



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL  
UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0, PARA UNA APLICACIÓN  
TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS  
DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA**

**Amalia Sofía Godoy Castañeda**

Asesorado por el Ing. César Alfonso García Guerra

Guatemala, mayo de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO  
VISUAL BASIC 6.0, PARA UNA APLICACIÓN TUTORIAL EN EL  
APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA  
QUÍMICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**AMALIA SOFIA GODOY CASTAÑEDA**

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>VOCAL I</b>	Inga. Glenda Patricia García Soria
<b>VOCAL II</b>	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
<b>VOCAL III</b>	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
<b>VOCAL IV</b>	Br. Luis Pedro Ortiz de León
<b>VOCAL V</b>	Br. José alfredo Ortiz Herincx
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. César Alfonso García Guerra
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Víctor Herberth de León Morales
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Byron René Aguilar Uck
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO  
VISUAL BASIC 6.0, PARA UNA APLICACIÓN TUTORIAL EN EL  
APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA  
QUÍMICA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 24 de marzo de 2008.



Amalia Sofía Godoy Castañeda



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.**

---

Guatemala, 22 de febrero de 2010.

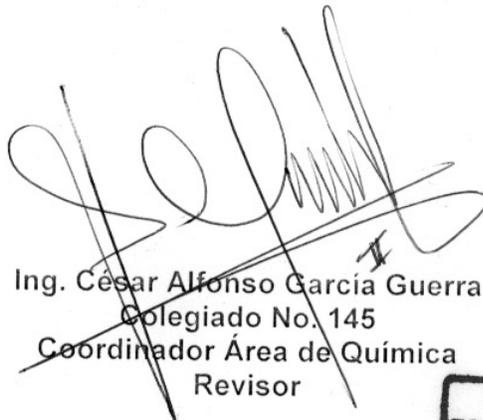
Ingeniero  
Williams Álvarez  
Director de Escuela  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que la estudiante de Ingeniería Química Amalia Sofia Godoy con carnet 200212268 a concluido satisfactoriamente el informe final del trabajo de graduación titulado **“DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA UNA APLICACIÓN TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA”**

Después de haber realizado la revisión respectiva y luego de las correcciones realizadas considero que llena los requisitos para su aprobación.

Atentamente,



Ing. César Alfonso García Guerra  
Colegiado No. 145  
Coordinador Área de Química  
Revisor

ÁREA DE QUÍMICA  
ESC. INGENIERÍA QUÍMICA  
FAC. INGENIERÍA - USAC -



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 18 de marzo de 2010  
Ref.EIQ.TG.018-2010

Ingeniero  
**Williams Guillermo Álvarez Mejía**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-035-10-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERA QUÍMICA a la estudiante universitaria **AMALIA SOFÍA GODOY CASTAÑEDA**, identificada con carné No. **2002-12268**, titulado: **DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA UNA APLICACIÓN TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA**, el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico César Alfonso García Guerra.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice a la estudiante **Godoy Castañeda**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.  
COORDINADORA  
Tribunal que revisó el informe final  
Del trabajo de graduación



ESCUELA DE  
INGENIERÍA QUÍMICA

C.c.: archivo





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del (la) estudiante **AMALIA SOFÍA GODOY CASTAÑEDA** titulado: **“DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0, PARA UNA APLICACIÓN TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA”**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.

Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía; MIQ; MPISC  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, mayo de 2010

Cc: Archivo  
WGAM/am



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE UN PROGRAMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0, PARA UNA APLICACIÓN TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA**, presentado por la estudiante universitaria **Amalia Sofía Godoy Castañeda**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Dlympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, mayo de 2010



/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios y la Virgen María**

Por permitirme culminar mis estudios universitarios.

### **Mis Padres**

Por su amor, apoyo y dedicación

### **Eduardo Xavier Bonilla Aldana**

Por su apoyo y amor incondicional

### **Mis amigas y amigos**

Por su amistad y apoyo.

### **Ing. César Alfonso García Guerra**

Por la asesoría a mi trabajo de graduación

### **La Universidad de San Carlos de Guatemala,**

Por su labor como casa de estudio y por su dedicación a la enseñanza superior en el país



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios y la Virgen María**

Por su amor y estar siempre a mi lado.

### **Mis Padres**

**Juan Godoy Yanjalla y Margara Castaneda de Godoy**

Con amor, como recompensa al esfuerzo que han hecho por mı.

### **Mis Hermanas**

**Cecilia y Carolina**

Con amor, por su apoyo.

### **Mi Novio**

**Eduardo Bonilla Aldana**

Con amor por su apoyo y comprensión.

### **Mi Familia**

Con mucho cariño.

### **Mis Amigas y Amigos**

Especialmente a Cecilia, Jacky, Leslie, Livi, David y Enmanuel, por todos los momentos compartidos.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>XXV</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>XXVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XXIX</b>
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Textos tutoriales .....	1
1.2. Técnicas de análisis numérico.....	3
<b>2. FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS.....</b>	<b>9</b>
2.1. Dirección del aprendizaje y enseñanza .....	9
2.2. Aprendizaje.....	10
2.3. Tutoriales.....	13
2.3.1. Principios tutoriales.....	14
2.3.2. Tutorial como una práctica.....	15
2.4. Uso de la computadora como herramienta de aprendizaje .....	18
2.4.1. Programas computacionales.....	18
2.4.2. Programación estructurada.....	19

2.4.3.	Programación modular .....	21
2.5.	Enseñanza .....	22
2.5.1.	Métodos de enseñanza .....	23
2.5.2.	Método de enseñanza individualizada.....	24
2.5.2.1.	Enseñanza programada .....	24
2.5.3.	Estrategias de aprendizaje .....	25
2.6.	Sistemas tutoriales inteligentes.....	27
2.6.1.	Modelo del dominio .....	29
2.6.2.	Modelo del estudiante .....	30
2.6.3.	Modelo pedagógico .....	32
2.6.4.	Modelo del instructor .....	33
2.6.5.	Módulo interfaz .....	34
<b>3.</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>35</b>
3.1.	Análisis numérico .....	35
3.1.1.	Métodos numéricos .....	35
3.1.1.1.	Regresión lineal.....	36
3.1.1.1.1.	Regresión por mínimos cuadrados .....	37
3.1.1.1.2.	Linealización .....	39
3.2.	Conceptos básicos de Cinética Química.....	41
3.2.1.	Velocidad de reacción .....	41
3.2.2.	Orden y Molecularidad de las reacciones.....	43
3.2.3.	Constante de velocidad de reacción.....	44
3.2.4.	Influencia de la temperatura en las velocidad de reacción .....	45

3.2.5.	Ecuación de Arrhenius.....	46
3.3.	Métodos de análisis de datos de velocidad .....	49
3.3.1.	Reactores por lotes.....	50
3.3.1.1.	Método Diferencial.....	50
3.3.1.2.	Método Integral.....	53
3.3.1.3.	Método de Mínimos Cuadrados.....	60
3.3.1.4.	Método de Vidas Parciales .....	62
3.3.2.	Reactores diferenciales .....	64
3.3.2.1.	Reactores diferenciales sin catalizador .....	64
3.3.2.2.	Reactores Diferenciales con catalizador.....	67
3.4.	Cálculo para determinar el Factor Preexponencial de Arrhenius.....	70

#### **4. DISEÑO DE APLICACIÓN TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA ..... 73**

4.1.	Módulo de dominio en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química.....	73
4.1.1.	Planeación didáctica .....	73
4.1.1.1.	Datos de identificación.....	74
4.1.1.2.	Objetivo general y específicos del tutorial .....	74
4.1.1.3.	Desglose de temas y subtemas.....	76
4.1.1.4.	Estrategia de enseñanza .....	90
4.1.1.5.	Experiencias de aprendizaje independiente .....	94
4.1.1.6.	Experiencias de aprendizaje con docente .....	95
4.1.1.7.	Estrategias de evaluación de contenidos .....	97

4.2.	Módulo estudiante en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química .....	102
4.2.1.	Perfil del estudiante .....	102
4.2.1.1.	Características personales .....	102
4.2.1.2.	Competencias académicas .....	103
4.2.2.	Sesión de Enseñanza – Aprendizaje: Componentes del sistema.	105
4.2.2.1.	Módulos de cálculo.....	106
4.2.2.1.1.	Calculador para obtener Ley de Velocidad .....	106
4.2.2.1.2.	Opciones.....	111
4.2.2.1.3.	Guardar resultados obtenidos.....	113
4.2.2.1.4.	Ejemplos paso a paso.....	114
4.2.2.2.	Archivo de ayuda.....	119
4.2.2.2.1.	Explicaciones HTML .....	120
4.2.2.2.2.	Hipervínculos .....	121
4.2.2.2.3.	Herramientas Interactivas .....	124
4.3.	Módulo pedagógico en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química .....	126
4.3.1.	Metodología para elaboración del tutorial de métodos de análisis de datos de Cinética Química.....	128
4.3.1.1.	Primera etapa: Recopilación de información .....	128
4.3.1.2.	Segunda etapa: Análisis de metodología y ecuaciones que intervienen.....	129
4.3.1.2.1.	Desarrollo del modelo matemático.....	131
4.3.1.2.2.	Manipulación del modelo matemático .....	138

4.3.1.2.3.	Evaluación del modelo matemático .....	145
4.3.1.3.	Tercera etapa: Adaptación del modelo y su aplicación para el tutorial utilizando la visualización .....	147
4.4.	Módulo del instructor en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química .....	150
4.4.1.	Información general del programa informático.....	150
4.4.1.1.	Especificaciones técnicas.....	150
4.4.1.2.	Especificaciones pedagógicas.....	151
4.4.1.3.	Requisitos académicos del tutor.....	153
4.4.1.4.	Instalación y desinstalación del programa .....	154
4.4.1.4.1.	Procedimiento para instalación .....	155
4.4.1.4.2.	Procedimiento para desinstalación.....	155
4.4.2.	Gestión del modelo tutor en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química.....	156
4.4.2.1.	Orden propuesto al instructor para el desarrollo de los temas incluidos en el tutorial .....	156
4.4.2.2.	Sistema de evaluación.....	158
4.4.2.3.	Interacción del Módulo Instructor en el diseño del Sistema Tutorial .....	160
4.5.	Módulo interfaz en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química.....	164
4.5.1.	Concepto de Interfaz.....	164
4.5.1.1.	Funcionalidad de los componentes de interfaz.....	166
4.5.1.1.1.	Componente de Interfaz de Usuarios (IU).....	167

4.5.1.1.2.	Componente lógicos del sistema .....	168
4.5.1.1.3.	Componentes de acceso a datos.....	169
4.5.1.1.4.	Servicios .....	170
4.5.1.1.5.	Componentes de seguridad .....	170
4.5.2.	Características para el diseño de la interfaz del Programa Tutorial.....	171
4.5.3.	Pasos para el diseño de la interfaz.....	172
4.5.4.	Modelo de Usuario .....	174
4.5.5.	Modelo del Diseñador.....	174
4.5.5.1.	Bocetos .....	175
4.5.5.2.	Tabla de historia.....	177
4.5.6.	Modelo del Programador .....	179
4.5.6.1.	Sistemas utilizados como plataforma de desarrollo .....	179
4.5.6.2.	Componentes físicos .....	182
4.5.6.3.	Componentes virtuales.....	185
4.5.7.	Escenario.....	194
4.5.7.1.	Clase magistral.....	194
4.5.7.2.	Sesión personal.....	196
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>197</b>
5.1.	Evaluación de características puntuales del Programa Tutorial.....	201
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>205</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>207</b>

**BIBLIOGRAFÍA ..... 209**  
**ANEXO ..... 211**



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama del aprendizaje significativo	11
2.	Interacción de los módulos de un Sistema Tutor Inteligente	29
3.	Transición pedagógica	33
4.	Energía potencial vrs. tiempo de reacción	48
5.	Método diferencial para determinar el orden de reacción	52
6.	Método integral: Reacción de orden cero	55
7.	Método integral: Reacción de primer orden	56
8.	Método integral: Reacción de segundo orden	57
9.	Método integral: Reacción de segundo orden bimolecular	59
10.	Reactor diferencial con catalizador	68
11.	Determinación de la energía de activación	72
12.	Avance de la información de los tópicos desarrollados en el Programa Tutorial	77
13.	Fundamentos teóricos para el Programa Tutorial	78
14.	Parámetros fundamentales de entrada al Programa Tutorial	79
15.	Mapa conceptual de Módulos de Cálculo	80
16.	Desglose de temas tratados en el Programa Tutor de métodos de análisis de datos de Cinética Química.	89
17.	Recursos didácticos utilizados en las estrategias de enseñanza	91
18.	Estrategias de evaluación de contenidos	99
19.	Actividades a desarrollar con el Programa Tutorial	105
20.	Partes de los módulos de cálculo: Reactores por lotes	106

21.	Partes de los módulos de cálculo: Reactores diferenciales	107
22.	Datos intermedios de los módulos para reactores por lotes	119
23.	Comparación de resultados para Método Integral	110
24.	Opciones de los módulos de cálculo	113
25.	Visualización de archivos generados por los módulos de cálculo	114
26.	Ventana de explicaciones con ejemplos paso a paso	115
27.	Cuestionario de Ecuación de Arrhenius	118
28.	Archivo de ayuda	119
29.	Explicación de tema	121
30.	Secuencia del contenido del tutorial	127
31.	Recursos generales del Programa Tutorial	127
32.	Fases para solución de problemas de ingeniería, aplicando análisis matemático	131
33.	Desarrollo del modelo matemático	132
34.	Parámetros independientes	134
35.	Parámetros dependientes	136
36.	Relación entre módulos y variables	141
37.	Diagrama de requisitos académicos para la elaboración del Programa Tutorial	153
38.	Modelo del Instructor	160
39.	Interacción de elementos en Programación Tutorial	162
40.	Arquitectura en capas, tipos de componentes	167
41.	Arquitectura del programa	178
42.	Estudiante como punto de partida del Sistema Tutorial	197

## TABLAS

I.	Unidades del orden de reacción	45
II.	Estrategias de enseñanza	92
III.	Opciones de selección de datos iniciales de módulos para reactores por lotes	108
IV.	Elementos de explicaciones paso a paso	117
V.	Representación de hipervínculos internos	122
VI.	Hipervínculos externos	123
VII.	Parámetros que intervienen en los módulos de cálculo	139
VIII.	Relación entre tipo de reactor y condición a evaluar	140
IX.	Relación entre métodos y datos de entrada	142
X.	Relación entre datos de salida y datos de entrada	142
XI.	Relación entre datos de salida y métodos	143
XII.	Modelos matemáticos por módulo de cálculo	144
XIII.	Componentes del CD de instalación	154
XIV.	Orden propuesto para el desarrollo de temas	157
XV.	Bocetos del Tutorial de Cinética Química	175



## LISTA DE SÍMBOLOS

	<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
	$\partial$	Derivación parcial
	<b>A</b>	Factor preexponencial o factor de frecuencia
	$a_1, a_2, a_j$	Incógnitas para ecuaciones de mínimos cuadrados
	$C_0, C_{B0}, C_{A0},$	Concentración inicial, concentración inicial de la especie A, Concentración inicial de la especie B
	$C_A$	Concentración del reactivo A
	$\overline{C_A}$	Concentración Promedio
	$C_B$	Concentración del reactivo B
	$C_P$	Concentración del producto
	<b>E</b>	Exponente natural
	<b>Ea</b>	Energía de activación

$F_{A0}, F_{Ae},$	Velocidad de flujo de entrada de A, Velocidad de flujo de salida de A
$F_P$	Velocidad de flujo del producto
$K$	Constante de velocidad de reacción
$k', k''$	Constante de velocidad de reacción parcial
$\ln$	Logaritmo natural
$\log$	Logaritmo base 10
$M$	Factor M es la relación entre concentración inicial de los reactivos A y B
$N$	Orden global de reacción
$N$	Número de pruebas experimentales
$n_1, n_2, \dots, \text{etc.}$	Orden de reacción para la especie 1, 2, etc.
$R$	Velocidad de reacción
$R$	Constante universal de los gases ideales

<b>S</b>		Suma del cuadrado de los residuos
<b>ITS / STI</b>		Siglas de <i>Intelligent Tutorial System</i> , Sistema Tutorial Inteligente
<b>t</b>		Tiempo
<b>T</b>		Temperatura
<b><math>t_{1/2}</math></b>		Tiempo de vida media
<b>V</b>		Volumen del reactor
<b><math>v_o</math></b>		Flujo volumétrico a la entrada
	<b><math>v_0</math></b>	Velocidad de flujo volumétrico
<b>W</b>		Peso de Catalizador
<b>X, X<sub>a</sub></b>		Conversión, Fracción de reactivo A que ha reaccionado
<b>X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>j</sub></b>		Variables para ecuaciones de mínimos cuadrados
<b><math>\alpha</math></b>		Orden parcial de reacción de la especie A

<b>B</b>	Orden parcial de reacción de la especie B
<b><math>\Delta C</math></b>	Cambio de concentración entre dos mediciones
<b><math>\Delta t</math></b>	Cambio de tiempo entre dos mediciones
<b><math>v_A/ v_P</math></b>	Coefficiente estequiométrico del producto
<b><math>\Sigma</math></b>	Sumatoria

## GLOSARIO

<b>Átomo</b>	Es la unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene su identidad o sus propiedades y que no es posible dividir mediante procesos químicos.
<b>Catalizador</b>	Es una sustancia (compuesto o elemento) capaz de acelerar (catalizador positivo) o retardar (catalizador negativo o inhibidor) una reacción química, permaneciendo éste mismo inalterado.
<b>Cinética Química:</b>	Campo de la química que se ocupa de la rapidez o velocidad con la que ocurren las reacciones químicas, es decir, la desaparición de reactivos para convertirse en productos; así como de los mecanismos de las mismas.
<b>Colisión</b>	Choque violento entre dos cuerpos.
<b>Complejo Activado</b>	Configuración de átomos que corresponden energéticamente a la cima de la barrera de energía que separa los reaccionantes y los productos.
<b>Concentración</b>	Es la magnitud química que expresa la cantidad de un elemento o un compuesto por unidad de volumen.
<b>Constante de velocidad de reacción, k</b>	Es la constante de proporcionalidad entre la rapidez de reacción experimental y las concentraciones elevadas a exponentes dados y es función de temperatura, agente catalítico e independiente de concentración.

<b>Constante universal de los gases ideales (R):</b>	Constante física que relaciona entre sí diversas funciones de estado termodinámicas, estableciendo esencialmente una relación entre la energía, la temperatura y la cantidad de materia.
<b>Conversión</b>	Se utiliza para indicar la proporción en que los reactivos se han transformado en productos.
<b>Energía de Activación</b>	Energía que necesitan los reactivos para formar el compuesto activado. La barrera de energía que han de salvar las moléculas para que se produzca la reacción química.
<b>Estado estacionario</b>	Cuando sus propiedades de estado no varían.
<b>Estado de transición</b>	Molécula, radical o ión de vida corta y alta energía que se forma durante la reacción entre moléculas que poseen energía necesaria de activación.
<b>Factor Preexponencial</b>	Comprende el número de choques efectivos entre las moléculas de reactivo encontrando su origen en la teoría cinética de los gases.
<b>Frecuencia de colisión</b>	Frecuencia con que chocan las moléculas en determinada unidad de tiempo y de volumen.
<b>Interfaz</b>	Parte de un programa que permite el flujo de información entre un usuario y la aplicación.
<b>Ley de acción de masas</b>	Expresa que la velocidad de una reacción es a cada instante proporcional a las concentraciones de los reactivos, estando cada una de las concentraciones elevada a una potencia igual al número de moléculas de cada especie que participa en el proceso.

<b>Ley de Velocidad</b>	Ecuación que relaciona la velocidad del proceso con la concentración de los reactivos se puede obtener experimentalmente, y se escribe en forma genérica como: $v = k [R_1]^{n_1} [R_2]^{n_2}$ donde k es una constante y $n_1$ y $n_2$ sendos coeficientes numéricos.
<b>Mecanismo de reacción</b>	Es la serie de pasos elementales a través de los cuales los reactivos se convierten en productos.
<b>Método</b>	Modo estructurado y ordenado de obtener un resultado, descubrir la verdad y sistematizar los conocimientos. Proceso sistemático establecido para realizar una tarea o trabajo con el fin de alcanzar un objetivo predeterminado.
<b>Módulo</b>	Mecanismo que posee una interfaz definida hacia componentes; construido de manera que facilite un proceso determinado.
<b>Mol</b>	Unidad utilizada en química, que corresponde a la cantidad de: átomos, iones, moléculas, electrones, protones u otras entidades específicas cuyo valor es $6 \cdot 10^{23}$ unidades.
<b>Molecularidad</b>	Es el número de moléculas que toman parte como reactivos en un proceso elemental, es decir, la suma de las moléculas de cada reactivo antes de formar el complejo activado para convertirse en los productos.
<b>Moléculas</b>	Partícula formada por un conjunto de átomos ligados por enlaces, de forma que permanecen unidos el tiempo suficiente como para completar un número considerable de vibraciones moleculares.

