cursos regulares de pregrado, más de 30 maestrías y doctorados (los cuales tienen cerca de 5.000 estudiantes en

cada nivel educativo) y actividades de educación continua (Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, história, 2013).

- **Misión:** La misión de la Escuela Politécnica Superior es formar profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible del país, con responsabilidad social, económica y ambiental. Su formación debe ser integral, con un contenido sólido de las ciencias básicas de la ingeniería y las acciones que permitan a los ciudadanos practicar las habilidades de comunicación y la ética en las relaciones humanas (Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, missão , 2013).
- **Visión:** La información no está disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:**
 - ✓ Promover y desarrollar todas las formas de conocimiento a través de la enseñanza y la investigación.
 - ✓ Proporcionar educación superior para la formación de personal cualificado para el ejercicio de la investigación y la docencia en todas las áreas del conocimiento, así como la calificación de las actividades profesionales.
 - ✓ Extender los servicios a la sociedad inseparable de la enseñanza y la investigación.

(Universidade de São Paulo, informações acadêmicas, 2013)

- **Perfil profesional:** Los profesionales de ingeniería química están especialmente preparados para trabajar en los campos de la investigación, el desarrollo y el diseño de la industria actual, que lo diferencia de profesionales egresados de otras escuelas. En el programa reciben conceptos avanzados de la química y desarrollan conocimientos en los procesos y operaciones industriales, lo que les permite trabajar en varias industrias, incluyendo la química, petroquímica y alimentaria (Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, manual do calouro, 2013).
- **Requisitos para obtener el título:** Para obtener el título de Ingeniero Químico se requiere aprobar 242 créditos aula y 66 créditos trabajo, lo que equivale a máximo 67 asignaturas.
- **Acreditación del programa:** La información no está disponible en la página web.
- **Internacionalización:** Tiene acuerdos con decenas de instituciones educativas y de investigación en el extranjero, con países como Francia, Italia, Alemania, Corea, España y Estados Unidos, que permite a sus estudiantes hacer intercambios internacionales. Se ofrece tres tipos de intercambios: tipo abierto,

estudios de utilización y doble titulación. Este último permite a los estudiantes obtener doble titulación, una de la Escuela Politécnica de USP y otro de la institución extranjera donde se realiza dicho intercambio (Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, relações internacionais, 2013).

- **Estructura curricular:** En la Escuela Politécnica de USP, toda carrera de ingeniería comienza con el ciclo básico, el cual comprende los dos primeros semestres del año del estudiante, 55 créditos aula y 3 créditos trabajo, y se centra en: la primera formación en ciencias básicas para estudiantes de ingeniería, la comprensión de la ingeniería como profesión y la maduración del estudiante con respecto a la elección del área de ingeniería para el que tiene mayor vocación (Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, ciclo básico, 2013).

En los ocho semestres restantes (tiempo ideal en el que se culmina el plan de estudios) los cursos se clasifican en: obligatorios (179 créditos aula y 63 créditos trabajo) y optativos electivos (8 créditos aula).

En la **Tabla 11** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:				
Disciplinas	Créditos aula	Créditos trabajo	Total materias	Total horas de clase semestrales
Ciclo Básico				
Física	10	0	3	150
Computación	4	0	1	60
Matemáticas	22	0	5	330
Ingeniería gráfica	4	2	2	120
Introducción a la ingeniería	3	1	1	75
Química	4	0	1	60
Mecánica	4	0	1	60
Ciencia de los materiales	4	0	1	60
Cursos Obligatorios				
Física	16	0	5	240
Matemáticas	8	0	2	120
Ciencia de los materiales	16	0	5	240
Termodinámica	20	0	5	300
Química	20	0	4	300
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	30	0	6	450
Diseño (ingeniería de los reactores, análisis y simulación de procesos, dinámica, control de procesos, proyectos)	36	3	11	630
Etapas cooperativas I, II, III, IV	8	60	4	1920
Bioquímica	9	0	2	135
Alimentos	4	0	1	60
Administración y economía	8	0	2	120
Ambiental y seguridad industrial	4	0	1	60
Cursos Optativos Electivos				
Cursos a escoger	8	0	varían	180
Total	242	66	varían	5730

Total asignaturas: 65 a 67 asignaturas.

Total créditos: 242 créditos aula y 66 créditos trabajo

Equivalencia del crédito:

- Cada crédito aula corresponde a 15 horas semestrales
- Cada crédito trabajo corresponde a 30 horas semestrales

(Universidade de São Paulo, informações acadêmicas, 2013)

Se debe tener en cuenta que en promedio cada semestre académico está compuesto por 100 días de semana (Universidade de São Paulo, calendário 2013, 2013).

Áreas de concentración:

Se hace énfasis en modelamiento matemático, optimización y control de procesos, ingeniería bioquímica, ingeniería en alimentos, electroquímica y corrosión, operaciones unitarias y termodinámica química aplicada, el reciclaje de residuos industriales y control de la contaminación en la industria química, fertilizantes, pulpa y papel (Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, manual do calouro, 2013).

Tabla 11. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad de São Paulo, São Paulo (Brasil).

4.2.12 University of Minnesota, Minneapolis y Saint Paul (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ciencias e Ingeniería – Departamento de Ingeniería Química y Ciencias de los Materiales.
- **Duración del programa:** 8 semestres / 4 años.
- **Barreras de entrada:** para aplicar se requiere:
 - ✓ Diligenciar la solicitud de admisión.
 - ✓ El expediente académico oficial.

- ✓ Resultados de las pruebas estandarizadas ACT o SAT, incluyendo los de las pruebas de escritura (enviado directamente desde la agencia de pruebas).
- ✓ 55 USD como cuota de solicitud no reembolsable.
- ✓ Examen de inglés como lengua extranjera (TOEFL), en caso tal que la lengua materna del aspirante difiera del inglés.

(University of Minnesota, freshman application checklist and timeline, 2014)

- **Reseña histórica:** Los cuatro primeros graduados de Minnesota en química recibieron el grado de “Ingenieros Químicos” en 1897, a pesar de que no tomaron algún curso relacionado con el programa. La ingeniería química se estableció en 1892 y posteriormente desapareció por más de 20 años, aunque los cursos de química industrial y técnica seguían siendo importantes en los planes de estudios de química. En 1914 la Escuela de Química evolucionó, consistió en la división técnica e industrial junto con las divisiones inorgánica, analítica, orgánica y física. Se buscaba que los asistentes de docencia e instructores, así como profesores participaran en la investigación. La ingeniería química surge de nuevo en la reorganización de la Facultad de Química en 1919. Durante el período 1950-1970 que se transformó el Departamento en un líder reconocido internacionalmente en la enseñanza de la ingeniería química y la investigación. Se realizaron importantes teóricas y experimentales en todas las siguientes áreas: la ingeniería de la reacción, los procesos de transporte, la reología y la mecánica de fluidos, ingeniería nuclear y la ingeniería bioquímica y biomédica fueron áreas de investigación activa. Se hizo hincapié en la comprensión fundamental de que se mecanismos físicos y químicos que controlan los procesos de ingeniería química. Gran esfuerzo fue puesto en la enseñanza, y el equipo docente de cursos de pregrado ayudó a fusionar el talento interdisciplinario de la Facultad. En 1970 los estudiantes de posgrado en ingeniería química normalmente llegaban a 80 y el número de títulos otorgados en licenciatura en ciencias fueron de aproximadamente 50. Las carreras de la mayoría de los alumnos de pregrado y postgrado, han estado en la industria y el comercio. Ya en 1933 el programa de posgrado de Minnesota fue empatado en el segundo lugar como proveedor de la facultad de ingeniería química en los EE.UU. Hoy en día, probablemente ocupa el primer o segundo puesto (Chemical engineering and materials science - University of Minnesota, chemical engineering history, 2013).
- **Misión:** La misión del Departamento de Ingeniería Química y Ciencia de los Materiales es llevar a cabo educación e investigación con la más alta calidad de la nación, tanto a nivel de pregrado como de postgrado, en el comportamiento y la estructura de los procesos y materiales químicos (Chemical engineering and materials science - University of Minnesota, departmental mission, 2013).

- **Visión:** La información no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:** Proporcionar experiencias educativas que desafían a los estudiantes a:
 - ✓ Ser empleado como ingeniero químico o en un puesto de ingeniería o ciencias relacionadas, el uso y el desarrollo de sus habilidades en base a las exigencias del trabajo.
 - ✓ Entrar en un programa de posgrado o profesional, aplicando su conocimiento y experiencia hacia un grado avanzado o profesional.
 - ✓ Ser un miembro eficaz del equipo, el uso y el desarrollo de habilidades de comunicación y trabajo en grupo.
 - ✓ Ser un ingeniero, científico o profesional comprometido, lo que demuestra la responsabilidad ética y profesional, y seguir aprendiendo a través de experiencias educativas formales e informales.

(Bachelor of chemical engineering program, undergraduate curriculum guide - Department of chemical engineering and materials science, University of Minnesota, 2013)

- **Perfil profesional:** los estudiantes que han completado con éxito el programa cumplen con los siguientes resultados, basados en los criterios ABET:
 - ✓ Capacidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.
 - ✓ Capacidad para diseñar y realizar experimentos, así como analizar e interpretar los datos obtenidos.
 - ✓ Capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas dentro de las limitaciones realistas, como económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, la fabricación y la sostenibilidad.
 - ✓ Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.
 - ✓ Capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
 - ✓ Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
 - ✓ Capacidad de comunicarse de manera efectiva.
 - ✓ Amplio estudio necesario para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social.

- ✓ Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje de por vida.
- ✓ Conocimiento de temas contemporáneos.
- ✓ Capacidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería.

(Bachelor of chemical engineering program, undergraduate curriculum guide - Department of chemical engineering and materials science, University of Minnesota, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:** Para obtener el título se debe completar los siguientes requisitos , además de cumplir con los requisitos de “educación liberal” de la Universidad:
 - ✓ *División inferior:* se debe completar con éxito el programa de división inferior en cursos de química, matemáticas, física y competencia de escritura como se indica en el plan de cursos semestrales durante los dos primeros años.
 - ✓ *División superior:* se deben completar los cursos de la división superior como se indica en el plan de cursos semestrales durante los dos últimos años.

(Bachelor of chemical engineering program, undergraduate curriculum guide - Department of chemical engineering and materials science, University of Minnesota, 2013)

- **Acreditación del programa:** El programa está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET (College of science & engineering - University of Minnesota, chemical engineering, 2013).
- **Internacionalización:** Los estudiantes que están interesados en explorar culturas extranjeras pueden ser capaces de organizar hasta un año de estudios en una universidad de un país extranjero. Los planes presentados por la Universidad de Minnesota son los siguientes: estudios en el extranjero, el cual involucra créditos homologables; trabajo, internado, voluntariado o programas de enseñanza de inglés, este tipo de programas no involucran créditos; intercambios, programas generalmente de un año; estudios dirigidos en el extranjero, basado en una estrecha relación entre el alumno y un miembro de la facultad o departamento para llevar a cabo un proyecto o una investigación, lo cual se asocia a créditos homologables (University of Minnesota, learning abroad center, program types & definitions, 2013).

- **Estructura curricular:** La carrera de Ingeniería Química se está delimitada por:
 - ✓ *División inferior:* que contiene cursos de química, matemáticas, física y competencia de escritura básicos durante los dos primeros años.
 - ✓ *División superior:* enmarcada en los dos últimos años del programa educativo, contiene los cursos de química avanzada, fenómenos de transporte, operaciones unitarias, diseño, y electivas técnicas. También contiene temas específicos como ingeniería biomolecular y polímeros.

Además, existen un grupo de cursos llamados “educación liberal”. Estos requisitos pueden ser satisfechos por una amplia gama de cursos (algunos cursos cumplen más de un requisito), con lo cual se puede crear un complemento adecuado para sus cursos principales, que desafía a desarrollar nuevos conocimientos y habilidades, y satisface su deseo de explorar temas que son importantes el estudiante (University of Minnesota, one stop student services, current liberal education requirements, 2013).

En la **Tabla 12** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
División inferior			
Matemáticas	19	5	-
Física	8	2	-
Química	14	4	-
Termodinámica	7	2	-
Procesos químicos	3	1	-
Opcional en química o matemáticas	1	1	-
Escritura	4	1	-
Primer año de experiencia	1	1	-
División superior			
Química	12	4	-
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	8	2	-
Termodinámica	4	1	-
Diseño (cinética de la reacción, reactores químicos, procesos, control de procesos, proyectos)	12	4	-
Temas específicos (ingeniería biomolecular, mecanismos cuánticos y polímeros)	9	3	-
Electiva técnica	9	3	-
Educación liberal			
Cursos a elegir	Varían	5	-
Total	Varían	39	-

Total asignaturas: 39 asignaturas.

Total créditos: mínimo 126 créditos. Las asignaturas de educación liberal tienen entre 3 o 4 créditos cada una, por tanto el total de créditos varía dependiendo de la elección del estudiante.

Equivalencia del crédito: no se encuentra disponible en la página web.

Áreas de concentración:
El plan de estudios de ingeniería química incluye el estudio de las matemáticas aplicadas, balances de materia y energía, las propiedades y la física de los gases, líquidos y sólidos, mecánica de fluidos, transferencia de calor y masa, termodinámica, cinética de las reacciones biológicas y químicas y de diseño de reactores, y los sujetos que integran el diseño procesos, control y optimización económica. Debido a esto, haciendo énfasis tanto en la ciencia básica y la ingeniería, el ingeniero químico es considerado el ingeniero universal (College of science & engineering - University of Minnesota, chemical engineering, 2013).

Tabla 12. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Minnesota, Minneapolis y Saint Paul.

4.2.13 Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires (Argentina)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Ingeniería.
- **Duración del programa:** 12 cuatrimestres / 6 años.
- **Barreras de entrada:**
 - ✓ Para ingresar es necesario haber finalizado los estudios secundarios o, en el caso de no haber aprobado el nivel medio, ser mayor de 25 años.
 - ✓ El ingreso a la UBA es irrestricto y sin examen de ingreso.
 - ✓ Los estudios de grado en la Universidad de grado son gratuitos tanto para los ciudadanos argentinos como para los extranjeros.
 - ✓ La inscripción debe hacerse en el "Ciclo Básico Común" que constituye el primer ciclo de los estudios universitarios. Se deben presentar algunos documentos de apoyo.
 - ✓ Se debe realizar las legalizaciones de títulos secundarios y otros documentos requeridos en la Dirección de Títulos y Planes, pudiendo el interesado solicitar turno por Internet.

(Guía práctica para los ingresantes a la UBA, 2014)

- **Reseña histórica:** La Universidad de Buenos Aires fue fundada por un edicto del 9 de agosto de 1821. Se crean cinco departamentos: ciencias sagradas, derecho, medicina, matemáticas y estudios preparatorios; aunque no se llegan a formalizar carreras de ingeniería. Por decreto del gobernador Mariano Saavedra, del 16 de junio de 1865 se establece "en la Universidad de Buenos Aires un Departamento de ciencias exactas, correspondiendo la enseñanza de las matemáticas puras y aplicadas, y de la Historia natural." El diploma, del primer graduado del Departamento, está fechado el 6 de junio de 1870 y lo habilita como "Ingeniero de la Escuela de esta Universidad en la Facultad de Ciencias Exactas". El primer plan de estudios de ingeniería constaba de 18 asignaturas, aproximadamente el 30 por ciento de ellas estaban vinculadas al dibujo y otro 30 por ciento a las Matemáticas; sólo dos asignaturas se referían a la construcción y dos a la geología y mineralogía. Además, el título de Ingeniero incluía los conocimientos del agrimensor (Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires, institucional, 2013).

Por decreto del 26 de marzo de 1874 se modifica el estatuto de la Universidad de Buenos Aires creando cinco facultades. El Departamento de ciencias exactas es dividido en dos facultades: la Facultad de Matemática y la Facultad de Ciencias Físico-naturales. Funcionó regularmente la Facultad de Matemática otorgando títulos de ingeniero civil. En 1878 se incorporaron nuevas carreras: ingeniero geógrafo, arquitecto y doctor en matemática. En 1881 se nacionaliza la Universidad de Buenos Aires, el decreto nacional del 7 de febrero de 1881 establece: "Quede entre tanto refundada la Facultad de Matemáticas con la de Ciencias Físico-naturales, establecidas por el decreto del 26 de marzo de 1874". Los estatutos universitarios de 1891 cambian el nombre a "Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales", nombre que conserva hasta 1952. En el año 1894 los estudiantes de la carrera de Ingeniería fundan el primer Centro de Estudiantes del país que tomó el nombre de "La Línea Recta". En 1948 se crea la Facultad de Arquitectura y en 1952 por decreto nacional se divide la facultad en dos: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Ingeniería (Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, institucional, 2013).

- **Misión:** Formar los profesionales de ingeniería y carreras afines que demande la sociedad.
 - ✓ Promover y realizar investigación científica y tecnológica.
 - ✓ Generar, conservar y transmitir el conocimiento.
 - ✓ Promover la transferencia tecnológica al cuerpo económico, social e institucional del país.
 - ✓ Desarrollar la formación continua de sus recursos humanos.

(Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, institucional, 2013)

- **Visión:** Ser:
 - ✓ Una institución reconocida por la excelencia de su enseñanza de la ingeniería y carreras afines.
 - ✓ Una institución reconocida como centro de excelencia en la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología.
 - ✓ Una institución reconocida por los valores y el desarrollo humano de sus docentes, estudiantes, graduados y no docentes.
 - ✓ Una institución de referencia para las políticas de Estado en materia tecnológica.

(Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, institucional, 2013)

- **Objetivos estratégicos:**

- ✓ Formar profesionales y promover la formación de complementación para no profesionales y la formación continua en todos los niveles de postgrado en las distintas ramas de la ingeniería.
- ✓ Formar docentes en ingeniería para todos los niveles de educación que se ofrecen.
- ✓ Realizar investigaciones en ciencias básicas, aplicadas y en tecnologías, según las direcciones de investigación que resulten convenientes para la Sociedad.
- ✓ Difundir tecnología en el cuerpo social y productivo de la Nación y en la estructura del Estado en todos sus niveles.
- ✓ Brindar el soporte tecnológico que la sociedad y el Estado requieran.

(Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, institucional, 2013)

- **Perfil profesional:** Es un profesional capaz de afrontar el desarrollo integral de proyectos de la industria de procesos, su operación y la asistencia técnica de plantas en las que intervienen transformaciones físicas, químicas y de bioingeniería, interviniendo en las etapas de estudios de factibilidad, diseño, cálculo, construcción, instalación, puesta en marcha y operación de plantas de procesos y de sus servicios complementarios. Ha sido formado en la metodología del trabajo en equipo y ha asimilado el lenguaje técnico que le permite interactuar con los profesionales de otras ramas de la ingeniería y de otras disciplinas presentes en todo desarrollo industrial. Su preparación le permite conocer el contexto socio económico, donde aplicará los conocimientos adquiridos de la profesión, propendiendo al desarrollo industrial del país y contribuyendo a una mejora del nivel de vida de la sociedad. Actuará en el marco de la protección del ambiente y podrá participar en la organización y conducción de empresas o grupos de investigación desarrollando su actividad tanto en forma independiente como en relación de dependencia en pequeñas, medianas o grandes empresas y/o centros de investigación (Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, plan de estudios, 2013).
- **Requisitos para obtener el título:** Para obtener el título de Ingeniero Químico se requiere, luego de haber aprobado el Ciclo Básico Común de la UBA que contiene 38 créditos, aprobar un mínimo de 252 créditos distribuidos del siguiente modo:
 - a. Un total de 216 créditos correspondientes a la aprobación de las asignaturas obligatorias comunes para todos los estudiantes de la Carrera.