<b>Moléculas reaccionantes</b>	Moléculas que intervienen y reaccionan en la reacción.
<b>Orden de reacción</b>	Exponente de cada concentración en la expresión de la Ley de Velocidad, a, b, c...
<b>Orden total o global de reacción</b>	Suma de los órdenes individuales: $a + b + c\dots$ , puede ser positivo, negativo, fracción ó cero.
<b>Parámetro</b>	Variable que es recibida por una función, procedimiento o subrutina. Quien recibe el o los parámetros los utiliza para alterar su comportamiento o sus resultados al ejecutarse.
<b>Pedagogía</b>	La pedagogía es un conjunto de conocimientos que buscan tener impacto en el proceso educativo, en cualquiera de las dimensiones que este tenga, así como en la comprensión y organización de la cultura y la construcción del sujeto.
<b>Presión parcial</b>	La presión parcial de un gas, en una mezcla o solución es la presión de dicho gas si se eliminaran repentinamente y sin que hubiese variación de temperatura todos los demás componentes de la mezcla o solución.
<b>Presión total</b>	Es la suma de todas las presiones, de una mezcla en equilibrio es igual a la suma de las presiones parciales de los gases presentes.
<b>Producto</b>	Es el conjunto de sustancias que se obtienen al combinar los reactivos. Es decir, es el material que se forma como resultado de una reacción química.

<b>Programa</b>	Software, equipamiento lógico o soporte lógico a todos los componentes intangibles de una computadora. Conjunto de programas y procedimientos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica.
<b>Reacción Bimolecular</b>	Reacción elemental, envuelve la colisión simultanea de cualquier combinación de dos moléculas, iones o átomos.
<b>Reacción termolecular</b>	Reacción elemental, envuelve la colisión simultanea de cualquier combinación de tres moléculas, iones o átomos.
<b>Reactivo</b>	Toda sustancia que interactuando con otra en una reacción química da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta.
<b>Reactivo en exceso</b>	Es el reactivo que se encuentre en mayor proporción estequiométrica.
<b>Reactor químico</b>	Es una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas.
<b>Reactor diferencial</b>	Reactor que se alimenta constantemente de material reactante, y también se retira ininterrumpidamente los productos de la reacción mientras reaccionan.
<b>Reactor por lotes</b>	Reactor donde no entra ni sale material durante la reacción. Se introducen los materiales, se deja reaccionar por un tiempo, presión y temperatura preestablecida, luego se descargan los productos de la reacción y los reactantes no convertidos.

<b>Sistema</b>	Conjunto de elementos que median un efectivo proceso de enseñanza/aprendizaje mediante una interfaz que mejora la comunicación Docente/Estudiante.
<b>Tutorial</b>	Es una lección educacional que conduce al usuario a través de las características y funciones más importantes de cosas como aplicaciones de software, dispositivos de hardware, procesos, diseños de sistema y lenguajes de programación, consiste en una serie de pasos que van aumentando el nivel de dificultad y entendimiento.
<b>Velocidad de reacción</b>	Cantidad de reactivos que se transforma o producto que se forma por unidad de tiempo.
<b>Vida Media</b>	Se define como el tiempo que debe transcurrir para que la concentración del reactivo baje a la mitad del valor inicial.

## RESUMEN

Se diseñó y elaboró una aplicación tutorial para el proceso de enseñanza-aprendizaje de los métodos de análisis de datos de cinética química, basado en los principios de sistemas tutoriales inteligentes. El programa tutorial se enfoca en módulos de cálculo para los diferentes métodos de análisis de datos de cinética química. El programa tutorial comprende 7 módulos de cálculo, con los cuales se puede obtener la Ley de Velocidad de reacción y otros parámetros relacionados de la cinética química.

La presentación de los conocimientos se hizo en forma sistemática y secuencial aumentando la complejidad de los temas conforme se avanza en el tutorial. Esta metodología se adaptó con los modelos: dominio, estudiante, pedagógico e instructor los cuales se relacionan con el usuario a través de la interfaz.

Los conocimientos que se imparten en el sistema tutor se dividen en dos partes: la primera comprende 7 módulos de cálculo que aplican algoritmos de análisis numérico para analizar diferentes tipos de datos cinéticos y obtener la Ley de Velocidad que los rige. En esta parte se encuentran una serie de exposiciones dinámicas con explicaciones de los cálculos que realiza cada módulo, además permite la evaluación de lo aprendido por el estudiante. En la segunda parte se encuentra toda la información de soporte teórico, expuesta en una estructura ordenada de acuerdo al nivel de conocimientos que el estudiante va adquiriendo. Ésta herramienta contiene diversos temas expuestos, animaciones, aplicaciones web interactivas, libros de texto y páginas de Internet con temas relacionados.



## OBJETIVOS

### General

Desarrollar un programa tutorial mediante el uso de los programas Microsoft Office 2003<sup>®</sup> y Visual Basic 6<sup>®</sup>, para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de los Métodos de Análisis de datos de Cinética de las reacciones químicas.

### Específicos:

1. Desarrollar una herramienta pedagógica tipo tutorial computacional para el estudio guiado de los conceptos básicos de la cinética química.
2. Elaborar un programa para el análisis de los datos experimentales obtenidos en un reactor por lotes, mediante la técnica gráfica y de regresión lineal, utilizando los métodos de cálculo Diferencial, Integral, Vidas Parciales y Mínimos Cuadrados.
3. Evaluar los distintos métodos de análisis de datos cinéticos y los casos en que pueden aplicarse para un reactor tipo lote.
4. Elaborar un programa para el análisis de datos experimentales obtenidos en un reactor diferencial mediante la aplicación de las ecuaciones de Ley de Velocidad y balance molar.
5. Elaborar una metodología de comprensión dinámica y fácil de interpretar a través del razonamiento matemático y gráfico, la Ley de Velocidad de reacción y los factores que la afectan.



## **HIPÓTESIS**

Es posible desarrollar un programa tutorial para el estudio de la cinética química haciendo énfasis en los métodos de análisis de datos de velocidad de reacción con herramientas informáticas de Microsoft Office 2003® y Visual Basic 6®.



## INTRODUCCIÓN

La cinética química es el campo de la fisicoquímica que estudia la rapidez o velocidad de las reacciones químicas, los mecanismos de las mismas, así como los factores que la afectan (concentración, temperatura, presión, etc.). En la actualidad, a pesar de todos los conocimientos tecnológicos y de fisicoquímica que se tiene, el estudio de la cinética química es puramente empírico y experimental. Debido a la imposibilidad de determinar directamente los valores de las variables que participan en las reacciones químicas.

La Licenciatura de Ingeniería Química cuenta en el pensum de estudios con los cursos de Fisicoquímica II (Código 380) y Cinética de Procesos Químicos (Código 436). Cuya temática comprende el estudio de los fundamentos de la ingeniería de reacciones químicas, diseño de reactores, análisis y obtención de datos de velocidad (ordenes de reacción, constante de velocidad de reacción, etc.) principalmente. Ver los programas de los cursos citados en el Anexo 1.

De los temas citados anteriormente, **el Análisis y Obtención de Datos de Velocidad, especialmente la determinación del orden de reacción y la constante de velocidad, es el tema de interés para el desarrollo del presente trabajo de graduación.** Existen varios métodos para analizar los datos obtenidos a través de la experimentación, utilizándose cada método dependiendo del tipo de reactor utilizado, del tipo de reacción que se lleva a cabo y de los datos que se poseen.

Los métodos numéricos constituyen técnicas mediante las cuales es posible formular problemas matemáticos, de tal forma que puedan resolverse utilizando operaciones aritméticas. Aunque existen muchos tipos de métodos numéricos, todos comparten la característica de que requieren un buen número de cálculos aritméticos.

En la actualidad, la combinación entre las computadoras y los métodos numéricos ofrecen una alternativa para los cálculos complicados. **Al usar la potencia de la computadora se obtienen soluciones directamente mediante la aproximación de los cálculos sin tener que recurrir a consideraciones de simplificación o a técnicas muy lentas.** Aunque las soluciones analíticas son muy valiosas, tanto para resolver problemas como para brindar una mayor comprensión, los métodos numéricos representan opciones que aumentan, en forma considerable, la capacidad para enfrentar y resolver los problemas. Como resultado, se dispone de más tiempo para aprovechar las habilidades creativas personales. **En consecuencia, es posible dar más importancia a la formulación de un problema y a la interpretación de la solución, así como su incorporación al sistema total.** Además, la computadora permite presentar los conocimientos multisensorialmente, proporcionando excelentes resultados como docente virtual y como recurso instruccional del docente.

El presente trabajo propone la alternativa de desarrollar un programa computacional como tutorial pedagógico. Para que los estudiantes universitarios aprendan a utilizar los distintos métodos de análisis de datos cinéticos, interpreten los principios cinéticos que intervienen en ellos e identifiquen las situaciones en las que puede utilizarse cada uno (dependiendo del orden de reacción).

Además de ser una herramienta en el estudio de reacciones químicas que permitirá **obtener la Ley de Velocidad (orden de reacción y constante de velocidad)** y el efecto de la temperatura en la reacción estudiada. Dicho programa tutorial es inédito y original. Su diseño se basa en los contenidos referidos de los cursos *Cinética de Procesos Químicos* y *Fisicoquímica II* impartidos en la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Todos los métodos de análisis de datos estudiados conllevan análisis numérico y gráfico de datos. Los cuales se basan en los conceptos básicos de cinética química, aplicados dependiendo del tipo de reacción química que se lleve a cabo.

El programa tutorial maneja una *secuencia lógica* que permitirá al estudiante afianzar los conocimientos aprendidos con esta herramienta educacional. Se presentan *ejemplos* para una mayor comprensión de los temas, además, el estudiante podrá practicar con *problemas propuestos*. En los cuales deberá ingresar las variables que el proceso de análisis le solicite para la utilización de las ecuaciones matemáticas correspondientes.

El tutorial estará contenido en tres partes: la primera está constituida por un programa informático desarrollado en Microsoft Visual Basic v.6.0. Este programa se comportará como el módulo de cálculo para los métodos de análisis de datos cinéticos, **brindando al usuario resultados matemáticos, gráficos e instantáneos de la Ley de Velocidad que rige los datos analizados**, permitiendo interactuar con el comportamiento del sistema variando las condiciones de los datos analizados.

En esta parte, el usuario cuenta con una herramienta interactiva desarrollada en Microsoft Power Point denominada **“Explicaciones Paso a Paso”**, que le permite conocer cada etapa de los cálculos que realiza el módulo para obtener resultados. Contiene además una serie de evaluaciones para reforzar lo aprendido en el módulo.

La segunda parte, consta de un archivo de ayuda en formato (\*.chm). Este archivo se incluye dentro de los módulos de cálculo del programa tutorial de métodos de análisis de datos cinéticos. Proporciona al usuario una herramienta de consulta y aprendizaje donde además de enseñársele como se utiliza el programa, se le proporciona la base teórica en que se fundamenta el programa tutorial. Además introducirá al estudiante en la temática de los métodos de análisis de datos cinéticos, que le permitirá **interpretar los resultados que obtenga con los diferentes módulos de cálculo contenidos en el tutorial y utilizarlo para desarrollar cualquier problema relacionado con cinética química partiendo de cualquiera de las variables principales que propone el sistema.**

En este archivo de ayuda se incluyen: fundamentos teóricos, desarrollo de ecuaciones y temas tratados en el tutorial, libros de consulta, animaciones, páginas web interactivas y accesos a Internet sobre temas relacionados con los temas tratados en el tutorial.

Finalmente, la tercera parte está constituida por el documento de tesis impreso y en formato electrónico. El cual contiene la fundamentación didáctica – técnica, los principios químicos y fundamentos matemáticos en los que se basa el tutorial de métodos de análisis de datos de cinética química.

## **1. ANTECEDENTES**

La enseñanza ha sido objeto a través del tiempo, de múltiples enfoques. Estos enfoques han sido formulados en función de diferentes puntos de vista y bajo la influencia de las condiciones socioculturales y tecnológicas de cada época.

Debido a los avances tecnológicos con los que se cuenta en la actualidad, es posible desarrollar herramientas computacionales de ayuda en la enseñanza que permitan al estudiante interactuar con sistemas de estudio que presenten una realidad virtual para el análisis de sistemas químicos.

Las situaciones más comunes a presentar al estudiante le permitirán practicar en un medio seguro, sin dañar el equipo de laboratorio que se posee. Además de afianzar e interpretar mejor los conocimientos que si sólo se resuelven los problemas presentados en un texto.

### **1.1. Textos tutoriales**

En la enseñanza a nivel universitario, existe una gran cantidad de textos utilizados como herramienta de estudio y apoyo en la enseñanza de cinética química. Algunos de ellos son más didácticos al estudiante que otros, debido a la secuencia en que se presentan los temas. Estos textos permiten una mejor comprensión y aplicación de los conceptos aprendidos.

En dichos textos se presentan como alternativas didácticas, problemas resueltos paso a paso, problemas propuestos con sus respuestas y sugerencias en la resolución de problemas. Los textos descritos pueden clasificarse como libros tutoriales. Estos textos son muy utilizados en la enseñanza de cursos que implican cálculos e interpretación de resultados como estadística, matemática, química, física, etc.

Ejemplo de estos textos en el área de química son **Química** (*Chemistry*) de Raymond Chang, publicado por primera vez en 1981. Este libro explica ampliamente en un lenguaje técnico comprensible, los diversos temas que abarca. Inicia con los principios básicos de química, avanzando poco a poco hasta llegar al estudio de la termodinámica. Contiene una gran variedad de ejercicios resueltos que permiten a los estudiantes afianzar los conocimientos adquiridos en el libro y practicar con problemas de aplicación. La mayoría de los problemas tienen respuesta, lo que permite al estudiante comprobar su avance.

Otro libro tutorial es **Ingeniería de las Reacciones Químicas** (*Chemical Reaction Engineerin*) de Octave Levenspiel, publicado en 1962. Este libro presenta extensas explicaciones que permiten comprender mejor los temas tratados. Posterior a la publicación de este libro, se tiene información de que fue distribuido un solucionario en idioma inglés como complemento del libro. En dicho solucionario se explica paso a paso el método para determinar la respuesta de cada uno de los problemas propuestos en el libro. Estos textos fueron un apoyo didáctico para los estudiantes durante los primeros años de la enseñanza de la cinética química en la Facultad de Ingeniería.

Actualmente, en la enseñanza y estudio de la cinética química se utiliza el libro **Elementos de Ingeniería en las Reacciones Químicas** (*Elements of Chemical Reaction Engineering*) de H. Scott Fogler, publicado en 1986.

Este libro, puede considerarse como el sucesor del libro de Levenspiel. Ya que además de incluir explicaciones comprensibles y poseer un solucionario con los métodos para determinar las respuestas a los problemas propuestos en el libro. Contiene diagramas de flujo que explican las situaciones que pueden presentarse en el desarrollo de problemas cinéticos, incluyendo variables y consideraciones a tomar en cuenta. Otro aspecto innovador en este libro – tutorial es que incluye un CD que contiene material que complementa la información del libro y un software ejecutable.

## **1.2. Técnicas de análisis numérico**

Desde su inicio en la enseñanza de las ciencias, los estudios matemáticos siempre tuvieron especial importancia en la Facultad de Ingeniería, aunque no con la misma intensidad ni con los mismos objetivos. Desde la fundación de esta casa de estudios en 1,875 hasta 1,967, la formación matemática se dirigía a la Ingeniería Civil (anteriormente a la Ingeniería Topográfica) y a la Ingeniería Química.

La diversificación de la Ingeniería, planteó una transformación en la formación matemática de los estudiantes. Esta transformación fue realizada en los diversos campos de la ingeniería, cuyos objetivos y contenidos pueden apreciarse en los programas de cursos específicos.

A partir de la década de los sesenta, surge un nuevo enfoque que varió sustancialmente los métodos del proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en esta Facultad. Este cambio surge por iniciativa del rector, enfocando la matemática a las diferentes áreas de especialización de la facultad. Requiriendo la especialización de docentes en estos campos y en las diversas técnicas de estudio.

Desde finales del siglo XX hasta principios del siglo XXI los estudiantes universitarios utilizaron como herramienta de estudio en la matemática, las **reglas de cálculo** para realizar cálculos matemáticos complicados. Este es un instrumento de cálculo analógico que facilita la realización rápida y cómoda de operaciones aritméticas complicadas, pero ofrece una precisión limitada. La regla de cálculo fue suplantada por las calculadoras y los ordenadores electrónicos conforme fue avanzando la tecnología en los últimos decenios del siglo XX.

Otra técnica utilizada en el estudio de la matemática, específicamente en la utilización de métodos numéricos y realización de graficas con cierto grado de exactitud fueron **los nomogramas**. Los cuales son instrumentos gráficos analógicos de cálculo.

Los nomogramas son diagramas bidimensionales que permiten el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables. El nomograma representa simultáneamente el conjunto de las ecuaciones que definen determinado problema y el rango total de sus soluciones. Ejemplo de esto es el papel milimetrado, logarítmico y semilogarítmico. En la actualidad, estas herramientas siguen siendo utilizadas por los estudiantes, pero en menor grado que en años anteriores. Esto se debe a que los nomogramas son técnicas que toman tiempo y su exactitud es limitada, aproximadamente de dos o tres cifras significativas.

En el campo de la Ingeniería Química existen nomogramas de gran importancia que siguen siendo utilizados hoy en día. Algunos ejemplos son los diagramas de Sillen para el estudio de la química del agua; Análisis McCabe – Thiele y Ponchon Sabarit en la determinación de platos teóricos de torres de destilación y los diagramas cinéticos para determinar la Ley de Velocidad de reacción.

A principios de los años de la década de 1960, la Facultad de Ingeniería adquiere un ordenador IBM 1620, de discos magnéticos. Este equipo vino a agilizar los procesos computacionales y a enfatizar en la enseñanza de los métodos numéricos para la solución de muchos de los problemas de la Ingeniería. Este equipo era operado, ordinariamente en el lenguaje Fortran II. De aquí se cimienta una larga tradición informática que llega hasta nuestros días donde es cosa corriente el uso de computadores de la más variada índole.

En la actualidad, la mayoría de los estudiantes universitarios poseen **calculadoras científicas** que permiten calcular funciones trigonométricas, estadísticas y de otros tipos. Existen también calculadoras más avanzadas o **programables**. Estas calculadoras pueden mostrar gráficos e incorporan características de los sistemas algebraicos computacionales. Pueden ser programadas para aplicaciones tales como resolver ecuaciones algebraicas, crear modelos matemáticos y evaluarlos, generar gráficas trigonométrica, poseen aplicaciones estadísticas, etc.

La mayoría de estas calculadoras puede mostrar números de hasta diez dígitos enteros o decimales completos en la pantalla. Pueden utilizar la notación científica para mostrar números hasta un límite dispuesto por el usuario.

Un aspecto muy importante es que las calculadoras actuales o computadores con aplicaciones de cálculo, es que poseen una gran exactitud y son muy rápidas en comparación con los métodos anteriormente utilizados en la realización de cálculos numéricos y gráficos.

Estas herramientas tecnológicas son muy útiles en la resolución de problemas que implican sistemas de ecuaciones. Especialmente cuando las ecuaciones del sistema a resolver son complicadas y es difícil encontrar la vía algebraica para determinar los valores de la variable que satisfacen la ecuación. Entre los métodos numéricos más utilizados en la resolución de sistemas de ecuaciones se cuentan con el método de Gauss y el método de Newton - Raphson.

El método de Gauss consiste en transformar un sistema de ecuaciones lineales (S.E.L.) en otro S.E.L. equivalente más sencillo de resolver (que puede ser resuelto por simple inspección). Cuando se habla de un sistema equivalente se refiere a un sistema que tiene exactamente las mismas soluciones. Las operaciones que se llevan a cabo para obtener el sistema equivalente se llaman operaciones elementales. Existen tres tipos de operaciones elementales en el desarrollo del método de Gauss:

- Intercambio de dos ecuaciones del S.E.L.
- Reemplazar una ecuación del S.E.L. por un múltiplo escalar de esta. (Se multiplica a ambos lados de una ecuación por un número diferente de cero).
- Reemplazo de una ecuación del S.E.L. por la suma de esta y un múltiplo escalar de otra ecuación del S.E.L.

El método de Newton-Raphson es un método iterativo que permite aproximar la solución de una ecuación del tipo  $f(x) = 0$ . La fórmula del algoritmo de Newton consiste en decir que en primer lugar se parte de un punto arbitrario (o aproximación inicial) llamado  $x_1$ . En este punto se aproxima la función por medio de un desarrollo en serie de primer orden de la función (que será una recta tangente en  $x_1$ ); se halla el cero de esa recta y se toma dicho valor como una nueva aproximación. En este nuevo punto se calcula el nuevo desarrollo de la serie y el valor que lo anula para repetir nuevamente todo el proceso sucesivamente.



## 2. FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS

### 2.1. Dirección del aprendizaje y enseñanza

La dirección del aprendizaje es el corazón de la didáctica, su tarea fundamental. La didáctica organiza todos sus pasos o momentos alrededor de la dirección del aprendizaje intencional. El hombre podría ser definido como un ser que aprende continuamente, ya que su vida transcurre cambiando el comportamiento desde que nace hasta que muere. Sin embargo, este cambio se lleva a cabo, en su mayor parte, en forma intencional, provocado por la misma experiencia de vivir. **La educación, representada por las instituciones educativas, son las que buscan el cambio del comportamiento de manera consciente e intencional, ya que toda su acción tiende a obtener ciertas modificaciones comportamentales, de acuerdo con ideales, actitudes, hábitos, habilidades y conocimientos reconocidos como los mejores por el medio social.**

La enseñanza, en consecuencia, no es más que la acción del profesor con relación a la dirección del aprendizaje. Es evidente que el planeamiento, ejecución y verificación del aprendizaje tienen por objeto una mejor orientación de los actos que llevan al educando a reaccionar frente a estímulos capaces de modificar su comportamiento.

Entendemos la enseñanza como la forma de conducir al educando a reaccionar ante ciertos estímulos, a fin de que sean alcanzados determinados objetivos, y no la enseñanza en el sentido de que el profesor enseñe alguna cosa a alguien.

La enseñanza tiene como meta el logro de ciertos objetivos mediatos e inmediatos. Los objetivos mediatos de la enseñanza, en última instancia, no son sino los propios fines de la educación y los que caracterizan en forma específica un tipo de centro educativo. **Los objetivos inmediatos pueden ser clasificados en tres grupos: informativos (datos, informaciones, conocimientos), de automatización (hábitos, habilidades específicas, destrezas y automatismos en general) y formativos (actitudes, ideales y preferencias).**

La dirección del aprendizaje y de la enseñanza pueden muy bien ser considerados como sinónimos, ya que enfocan un mismo fenómeno desde diferentes ángulos. El fenómeno es el aprendizaje del estudiante y la modificación de su comportamiento. Si se lo considera más desde el punto de vista del educando, se está en el área de la dirección del aprendizaje, y si se lo aborda desde el punto de vista del profesor, se está en el área de la enseñanza.

La dirección del aprendizaje o de la enseñanza debe tener en cuenta lo que se sabe acerca de cómo aprende el hombre y las condiciones que favorecen o no dicho aprendizaje. De manera que se obtenga el máximo de resultados de los esfuerzos del educando y del profesor.

## **2.2. Aprendizaje**

El ser humano aprende con todo su organismo y para integrarse mejor en el medio físico y social, atendiendo a las necesidades biológicas, psicológicas y sociales que se le presentan en el transcurso de la vida. Esas necesidades pueden denominarse dificultades u obstáculos. Si no hubiese obstáculos no habría aprendizaje.

**Conviene recordar que el aprendizaje es el proceso por el cual se adquieren nuevas formas de comportamiento o se modifican formas anteriores.**

También puede definirse como el proceso de adquirir conocimientos, habilidades, actitudes o valores, a través del estudio, la experiencia o la enseñanza.

Las características comunes en todo aprendizaje son:

- Se produce por discernimiento. Es decir, por comprensión de las relaciones entre los elementos esenciales para su solución.
- El discernimiento depende de la situación experimental. Se producirá más fácilmente cuando esté organizada de tal forma que se puedan percibir las relaciones.
- Obtenido el discernimiento, éste se repite inmediatamente cuando aparece de nuevo la situación problemática.
- El discernimiento se transfiere a otras situaciones.

**Para que exista un aprendizaje significativo, el alumno debe relacionar e integrar los nuevos conocimientos, de manera sustancial o esencial, con lo que ya sabe y con su experiencia.** Por lo tanto, podrá hacer transferencias del mismo en nuevas situaciones.

**Figura 1. Diagrama del aprendizaje significativo**



Como se observa en el diagrama, entra toda la información que es percibida a través de los sentidos, siendo filtrada por la atención.

El estudiante capta solo parte de este conocimiento, (memoria a corto plazo, la cual se olvida rápidamente) y con el repaso se convierte en memoria a largo plazo (que no se olvida).

**El aprendizaje tiene dos dimensiones, la disponibilidad o accesibilidad (forma en que el conocimiento es presentado para facilitar su aprendizaje) y la incorporación (manera con que el estudiante incorpora la nueva información a las estructuras cognitivas de que dispone).** Para que exista un verdadero aprendizaje, es decir, significativo, el alumno relaciona e integra los nuevos conocimientos, de manera sustancial con lo que ya sabe y con su experiencia. Por lo tanto, podrá hacer transferencias del mismo en nuevas situaciones.

La forma en que se presentan los conocimientos influye en la “fijación” del conocimiento por parte del estudiante, ya que los seres humanos percibimos y representamos en nuestra mente la información (experiencia) con tres modalidades diferentes: la visual, la auditiva y la cinestésica. Cualquier experiencia que tengamos almacenada en nuestra mente, se ha de representar a través de estas tres modalidades determinantes, que son los mensajes ópticos, acústicos y cinestésicos.

Por lo que el docente debe transmitir la información utilizando los tres canales nombrados anteriormente para así llegar al estudiante y que éste perciba utilizando sus sentidos.

### **2.3. Tutoriales**

Tutoría es el encuentro o reunión entre un docente o tutor y uno o varios de sus estudiantes con la finalidad de intercambiar información, analizar, orientar o valorar un problema o proyecto, debatir un tema, discutir un asunto útil para el desarrollo académico y personal del estudiante.

**Un tutorial es una lección educacional que conduce al usuario a través de las características y funciones más importantes de cosas como aplicaciones de programas, dispositivos de equipo, procesos, diseños de sistema y lenguajes de programación.**

Un tutorial normalmente consiste en una serie de pasos que van aumentando el nivel de dificultad y entendimiento. Por este motivo, es mejor seguir los tutoriales en su secuencia lógica para que el usuario entienda todos los componentes.

La función tutorial tiene por objetivo asegurar que la educación sea verdaderamente integral y personalizada y no quede reducida a un simple trasvase de conocimientos. Por lo tanto, la acción tutorial debe dar relevancia a aquellas características de la educación que trascienden la instrucción y conforman ese fondo de experiencias que permiten una educación individualizada e integral.

El término se utiliza mucho en Internet, ya que hay muchos sitios en red que ofrecen tutoriales, de gran cantidad de temas de interés. Aunque un tutorial también puede presentarse en impreso en papel, el término se utiliza normalmente para referirse a los programas de aprendizaje en línea.

### **2.3.1. Principios tutoriales**

Las aplicaciones tutoriales deben seguir cinco principios:

- **Limitación de la memoria**

La memoria de corto plazo es limitada en el tiempo de retención y en la cantidad de elementos que pueden ser recordados simultáneamente por el usuario. Es por ello que se hace necesario proyectar en la pantalla sólo una idea a la vez y el tiempo de instrucción debe ser establecido por el usuario.

- **Buena comunicación con el alumno**

El rendimiento del estudiante depende tanto del tipo de mensaje, como del tipo de estudiante. Si se desea tener una interfaz amigable y efectiva, se debe usar textos relacionados en palabras nuevas o no comunes, utilizar un vocabulario sencillo, incluir gráficas explicativas del texto que se muestra, utilizar frases cortas y simples.

- **Capacidad para desarrollar la memoria**

La capacidad de la memoria se acrecienta con el empleo de diversas modalidades gráficas.

Por lo tanto, hay que saber seleccionar los colores, ya que estos tienen varias funciones, como comunicar relaciones entre ideas y niveles jerárquicos; servir para dirigir la atención a un cierto elemento de información o para guiar la vista.

- **Individualidad**

Las características individuales de los alumnos demandan atención acorde sus necesidades. Esto se logra proporcionando experiencias de acuerdo a el nivel de razonamiento y edad del aprendiz.

### **2.3.2. Tutorial como una práctica**

La tutoría, en sentido amplio del término, se encuadra en una concepción de “relación de ayuda”. Ayudar es el acto de promover en una persona un cambio constructivo en el comportamiento, ayudar a descubrir nuevos aspectos y nuevas posibilidades en sí mismo, estimular el uso de sus propios recursos y hacer posible un mayor grado de control personal en la actividad a desarrollar.

**Por tanto, la relación de ayuda consiste en la promoción del proceso de aprendizaje basado en la relación interpersonal; una relación, en definitiva, educativa. La tutoría como vínculo de ayuda comporta una pedagogía del acompañamiento.**

Producto de las investigaciones en el área de la Didáctica y de la Psicología del Aprendizaje, a partir de 1980.

El énfasis puesto en la trasmisión de la información y el cumplimiento de los objetivos conductuales fue reemplazado por el apoyo a la construcción del conocimiento y por la importancia otorgada a los procesos reflexivos y la comprensión lectora específicamente. Teniendo en cuenta que el medio predominante en esos momentos era el material impreso.

En este marco, el docente y/o tutor genera propuestas de actividades para la reflexión, apoya su resolución, sugiere fuentes de información alternativas, ofrece explicaciones, favorece los procesos comprensivos; es decir, guía, orienta, ofrece andamios, y en ello consiste su enseñanza.

**Las funciones estipuladas históricamente para el tutor del tipo “guía”, “orienta”, “apoya”, “acompaña”, tendrán sentido en cuanto queden referidas a la comprensión genuina y profunda de los conocimientos.**

Según este pensamiento, el profesor y/o tutor debe asumir el compromiso en un sistema a distancia, bajo el convencimiento de que la interacción de los estudiantes con los materiales resulta, en todos los casos, insuficiente.

Actualmente, con el desarrollo de las nuevas tecnologías, los saberes escapan de las aulas y de la autosuficiencia de los materiales preparados para la educación a distancia. El conocimiento aparece diseminado (des-localización) y se dispersa de los lugares y los tiempos para su distribución (des-temporalización).

Los nuevos espacios para la educación a distancia que promueve la red, las plataformas que posibilitan la interactividad múltiple entre los miembros de la comunidad virtual, los textos con estructura hipertextual y multimedia, los distintos enlaces que descentran las fuentes de información, hacen que el tutor deba realizar su tarea en un espacio complejo, imprevisible e inacabado.

La acción tutorial constituye un nexo interactivo entre la organización general del sistema y los alumnos. Trata de captar expectativas, necesidades, intereses e intervenir en los procesos formativos.

Su función principal apunta a colaborar en la superación de obstáculos de orden cognoscitivo y afectivo e intervenir frente al posible desánimo que puede producir la distancia. En la búsqueda de que la individualización no se convierta en aislamiento.

La función tutorial se despliega fundamentalmente, como guía que posibilita sostener, orientar al alumno. Pero en última instancia supone encauzar o dirigir el curso del desarrollo en un cierto sentido, establecer un rumbo y acompañarlo.

El profesor/tutor está presente en el diseño pedagógico, en las clases y/o en los materiales que ha producido. Es la respuesta escrita a las preguntas o situaciones planteadas a los alumnos. Es la devolución “escrita” luego de una instancia de evaluación. Es el contenido, “el profesor es el texto” en alguna medida y no sólo “mediador”. **“La ausencia física del profesor, al tiempo que neutraliza, disminuye la tensión imaginaria, en tanto son menos las oportunidades para la confrontación especular, aumenta las chances de un encuentro del alumno con sus propias ideas”.**

La función tutorial en entornos formativos virtuales plantea desafíos nuevos para la práctica docente. Se requieren docentes que, además del dominio de la disciplina objeto de transmisión, posea el dominio de competencias técnicas y apertura para atender a múltiples demandas, para poder trabajar en estos espacios formativos signados y obtener el mayor provecho de ellos.

## **2.4. Uso de la computadora como herramienta de aprendizaje**

**La computadora permite presentar los conocimientos multisensorialmente, proporcionando excelentes resultados.** Primero, como docente virtual, siendo capaz de presentar contenidos, evaluarlos y verificar el logro de los mismos en el alumno. Segundo, como recurso instruccional, con el fin de servir como medio de aprendizaje. Y tercero, como recurso del docente, siendo empleado en la elaboración de trabajos, cálculos de datos, almacenamiento de registros, contabilizado de datos entre otras tareas.

Los diálogos que se establecen en la comunicación hombre - máquina, pueden ser: diálogo tutorial (donde el usuario es controlado por el computador) y diálogo de averiguación (donde el usuario es quien controla el flujo de información, secuencia y tiempo de uso).

Este diálogo se caracteriza por ser generalmente lineal, presentando información de manera secuencial, manteniendo una actitud pasiva en el educando. También puede ser ramificado, logrando el refuerzo, es decir, muestra la información, verifica el aprendizaje, si logró el estudiante el objetivo, avanza. De lo contrario se vuelve a dar la información pero de forma diferente (refuerzo) para que pueda ser asimilada. La repetición y práctica, son paquetes utilizados como complemento a la teoría.

### **2.4.1. Programas computacionales**

Son conjuntos de instrucciones que dirigen a la computadora para realizar una cierta tarea. Hay mucha gente que escribe programas para un amplio rango de aplicaciones en los lenguajes de programación de alto nivel porque estos programas tienen una gran variedad de aplicaciones.

Visto desde esta perspectiva, se reduce toda la complejidad a unos cuantos tópicos de programación que son:

- Representación de información sencilla (declaración de constantes, variables y tipos)
- Representación de información más compleja (estructuras de datos, arreglos y registros)
- Fórmulas matemáticas (asignación, reglas de prioridad y funciones intrínsecas)
- Entrada /Salida
- Representación lógica (secuencia, selección y repetición)
- Programación modular (funciones y subrutinas)

#### **2.4.2. Programación estructurada**

En los comienzos de la computación, los programadores no daban mucha importancia a que sus programas fueran claros y fáciles de entender. Sin embargo, hoy se reconoce que escribir programas organizados y bien estructurados tiene muchas ventajas.

Además de las ventajas obvias de tener un programa más accesible para compartirlo, también ayuda a generar programas mucho más eficientes. Es decir, algoritmos bien estructurados, que son invariablemente mucho más fáciles de depurar y de probar, lo que resulta en programas que toman menos tiempo desarrollar, probar y actualizar.

Los científicos de la computación han estudiado sistemáticamente los factores y los procedimientos necesarios para desarrollar programas computacionales de alta calidad de este tipo.

En esencia la programación estructurada es un conjunto de reglas que desarrollan en el programador los hábitos para lograr un buen estilo. Aunque la programación estructurada es bastante flexible para permitir considerable creatividad y expresión personal, sus reglas imponen suficientes restricciones para hacer que los programas resultantes sean muy superiores a sus versiones no estructuradas. En particular, el producto terminado es mucho más elegante y fácil de entender.

**La idea clave detrás de la programación estructurada es que cualquier algoritmo numérico requiere tan sólo de tres estructuras de control fundamentales: secuencia, selección y repetición. Limitándonos a dichas estructuras el programa resultante será claro y fácil de seguir.**

Los diagramas de flujo son representaciones visuales o gráficas de un algoritmo. Emplea una serie de cajas o bloques y flechas, cada una de las cuales representa un determinado paso u operación del algoritmo. Las flechas representan el orden en el que se realizarán las operaciones.

No todas las personas relacionadas con la computación están de acuerdo en que los diagramas de flujo sean una buena opción.

Pero existen tres buenas razones para estudiarlos. La primera es que sirven para expresar y comunicar algoritmos. La segunda es que aunque no se empleen de manera rutinaria, algunas veces resultarán útiles para planear, aclarar o comunicar la lógica del propio programa o del de otra persona. Por último, que es lo más importante para nuestros objetivos, son excelentes herramientas didácticas.

Desde el punto de vista de la enseñanza, son los medios ideales para visualizar algunas de las estructuras de control fundamentales que se emplean en la programación.

Otra manera de expresar algoritmos, y que constituye un puente de unión entre los diagramas de flujo y el código de la computadora, es el pseudocódigo. En esta técnica se utilizan expresiones semejantes a las del código, en lugar de los símbolos gráficos del diagrama de flujo.

Una ventaja del pseudocódigo es que con él resulta más fácil desarrollar un programa que con el diagrama de flujo. El pseudocódigo es también más fácil de modificar y de compartir con los demás. No obstante, los diagramas de flujo, debido a su forma gráfica, resultan a veces más adecuados para visualizar algoritmos complejos.

### **2.4.3. Programación modular**

Sería muy difícil estudiar un libro que no tuviera capítulos, ni secciones, ni párrafos. Dividir una tarea o una materia complicada en partes más accesibles es una manera de hacerla más fácil.

Siguiendo esta misma idea, los programas de computación se dividen en subprogramas más pequeños, o módulos que pueden desarrollarse y probarse por separado. A esta forma de trabajar se le llama programación modular.

La principal cualidad de los módulos es que son tan independientes y autosuficientes como sea posible.

En general, están diseñados para llevar a cabo una función específica y bien definida, y tienen un punto de entrada y un punto de salida. Los módulos a menudo son cortos y están bien enfocados.

En los lenguajes estándar de alto nivel, el principal elemento de programación usado para representar módulos es el procedimiento. Un procedimiento es un conjunto de instrucciones para computadora que juntas realizan una tarea dada. Se emplean comúnmente dos tipos de procedimientos: funciones y subrutinas. Las primeras normalmente dan un solo resultado, mientras que las últimas dan varios.

La programación modular tiene diversas ventajas. El uso de unidades pequeñas e independientes hace que la lógica subyacente sea más fácil de seguir y de entender, tanto para el que desarrolla el módulo como para el usuario. Se facilita el desarrollo debido a que se puede perfeccionar cada módulo por separado. Por último, es más sencillo el mantenimiento y la modificación del programa.

La razón más importante, relacionada con la solución de problemas numéricos, es que permiten tener una biblioteca de módulos útiles para posteriores usos en otros programas.

## **2.5. Enseñanza**

Método de enseñanza es el conjunto de momentos y técnicas lógicamente coordinados para dirigir el aprendizaje del alumno hacia determinados objetivos.

El método es quien da sentido de unidad a todos los pasos de la enseñanza y del aprendizaje, principalmente en lo que atañe a la presentación de la materia y a la elaboración de la misma. Se da el nombre de método didáctico al conjunto lógico y unitario de los procedimientos didácticos que tienden a dirigir el aprendizaje, incluyendo en él desde la presentación y elaboración de la materia hasta la verificación y competente rectificación del aprendizaje.

Técnica de enseñanza es el recurso didáctico al cual se acude para concretar un momento de la lección o parte del método en la realización del aprendizaje. La técnica representa la manera de hacer efectivo un propósito bien definido de la enseñanza.

Para alcanzar sus objetivos, un método de enseñanza necesita echar mano de una serie de técnicas. Se puede decir que el método se efectiviza a través de las técnicas.

### **2.5.1. Métodos de enseñanza**

Las técnicas de enseñanza son formas de orientación inmediata del aprendizaje. Los métodos, de un modo general y según la naturaleza de los fines que procuran alcanzar, pueden ser agrupados en tres tipos: métodos de investigación, métodos de organización y métodos de transmisión.

## **2.5.2. Método de enseñanza individualizada**

Tiene por máximo objetivo ofrecer oportunidades de un desenvolvimiento individual más eficiente. Teniendo en vista llevar a cada educando a un completo desarrollo de sus posibilidades personales. Ofrece las siguientes ventajas:

- La materia puede ser mejor subdividida, para su enseñanza en tres grados de dificultades: inferior, media y superior.
- El programa puede ser enriquecido para favorecer a los alumnos que van venciendo las dificultades de sus estudios.
- La motivación se torna más efectiva porque cada alumno advierte que los objetivos de la enseñanza están, efectivamente, a su alcance.
- El esfuerzo exigido es el adecuado a la capacidad de cada alumno

### **2.5.2.1. Enseñanza programada**

La enseñanza programada constituye la más reciente tentativa de individualizar la enseñanza, a fin de permitir que cada alumno trabaje según su propio ritmo y posibilidades.

Su aplicación es apropiada para los estudios de índole intelectual y sus resultados vienen siendo alentadores. Casi un 50% más que los resultados obtenidos por medio de la enseñanza colectiva. La instrucción programada se puede efectuar con auxilio de máquinas o libros.

Los programas utilizados pueden ser de dos tipos: lineales y separadoras. Las de tipo lineal, a una solicitud del alumno, presentan la materia en pequeñas dosis.

Tan pequeñas que las respuestas a las mismas son, prácticamente, siempre ciertas. Las máquinas de tipo separador, más perfeccionadas, permiten la corrección cuando el alumno yerra. En caso de error, la máquina suministra enseñanza suplementaria. Una vez comprendida la parte en que hubo error, la máquina prosigue presentando la materia en la línea principal del estudio.

La enseñanza programada permite a cada alumno trabajar dentro de su propio ritmo. A la vez que el profesor puede asistir individualmente a todos sus alumnos si lo considera necesario.

El presente proyecto emplea el método de enseñanza programada, el cual es uno de los métodos de enseñanza individualizada. El programa tutorial será del tipo “lineal” y permitirá al estudiante avanzar a su propio ritmo, presentando los temas de forma lineal.

### **2.5.3. Estrategias de aprendizaje**

Las estrategias de aprendizaje son la suma total de los factores a los que el individuo, en este caso el estudiante, es expuesto y que lo afecta de forma intencional y sistemática. Para lograr el cumplimiento de objetivos a través de acciones lógicas y encadenadas.

Las estrategias de aprendizaje se clasifican de acuerdo a dos criterios: agente principal y modelo de comunicación. Se observan tres tipos de estrategias cuando el agente principal es el docente y el alumno: (a) las clases magistrales, las cuales son tradicionales y convierten al estudiante en ente pasivo, receptor de conocimiento y al docente en un transmisor verbal, que canaliza el pensamiento de sus alumnos en una sola dirección.

(b) Las socializadas, donde el docente y alumno forman grupos de aprendizaje y (c) las estrategias individualizadas, las cuales requieren la actividad personal del alumno y confrontan un compromiso entre docente y estudiante. Esta última estrategia es en la que se basa el programa educativo tutorial y se caracteriza por no imponer un tiempo determinado en el logro de sus objetivos.