- b. Si se opta por hacer el Trabajo Profesional de Ingeniería Química (I y II), un mínimo de 24 créditos en asignaturas electivas o actividades académicas afines que permitan reconocer créditos a criterio de la Comisión Curricular Permanente de la Carrera.
 - c. Si se opta por realizar la Tesis en Ingeniería Química, un mínimo de 18 créditos en asignaturas electivas o actividades académicas afines que permitan reconocer créditos a criterio de la Comisión Curricular Permanente de la Carrera.
 - d. Un total de 18 créditos otorgados por la Tesis de Ingeniería Química ó 12 créditos de la asignatura Trabajo Profesional de Ingeniería Química (I y II) (Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, plan de estudios, 2013).
- **Acreditación del programa:** La información no se encuentra disponible en la página web.
 - **Internacionalización:** Tiene convenios internacionales con: Chile, Brasil, Alemania, España, Italia, Portugal, Reino Unido, Francia, China, Corea del Sur, Israel, Canadá, Estados Unidos, México, Cuba, Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay, Dinamarca, Perú, Nicaragua, Montenegro, Arabia Saudita, Noruega, Puerto Rico, Argentina, Bélgica, Suecia, Letonia y Noruega. Incluyen las universidades, centros de investigación, fundaciones e institutos con los que la Universidad de Buenos Aires tiene convenio de intercambio, investigación, cooperación académica y científica, entre otros (Universidad de Buenos Aires - Internacional, 2013).
 - **Estructura curricular:** La carrera de Ingeniería Química comienza con el Ciclo Básico Común (CBC), de duración de un año. Éste es el ciclo inicial que incluye las asignaturas científicas básicas y de las ciencias de la Ingeniería, éstas sientan las bases de los principios fundamentales sobre los que apoyan los conocimientos específicos de la carrera de Ingeniería Química.

En el ciclo superior o ciclo de grado, de 5 años de duración, se introducen asignaturas que estudian críticamente tanto los procesos y operaciones para la producción de determinados productos como la organización de los recursos y los mecanismos necesarios para optimizar la producción (Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, plan de estudios, 2013).

En la **Tabla 13** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Ciclo Básico Común			
Matemáticas	18	2	18
Física	6	1	6
Química	6	1	6
Sociedad y estado	4	1	4
Pensamiento científico	4	1	4
Ciclo de Grado			
Matemáticas, probabilidad y estadística	34	5	34
Físicas	18	3	18
Química	40	5	40
Computación	4	1	4
Termodinámica de los procesos	10	1	10
Introducción a la ingeniería química, legislación y ejercicio profesional de la ingeniería química	10	2	10
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	34	4	34
Evaluación de propiedades físicas	6	1	6
Seguridad ambiental y del trabajo, emisiones de contaminantes químicos y biológicos	8	2	8
Reactores, procesos, evaluación de proyectos de plantas químicas	40	5	40
Microbiología industrial, bioingeniería	12	2	12
Electivas	4	1	4
a. Opción trabajo profesional			
Trabajo profesional de ingeniería química I y II	12	2	12
Electivas	20	varia	20
b. Opción tesis de ingeniería			
Tesis de ingeniería química	18	2	18
Electivas	14	varia	14
Total	290	varia	290

Total asignaturas: 39 asignaturas obligatorias comunes para todos los estudiantes de la carrera y una cantidad variable de materias dependiendo del número de créditos relacionados con las electivas.

Total créditos: 290 (38 corresponden al CBC y 252 al ciclo de grado)

Equivalencia del crédito: 1 crédito equivale a 1 hora de asistencia semanal a clases durante un cuatrimestre.

Áreas de concentración: El plan de estudios que propone la universidad tiene materias fundamentales para formar la base científica de los ingenieros que son: matemática, física y química; materias de ciencias básicas aplicadas: termodinámica, electrotecnia, mecanismos, mecánica de fluidos; y materias que van a ser la base de la carrera de Ingeniería Química y sus contenidos específicos, incluyendo las actividades electivas o de especialización que permiten, sobre las carrera de base, contar con orientaciones según las expectativas y necesidades de cada alumno. Dentro de estas últimas se introducen materias que estudian críticamente tanto los procesos y operaciones para la producción de determinados productos como la organización de los recursos y los mecanismos necesarios para optimizar la producción. (Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, plan de estudios, 2013)

Tabla 13. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

4.2.14 University of Pennsylvania (Penn), Pennsylvania (EE.UU.)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química y Biomolecular.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas – Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular.
- **Duración del programa:** 4 años.
- **Barreras de entrada:** Es necesario para los solicitantes realizar:
 - ✓ Aplicación Común.
 - ✓ Suplemento Penn Escritura.
 - ✓ SAT y dos Exámenes de Materias SAT o ACT Plus Writing.

- ✓ Todas las transcripciones oficiales de la escuela secundaria.
- ✓ Dos evaluaciones de los maestros académicos.
- ✓ Informe escolar y carta del consejero.
- ✓ Informe de medio año.
- ✓ TOEFL (recomendado si el inglés no es su lengua materna).

(Penn admissions, applying: requirements and process for freshmen, 2014)

- **Reseña histórica:** En 1740 se da la fundación de la Universidad. En 1751, se abre la Academia, inspirados por la visión de Benjamin Franklin para un nuevo tipo de institución de educación que preparan a los estudiantes para la vida de los negocios y el servicio público. En 1769, un lugar a parte para la química se establece en la Facultad de Medicina y se ofrecen clases de química. En 1893, se organiza el programa de licenciatura de cuatro años en Ingeniería Química en el Departamento de Química e Ingeniería Química de la Escuela Científica Towne. En 1930 se da la inauguración de un programa de postgrado en ingeniería química que conduce a un doctorado. En 1975, los programas de investigación bioquímicos se reconocen al cambiar el nombre del departamento al Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica; un año después el departamento e inicia programas de investigación centrados en la ingeniería celular y biomolecular. En 1980, el departamento cambia su nombre por el Departamento de Ingeniería Química. La opinión predominante en la facultad es que este nombre representa mejor cartera de investigación del departamento, que se centra en áreas como la cinética y la catálisis, la superficie y la química coloidal, y la termodinámica molecular, además de la ingeniería bioquímica. En 1997, una maestría en biotecnología se ofreció por primera vez (en colaboración con la Escuela de las Artes y las Ciencias) con un liderazgo significativo de la facultad de ingeniería química. Como ingeniería biomolecular vuelve cada vez más importante en la cartera de la investigación, en 2003, el departamento cambia su nombre por el Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular (Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, about CBE, departmental history, 2013).
- **Misión:** La misión del Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular de la Universidad de Pennsylvania es:
 - ✓ Para ofrecer programas educativos y de investigación de la más alta calidad que prepararán a los estudiantes para puestos de liderazgo en las industrias de materiales químicos, bioquímicos, y, la academia y laboratorios gubernamentales.

- ✓ Para ayudar a definir las fronteras del conocimiento en la moderna ingeniería química y biomolecular a través del liderazgo intelectual en la investigación y la erudición.
- ✓ Contribuir al liderazgo tecnológico de la nación mediante la realización de investigaciones que estimula el desarrollo de nuevas tecnologías.

(Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, accreditation, 2013)

- **Visión:** La información no se encuentra disponible en la página web.
- **Objetivos estratégicos:** Los graduados del Programa de Licenciatura en Ingeniería Química y Biomolecular harán lo siguiente:
 - ✓ Sobresalir en la práctica de la carrera de ingeniería química y biomolecular, y la investigación en las industrias de materiales de química, bioquímica y energía. Además de dominar los fundamentos de ingeniería, habilidades de comunicación y trabajo en equipo.
 - ✓ Sobresalir en los mejores programas de posgrado de ingenierías clasificadas y escuelas profesionales.
 - ✓ Hacer uso de la versatilidad de nuestro programa de ingeniería química y biomolecular para sobresalir en diversas carreras, incluyendo negocios, medicina, leyes, gobierno y educación.
 - ✓ Ser reconocidos como pensadores críticos, creativos e independientes que dirigen sus conocimientos técnicos para abordar las necesidades de la sociedad.
 - ✓ Ser reconocidos como líderes en sus campos.
 - ✓ Ser sensibles a las implicaciones sociales, éticas y técnicas de su trabajo, ya que afecta el medio ambiente, la seguridad y la salud de los ciudadanos de todo el mundo.

(Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, accreditation, 2013)

- **Perfil profesional:** El Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular busca alcanzar los siguientes 10 resultados en todos sus graduados:
 - ✓ Conocimiento práctico de los balances de materia y energía, termodinámica, los procesos de transporte, separación, ingeniería de la reacción química, control de procesos, diseño de procesos y la economía.

- ✓ Conocimiento de los conceptos fundamentales de la química, la física, las matemáticas y la informática.
- ✓ Conocimientos avanzados de química.
- ✓ Capacidad de comunicarse oralmente y por escrito, de forma clara y concisa.
- ✓ Capacidad para funcionar eficazmente en proyectos orientados al equipo.
- ✓ Capacidad para trabajar efectivamente en proyectos independientes y abiertos, con una apreciación de la necesidad de la formación permanente.
- ✓ Capacidad para trabajar con técnicas de laboratorio modernos y tecnología de la ingeniería.
- ✓ El conocimiento de las necesidades de la sociedad y el impacto de la tecnología de la ingeniería.
- ✓ La capacidad para el pensamiento independiente y la expresión en dos áreas fuera de la ciencia y la tecnología: las humanidades y las ciencias sociales.
- ✓ El conocimiento de un tema complementario a la ingeniería química básica, como la biología, la química, la ciencia de materiales, gestión, economía, estudios medioambientales, o de orden público.

(Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, accreditation, 2013)

- **Requisitos para obtener el título:** Para obtener el título de Ingeniero Químico el estudiante debe completar el programa de 41 cursos obligatorios comunes para todos los estudiantes de la carrera y 5 cursos relacionados con el área de concentración seleccionada. Se deben completar los requisitos dentro de un período de calendario de ocho años después de la matriculación; si no completan el grado dentro de este plazo, se perderá el derecho a completar el grado y serán retirados de la Universidad (School of engineering and applied science - University of Pennsylvania, undergraduate student Handbook, 2013).
- **Acreditación del programa:** El programa de pregrado de Ingeniería Química y Biomolecular está acreditado por la Comisión de Acreditación de Ingeniería de ABET (Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, accreditation, 2013).
- **Internacionalización:** Penn ofrece diferentes programas en aproximadamente cincuenta países de África, Asia, Australia, Europa Oriental y Occidental, y

América Latina, para los estudiantes de la escuela de ingeniería y ciencias aplicadas: servicio de aprendizaje, estudios en el extranjero, estudios de verano en el extranjero, investigación de verano internacional y prácticas internacionales (School of engineering and applied science - University of Pennsylvania, international opportunities, 2013).

- **Estructura curricular:** El programa está diseñado para realizarse en 4 años, el cual requiere 41 asignaturas obligatorias comunes para todos los estudiantes de la carrera. Dentro de las mismas se tienen diversas electivas discriminadas de la siguiente forma: 2 libres, 2 técnicas, 6 en ciencias sociales o humanidades y 2 en cursos pertenecientes a la carrera. Además, se deben seleccionar 5 cursos pertenecientes a los temas de las áreas de concentración.

En la **Tabla 14** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase semanales
Cursos requeridos			
Matemáticas	-	4	-
Química	-	7	-
Física	-	2	-
Ingeniería química	-	3	-
Termodinámica	-	3	-
Ingeniería informática (o electiva en ciencias sociales o humanidades)	-	1	-
Requisito de escritura (o electiva libre o en ciencias sociales o humanidades)	-	1	-
Introducción a la biotecnología (o electiva técnica)	-	1	-
Fenómenos de transporte y operaciones unitarias	-	3	-
Diseño (reactores químicos, procesos, control de procesos, proyectos)	-	4	-
Electivas			
Libres	-	2	-
Técnicas	-	2	-
En ciencias sociales o humanidades	-	6	-
Cursos de ingeniería química y biomolecular	-	2	-
Total	-	41	-

Total asignaturas: 41 asignaturas obligatorias comunes para todos los estudiantes de la carrera y 5 cursos pertenecientes a los temas de las áreas de concentración.

Total créditos: No se encuentra disponible en la página web.

Equivalencia del crédito: No se encuentra disponible en la página web.

Áreas de concentración: Se requiere una selección de cinco cursos pertenecientes a los siguientes temas:

- Farmacia y biotecnología.
- Ciencia e ingeniería de los polímeros.
- Nanotecnología.
- Ingeniería Ambiental.

(Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, undergraduate degree concentrations, 2013)

Tabla 14. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de University of Pennsylvania (Penn), Pennsylvania.

4.2.15 Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.

- **Nombre del departamento o facultad:** Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.
- **Duración del programa:** 10 semestres / 5 años.
- **Barreras de entrada:** para ingresar a la Universidad Nacional de Colombia es necesario:
 - ✓ Pagar los derechos de inscripción para presentar la prueba de admisión.
 - ✓ Formalizar la inscripción vía Internet.
 - ✓ Presentar la prueba de admisión.

(Universidad Nacional de Colombia, preguntas frecuentes, 2014)

- **Reseña histórica:** En 1936 se crea un Departamento destinado específicamente al estudio de la Química como ciencia y se monta la estructura docente para su enseñanza, en unos pocos años este Departamento dio origen a las carreras de Química e Ingeniería Química y se transformó en facultad. Por la existencia del Acuerdo 26 de 1939, que presenta un programa de estudios y reglamenta las condiciones para la formación de ingenieros químicos, puede considerarse a la Universidad Nacional de Colombia como la gestora de esta profesión en el país, aunque solo pudiera materializarse varios años más tarde. Los cursos se iniciaron en 1939 y se finalizar el año 1942 egresaran los primeros ocho químicos diplomados. El mismo Acuerdo 26 indicaba que el programa de especialización industrial sólo podría realizarse cuando se contara con los equipos e instalaciones de tipo semi-industrial (llamados hoy Planta Piloto) y luego de que egresaran los respectivos químicos diplomados. Por lo anterior, fue necesario esperar hasta el año 1946 para iniciar el montaje de los primeros equipos en el nuevo edificio, ya en predios de la Ciudad Universitaria. Desde 1959 la carrera de Química se prolongó a cinco años (Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, historia).
- **Misión:**
 - ✓ La promoción de la excelencia de la educación de ingenieros químicos.
 - ✓ Contribuir en la definición de la estructura de los programas curriculares de pregrado y posgrado.
 - ✓ La asimilación, producción y difusión del conocimiento requerido por la industria química.
 - ✓ La interacción e integración con la sociedad promoviendo la formación de ciudadanos sensibles a los intereses nacionales, libres, creativos, críticos,

respetuosos de los valores democráticos, los deberes civiles y los Derechos Humanos.

- ✓ Atender la demanda de servicios de los programas curriculares de la Facultad de Ingeniería.
- ✓ Realizar investigación y extensión pertinentes con carácter interdisciplinario, enfocadas en la solución de problemas de la sociedad nacional e internacional.

(Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, funciones).

- **Visión:**

- ✓ Aportar soluciones tecnológicas creativas que contribuyan a la producción industrial con procesos eficientes que aseguren la preservación de recursos naturales, garanticen sostenibilidad y eleven el nivel de vida de la sociedad.
- ✓ Asimilar e incorporar desarrollos tecnológicos que en infraestructura y medios de comunicación facilitan la acción pedagógica en docencia e investigación.
- ✓ Interactuar interinstitucionalmente con Departamentos de Química, Física, Biología e institutos de investigación nacionales e internacionales para eslabonar el conocimiento científico y los desarrollos tecnológicos en desarrollos conjuntos.

(Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, objetivos)

- **Objetivos estratégicos:**

- ✓ Formar ingenieros químicos provistos de una sólida fundamentación científica y tecnológica, con capacidad para diseñar productos y procesos de transformación física, química o biológica, así como para planificar, administrar con eficiencia, evaluar, mejorar y/o generar las plantas en las que estos se llevan a cabo, con base en un espíritu emprendedor, investigativo e innovador.
- ✓ Fomentar en los estudiantes de ingeniería química el trabajo en equipos disciplinarios, interdisciplinarios y transdisciplinarios, integrados en redes locales, regionales, nacionales e internacionales.
- ✓ Promover en sus estudiantes y egresados la conciencia del estudio permanente, el liderazgo y el desarrollo de habilidades administrativas, así como las responsabilidades ética, humanística, ambiental y social, de

manera que incidan eficazmente en la identificación, estudio y presentación de propuestas de solución de necesidades y problemas objetivos, para contribuir con el desarrollo del país y el bienestar de las comunidades.

(Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, objetivos).

- **Perfil profesional:** Los egresados estarán en capacidad de innovar, investigar, trabajar en equipo, crear empresa, diseñar y mejorar productos y procesos de transformación física, química o biológica y dialogar permanentemente con la comunidad nacional e internacional especializada. Es un profesional con sólida formación científica y tecnológica, liderazgo, responsabilidad social y habilidades administrativas, que incide eficazmente en el desarrollo del país (Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, perfil).
- **Requisitos para obtener el título:** Cumplir con el mínimo de créditos especificado en el programa académico (180) y presentación de trabajo de grado investigativo (6 créditos).
- **Acreditación del programa:** Acreditación de Alta Calidad, con el Consejo Nacional de Acreditación CNA (CNA, consultar programas acreditados).
- **Internacionalización:** Se cuenta con convenios internacionales, para pasantía de estudiantes y trabajos de cooperación en investigación, con los siguientes países: Alemania, Argentina, Australia, Bolivia, Brasil, Chile, Cuba, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, Guatemala, Holanda, Inglaterra, Italia, Jamaica, Japón, México, Paraguay, Perú, Venezuela (Oficina de relaciones internacionales, convenios).
- **Estructura curricular:** El plan de estudios está conformado por 58 actividades académicas programadas en 10 semestres, dividido en cuatro ciclos de formación: ciencia básica, fundamentos de ingeniería, ingeniería de procesos químicos y profundización. Las asignaturas se clasificaban en las áreas de matemáticas, física, química, informática, contexto socio - humanístico, gestión industrial, procesos químicos, operaciones de transferencia y termodinámica. Inicialmente, las líneas de profundización fueron petroquímica, materiales, biotecnología y electroquímica y corrosión, que después se complementaron con ingeniería ambiental e ingeniería de alimentos. En el 2003 se incorporaron las asignaturas Simulación de Procesos, Materiales Poliméricos y Bioprocesos a las líneas de profundización (Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, componentes del plan).

En la **Tabla 15** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Agrupaciones	Créditos obligatorios	Créditos operativos	Total créditos exigidos
Componente de fundamentación			
Matemáticas, Probabilidad y estadística	23	0	23
Química y Biología	23	0	23
Física	8	0	8
Ciencias económicas y administrativas	6	3	9
Herramientas de ingeniería	3	3	6
Total	63	6	69
Componente Disciplinar			
Termodinámica	10	3	13
Operaciones unitarias	20	0	20
Procesos químicos y bioquímicos	15	3	18
Investigación e innovación	18	0	18
Materiales	0	3	3
Contexto profesional	3	0	3
Total	66	9	75

Total asignaturas: 128

Total créditos: Se requiere 144 créditos para graduarse

Equivalencia del crédito: veintisiete (27) horas de clase semanal. Un semestre es de 15 semanas

Áreas de concentración: la formación básica comprende asignaturas propias de la Ingeniería Química en diferentes niveles: Mecánica (Estática, Dinámica y de Fluidos), Resistencia de Materiales, Electricidad y Economía. En el primer año, se cursan Química General, Física I, Inglés, Dibujo y Matemáticas. El quinto año, corresponde a los cursos de Química Industrial Inorgánica, Electrotecnia y Laboratorio, Tratamiento de Aguas, Economía, Metalurgia e Ingeniería Química y Proyectos. se cuentan con electivas como: Simulación de Procesos, Materiales Poliméricos y Bioprocesos ofrecidas como líneas de profundización.