Las estrategias individualizadas requieren un cambio en el rol del docente con respecto a los sistemas tradicionales, en los cuales el docente es operador, planifica y ejecuta la enseñanza y evalúa el aprendizaje, manteniendo un papel central en cada una de las estrategias. En cambio, en los sistemas que incluyen estrategias individualizadas el docente es un administrador. Básicamente planifica y coordina la utilización de recursos educativos y la evaluación del aprendizaje, además de que delega actividades utilizando diferentes recursos y procedimientos.

El rol del estudiante también cambia, con respecto a las estrategias de enseñanza tradicional, las estrategias individualizadas hacen del alumno el protagonista principal del proceso de aprendizaje.

Según el modelo de comunicación las estrategias para el aprendizaje se dividen en: (a) numéricas, cuando el modelo de comunicación son símbolos numéricos; (b) verbales, cuando el modelo de comunicación son símbolos verbales (lecturas, palabras, diálogos); (c) plásticas, cuando el modelo de comunicación utiliza imágenes (dibujos, fotografías) y (d) dinámicas, cuando el modelo de comunicación utiliza movimiento.

Una buena comunicación entre docente y estudiante permite mantener estimulado sensorialmente al último y así lograr que capte la mayoría de los estímulos brindados en la clase. Además, la atención y la percepción son dos factores que están relacionados íntimamente con el aprendizaje del estudiante, que afectan su memoria y le permiten interiorizar nuevas experiencias. Una buena estrategia de aprendizaje debe ser individualizada y comunicativa en el sentido de despertar multisensorialmente al educando. Como es el caso de los programas tutoriales, que son una estrategia multisensorial e individualizada.

Ya que se ha descrito la estrategia de aprendizaje en la que se basa el programa tutorial. Se explicará a continuación como se pretenden alcanzar los objetivos educativos con el presente proyecto.

## **2.6. Sistemas tutoriales inteligentes**

Un tutor inteligente: **“es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo”** (VanLehn, 1988). Wolf (1984) define los STI como: “sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”. **“Un sistema que incorpora técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”**

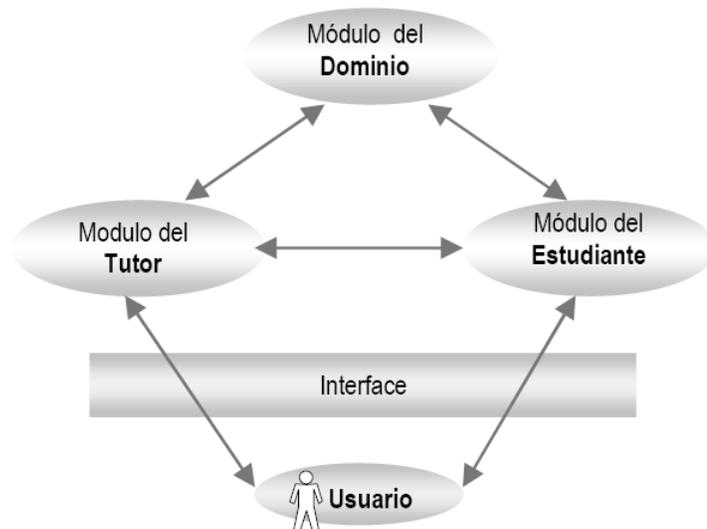
Se ha observado que la mayor parte de los STI no presentan el nivel esperado de *“inteligencia”* debido a la dificultad para el modelado del funcionamiento de la mente humana, más allá de la aplicación de las técnicas de programación más avanzadas.

La orientación actual de las investigaciones se centra en proveer una alternativa al tutor humano, cuando no puede dedicar más tiempo a sus estudiantes y para los estudiantes que buscan aprender en forma más autónoma.

Los STI permiten la emulación de un tutor humano para determinar *qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar* a través de un *módulo del dominio*: que define el dominio del conocimiento (ver Figura 1), *un módulo del estudiante*: que es capaz de definir el conocimiento del estudiante en cada punto durante la sesión de trabajo, un *módulo del tutor*: que genera las interacciones de aprendizaje basadas en las discrepancias entre el especialista y el estudiante y finalmente *la interface* con el usuario: que permite la interacción del estudiante con un STI de una manera eficiente (conocimiento sobre *cómo presentar* los contenidos).

A través de la interacción entre los módulos básicos, los STI son capaces de determinar lo que sabe el estudiante y cómo va en su progreso, por lo que la enseñanza, se puede ajustar según las necesidades del estudiante, sin la presencia de un tutor humano.

**Figura 2. Interacción de los módulos de un Sistema Tutor inteligente**



### **2.6.1. Modelo del dominio**

Un sistema tutorial es creado para enseñar un tema en particular, por lo tanto debe tener suficiente conocimiento del tema y sobre la forma de enseñarlo. Este conocimiento debe estar estructurado de manera tal que el sistema construido pueda ser flexible.

El objetivo global de almacenar todos los conocimientos dependientes e independientes del campo de aplicación del STI

Los factores que hay que tener en cuenta son: cómo organizar los ítems; cómo relacionarlos con el avance del aprendizaje del alumno; cómo relacionarlos con el material de enseñanza.

La metodología propuesta a tal efecto se divide en dos estructuras, la descripción del dominio y la organización del material de enseñanza. Para ésta última, la representación mediante mapas conceptuales ha sido utilizada con éxito para el diseño del conocimiento a presentar.

Entre sus submódulos están los siguientes: a) *Parámetros Básicos del Sistema*: los cuales se almacenan en una base de datos, b) *Conocimientos*: son los contenidos que deben cargarse en el sistema, a través de los conceptos, las preguntas, los ejercicios, los problemas y las relaciones, c) *Elementos Didácticos*: Son las imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia que se requiere para facilitarle al alumno apropiarse de conocimiento en la sesión pedagógica

El material de enseñanza se clasifica por el tipo de la instrucción que brinda (explicación, ejemplo, ejercicio, test, ayuda) y por las características propias (importancia, dificultad, tiempo). Dicho material es presentado al estudiante considerando su perfil y actuaciones anteriores, los cuales se hallan representados en el modelo del estudiante.

### **2.6.2. Modelo del estudiante**

El modelo del estudiante es una descripción declarativa de las características de las actividades de aprendizaje de los estudiantes, es el responsable de establecer un perfil del cada estudiante, diagnosticando sus deficiencias, según el nivel de conocimiento objetivo, formando una imagen instantánea de su comprensión de los contenidos.

El modelo se ha organizado en dos módulos principales: perfil del aprendiz y sesión individual del estudiante. El primero se refiere a las características personales y la evolución del conocimiento del estudiante a largo plazo, mientras que el segundo considera a la sesión globalmente para terminar analizando el “camino” recorrido y el nivel de rendimiento alcanzado por el alumno. Los resultados de ese análisis actualizan su perfil y su evolución personal.

**El diseño del modelo del estudiante debería centrarse alrededor de las preguntas: ¿Qué es lo que se desea que el estudiante sepa acerca del mecanismo? ¿Qué tipos de conocimientos debe tener un estudiante para poder resolver un problema de operación o reparación del mecanismo?** Es evidente que, de algún modo, el estudiante debe conocer cómo trabaja el mecanismo. A su vez, son las partes componentes del mecanismo las que posibilitan su funcionamiento. De manera que el estudiante deberá tener conocimientos acerca de:

- Los componentes del mecanismo
- La operación de los componentes del mecanismo
- La interrelación entre los componentes del mecanismo
- La operación del mecanismo

Si un estudiante elige examinar un componente en particular, entonces se asume que el estudiante conoce algo acerca del componente. Dado el contexto del problema, la selección de un componente es de algún modo una confirmación o no de que el estudiante comprende lo que el componente hace y cómo se relaciona con otros componentes en la operación del mecanismo.

### 2.6.3. Modelo pedagógico

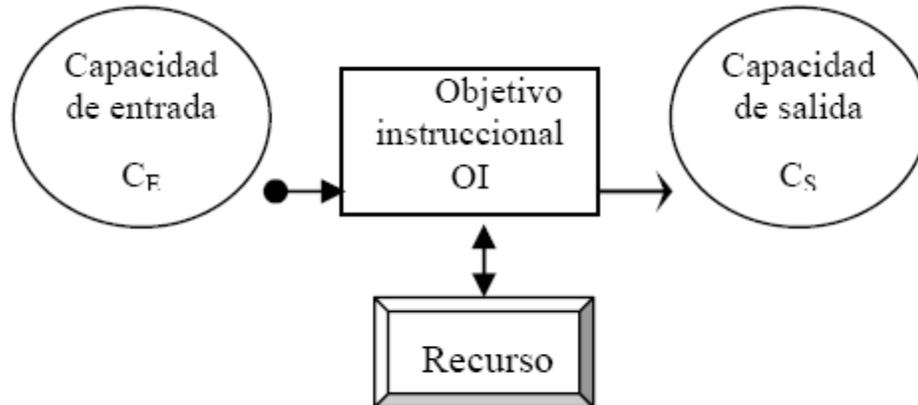
Un currículo es una **estructura que relaciona el tema a enseñar en términos de capacidades a adquirir por el estudiante, objetivos instruccionales, métodos didácticos y recursos pedagógicos**. Específicamente, un currículo es una organización en red compuesta de nodos que representan capacidades, objetivos instruccionales definidos sobre esas capacidades y recursos pedagógicos que contribuyen al cumplimiento de los objetivos instruccionales. Los enlaces de esta red relacionan los objetivos instruccionales con las capacidades.

**La red de transiciones de capacidades es la base para la representación y planificación de las estrategias tutoriales.** La red consta de componentes básicas denominadas transiciones pedagógicas. Una capacidad de entrada CE de esta transición es la capacidad pre-requisito para alcanzar el objetivo instruccional involucrado en la transición. Una capacidad de salida CS de esta transición es la producida por el cumplimiento del objetivo instruccional involucrado.

Un enlace pre-requisito desde la capacidad CE al Objetivo Instruccional expresa el hecho que CE es una pre-condición para la activación de OI. Este enlace se caracteriza por su naturaleza (obligatoria u opcional).

Un enlace de contribución califica la manera en la cual la realización de una transición contribuye a la adquisición de la capacidad CS. El peso de esa contribución se asigna a este enlace y se lo califica como débil, moderado o fuerte. A cada Objetivo Instruccional se le asocian recursos pedagógicos que contribuyen a su cumplimiento.

**Figura 3. Transición pedagógica**



#### **2.6.4. Modelo del instructor**

La enseñanza humano-a-humano raramente incorpora estrategias tutoriales ideales. **Algunos de estos mecanismos pueden ser simulados en computadora, (como el método Socrático) mientras que otros, como aquellos donde intervienen el afecto o la emoción, son muy difíciles de lograr considerando el actual desarrollo de la tecnología computacional.**

En muchos STI's el *modelo del instructor* está implícitamente incluido y sólo recientemente ha sido desarrollado explícitamente. La actividad de un instructor involucra tanto conocimiento sobre el tema del dominio como sobre la pedagogía propia de esa área del conocimiento.

A partir de la observación de la actividad de los instructores puede deducirse que la funcionalidad aportada por este modelo comprende los siguientes aspectos:

- Mejoramiento en la adaptación y realismo de las estrategias tutoriales.
- Provisión de ayuda inteligente individualizada para el autor/instructor.
- Refinamiento en el diseño de STI's particulares.

#### **2.6.5. Módulo interfaz**

Encargado de generar salidas correctas para el estudiante, interpretar sus respuestas, organizarlas y pasarlas al sistema de tutoría. Este módulo es el que ha recibido menos atención por los problemas de comprensión de lenguaje natural.

Las tareas de aprendizaje son presentadas por el STI a través de una Interface Multimedia. La interface está dotada de múltiples medios de comunicación, eficazmente integrados y combinados, para lograr una enseñanza adaptada y eficiente. **El módulo "Interface Multimedia" contiene los mecanismos de representación (imágenes animadas, imágenes estáticas, sonido, lenguaje oral, lenguaje escrito) etc. de informaciones necesarias para la realización de tareas que el sistema propone al sujeto.**

El objetivo del módulo de interfaz consiste en manipular la forma final de las decisiones didácticas. La importancia de la interfaz radica en que puede hacer que la presentación de un tema sea más o menos comprensible, y afectar el nivel de aceptación que el estudiante tenga por el sistema. Esto hace que los avances tecnológicos en los equipos de cómputo lleguen a guiar el diseño de los sistemas.

### **3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **3.1. Análisis numérico**

##### **3.1.1. Métodos numéricos**

Los Métodos Numéricos son técnicas algorítmicas basadas en operaciones aritméticas simples para la solución de problemas matemáticos. Existen muchos tipos de métodos numéricos y todos comparten la característica de que requieren de un buen número de tediosos cálculos aritméticos.

A través de los años, los métodos numéricos han sido desarrollados con el propósito de resolver problemas matemáticos difíciles de resolver o, a veces, su solución es imposible usando los procedimientos tradicionales. Las soluciones que se obtienen con los métodos numéricos son aproximaciones de los valores reales. Por lo mismo, tienen un cierto grado de error que conviene determinar. Para hacer eficiente ese proceso de aproximaciones, utilizaremos la computadora. Podríamos decir, en general, que:

Métodos Numéricos = Matemática + Computación

Los métodos numéricos son herramientas muy poderosas para la solución de problemas. Son capaces de manipular sistemas de ecuaciones grandes, manejar no linealidades y resolver geometrías complicadas, comunes en la práctica de ingeniería y, a menudo, imposibles de resolver en forma analítica. Por lo tanto, aumentan la habilidad de quien los estudia para resolver problemas. Además son un vehículo eficiente para aprender a servirse de las computadoras en la resolución de problemas matemáticos.

### 3.1.1.1. Regresión lineal

La regresión lineal es un modelo matemático mediante el cual es posible inferir datos acerca de una población. Se conoce como regresión lineal ya que usa parámetros lineales.

Para poder crear un modelo de regresión lineal, es necesario que se cumpla con los siguientes supuestos:

- La relación entre las variables es lineal.
- Los errores son independientes.
- Los errores tienen varianza constante.
- Los errores tienen una esperanza matemática igual a cero.
- El error total es la suma de todos los errores.

En el estudio de la relación funcional entre dos variables poblacionales, una variable  $X$ , llamada independiente, explicativa o de predicción y una variable  $Y$ , llamada dependiente o variable respuesta, presenta la siguiente notación:

[1]

$$Y = a + b X + e$$

Donde:

$a$  = valor de la ordenada donde la línea de regresión se intercepta con el eje  $Y$ .

$b$  = coeficiente de regresión poblacional (pendiente de la línea recta)

$e$  = error

### 3.1.1.1.1. Regresión por mínimos cuadrados

Es una técnica de optimización matemática que, dada una serie de mediciones, intenta encontrar una función que se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"). Intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos. Un requisito implícito para que funcione el método de mínimos cuadrados es que los errores de cada medida estén distribuidos de forma aleatoria.

Supóngase que el conjunto de datos consiste en los puntos  $(x_i, y_i)$  siendo  $i = 1, 2, \dots, n$ , queremos encontrar una función  $f$  tal que:

[2]

$$f(x_i) \approx y_i$$

Para llegar a este objetivo, suponemos que la función  $f$  es de una forma particular que contenga algunos parámetros que necesitamos determinar. Por ejemplo, supongamos que es cuadrática, lo que quiere decir que  $f(x) = ax^2 + a_1x + c$ , donde no conocemos aún  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$ .

Ahora buscamos los valores de  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  que minimicen la suma de los cuadrados de los residuos (S):

[3]

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$$

Para determinar los valores de  $a_0$ ,  $a_1$ , etc. Se deriva con respecto a cada uno de los coeficientes. Si la ecuación es:

[4]

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2$$

Se deriva de la siguiente forma:

[5]

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 x_i)$$

[6]

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = -2 \sum [(y_i - a_0 - a_1 x_i) x_i]$$

Observe que se han simplificado los símbolos de la sumatoria; a menos que se indique otra cosa, todas las sumatorias van desde  $i = 1$  hasta  $n$ . Al igualar estas derivadas a cero, se dará como resultado un  $S_r$  mínimo. Si se hace esto, las ecuaciones se expresan como:

[7]

$$0 = \sum y_i - \sum a_0 - \sum a_1 x_i$$

[8]

$$0 = \sum y_i x_i - \sum a_0 x_i - \sum a_1 x_i^2$$

Ahora, si se observa que  $\sum a_0 = n a_0$ , se expresarán las ecuaciones como un conjunto de dos ecuaciones lineales simultáneas, con dos incógnitas ( $a_0$  y  $a_1$ ), llamadas ecuaciones normales, las cuales se resuelven de forma simultánea:

[9]

$$n a_0 + \left( \sum x_i \right) a_1 = \sum y_i$$

[10]

$$\left( \sum x_i \right) a_0 + \left( \sum x_i^2 \right) a_1 = \sum x_i y_i$$

### 3.1.1.1.2. Linealización

La regresión lineal ofrece una poderosa técnica para ajustar una mejor línea a los datos. Sin embargo, se considera el hecho de que la relación entre las variables dependiente e independiente es lineal. Éste no es siempre el caso, y el primer paso en cualquier análisis de regresión deberá ser graficar e inspeccionar los datos en forma visual, para asegurarse que sea posible usar un modelo lineal. En algunos casos, las técnicas como regresión polinomial son apropiadas, en otros se pueden utilizar transformaciones para expresar los datos en una forma que sea compatible con la regresión lineal. Un ejemplo es el modelo exponencial:

[11]

$$y = a_1 e^{b_1 x}$$

Donde  $a_1$  y  $b_1$  son constantes. Este modelo se emplea en muchos campos de la ingeniería para caracterizar cantidades que aumentan ( $b_1$  positivo) o disminuyen ( $b_1$  negativo), a una velocidad que es directamente proporcional a sus propias magnitudes.

Otro ejemplo de modelo no lineal es la ecuación de potencias donde  $a_2$  y  $b_2$  son coeficientes constantes:

[12]

$$y = a_2 x^{b_2}$$

Un tercer ejemplo de un modelo no lineal es la ecuación de razón del crecimiento, donde  $a_3$  y  $b_3$  son coeficientes constantes:

[13]

$$y = a_3 \frac{x}{b_3 + x}$$

Hay técnicas de regresión no lineal disponibles para ajustar estas ecuaciones de manera directa a datos experimentales. Sin embargo, una alternativa simple consiste en usar manipulaciones matemáticas para transformar las ecuaciones en una forma lineal. Después, se utiliza la regresión lineal simple para ajustar las ecuaciones a los datos.

La ecuación [11] se linealizará al aplicar el logaritmo natural a ambos lados de la ecuación:

[14]

$$\ln y = \ln a_1 + b_1 x \ln e$$

Pero como  $\ln e = 1$ ,

[15]

$$\ln y = \ln a_1 + b_1 x$$

Así una gráfica de  $\ln y$  contra  $x$  dará una línea recta con una pendiente  $b_1$  y una intersección en el eje de las ordenadas igual a  $\ln a_1$ .

La ecuación [12] es linealizada al aplicar el logaritmo de base 10 a ambos lados de la ecuación:

[16]

$$\log y = b_2 \log x + \log a_2$$

De este modo, una gráfica de  $\log y$  contra  $\log x$  dará una línea recta con pendiente  $b$  e intersección con el eje de las ordenadas en  $\log a_2$ .

La ecuación [13] es linealizada al aplicar el logaritmo de base 10 a ambos lados de la ecuación:

[17]

$$\frac{1}{y} = \frac{b_3}{a_3} \frac{1}{x} + \frac{1}{a_3}$$

De esta forma, una gráfica de 1/y contra 1/x será lineal, con pendiente  $b_3/a_3$  y una intersección con el eje de las ordenadas en  $1/a_3$ .

En sus formas transformadas, estos modelos pueden usar la regresión lineal para poder evaluar los coeficientes constantes. Después, regresarse a su estado original y usarse para fines predictivos.

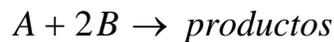
## 3.2. Conceptos básicos de Cinética Química

### 3.2.1. Velocidad de reacción

La velocidad de una reacción química es la intensidad con que varían en el tiempo las concentraciones de sustancias en reacción, es decir,  $-dC_r/dt$ , donde  $C_r$  es la concentración de un reactivo y  $t$  el tiempo. El signo menos se utiliza para indicar que la concentración disminuye en el tiempo. En forma semejante, la velocidad de una reacción se puede expresar también como  $dC_p/dt$ , donde  $C_p$  es la concentración de un producto en el tiempo  $t$ . La dependencia de estas velocidades respecto de las concentraciones de sustancias reaccionantes está dada por la **ley de acción de masas**.

Esta ley expresa que la velocidad de una reacción es a cada instante proporcional a las concentraciones de los reactivos, estando cada una de las concentraciones elevada a una potencia igual al número de moléculas de cada especie que participa en el proceso

[18]



Debe ser proporcional a:

$$C_A C_B^2$$

Está claro que la reacción no procede si falta A o B, de manera que  $r$  debe ser función de  $c_A$  y  $c_B$  que tiende a cero si  $c_A$  o  $c_B$  desaparecen. Más aún, por la fisicoquímica elemental se sabe que la reacción química es el resultado de una interacción entre una molécula de A y una de B. Claramente, cuantas más moléculas de sustancias haya en un volumen dado es más probable que haya una colisión. Por consiguiente, la velocidad a que ocurre debe aumentar al aumentar  $c_A$  o  $c_B$ . La forma funcional más simple en que intervienen ambas características es:

[19]

$$r = k c_A c_B$$

Sin embargo, es posible postular muchas otras formas que cumplan este requisito sencillo de desaparecer cuando  $c_A$  o  $c_B$  desaparecen, y de aumentar al aumentar  $c_A$  o  $c_B$ . Algunos ejemplos son:

$$r = k c_A^n c_B^m$$

$$r = \frac{k c_A^2 c_B^3}{1 + \beta c_B}$$

Existe un número infinito de expresiones que cumplen el requisito anterior, de manera que es necesario obtener información adicional para obtener la relación básica correcta existente entre  $c_A$  y  $c_B$ . La velocidad de reacción solamente puede obtenerse permitiendo que la reacción ocurra. Es posible simplificar el análisis y el procedimiento experimental, si como reactor de laboratorio se utiliza un recipiente en el que se colocan los reactivos en el tiempo cero, y se les permite reaccionar sin flujo de entrada o salida.

### 3.2.2. Orden y Molecularidad de las reacciones

Por orden de una reacción química se entiende la suma de todos los exponentes a los cuales están elevadas las concentraciones en la ecuación de velocidad de reacción. Por lo tanto cuando la velocidad de una reacción está dada por:

[20]

$$-\frac{dC}{dt} = k C_1^{n_1} C_2^{n_2} \dots$$

Donde  $k$  es una constante, los órdenes de reacción de los componentes individuales son  $n_1$ ,  $n_2$ , etc., y el orden de la reacción en conjunto,  $n$ , es:

[21]

$$n = n_1 + n_2 + \dots$$

En la reacción [20], el orden de la reacción es idéntico al número de moléculas de los reactivos que participan en la reacción, es una reacción termolecular. Aunque esta igualdad del orden de reacción y el número de moléculas reaccionantes, según la ecuación estequiométrica del proceso, se observa en muchas reacciones, esto no se verifica en todos los casos.

Puesto que el orden de una reacción puede diferir del número de moléculas que participan en la reacción, hay que realizar una diferenciación entre la molecularidad, es decir, el número de moléculas que interviene en el paso que conduce a una reacción, y el orden de esta.

Las reacciones son unimoleculares, bimoleculares, etc., dependiendo de si una, dos o más moléculas intervienen en el paso determinante de la velocidad.

Algunos motivos por los cuales la molecularidad de la reacción y el orden de la misma no coinciden son porque uno de los reactivos se encuentra en exceso, de manera que su concentración no se modifica con el tiempo, por lo tanto se considera que no participa en la reacción. Otro caso en el cual el estudio cinético no revela que una sustancia participa en la reacción es cuando interviene un catalizador ya que permanece constante en el transcurso de la reacción.

### **3.2.3. Constante de velocidad de reacción**

De acuerdo con la ley de masa es la constante de proporcionalidad entre la velocidad de reacción y las concentraciones de los reactivos en ese momento.

La constante de velocidad de reacción  $k$  no es una verdadera constante; sólo es independiente de las concentraciones de las especies que intervienen en la reacción. La cantidad  $k$  también se conoce como *constante de velocidad de reacción específica*, y casi siempre depende marcadamente de la temperatura. En ocasiones en fase gaseosa también depende del catalizador y podría ser función de la presión total. Además puede depender de otros parámetros, como concentración iónica y disolvente. Estas otras variables por lo regular tienen un efecto mucho menor que el de la temperatura sobre la velocidad de reacción específica.

Las unidades de la constante de velocidad de reacción varían con el orden de la reacción de la siguiente forma

**Tabla I. Unidades del orden de reacción**

<b>ORDEN</b>	<b>UNIDADES</b>
0	$\text{mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$
1	$\text{s}^{-1}$
2	$\text{dm}^{-3} \text{ mol s}^{-1}$
N	$\text{mol}^{1-n} \text{ dm}^{3n-1} \text{ s}^{-1}$

### **3.2.4. Influencia de la temperatura en las velocidad de reacción**

Por norma general, la rapidez de reacción aumenta con la temperatura porque al aumentarla incrementa la energía cinética de las moléculas. Con mayor energía cinética, las moléculas se mueven más rápido y chocan con más frecuencia y con más energía.

**El comportamiento de la constante de velocidad o coeficiente cinético frente a la temperatura puede ser descrito a través de la Ecuación de Arrhenius.**

Existe una regla práctica que dice que *la velocidad de reacción se duplica por cada aumento de 10°C en la temperatura*. Sin embargo, esto sólo es cierto para una combinación específica de energía de activación  $E_a$  y temperatura.

### 3.2.5. Ecuación de Arrhenius

Fue el gran químico sueco Arrhenius quien primero sugirió que la dependencia de la velocidad de reacción específica,  $k_A$ , respecto a la temperatura se podía correlacionar con una ecuación del tipo:

[22]

$$k_A(T) = Ae^{-E_a/RT}$$

Donde  $A$ = factor preexponencial o factor de frecuencia

$E$ = energía de activación J/mol

$R$ = constante de los gases = 8.314 J/mol\_K

$T$ = temperatura absoluta K

Se ha verificado empíricamente que la ecuación [21], llamada ecuación de Arrhenius, da el comportamiento con la temperatura de la mayoría de las constantes de velocidad de reacción. Hasta donde permite la precisión experimental, dentro de intervalos de temperatura relativamente amplios.

En el curso de una reacción entre una molécula A y una molécula de B la energía potencial con frecuencia atraviesa por un máximo llamado complejo activado, el cual se observa en la Figura 2. La altura de este máximo desempeña un papel muy importante en todas las teorías de velocidades.

El *complejo activado* es un estado de transición. Lo que significa que no es estable energéticamente, y para que ocurra reacción entre A y B las moléculas deben juntarse con una energía que sea por lo menos igual a la energía E para poder sobrepasar la barrera o energía de activación y reaccionar.

La energía de activación suele utilizarse para denominar la energía mínima necesaria para que se produzca una reacción química dada. Para que ocurra una reacción entre dos moléculas, éstas deben colisionar en la orientación correcta y poseer una cantidad de energía mínima.

A medida que las moléculas se aproximan, sus nubes de electrones se repelen. Esto requiere energía (energía de activación) la cual proviene del calor del sistema, es decir de la energía traslacional, vibracional, etcétera de cada molécula.

Si la energía es suficiente, se vence la repulsión y las moléculas se aproximan lo suficiente para que se produzca una reordenación de los enlaces de las moléculas. La ecuación de Arrhenius proporciona la base cuantitativa de la relación entre la energía de activación y la velocidad a la que se produce la reacción.

Las moléculas que experimenten reacción química no sólo deben chocar con suficiente energía mutua, sino que deben unirse con una orientación mutua tal que se puedan formar o romper los enlaces necesarios. Siendo este número de colisiones por unidad de tiempo por volumen *el factor preexponencial de la ecuación de Arrhenius A*.

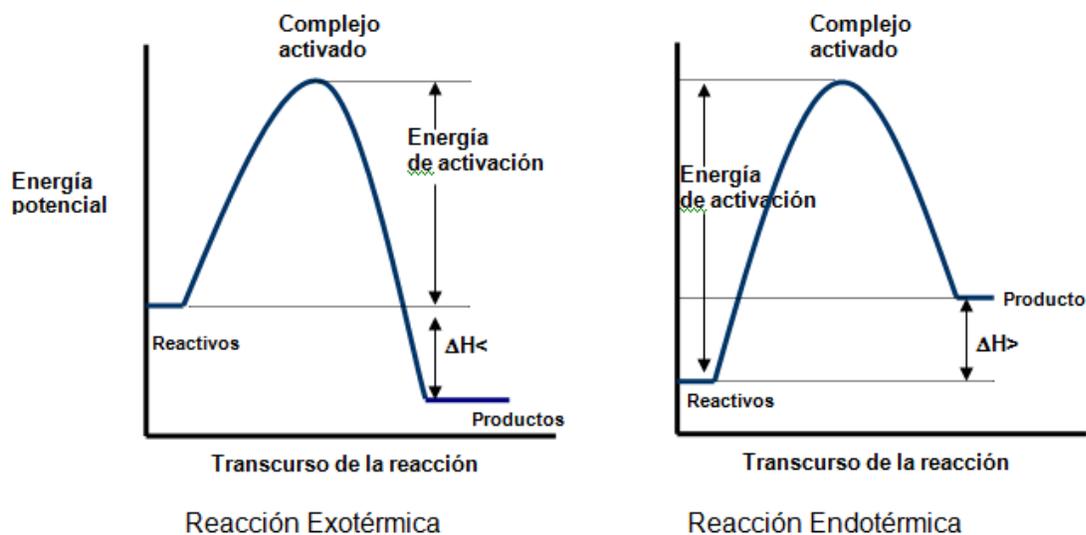
La fracción de moléculas que al colisionar posee la suficiente energía para resultar activadas, o sea, fracción de moléculas activadas está determinada por el factor:

[23]

$$e^{-Ea/RT}$$

Este factor depende poco de la temperatura en comparación con el factor exponencial de la ecuación de Arrhenius. Por ello suele aproximarse a una constante.

**Figura 4. Energía potencial vrs. tiempo de reacción**



La ecuación de Arrhenius es sorprendentemente aplicable. La obedecen no sólo las constantes de velocidad de las reacciones elementales, sino también con frecuencia las velocidades de procesos mucho más complicados.

La Figura 4 representa la energía de activación para una reacción exotérmica y una reacción endotérmica. Para ambos tipos de reacción la energía de activación es la diferencia entre la energía de los reactivos y la energía del complejo activado.

Cuando se emplea un catalizador en la reacción, la energía de activación disminuye, lo que significa que disminuye la energía mínima necesaria de colisión lo que permite que la reacción se lleve a cabo en menor tiempo.

### **3.3. Métodos de análisis de datos de velocidad**

Cuando se conoce la Ley de Velocidad, se puede sustituir en la ecuación de diseño apropiada. Con la ayuda de las relaciones estequiométricas apropiadas, es posible dimensionar cualquier sistema de reacción isotérmico.

Existen varios métodos para obtener y analizar datos de velocidad de reacción para deducir la Ley de Velocidad de una reacción específica. El enfoque de este proyecto será la técnica de obtención de datos para las mediciones concentración – tiempo, velocidad de reacción – tiempo y presión – tiempo. Se utilizarán cuatro métodos de análisis de datos para reactores por lotes los cuales se detallan a continuación.

- Método Diferencial
- Método Integral
- Método de Mínimos Cuadrados
- Método de Vidas Parciales

Para obtener datos de reactores diferenciales se utilizarán diversas ecuaciones relacionadas entre sí, las cuales se aplicarán y sustituirán unas en otras hasta obtener al valor deseado.

### 3.3.1. Reactores por lotes

#### 3.3.1.1. Método Diferencial

Cuando una reacción es irreversible, en muchos casos es posible determinar el orden de reacción  $\alpha$  y la constante de velocidad específica diferenciando numéricamente los datos de concentración contra tiempo.

Este método aplica cuando las condiciones de la reacción son tales que la velocidad es esencialmente función de la concentración de un solo reactivo. Por ejemplo, si para la reacción de descomposición

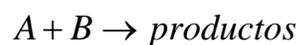


[24]

$$-r_A = kC_A^\alpha$$

Entonces podemos usar el método diferencial.

Sin embargo, también es posible utilizar el método de exceso para determinar la relación entre  $-r_A$  y la concentración de otros reactivos. Es decir, para la reacción irreversible



$$-r_A = k_A C_A^\alpha C_B^\beta \quad [25]$$

Donde tanto como  $\alpha$  y  $\beta$  son incógnitas, la reacción podría efectuarse primero con B en exceso, para que  $C_B$  prácticamente no cambie durante el curso de la reacción y

$$-r_A = k' C_A^\alpha \quad [26]$$

Donde:

$$k' = k C_B^\beta \approx k C_{B0}^\beta \quad [27]$$

Después de determinar  $\alpha$ , la reacción se efectúa con A en exceso, y en ese caso la Ley de Velocidad se aproxima con:

$$-r_A = k'' C_B^\beta \quad [28]$$

Una vez determinados  $\alpha$  y  $\beta$ , podemos calcular  $k_A$  a partir de la medición de  $-r_A$  a concentraciones conocidas de A y B:

$$k_A = \frac{-r_A}{C_A^\alpha C_B^\beta} \quad [29]$$

Para delinear el procedimiento que se usa en el método de análisis diferencial. Se considera una reacción que se efectúa isotérmicamente, registrando la concentración en función del tiempo. Si se combina el balance de moles con la Ley de Velocidad dada por la ecuación [29] se obtiene

[30]

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_A C_A^\alpha$$

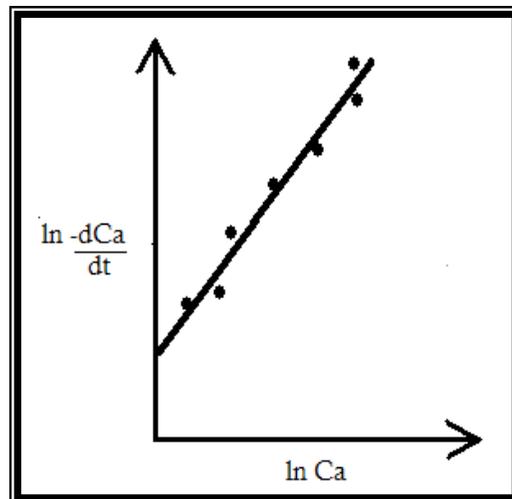
Después de sacar el logaritmo natural de ambos miembros de la ecuación anterior se obtiene

[31]

$$\ln\left(-\frac{dC_A}{dt}\right) = \ln k_A + \alpha \ln C_A$$

Se observa que la pendiente de la gráfica de  $\ln(-dC_A/dt)$  en función de  $(\ln C_A)$  es el orden de reacción. Ver Figura 5 “Método diferencial para determinar el orden de reacción”.

**Figura 5. Método diferencial para determinar el orden de reacción**



La obtención de la constante cinética por el método diferencial en forma gráfica implica las siguientes sustituciones:

[32]

$$\ln\left(-\frac{dC_A}{dt}\right) = \ln\left(\frac{\Delta C_A}{\Delta t}\right)$$

[33]

$$\ln C_A = \ln(\overline{C_A})$$

Donde  $\overline{C_A}$  es la concentración promedio en determinado cambio de tiempo  $\Delta t$ , y el orden de reacción y la constante de velocidad se encuentran sabiendo que la ecuación [31] sigue un modelo lineal aplicando las siguientes ecuaciones:

[34]

$$b = \ln k_A$$

[35]

$$k_A = e^b$$

[36]

$$m = \alpha$$

### 3.3.1.2. Método Integral

Para determinar el orden de reacción por el método integral, se supone el orden de reacción e integra la ecuación diferencial que se utiliza para modelar el sistema por lotes. Si el orden que se supuso es correcto, la gráfica apropiada de los datos concentración versus tiempo será lineal. Se utiliza el método integral con mayor frecuencia cuando se conoce el orden de reacción y se desea evaluar las constantes de velocidad de reacción específicas a diferentes temperaturas y determinar la energía de activación.

En el método integral para análisis de datos de velocidad se busca la función apropiada de la concentración que corresponde a una Ley de Velocidad específica que sea lineal respecto al tiempo. Para la reacción



Efectuada en un reactor por lotes de volumen constante, el balance de moles es:

$$\frac{dC_A}{dt} = r_A \quad [37]$$

En el caso de una reacción de **orden cero**,  $r_A = -k$ , la Ley de Velocidad y balance de moles combinados dan:

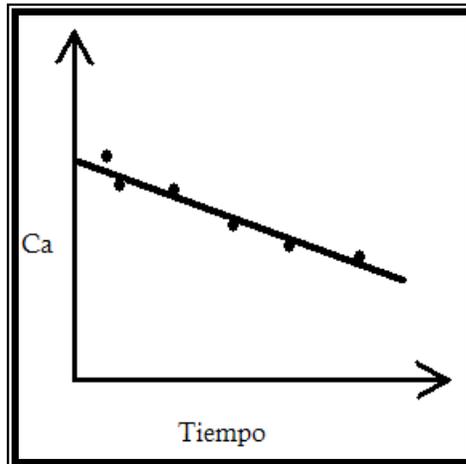
$$\frac{dC_A}{dt} = -k \quad [38]$$

Integrando con  $C_A = C_{A0}$  en  $t = 0$ , se tiene

$$\boxed{C_A = C_{A0} - kt} \quad [39]$$

Una gráfica de la concentración de A en función del tiempo será lineal con pendiente (-k). Ver Figura 6 “Método integral: Reacción de orden cero”.

Figura 6. Método integral: Reacción de orden cero



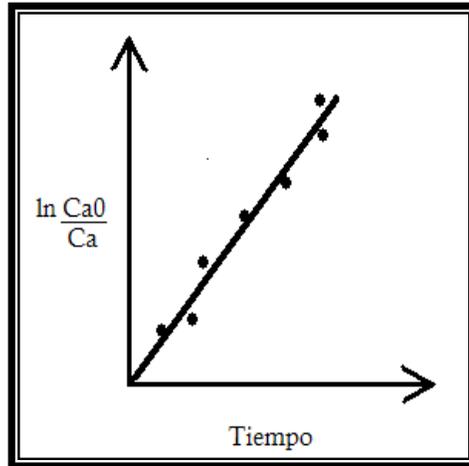
Si la reacción es de **primer orden**, la integración del balance de moles y Ley de Velocidad combinados serán:

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_A C_A^\alpha \quad [40]$$

Al integrar con el límite  $C_A = C_{A0}$  en  $t = 0$  da como resultado:

$$\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = k_A t \quad [41]$$

**Figura 7. Método integral: Reacción de primer orden**



En la Figura 7 “Método integral: Reacción de primer orden”, se observa que la pendiente del modelo anterior en función del tiempo es lineal, con pendiente k.

Si la reacción es de **segundo orden**, se obtiene:

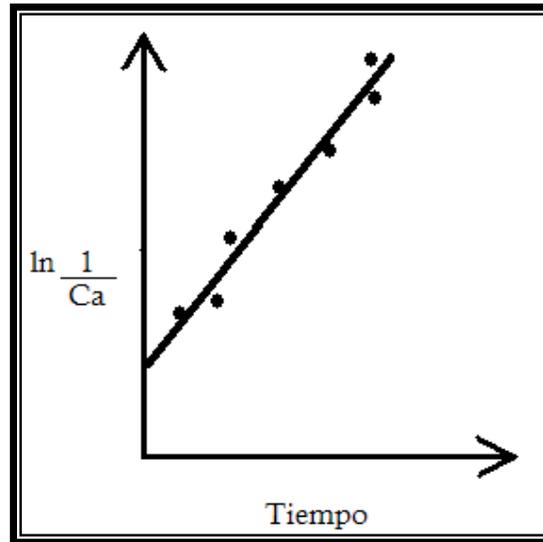
$$\frac{dC_A}{dt} = -k_A C_A^2 \quad [42]$$

Al integrar con  $C_A = C_{A0}$  en el tiempo  $t = 0$ . Se obtiene:

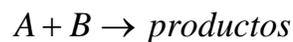
$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \quad [43]$$

Se observa en la Figura 8 “Método integral: Reacción de segundo orden”, que para una reacción de segundo orden, una gráfica de  $1/C_A$  en función del tiempo debe ser lineal con pendiente k.

Figura 8. Método integral: Reacción de segundo orden



Para la reacción de **segundo orden** en la que intervienen dos reactivos que siguen la forma:



Si el orden respecto a A y B es uno, de la integración del balance de moles y Ley de Velocidad combinados, se obtiene:

[44]

$$\frac{dC_A}{dt} = -k_A C_A C_B$$

Debe obtenerse el factor  $X_a$  que es la fracción de  $CA_0$  que ha reaccionado, tomando como base el reactivo A. Asumiendo que el reactivo A es el reactivo limitante.

[45]

$$X_a = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}}$$

Debe obtenerse también el factor M que es la relación entre las concentraciones iniciales de los reactivos A y B.  $C_{A0}$  y  $C_{B0}$  respectivamente.

[46]

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$

Sustituyendo en la ecuación [41] se obtiene:

[47]

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_A C_{A0}^2 (1 - X_A)(M - X_A)$$

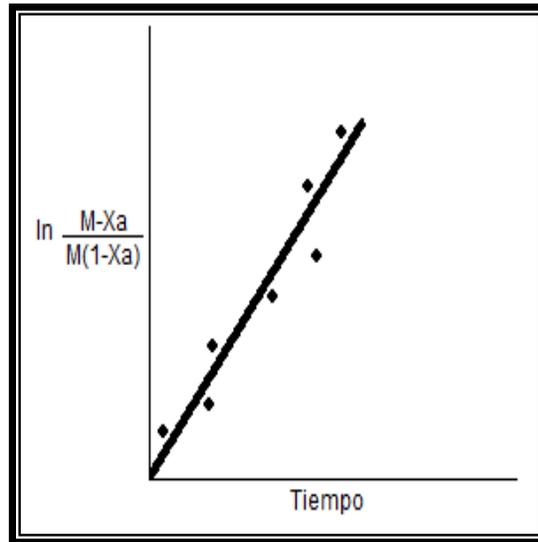
Al integrar la ecuación anterior se obtiene:

[48]

$$kC_{A0}t = \frac{1}{M-1} \ln \frac{M - X_A}{M(1 - X_A)}$$

Se observa en la Figura 9 “*Método Integral: Reacción de segundo orden bimolecular*”, que para una reacción de segundo orden en la que intervienen dos especies, una gráfica de  $\ln[(M-X_A)/M(1 - X_A)]$  en función del tiempo debe ser lineal con pendiente igual a  $(M - 1)C_A$  o simplificando la pendiente es igual a  $(C_{B0} - C_{A0})$ .