Tabla 15. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

4.2.16 Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química (PEQ).
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 10 períodos / 5 años.
- **Barreras de entrada:** no se encuentra información disponible en la página web.
- **Reseña histórica:** El programa de Ingeniería química (PEQ), fue idealizado, diseñado y conducido a lo largo de su primera década de existencia por el profesos Alberto Luiz Coimbra, desde su inicio en 1963, dentro de la división de Ingeniería Química del Instituto de Química de la entonces Universidad de Brasil, de la cual era director. Con la creación del Instituto de Química y su funcionamiento en febrero de 1962, esta entidad, que congrega las carreras de Química e Ingeniería Química de las Escuelas de Química, Ingeniería, Medicina, Farmacia y Filosofía de la Universidad de Brasil, se situó en la cabecera del programa, a través de su División de Ingeniería Química. En 1963, auxilios de la OEA y de la fundación Rockefeller permitieron la unión de los profesores Donald L. Katz (Univ. Michigan) , Louis Brand (Univ. de Houston), Frank M. Tiller (Univ. de Houston) , Ernest J. Henley (Stevens Tech), Raymond Fahien (Univ. de la Florida) y Cornelius J. Pings (Cal. Tech.) los cuales, en conjunto con los profesores Alberto Luiz Coimbra, Alfonso Silva Telles, Giulio Massarani , Nelson Castro Faria y

Augusto L. Zamith, comenzaron el programa oficial de Ingeniero Químico. La creación del PEQ coincide con la expansión de la industria química en el Brasil, en particular con la del sistema estatal (Petrobras y sus relacionadas). Así su vocación natural fue la de privilegiar el análisis de proyectos de equipamiento y de procesos, luego se formaron los profesores para capacitar a estas empresas en los diferentes proyectos. Luego se toma la base de experiencia del pregrado y se fortalece la escuela de ingeniería química con la generación de los posgrados (Maestría y Doctorado) en ingeniería química, muy fuertes académicamente en la universidad (Escola de Química da UFRJ, 2011).

- **Misión:** La finalidad que justifica la existencia de la Universidad Federal de Rio de Janeiro y que valida sus objetivos estratégicos consiste en proporcionar a la sociedad brasilera los medios para dominar, ampliar, cultivar, aplicar y difundir el patrimonio universal del saber humano, capacitando a todos sus integrantes para actuar como fuerza transformadora. Más específicamente, la universidad se destina a completar la educación integral de los estudiante, preparándolos para:
 - ✓ Ejercer profesiones de nivel superior.
 - ✓ Valorizar las múltiples formas del conocimiento y las expresiones técnicas, científicas, artísticas y culturales.
 - ✓ Ejercer la ciudadanía.
 - ✓ Reflexionar críticamente sobre la sociedad en que se vive.
 - ✓ Participar de los esfuerzos de superación de las desigualdades sociales de la región.
 - ✓ Asumir el compromiso con la construcción de una comunidad socialmente justa, ambientalmente responsable, respetuosa de la diversidad y libre de todas las formas de opresión o discriminación de clases, genero, etnia o nacionalidad.
 - ✓ Luchar por la ciudadanía universal y la consolidación de la democracia.
 - ✓ Contribuir a la solidaridad nacional e internacional.

(UFRJ, misión)

- **Visión:**
 - ✓ La Universidad Federal de Rio de Janeiro educará e investigará, mediante la realización de cursos y de otras actividades curriculares y extracurriculares, comprendidas en las categorías ya existentes y las deban ser creadas por las escuelas competentes y aprobadas por el

Consejo Universitario, según la legislación vigente, para cumplir con las tendencias de la industria y las necesidades de la sociedad.

- ✓ Promoverá la difusión de actividades culturales, científicas y técnicas que constituyen el patrimonio de la humanidad, el conocimiento se comunicarán a través de la enseñanza, publicaciones y otras formas de comunicación.
- ✓ Despertar el deseo de mejorar constantemente en los aspectos cultural y profesional, y posibilitar el progreso mediante la integración del conocimiento que se adquiere en un marco intelectual y sistémico de los conocimientos de cada generación.

(UFRJ, estatuto da UFRJ)

- **Objetivos estratégicos:** La Universidad espera:

- ✓ Completar la formación del estudiante, la búsqueda y ampliación de los conocimientos y la preservación y difusión de la cultura.
- ✓ Estimular la creación y el desarrollo del espíritu científico y cultural del pensamiento reflexivo.
- ✓ Educar profesionales con formación en distintos campos del conocimiento, calificados para la inclusión en los sectores profesionales, industriales y en la participación en el desarrollo de la sociedad brasileña.
- ✓ Realizar responsablemente investigación estratégica e investigación científica, filosófica y tecnológica, para fomentar el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la creación y difusión de la cultura, y así desarrollar una comprensión del ser humano y el medio ambiente en que se viven.

(UFRJ, estatuto da UFRJ)

- **Perfil profesional:** El ingeniero químico se desenvuelve en proyectos de instrumentación y operaciones de transformación que convierten recursos naturales, como petróleo, gas natural, minerales, biomasa e ingredientes activos, en productos útiles tipo combustibles, pulpa, papel, productos farmacéuticos, plásticos y pinturas. Este profesional enfrenta desafíos, debido a que las transformaciones requieren ser eficientemente económicas, preservando el mejor ambiente y operando con seguridad y confiabilidad. Su actuar combina fundamentos de química y física con disciplinas de ingeniería y computación (Escola de Química da UFRJ, 2011).
- **Requisitos para obtener el título:** Cumplir con el mínimo de créditos especificado en el programa académico (185) y presentación de trabajo de grado de grado supervisado (de carácter industrial mayormente).

- **Acreditación del programa:** CPC (Concepto Preliminar del Curso) Calificación Institucional valor 5 (máxima calificación), acreditado por e-MEC. IGC (Índice General de Cursos de las Instituciones) Calificación Nacional valor 4 (escala de 1 a 5 máximo), acreditado por e-MEC (e-Mec, índices).
- **Internacionalización:** Se cuenta con convenios internacionales, para pasantía de estudiantes y trabajos de cooperación en investigación, con países como: España, Estados Unidos y Alemania (COPPE/UFRJ, parcerias).
- **Estructura curricular:** El programa está constituido por 10 períodos con un total de 185 créditos, los primeros cuatro periodos corresponden a la formación básica para ingenieros y es común para las ingenierías, del quinto al décimo período comprenden los cursos especializados para la formación de ingenieros químicos y la presentación de la tesis de grado. Se tienen otras materias que son de selección restringida y buscan especializar al ingeniero químico en un campo específico. El PEQ mantiene proyectos de intercambio de cooperación y de consultoría con diversas empresas e industrias de las áreas químicas y petroquímicas. Los proyectos son establecidos a través de la fundación COPPETEC, que es una fundación del sector privado y sin fin lucrativo que promueve y agiliza la interacción entre la Universidad, el sector productivo y la sociedad en general, esto representa una ventaja para la realización de los trabajos de grado de los estudiantes y genera responsabilidad social de los profesionales (Escola de Química da UFRJ, 2011).

En la **Tabla 16** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase
Materias de obligatorio cumplimiento			
Calculo diferencial	25	8	375
Ciencias sociales	5	2	75
Procesos químicos y biológicos	64	22	960
Física y fisicoquímica	21	11	315
Mecánica de fluidos	4	1	60
Métodos numéricos	3	1	45
Termodinámica	4	1	60
Fenómenos de transferencia y operaciones unitarias	27	7	405
Ciencias económicas y administrativas	10	4	150
Ingeniería de procesos y medio ambiente	22	10	330
Total	185	58	2.775
Materias de selección restringida			
Introducción a la metodología científica	2	1	30
Formación en industria brasilera	2	1	30
Introducción a operaciones y logística	3	1	45
Gestión de Innovación	3	1	45
Total	10	4	150

Total asignaturas: 58 cursos de carácter obligatorio y 4 cursos de selección restringida.

Total créditos: Se requiere el cumplimiento de 185 créditos para graduarse

Equivalencia del crédito: quince (15) horas por semestre, los cursos varían entre 2 y 6 créditos.

Áreas de concentración: El currículo tiene como asuntos fundamentales las áreas de desarrollo y operación de procesos químicos y bioquímicos, como: termodinámica, cinética, proyecto de reactores químicos, química cuántica, seguridad de procesos y prevención de pérdidas, administración y gestión industrial, también tópicos ligados a ingeniería ambiental y cinética de los materiales. También como especialidades se dictan cuatro (4) cursos de selección restringida.

Tabla 16. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Federal de Río de Janeiro, Río de Janeiro.

4.2.17 Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago (Chile)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Civil con diploma en Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos.
- **Duración del programa:** 8 períodos / 4 años.
- **Barreras de entrada:** La admisión vía pruebas de selección universitaria (PSU) se denomina *Admisión Ordinaria* y es la principal forma de ingreso a esta Universidad y la más masiva del país. El proceso de admisión ordinaria no depende directamente de cada universidad, sino que se realiza en forma centralizada, a nivel nacional, y en él participan las universidades chilenas del Consejo de Rectores y un grupo de universidades privadas adscritas al sistema único de admisión. Ingresan por esta vía los egresados de la Enseñanza Media, a quienes se les exige la Licencia Media o su equivalente, y haber rendido de manera satisfactoria las pruebas nacionales de selección. Los postulantes extranjeros pueden ingresar por esta vía, si cumplen con los requisitos recién mencionados. Sin embargo, deben efectuar el reconocimiento de estudios de nivel secundario

ante el Ministerio de Educación de Chile (Pontificia Universidad Católica de Chile, admisión y registros académicos, 2014).

- **Reseña histórica:** La Escuela de Ingeniería le ha dado gran importancia a la enseñanza práctica y experimental, la cual tiene su máxima expresión en los laboratorios docentes. Son varios los célebres: el de Hidráulica, creado en 1926, fue el primero de su tipo en Sudamérica o el Instituto de Investigaciones de Materiales (1938), a partir del cual nació, nueve años después, DICTUC, cuya labor ha sido un aporte fundamental para el desarrollo del país a través de sus convenios con empresas, industrias e instituciones públicas. El Plan de Desarrollo de la educación en Ingeniería se inició en la década de 1960, durante el decanato de Raúl Devés, como parte del proyecto para modernizar la facultad. Así la Escuela se transformó en un moderno centro universitario acorde con las exigencias del avance tecnológico y las necesidades del país (Pontificia Universidad Católica de Chile, historia).

Durante esta época se iniciaron otros importantes cambios y mejoras, como las modificaciones a la malla que dejaron a la Escuela como pionera en la incorporación de un currículo flexible y semestral, el Plan de Perfeccionamiento de Profesores para la formación de un cuerpo docente de excelencia y, uno de los hitos más importantes, la construcción del campus San Joaquín. En 1965, la facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas inauguró su año académico en el nuevo campus, en una ceremonia presidida por el Presidente Eduardo Frei Montalva y por el Cardenal Raúl Silva Henríquez (Pontificia Universidad Católica de Chile, historia).

- **Misión:** La misión de la Escuela de Ingeniería tiene tres enfoques:
 - ✓ Educar y formar integralmente personas que se desempeñen como científicos aplicados, innovadores y emprendedores tecnológicos y sociales. También formar profesionales de excelencia en el vasto campo de la Ingeniería.
 - ✓ Crear e irradiar conocimiento en ciencias aplicadas e Ingeniería en todas sus formas posibles.
 - ✓ Traducir dicho conocimiento en innovaciones y emprendimientos de base tecnológica y social que permitan acrecentar la relevancia y prestigio de esta comunidad y a la vez acelerar el desarrollo de Chile en relación al concierto mundial de países.
 - ✓ Se busca generar a través de la Comunidad de Ingeniería UC condiciones que entreguen mayor equidad, oportunidad y prosperidad para el país y,

simultáneamente, posicionen a la Escuela como un nodo relevante en el ámbito académico a nivel mundial.

(Pontificia Universidad Católica de Chile, misión).

- **Visión:**

- ✓ La Escuela busca ser un actor global en el mundo y un agente efectivo en la materialización de las tres misiones fundamentales de la Universidad, desempeñándose con un estándar de alta calidad para ayudar a acelerar el progreso del país, el cual debe ser traducido en una mejora real en la calidad de vida de cada uno de sus habitantes.
- ✓ En poco más allá de una década construir una gran Escuela de Ingeniería que liderará el desarrollo de la Ingeniería en Latinoamérica. Aspirando a transformarse en el “hub” de la innovación y el emprendimiento tecnológico en la universidad, en el país y en la región, a través de ser efectivos creadores del conocimiento aplicado, y articuladores entre el conocimiento científico más puro y las necesidades y problemas de la sociedad chilena y global.
- ✓ Construir una Escuela integradora e inclusiva, en que todo joven talento de Chile, sin importar su condición socioeconómica, cultural o religiosa, pueda educarse para transformarse en un gran profesional, investigador aplicado o innovador y emprendedor.
- ✓ Construir una comunidad ampliamente tecnificada y moderna, pero enfocada en lograr el progreso integral del hombre... Una comunidad agradecida, vibrante y creativa, residente en el Campus, transformada en un polo de atracción del talento académico y profesional para el resto de Latinoamérica... Un lugar de oportunidades audaces, un lugar para los atrevidos y comprometidos con las necesidades más complejas de Chile.
- ✓ Avanzar en convertirnos en una comunidad académica integrada globalmente, en red, a través del desarrollo de alianzas efectivas con otras unidades de la universidad, la industria, el gobierno, otras universidades y centros tecnológicos de Chile y el mundo, a través de las interacciones de su cuerpo de profesores, alumnos, ingenieros UC y amigos.

(Pontificia Universidad Católica de Chile, visión)

- **Objetivos estratégicos:**

- ✓ Adoptar Nuevas tecnologías e innovaciones sin abandonar los valores de la comunidad, garantizando una presencia cristiana eficaz en el mundo universitario para la resolución de los grandes problemas de la sociedad.
- ✓ Seguir la tendencia mundial de tener currículum más eficientes, mantener actualizada la educación que se bringa a los profesionales en formación.
- ✓ Mantener un buen estatus internacional, mediante acreditaciones de alta calidad.
- ✓ Aplicar nuevas técnicas de enseñanza que garantices un profesional de cualidades internacionales, y adoptar tecnologías que fortalezcan la infraestructura académica de la universidad.
- ✓ Generar convenios internacionales para fomentar el intercambio de conocimiento, el fortalecimiento de la comunidad científica y la calidad profesional.

(Pontificia Universidad Católica de Chile, proyección)

- **Perfil profesional:** La Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica está implementando su plan de desarrollo 2011-2015 que articula de forma efectiva sus tres misiones fundamentales de formación, descubrimiento e innovación. El énfasis se centra en procesos científicos y tecnológicos que conduzcan a la innovación. Estas son cualidades que se espera que tengan los egresados de éste programa, que sean ingenieros científicos aplicados, innovadores y emprendedores de base tecnológica y social. La universidad espera educar alumnos al mejor nivel para desempeñarse en la Sociedad del Conocimiento y la Innovación, y con cualidades diferenciadoras por la interacción que tiene el currículo con otras carreras de la universidad. Se espera educar alumnos que puedan desenvolverse éticamente y con soltura en los diversos ámbitos de la Ingeniería (Pontificia Universidad Católica de Chile, egresados).
- **Requisitos para obtener el título:** Cumplir con el programa académico de dos ciclos: 1. Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería (4 años), 2. Articulación posterior a la licenciatura, cuenta con varias opciones según elija en estudiante puede ser entre 2 y 4 semestres más. La práctica profesional es una actividad de tipo manual o de servicios que ordinariamente presta personal no calificado y sin ejercer supervisión directa o indirecta sobre otros, se realiza durante el primer ciclo de estudios.
- **Acreditación del programa:** Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET (ABET, Find Accredited Programs).

- **Internacionalización:** Cuenta con convenios con más de 300 universidades en el mundo, numerosas becas y, además, ofrece la posibilidad de obtener doble grado con prestigiosas universidades italianas y francesas. Ingeniería UC ha firmado convenios de Doble Titulación con siete universidades Europeas, en Francia e Italia. Uno de los que más llama la atención es el convenio de colaboración con el MIT, llamado MISTI, a través del cual académicos y estudiantes de ambas entidades iniciarán proyectos de investigación que involucrarán conocimiento ingenieril, tecnología y la creación de productos y servicios que lleguen al mercado (Pontificia Universidad Católica de Chile, una escuela internacional).
- **Estructura curricular:** Currículo flexible y exigente, con múltiples alternativas y especialidades a nivel de titulación. Formación de alumnos tipo “T”, una horizontalidad que da amplitud y fomenta la interacción multidisciplinaria y una verticalidad que profundiza en un área de especialización. Esto se traduce en una formación íntegra que potencia los conocimientos técnicos con habilidades blandas, como por ejemplo: liderazgo, trabajo en equipo, comunicación efectiva. Los estudiantes tienen la flexibilidad de escoger Major y Minor independientemente y cuentan con 10 créditos de exploración que los ayuda en su toma de decisiones. Al completar 4 años con un Major y Minor los estudiantes obtienen la Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería con un perfil casi único que dependerá de la combinación Major/Minor que cada estudiante tomó (Pontificia Universidad Católica de Chile, currículo).

En la **Tabla 17** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Etapas	Disciplinas	Créditos	Total créditos
Primer Ciclo: Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería			
Plan común de ciencias	Base de física, biología, química y matemática	120	400
Base general del Mayor	Mediana profundización en ciencias básicas	50	
Formación general	Cursos que son requisitos de la Universidad para formación integral del alumno	80	
Concentración Mayor (Major)	Profundización en área disciplinarias o interdisciplinaria	100	
Concentración Menor (Minor)	Profundización de competencias del Major o ampliación de conocimientos en otras áreas.	50	
Segundo Ciclo: Articulación posterior a la licenciatura			
Articulación con un Título Profesional	Ingeniero Civil UC o con títulos de Médico, Arquitecto y Diseñador UC	130 a 180	Se selecciona una de las tres opciones
Continuar con un Grado Académico Superior	Postgrado (Magíster y Doctorado). Este puede ser UC o no UC.	Depende de la elección	
Emprendimiento o empleo temprano	Incurción en la industria		

Total asignaturas: 58 cursos de carácter obligatorio y 4 cursos de selección restringida.

Total créditos: el primer ciclo tiene 400crédito, el segundo ciclo depende de la elección de formación del estudiante.

Equivalencia del crédito: la información no aparece en la página web.

Áreas de concentración: Los cursos del área de Ingeniería Química tienen por objetivo complementar la formación básica en aquellos aspectos que dicen relación con el diseño, control y operación de procesos productivos donde ocurren transformaciones físicas y químicas de los materiales. El énfasis se centra en las áreas de procesos de transferencia (calor, masa y momento), fenómenos cinéticos y control de procesos. Con esta formación el estudiante se capacita para intervenir en el diseño y gestión de procesos productivos en industrias de distinta naturaleza donde se destacan el sector hidrocarburos y derivados, producción y transformación industrializada de alimentos, recursos forestales y recursos marinos. La formación se completa con cursos optativos orientados a aquellas áreas de interés nacional como son los recursos renovables, la biotecnología y recursos energéticos no convencionales.