Figura 9. Método integral: Reacción de segundo orden bimolecular



Si el orden de determinada reacción es **orden fraccionario**, también puede utilizar este método de evaluación, pero será necesario realizar el siguiente análisis:

$$\frac{dC_A}{dt} = -kC_A^n \quad [49]$$

$$\int \frac{dC_A}{C_A^n} = -k \int dt \quad [50]$$

$$\frac{C_A^{-n+1}}{-n+1} = -kt \quad [51]$$

En las figuras analizadas anteriormente, se observa que al graficar la función apropiada de concentración contra en tiempo, las gráficas son lineales, y concluimos que las reacciones son de orden cero, uno, dos y el orden fraccionario propuesto respectivamente. Sin embargo, si las gráficas de datos de concentración contra tiempo no hubieran sido lineales se concluye que el orden de reacción propuesto no concuerda con los datos.

### 3.3.1.3. Método de Mínimos Cuadrados

Si la Ley de Velocidad depende de la concentración de más de una especie y no es posible usar el método de exceso, lo más conveniente es optar por el método de mínimos cuadrados linealizado. Del balance de moles en un reactor por lotes de volumen constante se obtiene:

$$-\frac{dC_A}{dt} = -r_A = kC_A^\alpha C_B^\beta \quad [53]$$

En el inicio

$$\left(-\frac{dC_A}{dt}\right)_0 = -r_{A0} = kC_{A0}^\alpha C_{B0}^\beta$$

Si se aplica el logaritmo de ambos miembros de la ecuación se obtiene:

$$\ln\left(-\frac{dC_A}{dt}\right)_0 = \ln k + \alpha \ln C_{A0} + \ln \beta C_{B0} \quad [54]$$

Sea  $Y = \ln(-dCA/dt)$ ,  $X_1 = \ln C_{A0}$ ,  $X_2 = \ln C_{B0}$ ,  $a_0 = \ln k$ ,  $a_1 = \alpha$ , y  $a_2 = \beta$ .  
Entonces,

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \quad [55]$$

Si se realizan  $N$  pruebas experimentales, para la prueba  $j$  la ecuación anterior adopta la forma

$$Y = a_0 + a_1 X_{1j} + a_2 X_{2j} \quad [56]$$

Se encuentran los valores óptimos de los parámetros  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  resolviendo las ecuaciones lineales simultáneamente

$$\sum_{j=1}^N Y_j = N a_0 + a_1 \sum_{j=1}^N X_{1j} + a_2 \sum_{j=1}^N X_{2j} \quad [57]$$

$$\sum_{j=1}^N X_{1j} Y_j = a_0 \sum_{j=1}^N X_{1j} + a_1 \sum_{j=1}^N X_{1j}^2 + a_2 \sum_{j=1}^N X_{1j} X_{2j} \quad [58]$$

$$\sum_{j=1}^N X_{2j} Y_j = a_0 \sum_{j=1}^N X_{2j} + a_1 \sum_{j=1}^N X_{1j} X_{2j} + a_2 \sum_{j=1}^N X_{2j}^2 \quad [59]$$

#### 3.3.1.4. Método de Vidas Parciales

La vida media de una reacción,  $t_{1/2}$  se define como el tiempo que debe transcurrir para que la concentración del reactivo baje a la mitad del valor inicial. Si se determina la vida media de una reacción en función de la concentración inicial, es posible calcular el orden de reacción y la velocidad de reacción específica.

Si en la reacción química intervienen dos reactivos, el experimentador utilizará el método de exceso junto con el método de vidas parciales para acomodar la Ley de Velocidad en la forma

[60]

$$-r_A = kC_A^\alpha$$

Para la reacción irreversible



Un balance de moles de la especie A en un sistema de reacción por lotes de volumen constante, da la siguiente expresión:

[61]

$$-\frac{dC_A}{dt} = -r_A = kC_A^\alpha$$

Integrando con la condición inicial  $C_A = C_{A0}$  cuando  $t = 0$ , se obtiene

[62]

$$t = \frac{1}{k(\alpha - 1)} \left( \frac{1}{C_A^{\alpha-1}} - \frac{1}{C_{A0}^{\alpha-1}} \right)$$

[63]

$$t = \frac{1}{kC_{A0}^{\alpha-1}(\alpha - 1)} \left[ \left( \frac{C_{A0}}{C_A} \right)^{\alpha-1} - 1 \right]$$

La vida media se define como el tiempo que la concentración tarda en bajar a la mitad de su valor inicial; es decir,  $t = t_{1/2}$  cuando  $C_A = 1/2C_{A0}$

Al sustituir  $C_A$  en la ecuación [63] se obtiene:

[64]

$$t_{1/2} = \frac{2^{\alpha-1} - 1}{k(\alpha - 1)} \left( \frac{1}{C_{A0}^{\alpha-1}} \right)$$

Nada tiene de especial usar el tiempo que tarda la concentración en bajar a la mitad de su valor inicial. Podría haberse utilizado igualmente el tiempo requerido para que la concentración baje a  $1/n$  del valor inicial, en cuyo caso

[65]

$$t_{1/n} = \frac{n^{\alpha-1} - 1}{k(\alpha - 1)} \left( \frac{1}{C_{A0}^{\alpha-1}} \right)$$

Para el método de vidas parciales, si se aplica el logaritmo natural de ambos miembros de la ecuación [65] se obtiene:

[66]

$$\ln t_{1/n} = \ln \frac{2^{\alpha-1} - 1}{k(\alpha - 1)} + (1 - \alpha) \ln C_{A0}$$

La pendiente de la gráfica de  $\ln t_{1/2}$  en función de  $\ln C_{A0}$  es igual a 1 menos el orden de reacción

[67]

$$\alpha = 1 - \text{pendiente}$$

### 3.3.2. Reactores diferenciales

La obtención de datos empleando el método de velocidades iniciales y empleando un reactor diferencial es similar, en cuanto a que la velocidad de reacción se determina para cierto número de concentraciones del reactivo iniciales o entrantes predeterminadas. Los reactores diferenciales se usan normalmente para determinar la velocidad de reacción en función de la concentración o bien de la presión parcial. El reactor consiste en un tubo que generalmente contiene una cantidad muy pequeña de catalizador.

#### 3.3.2.1. Reactores diferenciales sin catalizador

El reactor tubular puede funcionar como reactor diferencial o como reactor integral. En modo diferencial la velocidad de reacción se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el reactor.

Para que esto ocurra la conversión a la entrada y salida del reactor tiene que ser prácticamente constante. Esto en la práctica no es posible ya que el reactor carecería de sentido. Sin embargo se puede aproximar a este tipo de comportamiento diferencial trabajando a conversiones pequeñas, es decir haciendo que:

$$C_{AE} \approx C_{AS} \approx \bar{C}_A \rightarrow (-\bar{r}_A)$$

Con estos valores de concentración se obtendría una velocidad media constante para todo el reactor.

Para conseguir este comportamiento diferencial tenemos que trabajar con valores de  $V/F_{A0}$  pequeños. Cuando el reactor de tubular es de tipo integral, las variaciones de velocidad de reacción en el reactor son apreciables. Esto se consigue con conversiones de reacción elevadas, es decir, valores de  $V/F_{A0}$  grandes.

Se parte de la ecuación de diseño para un reactor tubular

$$\frac{V}{F_{A0}} = \int_{X_{AE}}^{X_{AS}} \frac{dX_A}{(-\bar{r}_A)} = \frac{1}{(-\bar{r}_A)} \int_{X_{AE}}^{X_{AS}} dX_A = \frac{X_{AS} - X_{AE}}{(-\bar{r}_A)}$$

$$(-\bar{r}_A) = \frac{(X_{AS} - X_{AE})F_{A0}}{V} = \frac{F_{A0}(1 - X_{AE}) - F_{A0}(1 - X_{AS})}{V}$$

Por tanto

[68]

$$(-\bar{r}_A) = \frac{F_{AE} - F_{AS}}{V}$$

La ecuación anterior corresponde al balance de moles, la cual, también se puede escribir en términos de la concentración sabiendo que la velocidad de flujo volumétrico es igual a la concentración por el flujo volumétrico

$$\left[ \begin{array}{c} \text{velocidad de} \\ \text{flujo} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{flujo} \\ \text{volumétrico} \end{array} \right] * [\text{concentración}]$$

[69]

$$F = v * C$$

[70]

$$-r'_A = \frac{v_0 C_{A0} - v C_{Ae}}{V}$$

O en términos de la conversión o de la velocidad de flujo del producto,  $F_P$

[71]

$$-r'_A = \frac{F_{A0}X}{V} = \frac{F_P}{V}$$

El término  $F_{A0}X$  da la velocidad de formación del producto,  $F_P$ , cuando los coeficientes estequiométricos de A y P son idénticos.

Tomando en cuenta la siguiente ecuación, donde  $v_0$  es la velocidad de flujo volumétrico a la entrada,  $V_0$  es el flujo volumétrico a la entrada y  $V_A/V_P$  es el coeficiente estequiométrico del producto

[72]

$$v_0 = v_0 \nu_A / \nu_P$$

Si el flujo volumétrico es constante, la ecuación [70] se reduce a:

[73]

$$-r'_A = \frac{v_0(C_{A0} - C_{Ae})}{V} = \frac{v_0 C_P}{V}$$

Cuando los coeficientes estequiométricos de entrada y salida son diferentes, la ecuación de velocidad de reacción se transforma en:

[74]

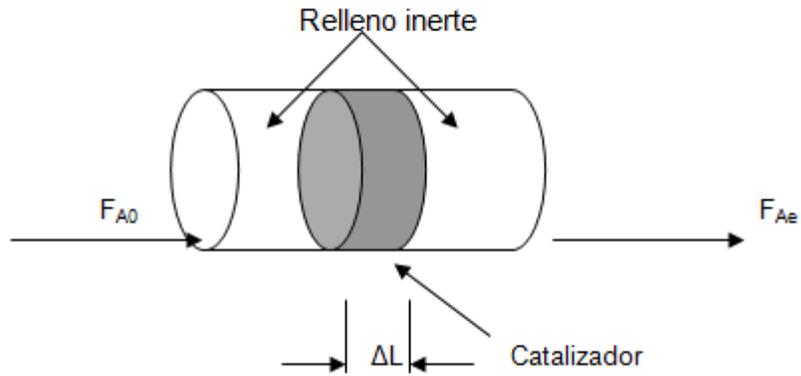
$$\frac{v_0 C_P}{V} = \frac{v_0 \nu_A / \nu_P C_P}{V}$$

Por tanto, se observa que la velocidad de reacción,  $-r'_A$ , se puede determinar midiendo la concentración de producto,  $C_P$ .

### 3.3.2.2. Reactores Diferenciales con catalizador

El criterio para calificar a un reactor como diferencial es que la conversión de los reactivos en el lecho es en extremo pequeña, lo mismo que el cambio en la concentración del reactor a lo largo del lecho. Por lo tanto, la concentración de reactivo en todos los puntos del reactor es prácticamente constante y aproximadamente igual a la concentración en la entrada. Es decir, se considera que el reactor no tiene gradiente, y que la velocidad de reacciones espacialmente uniforme dentro del lecho.

**Figura 10. Reactor diferencial con catalizador**



Si se conoce el peso del catalizador  $W$ , se podrá calcular la velocidad de reacción por unidad de masa de catalizador,  $r'_A$ . Puesto que se supone que el reactor diferencial no tiene gradiente, la ecuación de diseño será similar a la del reactor por lotes. Donde  $F$  son los flujos de entrada.

$$\left[ \begin{array}{l} \text{vel flujo} \\ \text{entrada} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{vel flujo} \\ \text{salida} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{velocidad de} \\ \text{generación} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{velocidad de} \\ \text{acumulación} \end{array} \right]$$

**[75]**

$$[F_{A0}] - [F_{Ae}] + \left[ \left( \frac{\text{velocidad de reacción}}{\text{masa de cat.}} \right) (\text{masa de cat}) \right] = 0$$

**[76]**

$$F_{A0} - F_{Ae} + (r'_A)(W) = 0$$

El subíndice e se refiere a la salida del reactor. Si despejamos la velocidad de reacción ( $-r'_A$ ) se tendrá lo siguiente:

[77]

$$-r'_A = \frac{F_{A0} - F_{Ae}}{W}$$

La ecuación anterior corresponde al balance de moles, la cual, también se puede escribir en términos de la concentración sabiendo que la velocidad de flujo volumétrico es igual a la concentración por el flujo volumétrico

[69]

$$F = v * C$$

[78]

$$-r'_A = \frac{v_0 C_{A0} - v C_{Ae}}{W}$$

O en términos de la conversión o de la velocidad de flujo del producto,  $F_P$ .

[80]

$$-r'_A = \frac{F_{A0} X}{W} = \frac{F_P}{W}$$

El término  $F_{A0} X$  da la velocidad de formación del producto,  $F_P$ , cuando los coeficientes estequiométricos de A y P son idénticos.

Tomando en cuenta la siguiente ecuación, donde  $v_0$  es la velocidad de flujo volumétrico a la entrada,  $V_0$  es el flujo volumétrico a la entrada y  $V_A/V_P$  es el coeficiente estequiométrico del producto

[81]

$$v_0 = v_0 \frac{V_A}{V_P}$$

Si el flujo volumétrico es constante, la ecuación [78] se reduce a:

[82]

$$-r'_A = \frac{v_0(C_{A0} - C_{Ae})}{W} = \frac{v_0 C_P}{W}$$

Cuando los coeficientes estequiométricos de entrada y salida son diferentes, la ecuación de velocidad de reacción se transforma en:

[83]

$$\frac{v_0 C_P}{W} = \frac{v_0 v_A / v_P C_P}{W}$$

Por tanto, se observa que la velocidad de reacción,  $-r'_A$ , se puede determinar midiendo la concentración de producto,  $C_P$ .

### 3.4. Cálculo para determinar el Factor Preexponencial de Arrhenius

Arrhenius señaló que en reacciones químicas normales, la mayoría de las colisiones entre moléculas de reactivos son ineficaces; la energía es insuficiente. No obstante, en una pequeña fracción de las colisiones hay suficiente energía para que ocurra una reacción. Esta fracción es mayor mientras más alta sea la temperatura  $T$  y más baja la energía  $E$ . Por tanto, la constante de velocidad debe ser proporcional a dicha fracción.

Para probar la ecuación de Arrhenius, primero se toman logaritmos a ambos lados de la ecuación

$$\ln k(T) = \ln A - \frac{Ea}{RT} \quad [84]$$

[85]

$$Y = b + mX$$

Si la ley de Arrhenius es aplicable, al graficar  $\ln k$  contra  $1/T$  se obtendrá una línea recta, y la pendiente será  $-E/T$ .

La Figura 11 “*Determinación de la energía de activación*”, es un ejemplo de una gráfica de Arrhenius de este tipo. De la ecuación se deduce que el factor preexponencial tiene las mismas unidades que la propia constante de velocidad.

La energía de activación y el factor preexponencial se determinan experimentalmente efectuando la reacción a varias temperaturas distintas.

Después de aplicar el logaritmo natural de la ecuación de Arrhenius, se obtiene como resultado la ecuación [84]. Al linealizar los datos, se puede calcular mediante las siguientes ecuaciones el valor del factor preexponencial y el valor de la energía de activación.

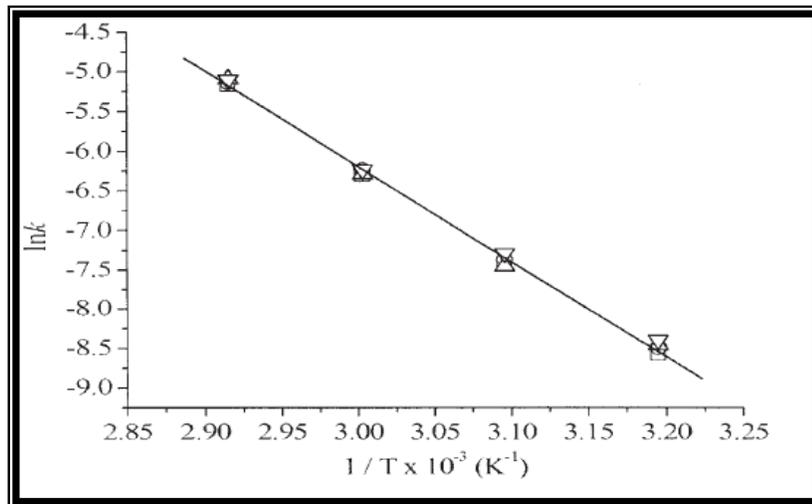
$$-m = \frac{-E}{R} \quad [86]$$

$$\boxed{Ea = mR} \quad [87]$$

$$b = \ln A \quad [88]$$

$$\boxed{A = e^b} \quad [89]$$

**Figura 11. Determinación de la energía de activación**



Se observa que para realizar la gráfica anterior se necesitan las constantes de velocidad de reacción a varias temperaturas. Estos valores se calculan teniendo los valores de las concentraciones en el tiempo a diferentes temperaturas.

## **4. DISEÑO DE APLICACIÓN TUTORIAL EN EL APRENDIZAJE DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS DE CINÉTICA QUÍMICA**

### **4.1. Módulo de dominio en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química**

#### **4.1.1. Planeación didáctica**

Es un proceso que permite organizar de manera sistemática, adecuada y coherente, todos los elementos de la actividad educativa. Es una herramienta que ayuda a estructurar el trabajo didáctico en los eventos educativos, siendo una fase previa a la instrumentación y realización de la práctica educativa.

Se han definido siete pasos para desarrollar el formato de Planeación Didáctica. Los pasos son:

1. Datos de identificación del programa de estudio
2. Objetivo general y específico de la materia.
3. Desglose de temas y subtemas.
4. Estrategias de enseñanza (estrategias de instrucción).
5. Experiencias de aprendizaje independiente.
6. Acciones para el desarrollo de subhabilidades (experiencias de aprendizaje con docente).
7. Estrategias de evaluación de contenidos.

#### 4.1.1.1. Datos de identificación

Representa la descripción de un conjunto de actividades de enseñanza y aprendizaje estructuradas de tal forma que conduzcan al estudiante a alcanzar una serie de objetivos de aprendizaje previamente determinados. La ficha de datos de identificación para el tutorial es la siguiente:

<b>A. Departamento Académico:</b>	Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
<b>B. Licenciatura:</b>	Ingeniería Química
<b>C. Nombre de la Asignatura:</b>	FISICOQUÍMICA 2/ CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS
<b>D. Seriación</b>	380/398
<b>E. Semestre en que imparte la Materia:</b>	5to. Semestre de la Carrera de Ingeniería Química / 9no. Semestre de la carrera de Ingeniería Química
<b>F. Horas de clase Magistral:</b>	3 horas / semana (cada curso)
<b>G. Horas Extra-Aula:</b>	Ninguna
<b>H. Total de horas semana:</b>	3 (cada curso)
<b>I. Total de horas semestre:</b>	48 (cada curso)
<b>J. Créditos</b>	4 (cada curso)
<b>K. Escenarios Académicos:</b>	Clase magistral en salón de clase, salón de presentaciones, cubículo del catedrático.

#### 4.1.1.2. Objetivo general y específicos del tutorial

Es la formulación que describe logros y conductas que se esperan de un estudiante, al concluir su aprendizaje. Su función es orientar y guiar las actividades de este proceso.

Dentro de los objetivos se plantea la razón de ser, la justificación y la dirección del proceso de enseñanza - aprendizaje; además en su formulación debe quedar plasmado en forma que se pueda evaluar si se ha alcanzado o no.

- **Objetivo general**

Que el estudiante adquiera una interpretación completa de la Ley de Velocidad de reacción y los factores que la afectan a través del estudio de los diferentes métodos de análisis de datos cinéticos.

- **Objetivos específicos**

- Que el estudiante se familiarice con la base teórica de la metodología de análisis de datos cinéticos.
- Que el estudiante tenga la capacidad de identificar los principales factores que afectan la Ley de Velocidad y como obtenerla a través de diversos parámetros calculados en el laboratorio.
- El estudiante tendrá la capacidad de resolver problemas cinéticos con los diferentes métodos de análisis de datos cinéticos a través de resoluciones numéricas y gráficas.
- El estudiante será capaz de identificar las relaciones que existen entre las diversas variables que participan en el estudio de la Ley de Velocidad y como se aplican en el análisis de reactores por lotes y diferenciales.

- Motivar al estudiante al estudio de los métodos de análisis de datos cinéticos con herramientas educativas interactivas y novedosas que le permitirán resolver problemas fácilmente y emplear mayor tiempo en la interpretación de respuestas.