Tabla 17. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

4.2.18 Universidad de Costa Rica, San José (República de Costa Rica)

- **Nombre del programa:** Licenciatura en Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 10 ciclos / 5 años.
- **Barreras de entrada:** Las personas que deseen cursar sus estudios en la Universidad de Costa Rica deben realizar un “Examen de Admisión”. Se trata de una *Prueba de Aptitud Académica* que incluye ítems de razonamiento matemático y razonamiento verbal, y es validada científicamente. Para presentar dicha prueba es necesario que los estudiantes matriculados en el último año de la educación diversificada formal, completen la solicitud de inscripción, y realicen el pago respectivo (Universidad de Costa Rica, proceso de admisión a la UCR, 2014).
- **Reseña histórica:** La Escuela de Ingeniería Química se creó como una sección del Departamento de Química, cuyo primer jefe de sección fue el Lic. Armando Acuña. En este tiempo, se graduaron siete ingenieros químicos, siendo el primero de ellos el Ing. Jorge Enrique Villalobos Clare, el 11 de diciembre de 1967. En 1969 el Consejo Universitario acordó trasladar la carrera a la Facultad de

Ingeniería, siendo el Ing. Roberto Beirute, jefe de sección de 1969 a 1970 (Universidad de Costa Rica, procedures).

El primer plan de estudios del Departamento de Ingeniería química comprendía 168 créditos. El plan actual tiene 173 créditos. El plan de estudios ha sufrido cambios a través de los años, sin embargo, mientras estuvo en la coordinación del Departamento de Química (1964 a 1974), estos fueron mínimos. A partir de 1989 se implementa un nuevo plan de estudios con un enfoque sistémico que incluye los conceptos de seguimiento y actualización del plan. Esto permitió que se hicieran reformas menores en 1995, 1997 y 2003 sin cambiar la estructura inicial (Universidad de Costa Rica, procedures).

- **Misión:** La Universidad de Costa Rica es una institución de educación superior estatal democrática que goza de autonomía constitucional. Está constituida por una comunidad de estudiantes, docentes y personal administrativo. Promueve la formación humanística. Produce y difunde conocimiento con visión crítica. Contribuye con las transformaciones que la sociedad necesita para el logro del bien común, mediante el desarrollo de actividades de docencia, investigación y acción social. Con base en sus políticas institucionales, procura la justicia social, la equidad, el desarrollo integral y la libertad plena de las y los habitantes del país (OPLAU, 2013, misión).
- **Visión:** Ser una Universidad de excelencia académica, inclusiva, transformadora de la sociedad costarricense, que mediante la generación y la transferencia del conocimiento, la internacionalización, el diálogo libre y reflexivo, contribuya al mejoramiento de la calidad de vida y sea referente de la conciencia nacional (OPLAU, 2013, visión).
- **Objetivos estratégicos:** La Universidad de Costa Rica apoyará el cumplimiento de la Visión para el período 2013-2017 potenciando los siguientes ejes estratégicos propuestos:
 - ✓ Excelencia académica
 - ✓ Generación del conocimiento
 - ✓ Transferencia del conocimiento
 - ✓ Internacionalización
 - ✓ Inclusiva
 - ✓ Gestión institucional
 - ✓ Innovación

La universidad busca fortalecer internacionalmente cada uno de los programas ofrecidos, mediante la adopción de tecnologías y prácticas internacionales de cooperación. Facilitar el acceso a la población estudiantil y la adquisición de conocimientos, el desarrollo de competencias y los valores necesarios para vivir, convivir, ser productivos y seguir aprendiendo (OPLAU, 2013, plan estratégico).

- **Perfil profesional:** El Ingeniero Químico es profesional capacitado para:
 - ✓ Utilizar conocimientos de las ciencias físicas, químicas, administrativas, económicas y relaciones humanas, para establecer las condiciones de máximo aprovechamiento de equipos, materias primas y recursos humanos, involucrados en los procesos productivos en las industrias.
 - ✓ Seleccionar y dimensionar equipo y maquinaria, cuantificar materias primas y suministros que permitan mejorar la productividad y calidad del producto, al más bajo costo posible.
 - ✓ Buscar el aprovechamiento de los subproductos de los procesos industriales, así como la mejor disposición de los desechos.
 - ✓ Establecer procedimientos que permitan predecir necesidades de mantenimiento del equipo, controles de calidad y minimización de tiempos y movimientos, dedicados al proceso productivo.
 - ✓ Supervisar y dirigir la construcción y puesta en marcha de instalaciones dedicadas a la industria química, alimentaria, farmacéutica y otras; así como las instalaciones que proporcionan servicios auxiliares a plantas de proceso.
 - ✓ Asesorar en el diseño de instalaciones, compra de equipo, estudios de factibilidad, implantación de nuevas tecnologías y procedimientos de optimización de procesos y presupuestos.
 - ✓ Asesorar a entes gubernamentales en el ámbito del desarrollo, impacto ecológico y aprovechamiento de recursos.

(Universidad de Costa Rica, curricula)

- **Requisitos para obtener el título:** Se obtiene el título de Licenciatura en Ingeniería Química previa aprobación de 300 horas de Trabajo Comunal Universitario y la presentación del Trabajo Final de Graduación (Universidad de Costa Rica, curricula).
- **Acreditación del programa:** SINAES Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (Universidad de Costa Rica, regulation).

- **Internacionalización:** La universidad cuenta los siguientes programas y convenios internacionales: Programa Mexicano de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Programa de Cooperación entre la Universidad de Costa Rica y el Instituto Francés para América Central, Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica (fortalecimiento de los centros de educación superior y de investigación de países socios de la AECID), Programa de Voluntarios Japoneses, Programa ALFA III (cooperación entre instituciones de educación superior de la Unión Europea y América Latina), Programa ANUIES CSUCA (promueve el mejoramiento la calidad de la educación superior de México, Centroamérica y República Dominicana) (Universidad de Costa Rica, regulations).
- **Estructura curricular:** El currículo se compone de diez ciclos con un total de créditos de 174, donde cada ciclo tiene una determinación de horas por cursar, definidas según sean Horas de Teoría, Horas de Práctica u Horas de Laboratorio, que al final se determinan como un conjunto llamado horas de estudio (Universidad de Costa Rica, curricula).

En la **Tabla 18** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase
Materias de obligatorio cumplimiento			
Calculo diferencial, Matemáticas	20	6	60
Actividades deportivas y artísticas	2	2	6
Ciencias sociales	12	2	36
Química	23	9	69
Procesos químicos y biológicos	19	6	57
Física y fisicoquímica	16	7	48
Mecánica de fluidos, Mecánica	7	2	21
Métodos numéricos, informática	14	4	42
Termodinámica	6	2	18
Idiomas	4	1	12
Fenómenos de transferencia y operaciones unitarias	20	7	60
Ciencias económicas y administrativas	10	3	30
Ingeniería de procesos, materiales y medio ambiente	19	8	57
Seminario y proyecto de grado	2	1	6
Total	174	60	522

Total asignaturas: 60

Total créditos: 174 créditos.

Equivalencia del crédito: 1 crédito equivale a 3 horas de clase semanales

Áreas de concentración: el plan de estudios tiene material que propias de la ingeniería (que se realizan durante los primeros ciclos) y que son comunes para todas las ingenierías que existentes en la universidad, pero también se ven a la par material exclusivas de la ingeniería química, donde se enfatiza en las químicas (orgánica, inorgánica, analítica, entre otras), en los procesos de transferencia (masa y calor), en los procesos de transformación, en las operaciones unitarias, que son las herramientas que requiere un ingeniero químico. También se dictan cursos de otras ingenierías que buscan dar valor agregado al profesional, como son: programación de producción, ciencias económicas y administrativas, análisis estadístico de resultados de investigación, control logístico, evaluación de proyectos, entre otras.

Tabla 18. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rita, San José.

4.2.19 Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (Colombia)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Escuela de Ingeniería Química – Facultad Fisicoquímicas.
- **Duración del programa:** 10 niveles / 5 años.
- **Barreras de entrada:** Puede inscribirse quien cumpla los siguientes requisitos:
 - ✓ Haber aprobado undécimo grado o estarlo cursando.
 - ✓ Haber obtenido un puntaje mínimo en el Examen de Estado de 31 puntos en todas las áreas, excepto idioma extranjero. La vigencia del examen de estado es de cinco años.

(Requisitos: aspirantes a programas de pregrado presencial, 2014)

- **Reseña histórica:** El primer rector de la UIS fue Nicanor Pinzón Neira, Ingeniero Civil de la Escuela de Minas de Medellín y oriundo de Guapotá, quien en la década de los cuarenta había sido jefe de la Ingeniería Municipal de Bucaramanga. En 1947, laboraba en la planta que la empresa Bavaria tenía en Boyacá, hasta que aceptó la propuesta del gobernador para regir la UIS desde su apertura. Lideró en el Concejo de Bucaramanga la reserva urbana de los lotes para el proyecto de la Universidad, y se esforzó por aumentar los ingresos públicos con destino a la UIS. Con tres facultades de Ingeniería (Eléctrica, Mecánica y Química), respectivamente dirigidas por Hernando Pardo Ordoñez, Alfonso Penados Mantilla y Lelio Martínez Villalba, la UIS aceptó sus primeros veinte estudiantes en 1948. El problema de la escasez de ingenieros que pudieran actuar como profesores se solucionó parcialmente con los inmigrantes que habían traído los efectos de la Segunda Guerra Europea: los alemanes o austriacos Ernst Massar, Federico Mamitza, Jacob Seib, Werner Küenzel, Wilhem Spachovsky, Friederich Weymayr y Martín Lutz; así como los italianos Guido Burzzi, Francesco Cozza, Antonio Cacciolo, Paolo Lossa y Bartolo Serafín. En 1953, ya en los tiempos de la rectoría de Julio Álvarez Cerón, los profesores y los estudiantes ocuparon la sede de la ciudad universitaria. Un año después, se abrieron dos programas de Ingeniería (Metalúrgica y Petróleos) para atender las demandas de los empresarios del país y la inminente reversión de la Concesión de Mares a la Nación. En 1957, llegó a la rectoría el ingeniero Rodolfo Low Maus, una figura que atrajo hacia la Universidad el apoyo financiero de prestigiosas fundaciones norteamericanas, de ECOPETROL y de la UNESCO, con lo cual se abrió el Instituto de Investigaciones Científicas, bajo la dirección de Juan Ramírez. En 1963, con 1.147 estudiantes

matriculados, se vio que la mínima porción de 16 mujeres hacía de la UIS una extraordinaria escuela de ingeniería para el género masculino. Pero desde entonces esa situación no ha parado de cambiar (Universidad Industrial de Santander, programa).

- **Misión:** La Universidad Industrial de Santander es una organización que tiene como propósito la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos; la conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad.

Orientan su misión los principios democráticos, la reflexión crítica, el ejercicio libre de la cátedra, el trabajo interdisciplinario y la relación con el mundo externo.

Sustenta su trabajo en las cualidades humanas de las personas que la integran, en la capacidad laboral de sus empleados, en la excelencia académica de sus profesores y en el compromiso de la comunidad universitaria con los propósitos institucionales y la construcción de una cultura de vida (Universidad Industrial de Santander, la UIS).

- **Visión:** Como visión general en el año 2018, la Universidad Industrial de Santander se habrá fortalecido en su carácter público, aportando al desarrollo político, cultural, social y económico del país, como resultado de un proceso de generación y adecuación de conocimiento en el cual la investigación constituye el eje articulador de sus funciones misionales.

La Universidad habrá desarrollado exitosamente una política de crecimiento vertical, mediante la cual se crearán y consolidarán programas de maestría y doctorado de alta calidad, sustentados en procesos de investigación pertinente para la región y el país.

La Institución habrá contribuido al desarrollo regional, mediante la formación del talento humano, la investigación y la extensión, reflejado en el mejoramiento de la calidad de vida, la competitividad internacional y el crecimiento económico. Como parte de este proceso, se ampliará la cobertura con la creación y consolidación de programas misionales pertinentes y soportes estratégicos en su sede central y en sus sedes regionales tanto a nivel profesional como a nivel tecnológico, atendiendo a la política de formación por ciclos aprobada por el Consejo Superior.

La Universidad habrá consolidado una política de articulación global que le ha permitido incrementar de manera significativa los resultados de sus procesos misionales mediante la cooperación con instituciones educativas y de investigación de alto prestigio, empresas, entidades gubernamentales, egresados y otros entes públicos y privados nacionales e internacionales.

La Universidad habrá fortalecido en toda su organización una cultura de gestión de alta calidad de los procesos misionales, estratégicos y de apoyo.

Como resultado de la actualización permanente de sus programas académicos, la Universidad forma personas con las competencias apropiadas para liderar el desarrollo económico y social y para realizar proyectos educativos e investigativos, que contribuyan al logro de las metas de desarrollo del país y a la consolidación de una sociedad del conocimiento a nivel regional, nacional e internacional.

La Institución habrá consolidado su estabilidad financiera y modernizado su infraestructura física y tecnológica (Universidad Industrial de Santander, la UIS).

- **Objetivos estratégicos:**

- ✓ Formar ingenieros con bases científicas, tecnológicas y humanísticas suficientes, para identificar problemas relacionados con la producción y proponer soluciones de acuerdo con apropiados criterios éticos, técnicos y sociales.
- ✓ Incorporar al individuo en la comunidad, relacionándolo con las necesidades de la sociedad en aspectos industriales, comerciales, ambientales y energéticos.

(Universidad Industrial de Santander, objetivos)

- **Perfil profesional:** El egresado de la universidad es:

Persona excelente, profesional creativo, hábil y de gran capacidad para desarrollar y adaptar nuevos procesos, métodos y equipos, con criterio para asumir el conocimiento y la técnica, recontextualizándolos según las necesidades de la región y del país, para darles nuevos sentidos a las prácticas sociales de producción sostenible dentro del contexto universal. Además del cumplimiento de la ley 18 de 1976, que reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico en el país, el egresado se desempeña adecuadamente en Investigación y el desarrollo de nuevos materiales, productos y procesos, así como en la generación de conocimientos tecnológicos y científicos; la aplicación intensiva de la informática; la generación, distribución y uso de la energía en concordancia con el balance energético nacional; el control y la preservación prioritaria del medio ambiente, y el uso de los recursos naturales dentro de los criterios del desarrollo sostenible (Universidad Industrial de Santander, perfil del egresado).

- **Requisitos para obtener el título:** Cumplir con el mínimo de créditos especificado en el programa académico (194), de las cuales dos son materias electivas de libre selección, y presentar trabajo de grado (Universidad Industrial de Santander, plan de estudios).

- **Acreditación del programa:** Acreditación de Alta Calidad, con el Consejo Nacional de Acreditación (CNA).
- **Internacionalización:** Convenio de la UIS para que los estudiantes de pregrado realicen pasantía en el ICV (CSIC) - España (Universidad Industrial de Santander, acreditación del programa).
- **Estructura curricular:** La estructura del programa está compuesta por diez niveles, que se realizan en 5 años. Se tienen materias obligatorias y materias electivas, para las cuales se deben cumplir horas teóricas y horas prácticas, según la materia. En el plan de estudio se tienen correquisitos para algunas materias, que buscan asegurar los conocimientos previos necesarios para cursar estas. El programa cuenta con una amplia lista de materias electivas que cubren los múltiples campos de acción del ingeniero químico, el estudiante selecciona libremente según sus inclinaciones profesionales (Universidad Industrial de Santander, plan de estudios).

En la **Tabla 19** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase
Materias de obligatorio cumplimiento			
Calculo diferencial, Matemáticas	20	5	22
Actividades deportivas y artísticas	1	1	2
Ciencias sociales	3	1	4
Química	16	4	16
Procesos químicos y biológicos	50	10	54
Física y fisicoquímica	16	4	16
Mecánica de fluidos, Mecánica	8	2	8
Métodos numéricos, informática	4	1	4
Termodinámica	8	2	8
Idiomas	11	3	14
Fenómenos de transferencia y operaciones unitarias	16	4	16
Ciencias económicas y administrativas	17	5	20
Ingeniería de procesos, materiales y medio ambiente	12	3	12
Seminario y proyecto de grado	10	2	3
Total	192	47	199

Total asignaturas: 49

Total créditos: Se requiere 194 créditos para graduarse

Equivalencia del crédito: 1 crédito equivale a 1 hora de clase semanal (excepto para los laboratorios que tiene mayor número de horas 2 a 3 horas por semana).

Áreas de concentración: La universidad propone un sistema en el que existen materias comunes para la ingeniería que son de fundamentación, como son: matemáticas, física, cálculo, geometría, química y álgebra, entre otras, también se complementa con materias propias de procesos químicos y de operaciones unitarias, que junto con materias como transferencia de masa y procesos biológicos, conforman los ciclos de obligatorio cumplimiento para en ingeniero químico. Las materias electivas están dentro del plan de estudios como dos materias que suman 6 créditos, para las cuales el estudiante puede elegir entre 50 opciones de todas las áreas que generan una ventaja para la especialización del estudiante.

Tabla 19. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

4.2.20 Universidad de Los Andes, Bogotá (Colombia)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Departamento de Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 8 semestres / 4 años.
- **Barreras de entrada:**
 - ✓ Los estudiantes graduados de bachillerato en Colombia tienen como requisito indispensable la Prueba Saber 11° (Examen de Estado ICFES). Son válidos para la Universidad las Pruebas presentadas desde septiembre de 2012. Dada la estructura de la Prueba Saber 11° no hay un puntaje mínimo para inscribirse. La inscripción no implica la admisión a la Universidad.
 - ✓ Los estudiantes (colombianos o extranjeros) graduados en el exterior pueden inscribirse únicamente si cuentan con los diplomas de bachillerato o pruebas internacionales que valida la Universidad.
 - ✓ Por otro lado, los estudiantes colombianos o extranjeros que han cursado y aprobado al menos dos semestres (con notas) en otra universidad del país o del exterior, puede realizar su inscripción a través del proceso de “Transferencia Externa”.

(Universidad de los Andes Colombia, admisiones y registro, 2014)

- **Reseña histórica:** En 1948 se inicia el programa de ingeniería química con un modelo 3/2, que consistía en tres años en Colombia y dos en Estados Unidos. En 1967 cierra el programa, después de haber graduado 33 ingenieros químicos. En 1996 ocurre la reapertura del programa en Ingeniería química, los siguientes cinco años tuvo énfasis en diseño de proceso. En 1998 se crea el laboratorio de ingeniería química en el centro de innovación y desarrollo tecnológico “CITEC”. En 2001 se da la reforma curricular, donde se estipula el programa con una duración de 4 años, con énfasis en diseño de procesos y productos. Se abrieron espacios de aprendizaje donde se integraron teoría y práctica. Se creó el grupo de investigación GDPP con énfasis en: ingeniería biológica, materiales avanzados, diseño de productos y procesos. En 2008 se inicia el proceso de acreditación internacional, y se obtiene la acreditación de alta calidad del programa ante el consejo nacional de acreditación, el 6 de febrero de 2008 con duración de cuatro años. En 2009 se abre la maestría en ingeniería química, y se conforma el consejo asesor del departamento. En 2011 se completan las primeros 500 producciones de investigación. Se consolidan cuatro líneas de investigación: ingeniería biológica,

materiales avanzados, diseño de productos y procesos, y riesgos y seguridad industrial. Se inicia proceso de reacreditación ante al Consejo Nacional de Acreditación. Ya se contaba con el 705 de los profesores con título de doctorado. En 2012 se logra la acreditación del programa de ingeniería química por ABET, donde se reconoce como un programa académico con espacios de aprendizaje que permiten el desarrollo de habilidades en el diseño de productos y diseño de procesos (Universidad de los Andes Colombia, generalidades).

- **Misión:** La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes ejerce un liderazgo en la formación impartida a sus estudiantes de pregrado y posgrado. Realiza investigación con alta visibilidad internacional y que contribuye al desarrollo del país. Para lograrlo cuenta con un cuerpo de profesores de excelente calidad y ofrece el ambiente propicio para un trabajo altamente productivo. Sus egresados se caracterizan por las habilidades que desarrollan para transformar la sociedad en los campos tecnológico, económico, social y ambiental (PDFI, 2011-2015, misión).
- **Visión:** La Facultad de Ingeniería será reconocida por sus aportes al desarrollo de la sociedad mediante el planteamiento de soluciones innovadoras a problemas críticos que enfrenta la región y por la orientación en el país de las decisiones tecnológicas, sociales y políticas (PDFI, 2011-2015, visión).
- **Objetivos estratégicos:**
 - ✓ Mantener actualizados los perfiles de formación académica de los programas ofrecidos y garantizar que ellos se logran.
 - ✓ Lograr que los profesores sean referentes en sus áreas de trabajo.
 - ✓ Conformar una población de estudiantes y profesores consistente y articulada con la misión de la Facultad.
 - ✓ Fortalecer la actividad de investigación.
 - ✓ Disponer de una organización y los recursos asociados para lograr el cumplimiento de la misión de la Facultad.
 - ✓ Aumentar la contribución de la Facultad al desarrollo del país.

(PDFI, 2011-2015, directrices y objetivos)

- **Perfil profesional:** Se espera que los egresados del programa: posean sólidos conocimientos en ciencias básicas y principios de la ingeniería química que les permitan asumir posiciones técnicas de forma competente, realizar estudios de posgrado o hacer investigación en ingeniería química. Puedan aplicar de forma integral las herramientas y métodos de la ingeniería a la identificación y resolución

de problemas propios del diseño de productos y procesos. Tengan una educación integral que les permita asumir posiciones de liderazgo en las áreas de aplicación propias de la ingeniería química y otros ámbitos profesionales. Demuestren un alto sentido de responsabilidad, autonomía y amplitud de pensamiento (Universidad de los Andes Colombia, metas de aprendizaje).

- **Requisitos para obtener el título:** Completar el plan de estudios consistente en 48 materias y aprobar el proyecto de grado (Universidad de los Andes Colombia, catálogo general 2012).
- **Acreditación del programa:** ABET - Accreditation Board for Engineering and Technology, Acreditación de Alta Calidad, con el Consejo Nacional de Acreditación.
- **Internacionalización:** Tiene convenios internacionales con: Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Corea del Sur, Costa Rica, Cuba, Dinamarca, Ecuador, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Guatemala, Holanda, India, Indonesia, Italia, Japón, México, Noruega, Nueva Zelanda, Panamá, Perú, Polonia, Portugal, Puerto Rico, Reino Unido, Suecia, Suiza, Taiwán, Uruguay, Venezuela, los cuales incluyen las universidades, centros de investigación e institutos con los que la Universidad de los Andes tiene convenio de intercambio, investigación, doble diploma, capacitación, entre otros (Universidad de los Andes Colombia, internacionalización).
- **Estructura curricular:** La estructura del programa está compuesta por diez 8 semestres, que se realizan en 4 años. Se tienen materias obligatorias y materias electivas, entre las que se tienen algunas de ingeniería química y otras de programas que también ofrece la universidad. En el plan de estudio se tienen correquisitos para algunas materias, que buscan asegurar los conocimientos previos necesarios para cursar estas (Universidad de los Andes Colombia, programa académico).

En la **Tabla 20** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase
Materias de obligatorio cumplimiento			
Calculo diferencial, Matemáticas	9	3	27
Ciencias sociales	9	2	27
Química	12	3	36
Procesos químicos y biológicos	24	6	72
Física y fisicoquímica	5	2	15
Mecánica de fluidos, Mecánica	6	2	18
Métodos numéricos, informática	6	2	18
Termodinámica	9	1	27
Idiomas	0	2	0
Fenómenos de transferencia y operaciones unitarias	21	6	63
Ciencias económicas y administrativas	3	1	9
Ingeniería de procesos, materiales y medio ambiente	6	2	18
Electiva	24	12	72
Proyecto de grado	3	4	9
Total	137	48	411

Total asignaturas: 48

Total créditos: 137

Equivalencia del crédito: 1 crédito equivale a 3 horas de clase semanal.

Áreas de concentración: El plan de estudios que propone la universidad tiene materias fundamentales de la ingeniería, como los son: calculo, geometría, química, física, matemáticas, entre otros, y propias de la ingeniería química, como los son: química aplicada, fisicoquímica, bioquímica, procesos de transformación, transferencia de masa y energía, laboratorios de química y procesos aplicados, entre otros. La universidad tiene énfasis en dar diversidad a los estudiantes para generar mejores herramientas competitivas y generar mayor internacionalidad al programa, se cuenta gran parte de materias electivas entre las que se dan varios ciclos, en los que los estudiantes tienen electivas de ingeniería química, otros ciclos para electivas relacionadas con diferentes carreras y otros para electivas más industriales (Universidad de los Andes Colombia, catálogo general 2012).

Tabla 20. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

4.2.21 Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín (Colombia)

- **Nombre del programa:** Ingeniería Química.
- **Nombre del departamento o facultad:** Facultad de Ingeniería Química.
- **Duración del programa:** 11 semestres
- **Barreras de entrada:**
 - ✓ Diligenciar la solicitud de admisión a través de la web.
 - ✓ En el formulario se recomienda al estudiante realizar una carta donde se presenta como candidato a la Universidad.
 - ✓ Pagar los derechos de admisión a través de la web o imprimir la factura para pagos en los bancos que se te indican en ella o en las cajas de la Universidad. El valor de los derechos de admisión para este año es de 135.000 COP.
 - ✓ Asistir a la entrevista.

(Universidad Pontificia Bolivariana, admisión para pregrado, 2014)

- **Reseña histórica:** El Programa de Ingeniería Química abrió sus puertas en 1938 como una Escuela de Química Industrial orientada a la formación académica superior científica, tecnológica e investigativa con actividades prácticas de conformidad con las tendencias de los tiempos. Desde entonces, el programa ha servido de soporte al desarrollo industrial del país, al progreso de la industria nacional y al bienestar de la sociedad colombiana. Obrando siempre bajo el mismo espíritu de sus fundadores. El Programa aplica prácticas de enseñanza-aprendizaje según las nuevas tendencias y actualiza el plan de estudios de tal manera que sea competitivo, flexible, dinámico y con un alto grado de pertinencia, acorde con el perfil del ingeniero que la sociedad y el medio industrial exigen. Con habilidades para diseñar, construir, montar y mantener en óptimas condiciones de operación plantas y equipos de proceso. Así como organizar, proponer, gestionar y ejecutar proyectos, para propiciar el desarrollo del sector productivo, en especial el de la transformación fisicoquímica y bioquímica de la materia, a favor del desarrollo y bienestar de la sociedad. El Programa incentiva la participación de profesores y estudiantes en los grupos de investigación y propicia la investigación en las áreas básica y aplicada con miras a generar conocimientos y a desarrollar tecnologías adecuadas, como el CIBIOT (Centro de Estudios y de Investigación en Biotecnología), el Grupo de Investigaciones en Pulpa y Papel, el Grupo de Investigaciones Ambientales (GIA), el Grupo de Materiales (GINUMA) y el Instituto de Energía y Termodinámica, todos ellos escalafonados por COLCIENCIAS. El programa promueve una actitud empresarial entre los estudiantes y egresados, los capacita en la generación de nuevas empresas, mediante programas de sensibilización y motivación para despertar y desarrollar el espíritu y la mentalidad emprendedora, que canalice y articule los esfuerzos académicos de aprendizaje, investigación e innovación hacia la formulación de proyectos empresariales, con asesoría y acompañamiento en la elaboración de planes de empresa, y en la gestión y operación de proyectos (Universidad Pontificia Bolivariana, ingeniería química).
- **Misión:** La Universidad Pontificia Bolivariana tiene como misión la formación integral de las personas que la constituyen, mediante la evangelización de la cultura, la búsqueda de la verdad en los procesos de docencia, investigación y proyección social y la reafirmación de los valores desde el humanismo cristiano para el bien de la sociedad. Los cuatro elementos fundamentales que integran la misión de la Universidad son:
 - ✓ La antropología cristiana.
 - ✓ La evangelización de la cultura.
 - ✓ La búsqueda de la verdad y del conocimiento.

- ✓ La investigación, la docencia, la proyección social y la colaboración regional e internacional.

Es misión de la Facultad de Ingeniería Química es el desarrollo de conocimientos y la formación integral de profesionales creativos, emprendedores e innovadores, con sólidas bases científicas y tecnológicas, con elevados principios éticos y humanistas, que lideren las cambiantes demandas de las industrias de transformación fisicoquímica y biológica de la materia y promuevan la creación de nuevas empresas, haciendo uso racional de los recursos naturales y energéticos y preservando el medio ambiente en beneficio de la sociedad (Proyecto educativo, 2011, misión).

- **Visión:** La Universidad Pontificia Bolivariana tiene como visión ser una institución católica, de excelencia educativa en la formación integral de las personas, con liderazgo ético, científico, empresarial y social al servicio del país.

La visión de la Universidad está compuesta por tres elementos: la excelencia educativa, la formación integral de las personas y la formación de líderes para el servicio del país.

Para el 2015 se pretende la consolidación nacional y el fortalecimiento internacional del programa de Ingeniería Química y tener el reconocimiento de ser un programa de calidad, moderno y pertinente y de contar con los grupos de investigación más prestigiosos en sus áreas respectivas (Proyecto educativo, 2011, visión).

- **Objetivos estratégicos:**

- ✓ Propender por la formación integral de la comunidad académica que la compone, en concordancia con la ley, y con los principios y valores que promueve y defiende la UPB, mediante la presencia dentro del currículo de la formación humanista, empresarial y científica, y el estímulo a la participación de docentes y estudiantes en todas las actividades formativas emanadas desde la Facultad y la Universidad que se programen con este propósito.
- ✓ Fortalecer y mantener actualizado el programa del pregrado, mediante la revisión permanente del Proyecto Educativo y del plan de estudios, de forma tal, que garantice la formación del ingeniero químico con sólidas bases científicas y tecnológicas, capacitándolo para el cabal desempeño en las funciones profesionales y científicas que la profesión exige, de manera que le permitan liderar el sector productivo, en especial el de la transformación fisicoquímica y bioquímica de la materia, dentro de una sociedad pluralista y competitiva.

- ✓ Generar conocimientos, fruto de la investigación, que fortalezcan el pregrado y propicien la creación de postgrados con el propósito de lograr mayores avances en el desarrollo, el diseño, el mejoramiento y la optimización de los procesos de transformación fisicoquímica y bioquímica de la materia, y contribuir así con el adelanto del país y el incremento en la actividad investigativa de la Universidad.
- ✓ Promover una actitud empresarial entre los estudiantes y egresados, capacitándolos para tomar decisiones en producción, administración y mercadeo y en la generación de nuevas empresas, mediante programas de sensibilización y motivación para despertar y desarrollar en todas las personas el espíritu y la mentalidad emprendedora; programas de formación en educación continua para canalizar y articular los esfuerzos académicos de aprendizaje, investigación e innovación hacia la formulación de proyectos empresariales; la asesoría y acompañamiento en la elaboración de planes de empresa, y la gestión y operación de proyectos mediante la generación de mecanismos de garantía y financiamiento necesarios.

(Proyecto educativo, 2011, Objetivos y estrategias del programa de ingeniería química)

- **Perfil profesional:** El Ingeniero Químico bolivariano debe ser un profesional competente, visionario, conocedor del estado actual de la Ingeniería y de la función social de la profesión; comprometido con el desarrollo tecnológico de la industria de transformaciones fisicoquímicas de la materia y todo lo relacionado con su campo de acción. Debe además actuar con un gran sentido ético y humanístico; con capacidad de trabajar con grupos interdisciplinarios en planes, programas y proyectos de apertura, integración y desarrollo empresarial, industrial, comercial y de servicios; consciente del uso productivo, racional y eficiente de los recursos naturales y de la conservación del medio ambiente, y de su función social como persona, como ingeniero y como agente de progreso, desarrollo y cambio de la sociedad en que vive (Universidad Pontificia Bolivariana, perfil profesional).
- **Requisitos para obtener el título:** Cumplir con las asignaturas obligatorias y electivas del programa (materias totales 60), aprobar el trabajo de grado y el requisito de idioma extranjero (Universidad Pontificia Bolivariana, plan de estudio).
- **Acreditación del programa:** Acreditación de Alta Calidad, con el Consejo Nacional de Acreditación (CNA).
- **Internacionalización:** Tipo de movilidad posible bajo convenio Institucional:
 - ✓ Semestre de Intercambio.

- ✓ Doble Titulación.
- ✓ Cursos de Inglés.
- ✓ Práctica.

(Castillo, F, convenios internacionales).

- **Estructura curricular:** El programa se completa en diez (11) semestres, entre los cuales se tienen las siguientes consideraciones:
 - ✓ Se consideran electivas, los cursos tomados en cualquier facultad de la UPB, y optativos la oferta de profundización aprobada por la facultad de ingeniería química.
 - ✓ El estudiante debe realizar como requisito para optar al título, un trabajo de acuerdo a la reglamentación de la facultad.
 - ✓ Para optar al grado es requisito cumplir con la exigencia institucional del idioma extranjero.
 - ✓ Todo estudiante debería cursar dos créditos de ética. Antes del sexto semestre ética general y después del sexto ética profesional.

(Castillo, F, plan de estudios)

En la **Tabla 21** se puede observar el plan de estudios del programa, al igual que el total de asignaturas, total de créditos, la equivalencia del crédito y las áreas de concentración.

Plan de estudios:			
Disciplinas	Créditos	Total materias	Total horas de clase
Ciclo básico			
Humanidades, cristología	10	5	20
Ética y lenguaje	4	3	8
Empresarismo	2	1	4
Ciclo básico disciplinar			
Matemáticas, geometría, álgebra, ecuaciones y estadística	15	5	30
Trigonometría y cálculo	12	4	24
Química	20	5	40
Física, fundamentos de mecánica y electricidad, seminario	13	4	26
Ciclo profesional			
Fisicoquímica, fenómenos de transporte, termodinámica, diseño reactores, práctica empresarial	40	9	80
Mecánica, transferencia de masa y calor, diseño procesos	23	6	46
Métodos numéricos, operaciones fisicoquímicas, control	16	5	32
Programación, balances de masa y energía, materiales	6	3	12
Matemáticas, proyectos, bioquímica, trabajo de grado	14	6	28
Ciclo avanzado de formación			
Optativa	6	2	12
Electiva	6	2	12
Total	188	60	374

Total asignaturas: 60

Total créditos: 188

Equivalencia del crédito: Cada crédito se compone de una hora de trabajo presencial a la semana por 2 de trabajo independiente. (García, B., et al, 2009, pág 9).

Áreas de concentración: El plan de estudios para el programa está dividido en cuatro ciclos, de la siguiente forma: ciclo básico, que comprende materias básicas para la formación profesional (humanidades, sociales, ética y cristología), ciclo básico disciplinar, está compuesto por materias propias de la formación en ingeniería (física, geometría, ecuaciones diferenciales, estadística, cálculo, química, fundamentos de mecánica y electricidad), ciclo avanzado de formación, en el que se enfatiza en los procesos de transformación (fisicoquímica, termodinámica, diseño de reactores, transferencia de masa y calor, métodos numéricos, operaciones fisicoquímicas, programación, balances de masa y energía, materiales, evaluación de proyectos, entre otros), y ciclo avanzado de formación, en el que se dictan las materias optativas y electivas.

Tabla 21. Estructura curricular del programa de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.

4.3 CRITERIOS DE CALIDAD RESPECTO A LOS PROGRAMAS CURRICULARES DE LA INGENIERÍA QUÍMICA

En este capítulo se agrupan aspectos generales de los sistemas de evaluación de la calidad de programas que adopta cada país objeto de estudio (Estados Unidos, Canadá, México, Brasil, Argentina, Chile, Colombia y Costa Rica) y se centra en el sistema de acreditación.

4.3.1 Estados Unidos (EE.UU.)

En EE.UU. las funciones evaluativas son de dos tipos: acreditación institucional y acreditación de programas. La acreditación institucional generalmente se refiere a una institución en su totalidad y a la forma como cada parte de la misma contribuye al logro de los objetivos institucionales, aunque no necesariamente todas en el mismo nivel de calidad. Las diferentes comisiones de las asociaciones acreditadoras regionales, por

ejemplo, realizan acreditación institucional, así como muchas agencias acreditadoras nacionales.

La acreditación especializada o de programas generalmente se refiere a programas, departamentos o escuelas que son parte de una institución. La unidad acreditada puede ser tan grande como una facultad o escuela dentro de una universidad o tan pequeña como el programa curricular dentro de una disciplina. La mayor parte de las agencias de acreditaciones especializadas o de programas, evalúan unidades dentro de una institución de educación superior que está acreditada por una de las comisiones de acreditación regionales. Sin embargo, ciertas agencias también acreditan escuelas profesionales y otras instituciones de educación superior especializadas o vocacionales que son independientes en su operación. Por ende, una agencia acreditadora "especializada" o "de programas" puede también funcionar como "institucional". Adicionalmente, ciertas agencias especializadas acreditan programas educativos en ambientes no educativos, tales como hospitales.

De estos dos tipos de acreditación, ABET solo proporciona la acreditación especializada para los programas, no acredita grados, departamentos, facultades, instituciones o individuos.

ABET es una agencia de acreditación sin fines de lucro y no gubernamentales para los programas académicos en las disciplinas de las ciencias aplicadas, informática, ingeniería y tecnología de la ingeniería. ABET es un acreditador reconocido en los Estados Unidos (EE.UU.) por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, siendo la organización responsable en Estados Unidos de la acreditación de programas de ingeniería y ciencia aplicada.

La acreditación ABET proporciona seguridad y credibilidad, ya que certifica que determinado programa ofertado por determinada universidad cumple con los estándares de calidad establecidos por la profesión para la que el programa prepara a sus estudiantes. Acredita los programas de educación superior alojados en instituciones que otorgan títulos que han sido reconocidos por los organismos de acreditación de las instituciones nacionales o regionales o las autoridades nacionales de educación en todo el mundo, y lo realiza en los distintos niveles a través de sus cuatro comisiones de acreditación:

- Acredita programas de ciencia aplicada en el asociado, licenciatura o nivel de maestría, a través de la Comisión de Ciencias Aplicadas de Acreditación (ASAC).
- Acredita programas de computación a nivel de la licenciatura solamente, a través de Computing Comisión de Acreditación (CCA).

- Acredita programas de ingeniería a nivel de licenciatura o nivel de maestría, a través de Engineering Accreditation Commission (EAC).
- Acredita programas de tecnología de la ingeniería en el asociado o los niveles de licenciatura, a través de la Comisión de Acreditación de Ingeniería Tecnología (Comité Asesor).

Importancia de la acreditación

La acreditación es el valor, es la prueba de que un programa universitario ha cumplido con ciertas normas necesarias para producir graduados que están listos para entrar en sus profesiones. Los estudiantes que se gradúan de programas acreditados tienen acceso a mejores oportunidades de empleo, licencia, registro y certificación, educación de posgrado y la movilidad global.

Definición de acreditación

La acreditación es un proceso en el que los programas o instituciones educativas son revisados para determinar si cumplen con ciertos estándares de calidad. La condición de acreditado no es permanente, sino que tiene que ser renovado mediante una revisión periódica.

En los Estados Unidos, la acreditación académica es voluntaria y descentralizada, además es operada por varias organizaciones no gubernamentales, sin ánimo de lucro. El título implica una revisión externa de calidad por parte de un equipo de expertos profesionales de la academia o la industria que se ofrecen para aportar sus conocimientos y experiencia profesional para la garantía de calidad y la mejora de la educación.