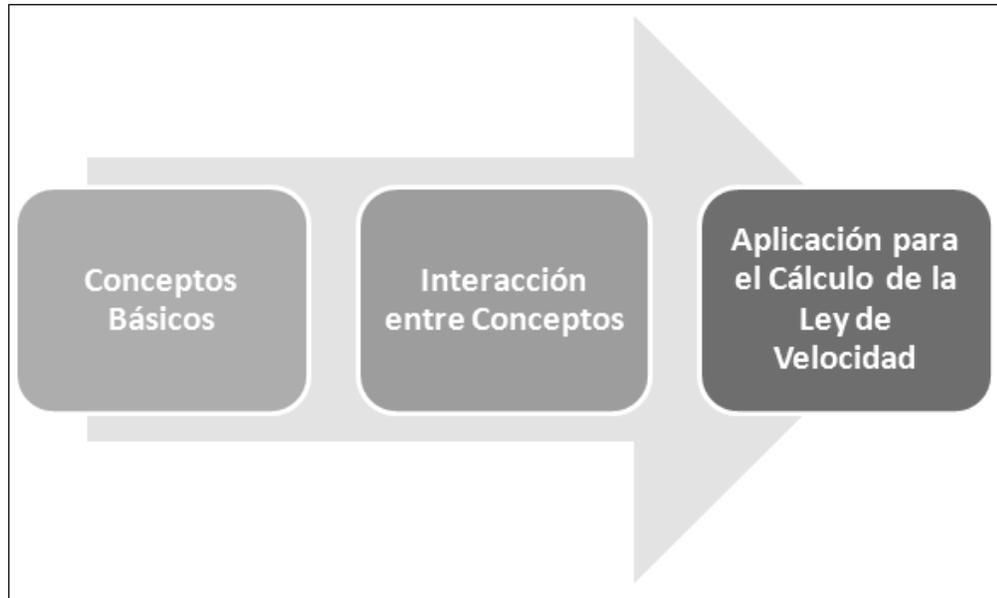
#### **4.1.1.3. Desglose de temas y subtemas**

Ya que se tienen los objetivos identificados del tutorial, se realiza la distribución de los temas y subtemas a tratar del programa analítico. Para realizar este desglose se toma en cuenta la complejidad e importancia de cada uno de los temas a tratar.

Para que un programa tutorial funcione como tal es condición necesaria que presente al usuario de forma ordenada y secuencial el conjunto de conocimientos, conceptos, fenómenos y temas relacionados con las técnicas de análisis de interés, desde lo más sencillo hasta lo más complejo. Por eso, se hace necesario que el tutorial abarque los conocimientos y temas necesarios para definir un punto de partida y uno de finalización.

Estableciendo así, un sistema de aprendizaje integral. Siendo el punto de partida los conceptos básicos de cinética química como: velocidad de reacción, concentración, efectos que afectan la velocidad de reacción, molecularidad, etc. Avanzando hasta su aplicación a los diferentes métodos de análisis para determinar la Ley de Velocidad.

**Figura 12. Avance de la información de los tópicos desarrollados en el Programa Tutorial**



Los tópicos que se manejarán a través del tutorial se detallan a continuación en los siguientes diagramas de causa-efecto.

Figura 13. Fundamentos teóricos para el Programa Tutorial

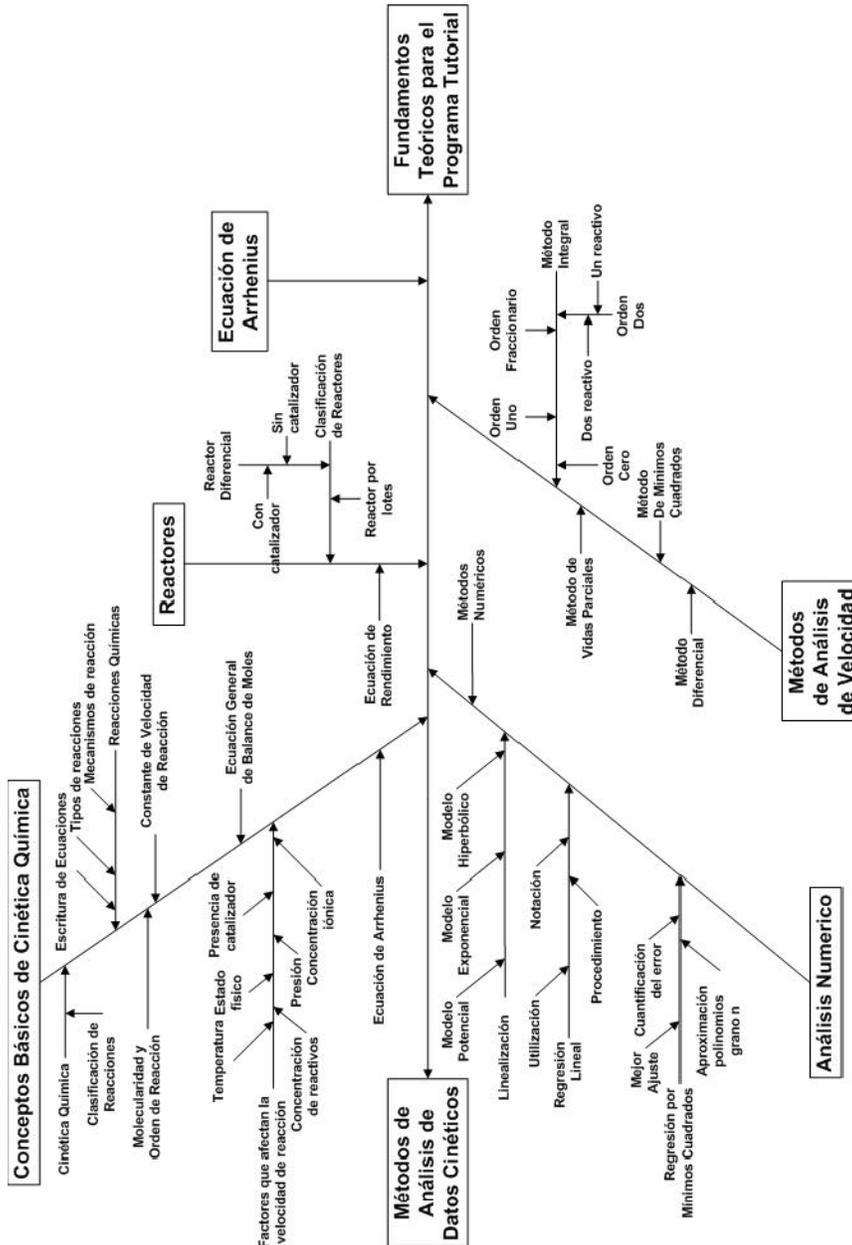
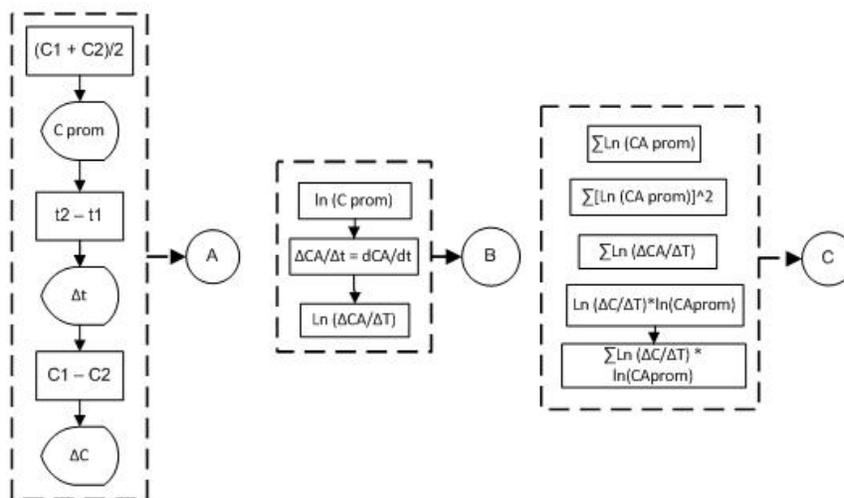
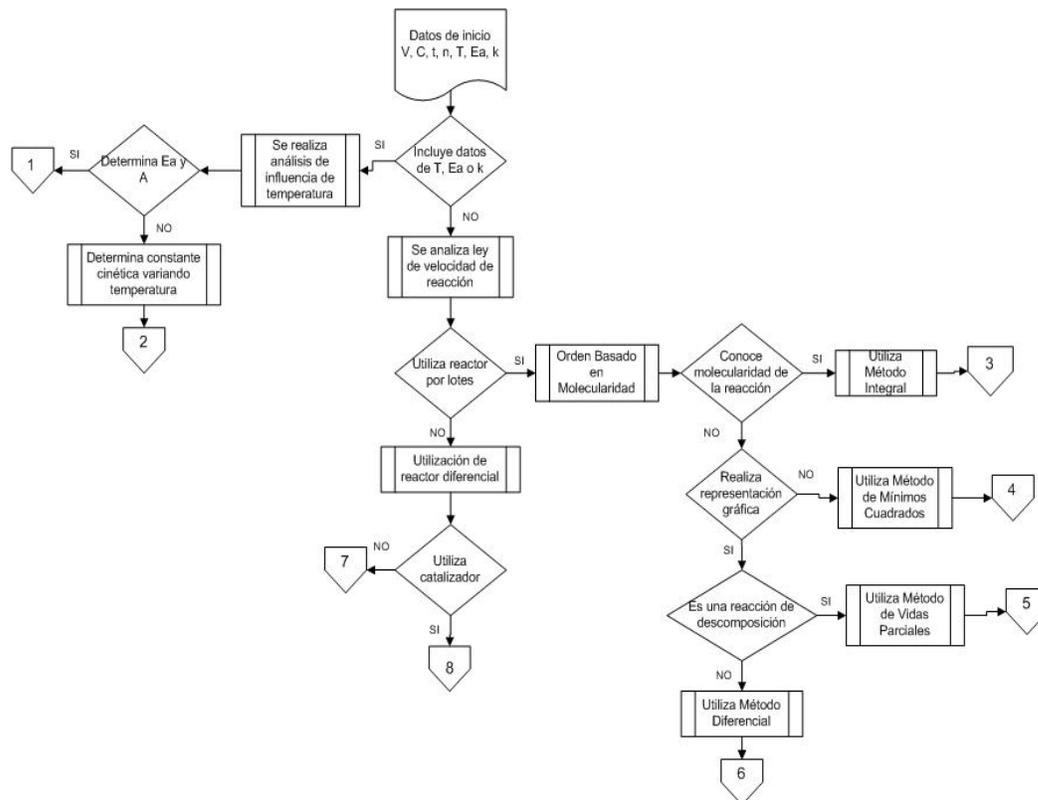
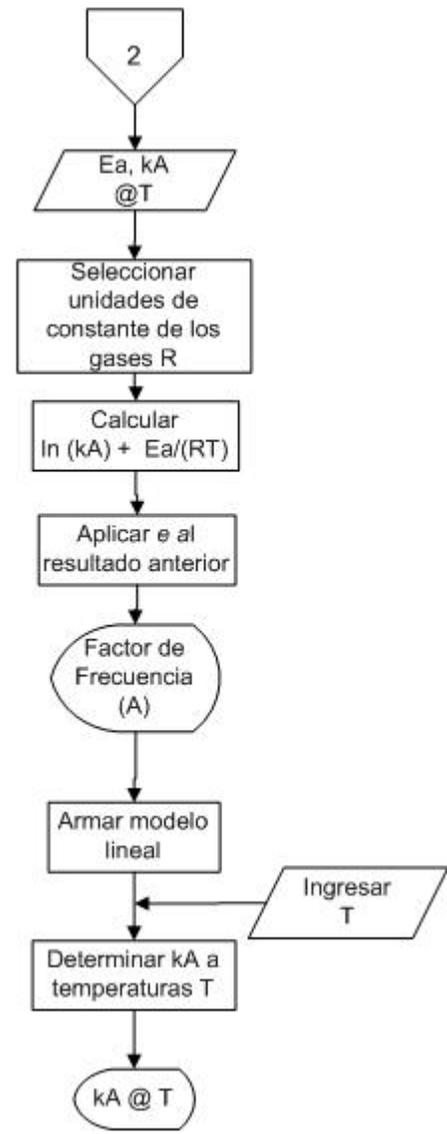
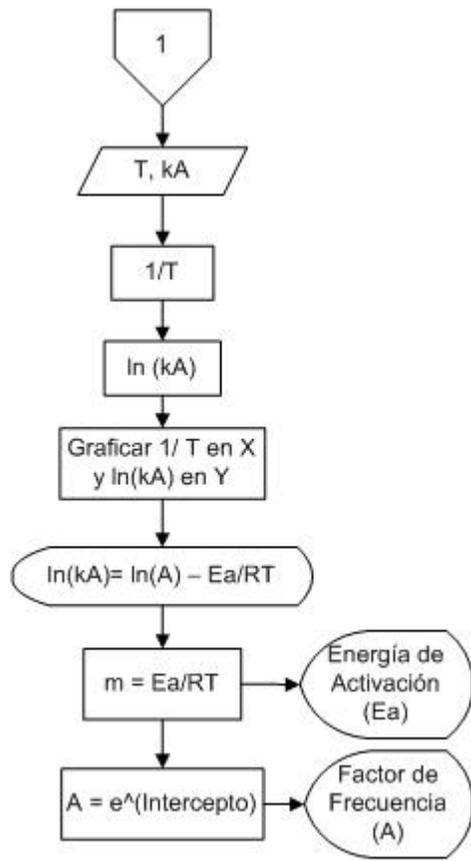
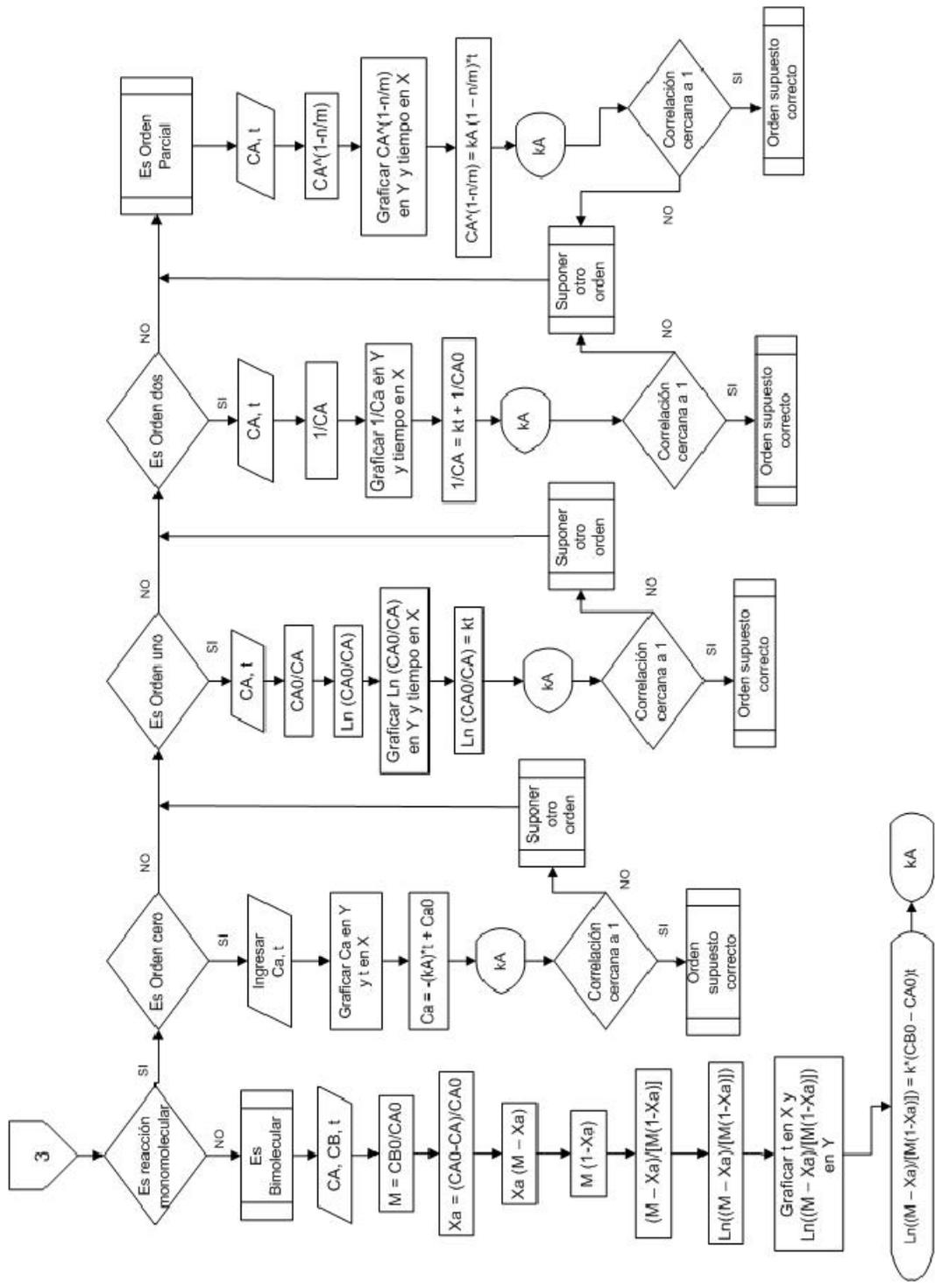


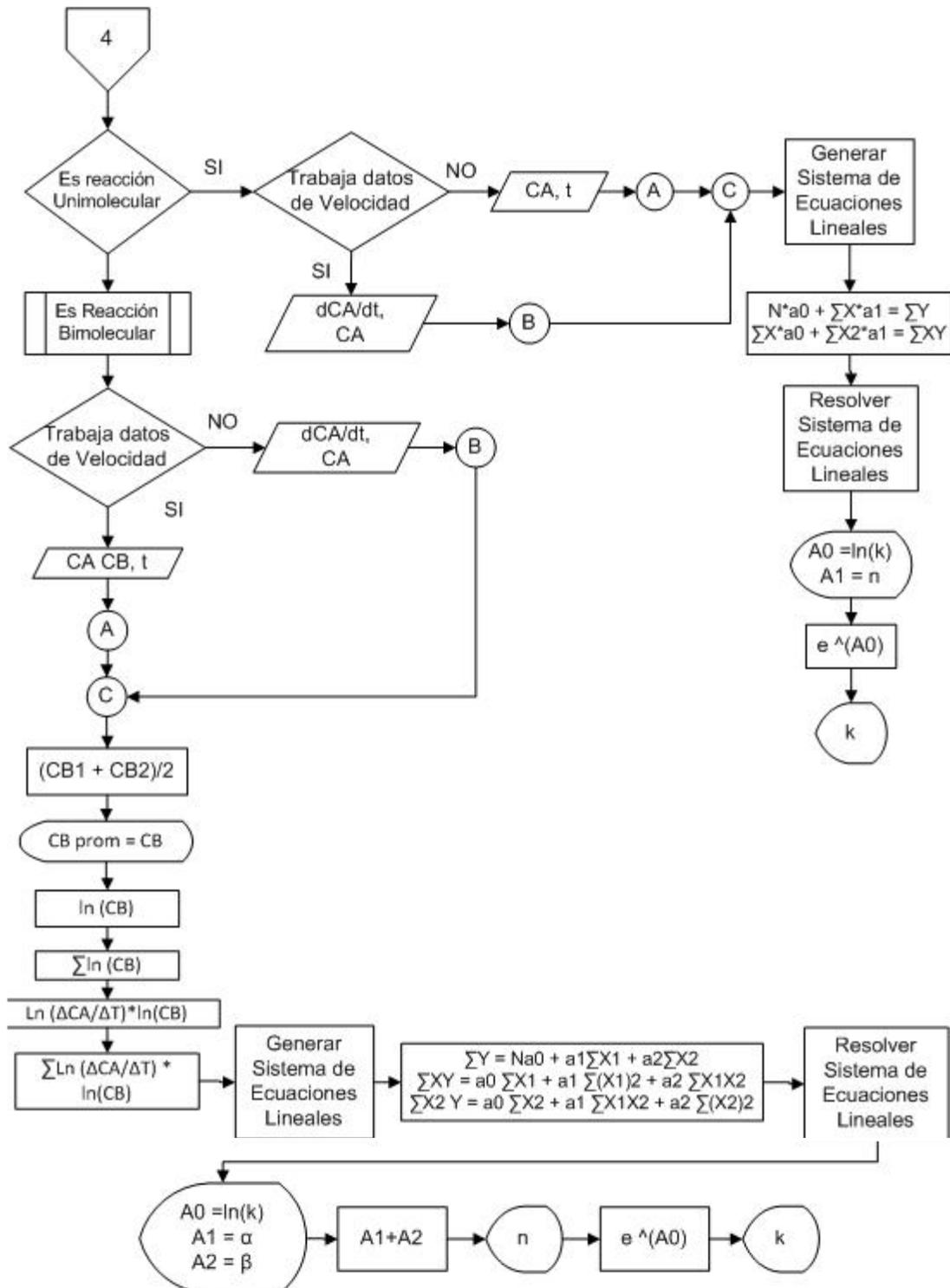


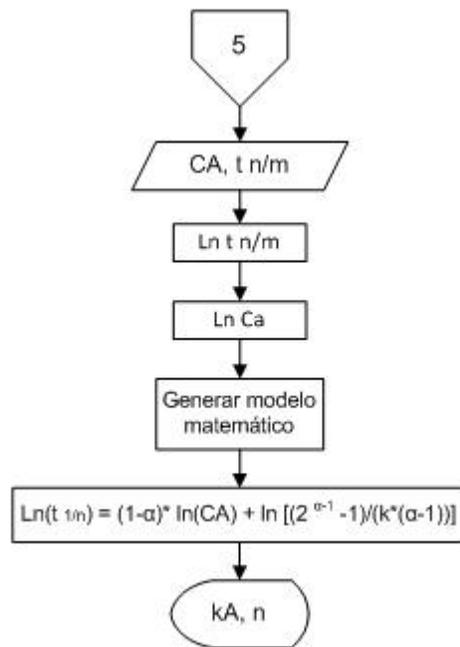
Figura 15. Mapa conceptual de Módulos de Cálculo