Acreditación ABET

La acreditación ABET aplicada a programas, no es un sistema de clasificación, es una forma de llevar un control de calidad en la cual se declara a la comunidad profesional pertinente y para el mundo en general, que el programa evaluado cumple con los estándares de calidad establecidos por la profesión.

ABET es una federación de miembros de sociedades profesionales y técnicas. Estas sociedades y sus miembros colaboran para desarrollar normas de calidad, conocidos como criterios ABET, en el que equipos de la organización basan sus evaluaciones de las ciencias aplicadas, informática, ingeniería, tecnología y programas de ingeniería.

Funcionamiento de un programa de alcance de acreditación ABET

Un programa logra acreditación ABET cuando cumple con los criterios, política y procedimientos en que se basa una revisión ABET. El proceso de revisión de acreditación normalmente tarda 18 meses en completarse, a partir de la solicitud formal de un programa para realizar dicha revisión.

Otorgamiento de licencias, registro y certificación

ABET proporciona una garantía de calidad para los graduados de programas acreditados que trabajan en ciencias aplicadas, informática, ingeniería y tecnología, y que están buscando el reconocimiento profesional mediante la mejora de sus credenciales individuales a través de licencias, el registro y los programas de certificación en su caso.

Otorgamiento de licencias, registro y certificación pueden traer consigo los siguientes beneficios:

- Demostrar la competencia del individuo, la cualificación y la experiencia en la práctica profesional.
- Mostrar compromiso con las responsabilidades profesionales, éticas y sociales.
- Hacer énfasis en la protección de la salud pública, la seguridad y el bienestar de la sociedad.

Acreditación fuera de los Estados Unidos

El proceso de acreditación ABET para programas localizados fuera de EE.UU. es idéntico al proceso de acreditación de programas dentro. Sin embargo, existen algunos requisitos adicionales asociados a la solicitud formal de evaluación. Los programas que buscan la

acreditación deben tener la autoridad educativa, el reconocimiento, o la agencia de acreditación apropiado por medio de la que se diligencia un formulario de “solicitud de aprobación” para ser presentado junto con la solicitud formal de evaluación.

ABET respeta la autonomía de la organización de control de calidad de educación superior de cada país y no interfiere con las actividades de acreditaciones existentes o futuras, además, está involucrado en numerosos acuerdos internacionales con organizaciones que garantizan calidad en todo el mundo, tales como los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo (ARM) y los Memorandos de Entendimiento (MOU).

La entidad llevará a cabo una revisión de acreditación fuera de los EE.UU. sólo con el permiso explícito de todas las autoridades educativas nacionales vigentes en el país o la región de ese programa.

4.3.2 Canadá

En 1965 el Consejo Canadiense de Ingenieros Profesionales, estableció la Junta de Acreditación de Ingeniería de Canadá (CEAB) para acreditar programas académicos de ingeniería. Actualmente, hay 47 instituciones educativas en Canadá que ofrecen alrededor de 272 programas de ingeniería de pregrado acreditados, los cuales llevan a un título de licenciatura en ingeniería.

Los programas de ingeniería son evaluados por CEAB, por solicitud de la institución que ofrece el programa, con el consentimiento de la asociación reguladora de la provincia o territorio en el que se encuentra la institución. Cada año, se publica un informe donde se presentan los criterios de acreditación y procedimientos seguidos por la entidad acreditadora, además, enumera los programas de pregrado de ingeniería canadienses que son, o han sido alguna vez acreditados.

Un título acreditado por CEAB es el requisito académico mínimo para ser identificado como ingeniero profesional en cualquier parte de Canadá, y el patrón contra el cual se mide todos los otros títulos académicos de ingeniería, es decir que cualquier otro programa educativo que no esté acreditado tiene que demostrar que su nivel es por lo menos equivalente al de un programa que si lo está. También proporciona:

- Garantía de calidad del programa educativo, lo que lleva al fomento de la mejora continua en la educación
- Posibilidad de trabajar en diferentes países.

- Los programas acreditados son aceptados por los organismos reguladores de ingeniería provincial y territorial, y son reconocidos por entidades asociadas internacionales.
- Cumplimiento de altos estándares para obtener la licencia.

4.3.3 México

La acreditación de un programa académico del nivel superior en México, es el reconocimiento público que otorga un organismo acreditador, no gubernamental y reconocido por el COPAES, de que dicho programa cumple con determinados criterios y parámetros de calidad, y tiene pertinencia social.

Los mecanismos previstos para asegurar la calidad de la educación son:

- *Evaluación diagnóstica.* Está es realizada por los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), los cuales valoran los procesos y prácticas de una institución de educación superior en su totalidad o de algún programa en específico, concediendo un nivel.
- *Acreditación.* La realizan los Organismos Acreditadores reconocidos por el COPAES y es el resultado de un proceso que tiene como objetivo reconocer pública y formalmente, el cumplimiento de criterios de calidad, fomentando la mejora continua a través de las recomendaciones que formulan. Cuenta con vigencia de 5 años, termino de tiempo en el cual se reevalúan los programas tomando en cuenta las recomendaciones realizadas.

Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI)

En agosto de 1993, el Secretariado Conjunto de la Comisión Nacional de la Evaluación de la Educación Superior (CONAEVA) ordenó a la Coordinación General de los CIEES, poner en marcha una instancia colegiada con personalidad jurídica, que tuviese a su cargo la acreditación de programas académicos de nivel superior en el área de ingeniería con la participación de los colegios más importantes en el área, de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), asociaciones representativas de las IES (Instituto de Educación Superior) y la Dirección General de Profesiones. Así, en julio de 1994 quedó formalmente constituido el CACEI.

CACEI es una asociación civil constituida en forma plural, ya que en ella participan diversos sectores relacionados con la formación y el ejercicio profesional de los ingenieros. Ésta realiza una actividad eficaz y eficiente estableciendo la metodología para llevar a cabo procesos de acreditación, para aplicarlos a casi cuatrocientos programas de diversas ramas de la ingeniería, contribuyendo a aumentar la calidad de la educación superior y a la formación de profesionales con mayor preparación, competitividad, responsabilidad y compromiso.

Dentro de los elementos del proceso de acreditación se consideran:

- *Decisión de sujetar el programa al proceso.* Es una consecuencia del deseo de mejorar la calidad de los servicios de educación que una IES otorga a través del programa académico o carrera. Lleva consigo compromiso de las instancias que forman parte de la IES, quedando incluido el programa.
- *Sensibilización de la comunidad académica del programa y de las diferentes instancias de la IES a la que pertenece.*
- *Auto evaluación del programa.* Este proceso es realizado por el programa y deberá llevarse a cabo en la forma que establece el CACEI. El resultado suministra pautas al programa para incorporar una serie de elementos a su planeación y desarrollo que le permitan mejorar su quehacer académico, además, permite ubicarse en el contexto del cumplimiento de los requisitos esenciales contemplados en los estándares y parámetros, para efectos de obtener la acreditación.
- *La evaluación para la acreditación.* Corresponde a la Comisión Técnica de la Especialidad y al Comité de Acreditación del CACEI.

Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Farmacéutica (COMAEF)

El COMAEF es un organismo acreditador, autónomo e imparcial que reconoce la calidad de los programas académicos en las áreas del conocimiento de las ciencias farmacéuticas de todos los niveles educativos que ofertan las instituciones de educación superior públicas y privadas, así como los programas académicos de educación continua del área farmacéutica que proporcionen instituciones de educación, industria, asociaciones profesionales o cualquier proveedor de educación continua. Éste organismo fomenta la práctica y la enseñanza a través de la evaluación y acreditación periódica de los programas académicos a todos los niveles establecidos por COAPES.

Los objetivos del organismo acreditador son:

- Acreditar programas de estudio relacionados con el área farmacéutica, con la finalidad de lograr una mejora continua en el proceso de formación de los estudiantes.
- Intercambiar conocimientos y experiencias técnicas, administrativas y operativas con toda la clase de organismos, dependencias u organizaciones, públicas o privadas, relacionadas con la enseñanza y la formación profesional de estudiantes de las ciencias farmacéuticas.
- Constituirse en base de consulta para entidades gubernamentales, universidades e instituciones, tanto nacionales o extranjeras.

4.3.4 Brasil

El Programa de Evaluación Institucional (PAIUB) fue creado en 1993 como una respuesta al desafío de las universidades brasileñas, para implementar un sistema de evaluación centrado en la graduación institucional. A partir de la experiencia obtenida en el programa y de la reorganización del sistema nacional de evaluación de la educación superior, de conformidad con el Decreto N ° 2026 de 10 de octubre de 1996, el PAIUB fue tomada por las instituciones, lo cual cuenta para la evaluación individual conforme con el presente Decreto.

El PAIUB integra los resultados de los procesos de evaluación implementado por el Examen Nacional de Curso (MEC), la evaluación de las condiciones de oferta de cursos y las evaluaciones realizadas por las Comisiones de Especialistas de Enseñanza (SESU). Estos instrumentos aseguran la calidad de las instituciones.

La evaluación institucional tiene como derrotero:

- *Evaluación interna.* A cargo de la institución, con la participación de todos los niveles y sectores de la comunidad universitaria y teniendo en cuenta los alcances de la docencia, investigación, extensión y gestión.
- *Evaluación externa.* A cargo de un comité externo, invitado por la institución, con base en el análisis de los resultados de la evaluación interna y las visitas a la misma. El resultado arrojado es un dictamen.
- *Reevaluación.* Es la recopilación de los resultados de la evaluación interna, externa y el debate con la comunidad académica. Como resultado se tiene la elaboración de un informe final y un plan de desarrollo institucional.

El informe final se envía al SESU / MEC por medio del encargado de la institución y es evaluado por el Comité Asesor PAIUB (MEC Ordenanza n. 302/98) para un posterior análisis de los resultados.

4.3.5 Argentina

La evaluación de la calidad en la educación superior universitaria conforma uno de los temas claves en la agenda de reformas que se comienzan a poner en marcha para el sector hacia mediados de la década de los 80's, en casi todas las regiones del mundo.

La evaluación se presentó como un instrumento adecuado para establecer una forma de regulación de las instituciones universitarias orientada a mejorar la calidad de la formación proporcionada por las mismas. Existen entidades, con muchos años de experiencia, dedicadas a la evaluación de instituciones y carreras universitarias en Estados Unidos e Inglaterra; la novedad es la generalización de la evaluación en la política universitaria en países latinoamericanos.

La aprobación de la Ley 24.521 de Educación Superior de Argentina, estableció en un marco regulatorio introdujo la evaluación y el aseguramiento de la calidad como nuevo eje de la política universitaria, descentralizando el control burocrático que ejercía el Estado sobre las instituciones.

Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU)

La Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria es un organismo descentralizado que funciona desde 1996 y está en jurisdicción del Ministerio de Educación. Sus funciones han sido determinadas en el artículo 46 de la Ley 24.521 de Educación Superior de 1995 y es el único organismo público nacional de evaluación y acreditación universitaria.

Fue creada con la finalidad de asegurar y mejorar la calidad de las carreras e instituciones universitarias que operan en el sistema educativo argentino, por medio de actividades de evaluación y acreditación de la calidad de la educación superior.

La evaluación de la calidad en la educación superior universitaria conforma uno de los temas claves en la agenda de reformas que se comienzan a poner en marcha para el sector hacia mediados de la década de los 80's, en casi todas las regiones del mundo.

La evaluación se presentó como un instrumento adecuado para establecer una forma de regulación de las instituciones universitarias orientada a mejorar la calidad de la formación proporcionada por las mismas. Existen entidades, con muchos años de experiencia, dedicadas a la evaluación de instituciones y carreras universitarias en Estados Unidos e Inglaterra; la novedad es la generalización de la evaluación en la política universitaria en países latinoamericanos.

La aprobación de la Ley 24.521 de Educación Superior de Argentina, estableció en un marco regulatorio introdujo la evaluación y el aseguramiento de la calidad como nuevo eje de la política universitaria, descentralizando el control burocrático que ejercía el Estado sobre las instituciones.

Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU)

La Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria es un organismo descentralizado que funciona desde 1996 y está en jurisdicción del Ministerio de Educación. Sus funciones han sido determinadas en el artículo 46 de la Ley 24.521 de Educación Superior de 1995 y es el único organismo público nacional de evaluación y acreditación universitaria.

Fue creada con la finalidad de asegurar y mejorar la calidad de las carreras e instituciones universitarias que operan en el sistema educativo argentino, por medio de actividades de evaluación y acreditación de la calidad de la educación superior.

Como funciones principales se tienen:

- Evaluar proyectos institucionales de nuevos establecimientos privados y estatales.
- Realizar evaluaciones externas de instituciones.
- Acreditar carreras de grado reguladas por el Estado.
- Acreditar carreras de posgrado.
- Realizar la evaluación para el reconocimiento de entidades privadas de evaluación y acreditación universitaria.

Desde 1996, evalúa proyectos institucionales; desde 1997, evalúa informes anuales de instituciones universitarias con autorización provisoria, realiza evaluaciones externas y acreditaciones de posgrados; desde 1999, evalúa solicitudes de reconocimiento definitivo y de agencias privadas de evaluación y acreditación de carreras de grado. Por lo anterior

se concluye que la CONEAU ha institucionalizado las funciones que le corresponden legalmente

4.3.6 Chile

En Chile, la Comisión Nacional de Acreditación (CNA-Chile) es el organismo público y autónomo, que tiene función verificar y promover la calidad de los institutos de educación superior, y de las carreras y programas que estas entidades ofertan. Se enmarca dentro de la Ley de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior N°20.129, promulgada por la Presidencia de la República en octubre de 2006 y publicada en el Diario Oficial el 17 de noviembre del mismo año.

Es responsabilidad de la CNA-Chile verificar y promover la calidad de la educación superior mediante:

- La acreditación institucional de las universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica autónomos.
- El pronunciamiento acerca de las solicitudes de autorización que le presenten las agencias encargadas de la acreditación de carreras y programas de pregrado, programas de magíster y programas de especialidad en el área de la salud, y súper vigilar su funcionamiento.
- El pronunciamiento sobre la acreditación de los programas de postgrado de las universidades autónomas, en el caso previsto en el artículo 46 de la Ley 20.129.
- El pronunciamiento sobre la acreditación de los programas de pregrado de las instituciones autónomas, en el caso previsto en el artículo 31 de la Ley 20.129.
- El mantenimiento de sistemas de información pública que contengan las decisiones relevantes relativas a los procesos de acreditación y autorización a su cargo.
- Respuestas a los requerimientos efectuados por el Ministerio de Educación.
- El desarrollo de toda otra actividad necesaria para el cumplimiento de sus funciones.

(Comisión Nacional de Acreditación (CNA-Chile), misión y visión, 2013).

4.3.7 Colombia

Para Colombia, se crea el Sistema Nacional de Acreditación, enmarcado de la Ley 30 de 1992, para garantizar el cumplimiento de los más altos requisitos de calidad y la realización de propósitos y objetivos de los institutos de educación superior.

El Consejo Nacional de Educación Superior es el organismo de planificación y coordinación de la educación superior, al cual tiene dentro de sus funciones, la puesta en marcha del Sistema Nacional de Acreditación y la definición de tareas y forma de articulación del CNA (Consejo Nacional de Acreditación - organismo también previsto en esta Ley). El Decreto 2904 de 1994 señala: la definición de acreditación, los integrantes del Sistema Nacional de Acreditación y las etapas y agentes del proceso de acreditación.

Dentro del contexto mencionado, el Consejo Nacional de Acreditación, conforme a las políticas definidas por el Consejo Nacional de Educación Superior (CESU), lleva a cabo el proceso de acreditación de tal forma que, inmediatamente se realiza la evaluación correspondiente, reconoce la calidad del programa o institución y presenta su concepto al Ministro de Educación Nacional sobre la pertinencia de otorgar la acreditación.

Como ventajas de la acreditación se cuenta con:

- Creación y fomento de la cultura de autoevaluación y mejoramiento continuo.
- Reconocimiento de labor institucional de sus docentes, estudiantes y egresados.
- Posicionamiento del programa a través de sus procesos de docencia, investigación y proyección social.
- Apertura y aumento de las oportunidades laborales y profesionales, para estudiantes y egresados, a nivel nacional e internacional.
- Accesibilidad creciente a becas de formación y programas de intercambio para estudiantes y docentes.
- Creación de alianzas de investigación y cooperación.

Evaluación del CNA

El CNA evalúa la calidad de los programas basándose en características e indicadores de calidad, agrupados en las siguientes variables:

- a. *Misión y proyecto institucional.* Conforme con el proyecto educativo del programa, relevancia académica y pertinencia social.
- b. *Estudiantes.* Teniendo en cuenta mecanismos de ingreso, calidad de los estudiantes admitidos, deserción estudiantil y participación.
- c. *Profesores.* Selección, estatuto profesoral, nivel de formación, desarrollo profesoral, producción de material docente y cooperación internacional.
- d. *Procesos académicos.* Integralidad, flexibilidad e interdisciplinariedad del currículo, metodologías de enseñanza, compromiso con la investigación, sistemas de evaluación de estudiantes, proyección social, recursos bibliográficos, informáticos y de apoyo docente.
- e. *Bienestar Institucional.* Conforme políticas, programas y servicios de bienestar universitario.
- f. *Organización, administración y gestión del programa.* Teniendo en cuenta la dirección y promoción del programa educativo.
- g. *Egresados y articulación con el medio.* Realizando seguimiento a los egresados, midiendo su impacto en el medio social y académico.
- h. *Recursos físicos y financieros.* Teniendo en cuenta el presupuesto del programa y administración de los recursos.

4.3.8 República de Costa Rica

Desde hace más de 10 años, Costa Rica adoptó una estrategia de gestión de la calidad en la educación superior, acorde con su realidad social y respetando la autonomía universitaria, que se convirtió en una de las más prestigiosas de Latinoamérica.

Como actor principal de dicha estrategia se tiene al SINAES (Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior), que es la agencia de acreditación oficial respaldada por dos leyes de la República (Ley 8256 y 8798) y la única entidad facultada para certificar públicamente la calidad académica de las instituciones, carreras y programas de educación superior.

Al Sistema Nacional de Acreditación pertenecen en calidad de adherentes, las instituciones de educación superior, públicas y privadas, que han cumplido satisfactoriamente los requisitos de adhesión que establece la normativa interna del SINAES.

Fomentar la calidad de la educación superior y consolidar en ella una fuerte cultura de calidad y de evaluación continua es la misión del órgano oficial de acreditación, teniendo dentro de sus campos de acción:

- Acreditación
- Capacitación
- Investigación
- Cultura de calidad
- Fortalecimiento institucional

Actualmente, el SINAES está integrado por cuatro centros públicos y 15 instituciones privadas, entre las 57 que existen en el país, lo que tiene un efecto sobre 100.000 personas, el 70% de los estudiantes de educación superior. No todas las carreras de estas entidades están acreditadas pero todas persiguen el mejoramiento continuo, lo cual es clave para desempeñarse con éxito en la sociedad de la información y del conocimiento (La Nación Opinión - El SINAES y la calidad educativa, 2014).

4.4 ENCUESTA PARA LLEVAR A CABO EL ESTUDIO COMPARATIVO

A continuación se presenta la estructura de la encuesta diseñada para realizar el estudio comparativo de los programas de pregrado de Ingeniería Química en algunos países miembros de la OEA, la cual se basó en la encuesta adoptada para el mismo análisis realizado a los programas de pregrado en Ingeniería Industrial y en la información obtenida sobre los objetivos misionales, estructura curricular, beneficios adicionales, barreras de entrada de las facultades de Ingeniería Química en las universidades seleccionadas y criterios de calidad respecto a los programas curriculares. Los ajustes pertinentes se llevaron a cabo por el grupo monitor del estudio, perteneciente a la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). La encuesta comienza con la solicitud de fecha de diligenciamiento e información de contacto de la persona que completa el cuestionario, y continúa con nueve componentes básicos: información general, aspectos específicos del plan de estudios, flexibilidad y multidisciplinariedad del plan de estudios, métodos y estrategias de enseñanza, internacionalización del programa, infraestructura institucional, relación con el entorno (universidad-empresa-estado), cantidad de mujeres en la ingeniería y deserción académica.

Fecha:

Información de la persona de contacto que completa este cuestionario:

Nombre completo:

Cargo:

Dirección de correo electrónico y número de teléfono:

Primera parte: información general

Pregunta 1: ¿Cuál es el nombre oficial de su universidad?

Pregunta 2: ¿Cuál es el nombre oficial de su Departamento o Facultad?

Pregunta 3: ¿Cuál es el nombre oficial del programa de pregrado en ingeniería Química?

Por favor, indique cuál de las siguientes respuestas describe mejor el programa de pregrado en ingeniería química ofrecido por su Facultad. Otros nombres parecidos para los programas de ingeniería química pueden ser ingeniería de procesos, ingeniería bioquímica, ingeniería de bioprocesos, entre otros.

A) Solo un título de pregrado en ingeniería química ofrecido

B) Más de un título en ingeniería química ofrecido

Pregunta 4: ¿En qué año su programa de pregrado en Ingeniería Química inicio?

Pregunta 5: ¿Cuál es el número total de estudiantes matriculados en los últimos 5 años en el programa de pregrado de Ingeniería Química?

En la **Tabla 22** se deben relacionar la cantidad de estudiantes matriculados en el programa de pregrado en Ingeniería Química en los últimos 5 años.

Año	Cantidad de estudiantes
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	
2013	

Tabla 22. Cantidad de estudiantes matriculados por año.

Pregunta 6: ¿Aproximadamente cuántos estudiantes del programa de Ingeniería Química se gradúan por año?

En la **Tabla 23** se deben relacionar la cantidad de estudiantes del programa de Ingeniería Química graduados en los últimos 5 años.

Año	Cantidad de estudiantes
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	

Tabla 23. Cantidad de estudiantes graduados por año.

Segunda parte: aspectos específicos del plan de estudios

Pregunta 7: Según su conocimiento, ¿cuál fue la razón principal para crear el programa de Ingeniería Química en su Universidad? (Marque todas las que apliquen)

- Demanda e interés de la industria / empleadores
- Demanda e interés de los estudiantes
- Mandato de institución(es) del gobierno
- Mandato de la universidad
- Otros - Por favor, especifique:
- No lo sé

Pregunta 8: ¿En qué año fue la última revisión interna del programa llevado a cabo por su departamento / facultad (cursos, créditos, etc.) y cuáles fueron las recomendaciones?

Año de la revisión más reciente: ____

Recomendaciones:

Pregunta 9: ¿Con qué frecuencia se realiza la revisión interna del programa?

- 0-2 Años
- 3-4 años
- 5-6 años

Pregunta 10: ¿Por qué el departamento realiza las revisiones internas? Marque con una X, las Principales razones que determinan la necesidad de las revisiones.

- La matrícula estudiantil está disminuyendo
- Los estudiantes no pueden encontrar trabajo
- Los empleadores no están satisfechos con el desempeño de los egresados
- Por lineamientos del Gobierno
- Necesidades cambiantes de la industria
- La política de la Universidad o el departamento es realizar revisiones periódicas
- Otros - Por favor, especifique: _____
- No lo sé

Pregunta 11: Al revisar sus planes de estudio, consideran la opinión de:

- Sus estudiantes actuales
- Sus egresados
- Empresas
- Estudiantes de bachillerato

Pregunta 12: ¿Cuáles son los tipos más comunes de industrias o sectores donde sus estudiantes trabajan después de la graduación?

- Manufactura

- Logística
- Servicios
- Gobierno
- Consultoría
- Emprendimiento
- Gestión de innovación y tecnología
- Gestión de la calidad
- Producción
- Ingeniería de procesos
- Otros. Especificar
- No lo sé

Pregunta 13: ¿Cuáles son las competencias más importantes que el programa de Ingeniería Química desarrolla en los alumnos?

- Aplica conocimientos de matemáticas, ciencias y ciencias aplicadas.
- Diseña y lleva a cabo experimentos, así como analiza e interpreta datos.
- Conoce y comprender los problemas y asuntos contemporáneos.
- Identifica y resolver problemas de ingeniería en las áreas asociadas a la titulación
- Trabaja en equipos multidisciplinarios.
- Diseña un sistema, procesos o programa que satisfaga las necesidades establecidas, en los campos del saber asociados a la titulación.
- Usa métodos, habilidades y herramientas, científicas y técnicas, necesarias para la práctica de la ingeniería moderna.
- Comprende la responsabilidad ética y profesional de su saber disciplinar.
- Comunica con efectividad en lengua materna y en una segunda lengua.
- Otras: _____

Pregunta 14: ¿Cuántas horas de clase tiene un estudiante durante toda su carrera, cuál es el total de créditos del programa y la duración en años?

- Número de créditos: _____
- Número de horas clase: _____
- Duración en años: _____

Tercera parte: flexibilidad y multidisciplinariedad del plan de estudios

Pregunta 15: Por favor, complete la siguiente tabla para representar el plan de estudios de Ingeniería Química

En la **Tabla 24** se deben relacionar la cantidad de cursos obligatorios y electivos, con sus respectivos números de horas, teniendo en cuenta las áreas de formación.

Áreas de Formación	Número de cursos Obligatorios	Número de horas clase de cursos obligatorios	Número de cursos electivos	Número de horas clase de cursos electivos	Total de cursos	Total de horas clase
Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)						
Ciencias de ingeniería						
Formación Profesional en Ingeniería Química						
Administración y gestión						
Humanidades						
Idiomas						
Otros						
Total	(A)	(D)	(B)	(E)	(C)	(F)

Tabla 24. Cantidad de cursos obligatorios y electivos, con sus respectivos números de horas, relacionados con las áreas de formación.

Nota: A y B deberán ser igual a C, o número total de horas requeridos en el programa de Ingeniería Química. D y E deberá ser igual a F, o número total de horas clase requeridos en el programa de Ingeniería Química.

Pregunta 16: ¿El programa de Ingeniería Química ofrece especialidades o énfasis o rutas de formación?

- Sí
- No

En caso afirmativo, el número de cursos y el número de horas clase para cada una. En la **Tabla 25** se deben relacionar la cantidad de cursos de áreas de concentración, con el respectivo número de horas de clase.

Áreas de concentración en Ingeniería Química	Número de cursos	Número de horas clase
Ingeniería de procesos		
Termodinámica y Físico-Química		
Fenómenos y operaciones unitarias		
Química e ingeniería de las reacciones químicas		
Proyectos		
Otro, ¿cuál?		

Tabla 25. Cantidad de cursos relacionados con áreas de concentración y el número de horas respectivas.

Pregunta 17: Por favor, complete la siguiente tabla para representar si su plan de estudios incluye la siguiente lista de cursos específicos.

En la **Tabla 26** se deben relacionar el número de cursos, créditos y horas de clase, con los tipos de cursos especificados en la misma.

Tipo de cursos	Número de cursos	Número de créditos	Número de horas clase
Modelamiento de sistemas de procesos			
Gestión de la Tecnología			
Emprendimiento Tecnológico			
Administración de Proyectos			
Innovación tecnológica e industrial			
Gestión de la investigación y desarrollo experimental			
Ética			
Redacción técnica y comunicación oral			
Otro, ¿cuál? Materiales de Ingeniería Química			

Tabla 26. Cantidad de cursos, créditos y horas de clase, relacionados con lista de cursos específicos.

Cuarta parte: métodos y estrategias de enseñanza

Pregunta 18: Indique cuál de los siguientes métodos y estrategias de enseñanza no tradicionales (innovadores) son utilizados en su plan de estudios, es decir, en los cursos, donde 0 indica una utilización nula, 1 media, 2 alta y 3 muy alta.

- Clases prácticas (estudio de casos, análisis diagnósticos, solución a problemas de laboratorio y problemas de campo).
- Discusiones en grupos grandes (seminario Alemán, conferencias entre otros).

- Aprendizaje orientado a proyectos.
- Estudio y trabajos en grupos.
- Demostraciones en clase de herramientas, equipos y software pertinente.
- El uso de ambientes virtuales para el aprendizaje.
- Excursiones o visitas a empresas/ Plantas.
- Profesores invitados de la industria.
- Otros métodos innovadores ¿cuáles? _____

Pregunta 19: En el momento de la graduación, ¿qué porcentaje de sus estudiantes han participado en los siguientes tipos de actividades voluntarias o extra-curriculares? Por favor, complete la siguiente tabla.

En la **Tabla 27** se deben relacionar el porcentaje de estudiantes que han participado en las actividades voluntarias o extra-curriculares especificadas en la misma y el tiempo de dedicación en horas.

Tipo de oportunidades	Porcentaje de estudiantes en el momento de la graduación que han participado	Tiempo de dedicación en horas
Investigación de pregrado		
Pasantías o práctica profesional en el país		
Programas de educación Co-op		
Estudios en el extranjero		
Pasantías o Prácticas internacionales		
Otros		

Tabla 27. Porcentaje de estudiantes que han participado en actividades voluntarias o extra-curriculares y el tiempo de dedicación en horas.

Quinta parte: internacionalización del programa

Pregunta 20: ¿El programa de Ingeniería Química es acreditado por autoridades u organismos internacionales? Por favor, especifique el nombre de la organización de acreditación.

- Sí- Nombre la organización
- No

Pregunta 21: ¿Tiene su Departamento / Facultad (Programa de ingeniería Química) acuerdos internacionales con otras universidades?

- Si
- No

Pregunta 22: Si usted contestó sí en la pregunta anterior, marque con una X, los tipos de acuerdos internacionales en los que participan los profesores y los estudiantes del programa Ingeniería Química

- Intercambio de estudiantes de pregrado
- Intercambio de estudiantes de postgrado
- Intercambio de profesores
- Doble titulación pregrado
- Doble titulación de maestría
- Doble titulación Ph.D.
- Pasantías internacionales
- Trabajo colaborativo en proyectos de investigación
- Otras (por favor incluir el mayor número posible)

Sexta parte: infraestructura institucional

Pregunta 23: Por favor complete el siguiente cuadro para indicar cuántos profesores que están en el programa de Ingeniería Química tienen experiencia en la industria, y cuál es su nivel de formación.

En la **Tabla 28** se deben relacionar el número de profesores pertenecientes al programa, experiencia en la industria y nivel de formación.

Tipo de profesores	Total Profesores	Número de profesores con experiencia en la Industria	Número de profesores con Maestría	Número de profesores con Ph.D.
Profesores tiempo completo				
Profesores de tiempo parcial				
Otros				

Tabla 28. Cantidad de profesores pertenecientes al programa de Ingeniería Química, experiencia en la industria y nivel de formación.

Pregunta 24: En los últimos cinco años, ¿el profesorado ha recibido apoyo para mejorar su proceso de enseñanza?

- Si
- No

Si su respuesta es afirmativa, indique los tipos de apoyos con los que han contado los docentes.

- Pasantías en la industria.
- Participación en eventos internacionales propios de la disciplina
- Pasantías internacionales.
- Formación en ambientes virtuales.
- Otros, ¿cuáles? Programas de Postgrado

Séptima parte: relación con el entorno

Pregunta 25: ¿En promedio, qué porcentaje de tiempo, los profesores dedican a proyectos de extensión con la industria, la comunidad, y / o incubadoras de empresas?

Pregunta 26: ¿En qué tipos de proyectos de extensión y servicios los profesores y estudiantes del programa Ingeniería Química están involucrados para apoyar a la industria y a la comunidad en general? Por favor, marque lo que corresponda.

- El profesorado participa en actividades dirigidas a difundir los resultados de las investigaciones en las empresas.
- Los estudiantes en sus cursos trabajan con distintas empresas utilizando los conocimientos y habilidades adquiridos.
- Trabajos de grados que impactan a la comunidad

- Proyectos de asesoría, consultaría e intervención.
- Otros - Por favor, especifique _____

Pregunta 27: ¿El programa de Ingeniería Química lleva a cabo investigación aplicada?

- Si
- No

En caso afirmativo, indique el nombre de los diferentes grupos de investigación que existen en el programa de Ingeniería Química y proporcione mínimo tres proyectos realizados o en ejecución que impacten a la comunidad.

En la **Tabla 29** se deben relacionar la información especificada anteriormente.

Grupo de investigación	Proyectos realizados o en ejecución (mínimo tres por grupo)

Tabla 29. Investigación aplicada del programa.

Pregunta 28: ¿Tienen programas de extensión o formación continua para sus egresados?

- Si
- No

En caso afirmativo, suministre como mínimo tres ejemplos

Octava parte: mujeres en la ingeniería

Pregunta 29: En el periodo actual, ¿Cuántos estudiantes tienen el programa de Ingeniería Química actualmente y cuántos de ellos son mujeres?

- Cantidad de estudiantes:
- Cantidad de estudiantes que son mujeres:

Pregunta 30: ¿Cuántas mujeres son profesoras del programa de Ingeniería Química?

En la **Tabla 30** se deben relacionar la cantidad de profesores con los que cuenta el programa y cuántos de ellos son mujeres.

Tipo de profesores	Total Profesores	Total Mujeres
Profesores tiempo completo		
Profesores tiempo parcial		
Otros		

Tabla 30. Mujeres docentes en el programa de Ingeniería Química.

Novena parte: deserción en la ingeniería

Pregunta 31: ¿Cuál es la tasa de deserción estudiantil en su programa en los últimos cinco años?

En la **Tabla 31** se deben relacionar el porcentaje de deserción estudiantil en cada año determinado en la misma.

Año	Tasa de deserción estudiantil (%)
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	

Tabla 31. Tasa de deserción estudiantil en los últimos cinco años.

Pregunta 32: ¿Cuáles son las causas más frecuentes de deserción de estudiantes en el programa de ingeniería química?

- Motivos económicos
- Bajo rendimiento académico
- Cambio de universidad y/o programa de pregrado
- Otros. Por favor, especifique

Pregunta 33: ¿Que estrategias pedagógicas o actividades extracurriculares tiene el programa de Ingeniería química para disminuir las tasas de deserción de estudiantes, manteniendo la calidad académica del programa?

- Tutorías.

- Grupos de estudios.
- Monitores de cursos.
- Programa de estímulos y becas.
- Apoyo psicopedagógico.
- Otros. Por favor, especifique.

Pregunta 34: En promedio, ¿cuánto tarda un estudiante en graduarse o cual es el promedio de duración efectiva del programa de Ingeniería Química?

En caso de que el tiempo no coincida con el tiempo esperado, marque con una X, cuáles podrían ser las razones

- Los estudiantes tienen poco acceso a recursos para tomar todos los créditos, establecidos en cada periodo.
- Los estudiantes trabajan.
- El diseño curricular.
- Otros Cuales _____

4.5 PROPUESTA DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ARROJADA POR LAS ENCUESTAS

En este apartado se encuentra la propuesta para analizar estadísticamente los resultados de la encuesta comparativa que se realizará entre las universidades, pertenecientes a países miembros de la OEA, que ofertan el pregrado en Ingeniería Química.

Es importante contar con un protocolo claro para recopilar y examinar la información, de tal modo que se puedan explicar los objetivos del estudio y presentarlos de forma confiable a los directos interesados. Para llevar a cabo el mencionado análisis se propone tener en cuenta las técnicas que se utilizaron para el proyecto denominado “Diagnóstico

por comparación (*benchmarking*) aplicado a programas de Ingeniería Industrial” realizado por la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en el año 2012:

- **Análisis descriptivo:** Con el análisis estadístico descriptivo se pueden visualizar posibles tendencias entre las universidades a evaluar, además, se pueden presentar comparaciones de cada variable de interés, por regiones y en conjunto (Jaramillo, 2012).
- **Estimación de modelos lineales generalizados:** Los modelos lineales generalizados que se proponen son la Regresión de Poisson y la Regresión Logística, los cuales se utilizan para considerar puntajes, los cuales se utilizan como un insumo del Análisis de Componentes principales.

Los modelos de regresión Poisson permiten asociar variables de tipo discreto, en este caso se utilizaría para conteos de eventos, con otro tipo de variables (Valencia & Salazar, 2010). Dichos modelos linealizan el vínculo por medio de la función logaritmo natural para la variable respuesta, lo cual permite extraer efectos de manera proporcional con respecto a los parámetros que representan las otras covariables con respecto a las cuales se asocian(Jaramillo, 2012).

Los modelos logísticos permiten estimar la probabilidad de realizar un evento en particular. Para estimarlos, se puede recurrir a un proceso de selección, para filtrar las variables más significativas con las que se puede explicar la probabilidad de ocurrencia de dicho evento(Jaramillo, 2012).

- **Estimación de Análisis de Componentes principales:** Esta es una técnica del análisis multivariado, que utiliza la matriz de varianza y covarianza de un grupo de variables, descomponiéndola en valores y vectores propios, con el fin de capturar la asociación entre estas, y estimar indicadores con menor dimensión que el grupo de variables elegido (Johnson & Wichern, 2007). Esta técnica permite mostrar el comportamiento de dichos indicadores con un porcentaje de explicación de variabilidad del total, mostrando tendencias generales por temáticas evaluadas(Jaramillo, 2012).
- **Análisis de Clúster:** Técnica de análisis multivariado que utiliza distancias para realizar agrupaciones de observaciones según la semejanza en las variables elegidas; en este caso recomienda utilizar la distancia euclidiana cuadrática, donde el centroide es la media. La técnica permite mostrar las observaciones más similares, en este caso, las universidades según la temática, con las variables relativas a esta(Jaramillo, 2012).

5 CONCLUSIONES

- El método benchmarking, como técnica de comparación, se convierte en una opción adecuada para identificar las tendencias que se presentan en la educación superior, permitiendo mejorar la competitividad de las instituciones y estar a la vanguardia de las exigencias del medio.
- Respecto a las barreras de entrada se evidenció que las instituciones de países latinoamericanos tienen como requisitos para los postulantes haber culminado con éxito la secundaria y presentar una prueba de admisión; en algunos casos se demanda la entrevista personal. Mientras que las instituciones de países de Norteamérica demandan mayor número de requisitos para aplicar al pregrado, entre los cuales se encuentran: diligenciamiento de la aplicación común, cuota de solicitud de inscripción, recomendaciones de dos maestros de secundaria, un informe Escolar (incluye transcripción y recomendación del consejero), además terminación de cursos con resultados estimados y también aprobación de exámenes estandarizados (incluyendo el TOEFL “Test Of English as a Foreign Language”, que es un examen que mide fluidez y conocimientos en el idioma inglés) e informe de mitad de año.
- El sistema de acreditación, ABET el cual es utilizado entre las universidades más prestigiosas de los ESTADOS UNIDOS (Massachusetts Institute of Technology, University of California, Stanford University, Yale University, Princeton University, California Institute of Technology, University of Michigan, University of Pennsylvania), es también utilizado en dos universidades de Latinoamérica tales como la universidad ANDES de Colombia y la universidad de Santiago de Chile. Cabe anotar que las universidades también acatan el sistema de acreditación de su respectivo país sin tener ningún tipo de interferencia. El sistema ABET exige que las instituciones mejoren continuamente el contenido de sus programas, haciéndolas más competitivas. Adicionalmente, permite que las facultades se ubiquen al nivel de las más prestigiosas del mundo.
- Las facultades de ingeniería química de las instituciones analizadas, apuntan en su modelo de internacionalización a que los estudiantes puedan participar en convenios de intercambio, investigación, cooperación académica y científica,

además de la posibilidad de realizar cursos aplicados y también la posibilidad de obtener la doble titulación.

- Si se planea realizar un ejercicio de benchmarking a nivel internacional o incluso, a nivel nacional, es importante establecer contactos previos con las instituciones que se desea que participen, en los cuales se ponga en conocimiento los objetivos, beneficios y resultados esperados de la participación, con esto se garantiza en parte una respuesta más ágil, además de la información confiable que requiere el proyecto. Adicionalmente se deben dejar claras las responsabilidades y tareas posteriores que se pueden derivar de la participación en el benchmarking y de ser el caso, solicitar la asignación de las personas específicas que serán el contacto durante la realización del ejercicio.
- La herramienta principal del benchmarking es la encuesta donde se debe recopilar la información, por tal motivo el diseño establecido debe permitir ahondar en conocer las ventajas y desventajas que se tienen en las diferentes facultades de ingeniería química.
- Es importante tener en cuenta la diferencia del concepto de “crédito” que se maneja en las universidades de países de la OEA que se tuvieron en cuenta para realizar el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- (ADER), A. d. (06 de junio de 2013). *Estudio de Benchmarking tecnológico internacional sector inyección y extrucción de plásticos*. Obtenido de http://www.ader.es/fileadmin/redactores/PUBLICACIONES/Estudios/Estudio_Benchmarking_sector_plastico.pdf
- Agudelo Arredondo, Á. D., & Pino Palacio, M. P. (2013). *Identificación y Comparación de Metodologías de Benchmarking en el Ámbito Educativo a Nivel Internacional*. Medellín.
- Bachelor of chemical engineering program, undergraduate curriculum guide - Department of chemical engineering and materials science, University of Minnesota*. (13 de Septiembre de 2013). Obtenido de <https://docs.google.com/file/d/0B3voBD8MShM5azVDQkl2M3V5Ylk/edit?pli=1>
- California Institute of Technology, about Caltech, history & milestones*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.caltech.edu/content/history-milestones>
- California Institute of Technology, Caltech catalog courses 2012 - 2013*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://catalog.caltech.edu/courses/courses.html>
- California Institute of Technology, fellowships advising & study abroad, study abroad*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://fasa.caltech.edu/StudyAbroad.shtml>
- California Institute of Technology, undergraduate admissions, Caltech history*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://admissions.caltech.edu/about/history>
- California Institute of Technology, undergraduate admissions, freshman applicants*. (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://admissions.caltech.edu/applying/freshman>
- Caltech catalog, september 2012*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de http://catalog.caltech.edu/pdf/catalog_12_13.pdf
- Chemical engineering - California Institute of Technology, home*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.che.caltech.edu/index.html>
- Chemical engineering - California Institute of Technology, undergraduate program, ChE option*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de http://www.che.caltech.edu/undergrad_prog/option.html
- Chemical engineering - California Institute of Technology, undergraduate program, courses*. (16 de Agosto de 2013). Obtenido de http://www.che.caltech.edu/undergrad_prog/courses.html

Chemical Engineering - McGill, history. (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.mcgill.ca/chemeng/history>

Chemical engineering - University of Michigan, about our department, notable historical chemical engineering events. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://che.engin.umich.edu/aboutus/milestones.html>

Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, program mission. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://che.engin.umich.edu/undergraduateprogram/progmission.html>

Chemical engineering - University of Michigan, undergraduate program, undergraduate degree in chemical engineering. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://che.engin.umich.edu/undergraduateprogram/ugdescrip.html>

Chemical engineering and materials science - University of Minnesota, chemical engineering history.(14 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://www.cems.umn.edu/about/history_chen.html

Chemical engineering and materials science - University of Minnesota, departmental mission. (13 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://www.cems.umn.edu/academics/chen/mission.html>

Chemical engineering, director of undergraduate studies. (10 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://www.eng.yale.edu/chedus/coursereq.html>

College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major. (22 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://chemistry.berkeley.edu/student_info/undergrad_info/degree_programs/chem_e_major/index.php

College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major degree requirements. (25 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://chemistry.berkeley.edu/student_info/undergrad_info/degree_programs/chem_e_major/degree_requirements.php

College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering major lower division requirements. (22 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://chemistry.berkeley.edu/student_info/undergrad_info/degree_programs/chem_e_major/lower_division_courses.php

College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering undergraduate student learning goals and mission statement. (22 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://chemistry.berkeley.edu/student_info/USLI/chemical_engineering/chem_e_learning_goals.php

- College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, chemical engineering upper division requirements.* (22 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://chemistry.berkeley.edu/student_info/undergrad_info/degree_programs/chem_e_major/upper_division_courses.php
- College of chemistry - Universidad of California, Berkeley, history.* (22 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://chemistry.berkeley.edu/about/history.php>
- College of science & engineering - University of Minnesota, chemical engineering.* (13 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://cse.umn.edu/depts/majors/majors/CSE_CONTENT_192765.php
- Comisión Nacional de Acreditación (CNA-Chile), misión y visión.* (13 de septiembre de 2013). Obtenido de <http://www.cnachile.cl/secretaria-ejecutiva/>
- Cómo ingreso a la UNAM?* . (31 de Enero de 2014). Obtenido de <https://www.dgae.unam.mx/pdfs/formasdeingreso13web.pdf>
- Concentrations within the BSEChE program.*(14 de Agosto de 2013). Obtenido de http://che.engin.umich.edu/undergraduateprogram/copy3_of_HandoutConcentrations2013.pdf
- Cuevas Quintero, A., & Brambila Horta, B. (2006). *Química I*. Jalisco: Umbral Editorial S.A de C.V.
- Department of chemical and and biological engineering - Undergraduate handbook.* (29 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.princeton.edu/cbe/undergrad/Undergrad_Handbook.pdf
- Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, about CBE, departmental history.* (29 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.cbe.seas.upenn.edu/about-cbe/history.php>
- Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, accreditation.* (29 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.cbe.seas.upenn.edu/about-ugrad/index.php>
- Department of chemical and biomolecular engineering - University of Pennsylvania, undergraduate degree concentrations.* (29 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.cbe.seas.upenn.edu/current-students/undergraduates/concentrations.php>
- Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, history of chemical engineering at MIT.* (26 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/cheme/about/history.html>

- Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, mission.* (25 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/cheme/about/mission.html>
- Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, program educational objectives.* (25 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/cheme/academics/undergrad/objectives.html>
- Department of chemical engineering - Massachusetts Institute of Technology, undergraduate programs.* (25 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/cheme/academics/undergrad/index.html>
- Engineering - Stanford University, about Stanford engineering.* (15 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://engineering.stanford.edu/about>
- Engineering - Stanford University, history.* (15 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://engineering.stanford.edu/about/history>
- Engineering - Stanford University, undergraduate degree programs.* (15 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://engineering.stanford.edu/education/undergraduate-degree-programs>
- Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, ciclo básico.* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www3.poli.usp.br/pt/ensino/graduacao/aluno/ciclo-basico.html>
- Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, história.* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www3.poli.usp.br/pt/a-poli/historia/historia-da-poli.html>
- Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, manual do calouro .* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www3.poli.usp.br/images/stories/media/download/graduacao/Manual-do-Calouro.pdf>
- Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, missão .* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www3.poli.usp.br/pt/a-poli/missao.html>
- Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, relações internacionais.* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www3.poli.usp.br/pt/relacoes-internacionais.html>
- Eugenio Muñoz Camacho, M. G. (2013). *Ingeniería Química*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Facultad de ingeiería - Universidad de Buenos Aires, institucional.* (01 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.fi.uba.ar/institucional/index.php?m=257>

Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, institucional. (01 de Junio de 2013). Recuperado el 01 de Julio de 2013, de <http://www.fi.uba.ar/institucional/index.php?m=135>

Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires, plan de estudios. (01 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.fi.uba.ar/archivos/Actualizacion_2010_Plan_1986_Quimica_Modificado

Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, acerca de la facultad . (04 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_rubrique=2&id_article=3118&color=08346F&rub2=738

Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas. (06 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_rubrique=14&color=227AB9&id_article=646

Facultad de química - Universidad Nacional Autónoma de México, enseñanza, licenciaturas ingeniería química. (06 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_rubrique=60&id_article=3127&color=227AB9&rub2=60

Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, academic regulations. (02 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.apsc.utoronto.ca/Calendars/2013-2014/Academic_Regulations.html

Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, curriculum and programs. (02 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.apsc.utoronto.ca/Calendars/2013-2014/Curriculum_and_Programs.html

Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, discover engineering. (02 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.discover.engineering.utoronto.ca/Academics/academic-programs/chemical.htm>

Faculty of applied science & engineering - University of Toronto, history. (02 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.engineering.utoronto.ca/About/History.htm>

Faculty of Engineering - McGill, program requirements. (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.mcgill.ca/study/2013-2014/faculties/engineering/undergraduate/programs/bachelor-engineering-beng-%E2%80%93-chemical-engineering>

Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, degrees and requirements for professional registration. (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.mcgill.ca/study/2013->

2014/faculties/engineering/undergraduate/ug_eng_degrees_and_reqs_for_professional_registration

Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, department of chemical engineering. (06 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.mcgill.ca/study/2013-2014/faculties/engineering/undergraduate/ug_eng_dept_of_chemical_engineering#booknode-50759

Faculty of Engineering - McGill, undergraduate, student progress. (06 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.mcgill.ca/study/2013-2014/faculties/engineering/undergraduate/ug_eng_student_progress

Garavito Rojas, S., & Suárez Uribe, E. (04 de 2001). *Desarrollo conceptual del benchmarking y consideraciones de aplicación práctica. Caso: empresa con procesos biotecnológicos.* Obtenido de: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/bmkbiotec.htm>

García, D. J. (1998). *La industria química y el ingeniero químico.* Murcia: Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.

García, H. T. (1998). Ingeniería química: Escenario futuro y dos nuevos paradigmas. *Ciencia y tecnología. Vol 16, 25 - 36.*

Guía práctica para los ingresantes a la UBA. (31 de Enero de 2014). Obtenido de http://www.uba.ar/archivos_generales/ingresantesUBA.pdf

Handbook for undergraduate engineering programs 2013 - 2014, Stanford University, school of engineering.(15 de Septiembre de 2013). Obtenido de http://www.stanford.edu/group/ughb/2011-14/UGHB_1314_v4paginated.pdf

Jaramillo, L. M. (2012). *Análisis comparativo de los programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la OEA.*Medellín.

Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis, 6th Ed.*Pearson Prentice Hall.

La Nación Opinión - El SINAES y la calidad educativa. (10 de enero de 2014). Obtenido de http://www.nacion.com/opinion/editorial/Sinaes-calidad-educativa_0_1348465458.html

Massachusetts Institute of Technology, course catalog 2013 - 2014, academic procedures and institute regulations. (29 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/catalog/overv.chap5.html#hours>

Massachusetts Institute of Technology, course catalog 2013 - 2014, department of chemical engineering. (03 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/catalog/degre.engin.chemi.html#under>

Massachusetts Institute of Technology, course catalog 2013 - 2014, general institute requirements. (29 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/catalog/overv.chap3-gir.html>

Massachusetts Institute of Technology, MIT curriculum guide. (03 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://ocw.mit.edu/courses/mit-curriculum-guide/#undergrad>

McGill, about McGill, mission. (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.mcgill.ca/about/intro/mission>

McGill, department of chemical engineering - Undergraduate student handbook. (06 de Julio de 2013). Obtenido de http://www.mcgill.ca/chemeng/sites/mcgill.ca.chemeng/files/undergrad_handbook_2012-2013_final_revised_apr_2013.pdf

McGill, general admission and documentation requirements for all applicants. (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.mcgill.ca/applying/admissionsguide/2014-15/general-requirements>

Michigan Engineering - University of Michigan, core requirements. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.engin.umich.edu/college/academics/bulletin/ug-ed/reqs>

Michigan Engineering - University of Michigan, degree options. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.engin.umich.edu/college/academics/undergrad/degrees/options>

Michigan Engineering - University of Michigan, international programs in engineering, beyond UM. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://ipe.engin.umich.edu/studyabroad/beyond-um/>

Michigan Engineering - University of Michigan, international programs in engineering, study abroad for engineers. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://ipe.engin.umich.edu/studyabroad/>

Mission statements of the schools of Yale University.(06 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://www.yale.edu/about/yale-school-mission-statements.pdf>

MIT Admissions, deadlines & requirements. (10 de Febrero de 2014). Obtenido de <http://mitadmissions.org/apply/freshman/dates>

MIT global education & career development, all opportunities abroad. (03 de Octubre de 2013). Obtenido de http://gecd.mit.edu/go_abroad/all

MIT global education & career development, study abroad / explore. (03 de Octubre de 2013). Obtenido de http://gecd.mit.edu/go_abroad/study/explore

MIT go global, internships & work. (03 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/goglobal/gointern.html>

MIT go global, research. (03 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://web.mit.edu/goglobal/goresearch.html>

Monografía. (2011). *Benchmarking.*

Open course ware - Universidad de Sevilla. (20 de marzo de 2014). Obtenido de http://ocwus.us.es/arquitectura-e-ingenieria/operaciones-basicas/contenidos1/tema1/pagina_01.htm

Organización de Estados Americanos. (2011). *Hacia una Visión 20/25 en Ciencia, Tecnología e Innovación para las Américas: Cooperación Hemisférica para la Competitividad y Prosperidad en una Economía del Conocimiento.* Recuperado el 06 de 06 de 2013, de http://scm.oas.org/doc_public/SPANISH/HIST_11/CIDI03445S02.doc

Organización de Estados Americanos. (2011). *Plan De Acción De Panamá-OEA.* Obtenido de www.scm.oas.org/cyt/Documents/cidi03470s02.doc

Penn admissions, applying: requirements and process for freshmen. (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.admissions.upenn.edu/apply/freshman-admission/requirements-and-process>

Perdomo Charry, W. (2010). *Estudio prospectivo con énfasis en el área de química 2020: en el contexto de la investigación prospectiva del Centro de Ciencia Básica para Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín.* Medellín.

Pontificia Universidad Católica de Chile, admisión y registros académicos. (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://dsrd.uc.cl/futuros-alumnos/admision-via-psu>

Princeton University, about Princeton: overview. (28 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.princeton.edu/main/about/>

Princeton University, application checklist. (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.princeton.edu/admission/applyingforadmission/checklist/#comp000046cc511c0000000b0a18e5>

Princeton University, international Princeton: overview. (29 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.princeton.edu/main/international/>

Princeton University, Princeton's history. (29 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.princeton.edu/main/about/history/>

Requisitos: aspirantes a programas de pregado presencial. (31 de Enero de 2014). Obtenido de https://www.uis.edu.co/admisiones/pdf/requisitos_inscripcion.pdf

School of engineering & applied science - Yale University, chemical and environmental engineering, department chair's message. (06 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://seas.yale.edu/departments/chemical-and-environmental-engineering/undergraduate-study-chemical/departments-chairs-me>

School of engineering & applied science - Yale University, undergraduate study chemical engineering. (05 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://seas.yale.edu/departments/chemical-and-environmental-engineering/undergraduate-study-chem>

School of engineering and applied science - Princeton, ABET accreditation. (28 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.princeton.edu/cbe/undergrad/accreditation/>

School of engineering and applied science - Princeton, about us. (28 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.princeton.edu/cbe/about/>

School of engineering and applied science - Princeton, course requirements. (29 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.princeton.edu/cbe/undergrad/requirements/>

School of engineering and applied science - University of Pennsylvania, international opportunities. (30 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.seas.upenn.edu/community/international-opps.php>

School of engineering and applied science - University of Pennsylvania, undergraduate student handbook. (29 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://www.seas.upenn.edu/undergraduate/handbook/policy/sunset.php>

Spendolini, M. (1994). *Benchmarking*. Bogotá: Ediciones Norma.

Spendolini, M. J., Friedel, D. C., & Workman, J. A. (1999). Benchmarking: devising best practices from others. *Graphic Arts Monthly*, 71(10).

Stanford University, undergraduate admission, freshman requirements & process. (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.stanford.edu/dept/uga/application/freshman/index.html>

- Universidad de Buenos Aires - Internacional.* (01 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.uba.ar/internacionales/convenios.php>
- Universidad de Costa Rica, proceso de admisión a la UCR.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.ucr.ac.cr/estudiantes/admision/>
- Universidad de los Andes Colombia, admisiones y registro.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://registro.uniandes.edu.co/index.php/proceso-admisiones/pregrado>
- Universidad Nacional Autónoma de México - Global, convenios.* (04 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.global.unam.mx/es/convenios/index.html>
- Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química.* (04 de Julio de 2013). Obtenido de <http://oferta.unam.mx/carreras/63/ingenieria-quimica>
- Universidad Nacional Autónoma de México - Oferta académica, ingeniería química plan de estudios.* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <http://oferta.unam.mx/carrera/archivos/planes/ingquimicaplanestudiosfacquimica.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia, preguntas frecuentes.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de http://www.admisiones.unal.edu.co/preguntas-frecuentes/1-admision-pregrado/index.php?option=com_content&view=article&id=17&catid=5&Itemid=4
- Universidad of California, Berkeley, admission requirements.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://admission.universityofcalifornia.edu/freshman/requirements/index.html>
- Universidad of California, Berkeley, study abroad.* (25 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://studyabroad.berkeley.edu/eap>
- Universidad Pontificia Bolivariana, admisión para pregrado.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1054,31405895&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Universidade de São Paulo, calendário 2013.* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/jupCalendario2013A.jsp>
- Universidade de São Paulo, como estudar na USP.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www5.usp.br/ensino/graduacao/como-estudar-na-usp/>
- Universidade de São Paulo, informações acadêmicas.* (06 de Julio de 2013). Obtenido de <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/grdInformacoesAcademicas.jsp?codmnu=2212>

- University of Michigan, undergraduate admissions, application requirements.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.admissions.umich.edu/drupal/application-requirements>
- University of Minnesota, freshman application checklist and timeline.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de http://admissions.tc.umn.edu/admissioninfo/fresh_checklist.html
- University of Minnesota, learning abroad center, program types & definitions.* (14 de Septiembre de 2013). Obtenido de <http://www.umabroad.umn.edu/students/choosingprogram/programdefinitions/>
- University of Minnesota, one stop student services, current liberal education requirements.* (14 de Septiembre de 2013). Obtenido de https://onestop.umn.edu/degree_planning/lib_ed/fall_2010_requirements/index.html
- University of Toronto, center for international experience.* (02 de Julio de 2013). Obtenido de <http://cie.utoronto.ca/About.htm>
- University of Toronto, mission and purpose.* (02 de Julio de 2013). Obtenido de <http://www.utoronto.ca/about-uoft/mission-and-purpose.htm>
- Valencia, M., & Salazar, J. C. (2010). Evaluación del impacto de acciones de bienestar sobre una comunidad en Colombia usando un modelo para datos correlacionados. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol.28, pp. 64-72.
- Vlasceanu, L. (2007). *Quality Assurance and Accreditation: A Glossary of Basic Terms and Definitions*. Bucarest: UNESCO.
- Yale University, about, leadership & organization.* (10 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://www.yale.edu/about/mission.html>
- Yale University, about, history.* (06 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://www.yale.edu/about/history.html>
- Yale University, application instructions & components.* (31 de Enero de 2014). Obtenido de <http://admissions.yale.edu/instructions#application>
- Yale University, Yale and the world, academics & research.* (10 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://world.yale.edu/academics-research>
- Yale University, Yale and the world, international centers & initiatives.* (10 de Octubre de 2013). Obtenido de <http://world.yale.edu/international-centers-initiatives>