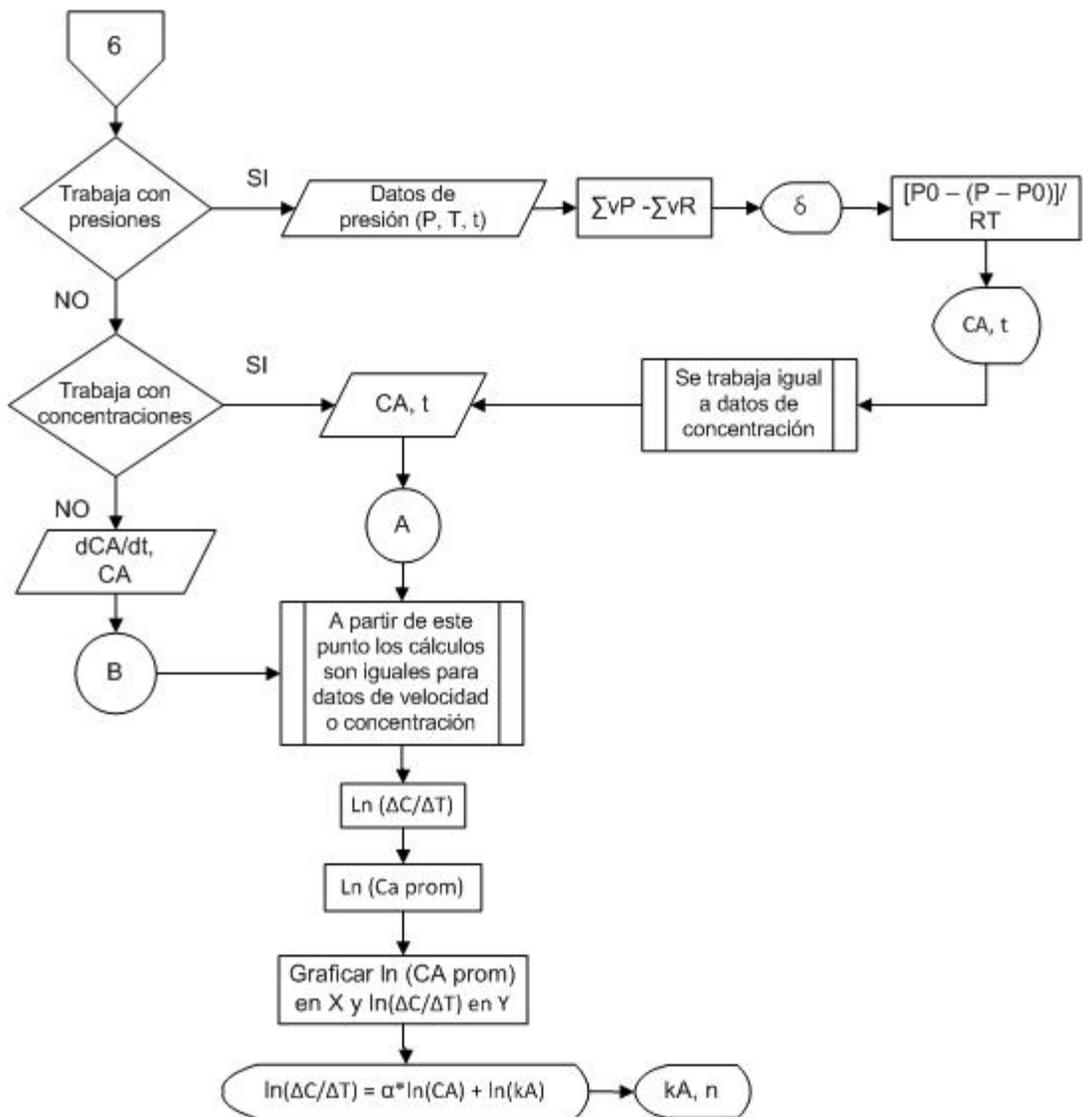


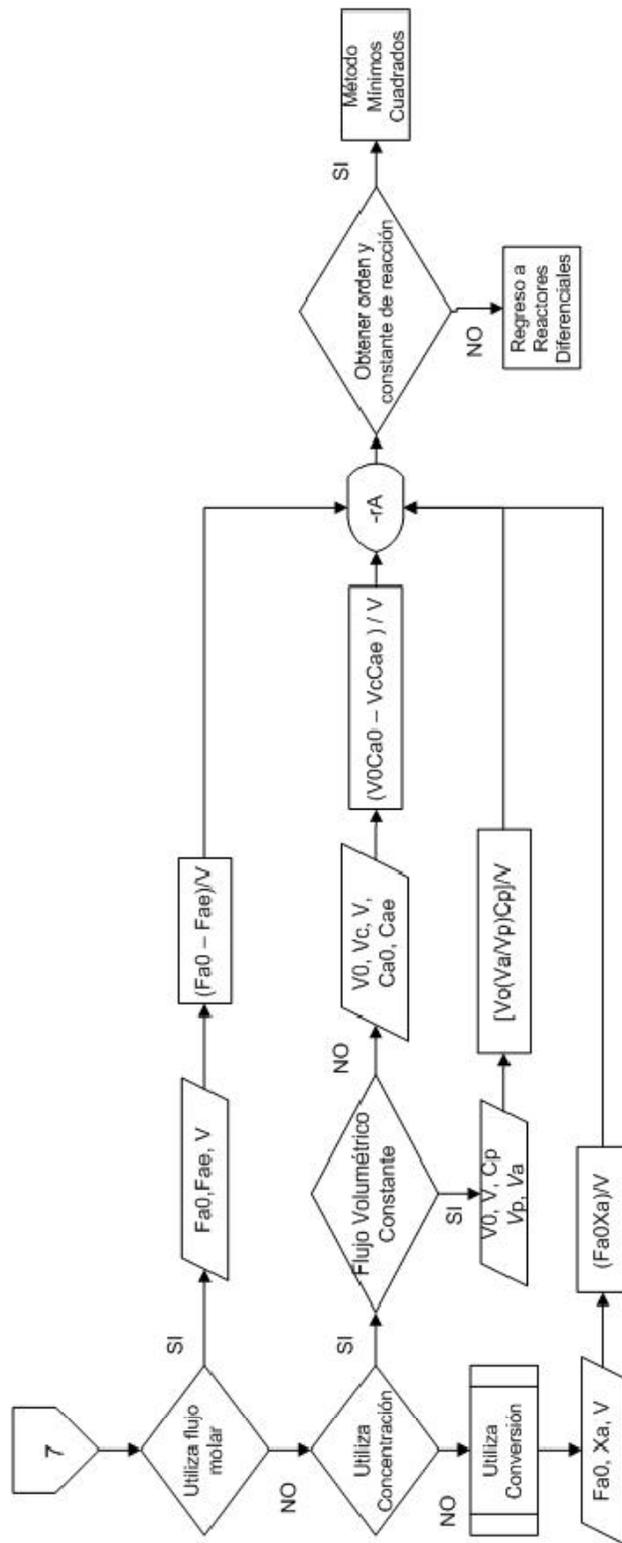


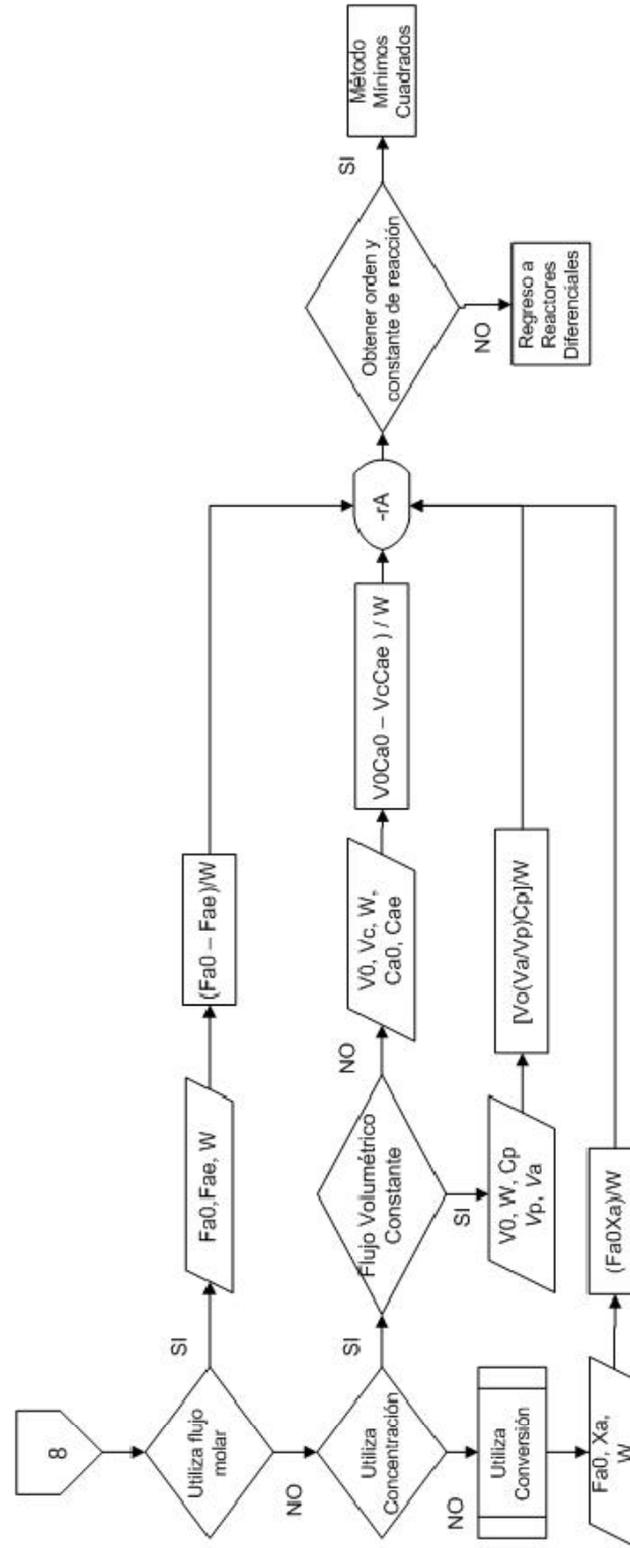












En la Figura 15 se observa el mapa conceptual que representa las decisiones que realiza mentalmente el estudiante para la selección de un módulo de cálculo, además de las operaciones matemáticas que se llevan a cabo en el módulo seleccionado. La selección del módulo depende de lo que desea realizar el usuario y del tipo de datos de entrada que se tengan. En esta figura se muestran además, tres secuencias de cálculos que se repiten en el desarrollo del método diferencial y de mínimos cuadrados.

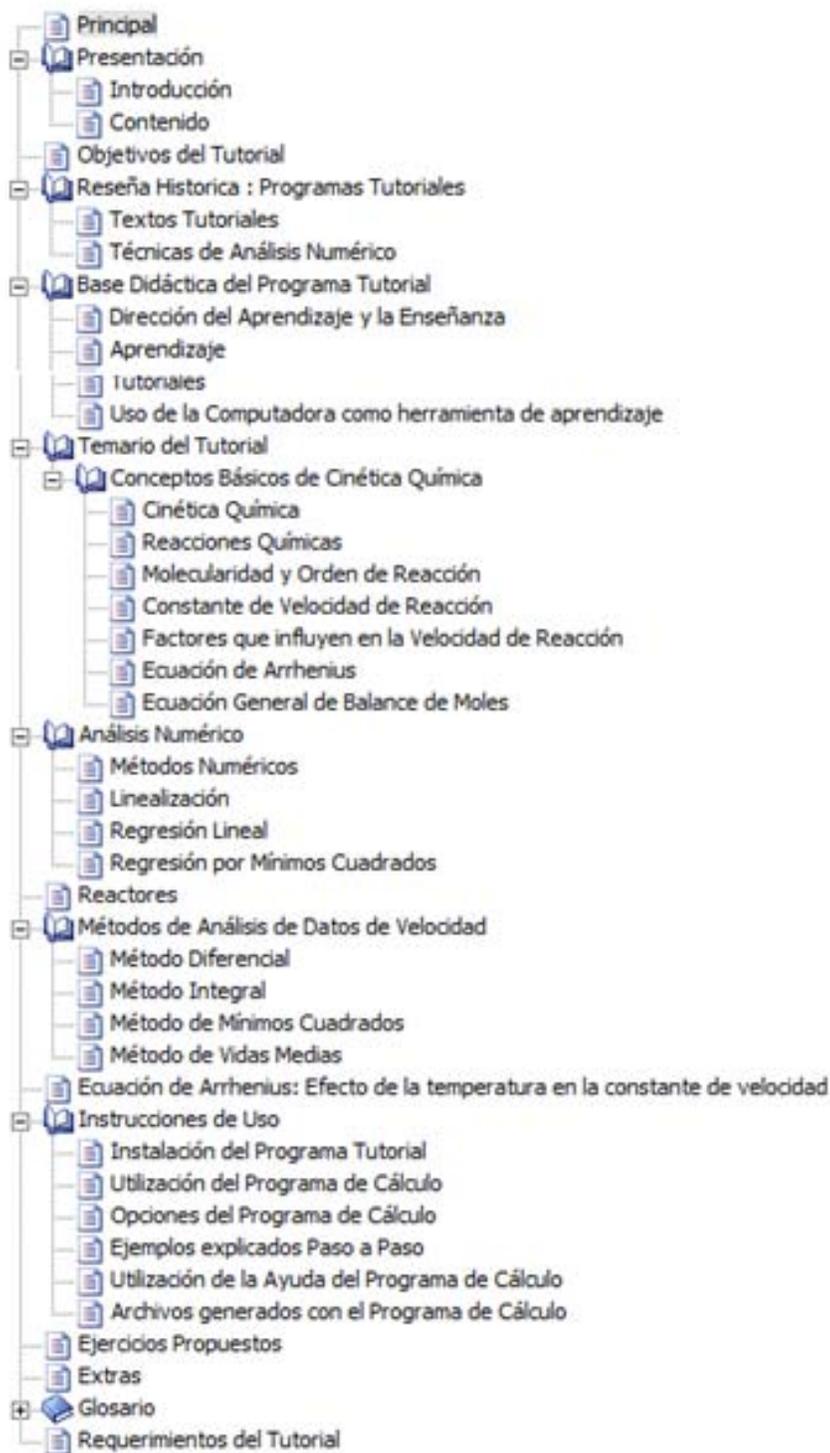
Las decisiones iniciales permiten discriminar entre los módulos de cálculo y permiten escoger al usuario si realizará análisis de temperatura o de velocidad, o si trabajará con reactores por lotes o diferenciales. Las anteriores son las decisiones principales al momento de seleccionar el módulo a utilizar. Posterior a la selección del módulo, se muestra en el mapa conceptual el algoritmo de los cálculos que realiza el módulo para obtener un resultado final.

Además, se observa en la parte inferior del mapa conceptual tres subrutinas de cálculos nombradas como nodos A, B y C. Estas aparecen tanto en el método diferencial como en el de mínimos cuadrados. Lo anterior se debe a que ambos poseen cálculos similares para la obtención de la Ley de Velocidad. La variante consiste en que el primero emplea los datos para realizar gráficas y el segundo los emplea para realizar sumatorias y formar un sistema de ecuaciones.

El programa tutorial pretende que el estudiante realice este análisis lógico preliminar a la selección del módulo de cálculo y sepa el por qué de su decisión.

El programa tutorial presenta la siguiente estructura de temas, de acuerdo al orden lógico y de dificultad de los tópicos tratados en el tutorial.

**Figura 16. Desglose de temas tratados en el Programa Tutor de métodos de análisis de datos de Cinética Química.**



#### **4.1.1.4. Estrategia de enseñanza**

Las estrategias de enseñanza son los procedimientos relacionados con la metodología que utiliza el maestro para facilitar el aprendizaje de sus estudiantes.

Son conjuntos de instrucciones o prescripciones ordenadas para regular el desarrollo de un proceso de intercomunicaciones que provoque experiencias de aprendizaje en los estudiantes.

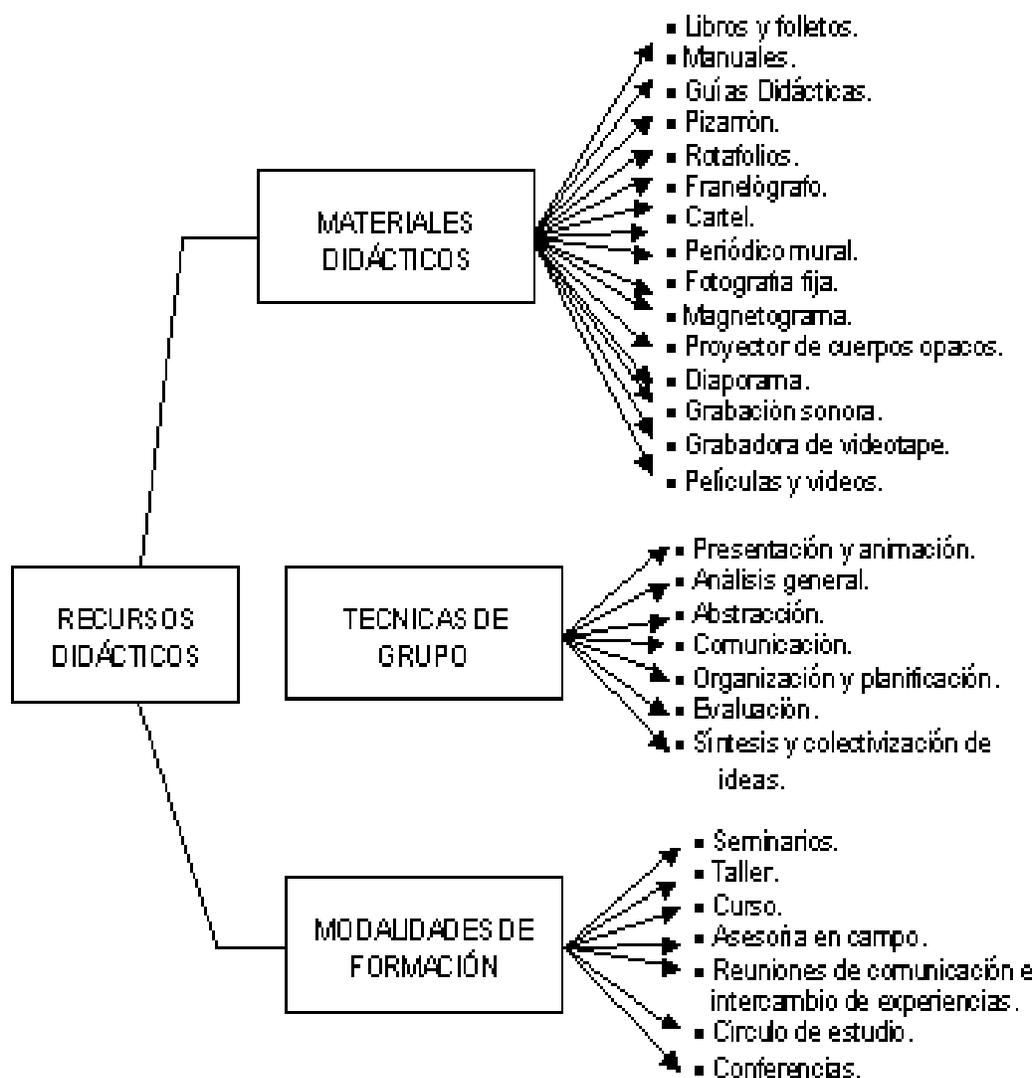
Las estrategias de aprendizaje constituyen un elemento determinante del proceso formativo ya que la riqueza en el desarrollo de los contenidos va a estar en función de la interacción del sujeto con los objetos de aprendizaje.

Por ello las estrategias de aprendizaje deben cumplir una serie de condiciones y cuyas características son:

- Propician que los participantes aprendan mediante los sentidos.
- Aclaran aspectos de difícil comprensión.
- Facilitan el proceso de adquisición de conocimientos.
- Ayudan a esclarecer los contenidos de un tema.
- Centran la atención de los participantes.

A continuación se ilustra los diferentes recursos que utilizan las estrategias de aprendizaje:

Figura 17. Recursos didácticos utilizados en las estrategias de enseñanza



El Tutorial de Métodos de Análisis de Datos de Cinética Química utiliza las siguientes estrategias de aprendizaje:

**Tabla II. Estrategias de enseñanza**

<b>Estrategia de enseñanza</b>	<b>Descripción</b>	<b>Efectos esperados en los alumnos</b>
Objetivos	Descripción de los resultados que se desean del proceso de enseñanza-aprendizaje.	Conoce la finalidad y alcance del material y qué se espera de él al terminar de revisar el material, de sus aprendizajes y lo ayuda a darles sentido.
Explicaciones teóricas	Sistema lógico compuesto de observaciones, axiomas y postulados. Explicación de los temas a desarrollar durante la sesión tutorial.	Sentar las bases de conocimiento necesarias para el entendimiento de los principios en lo que se basa el tutorial y poder ser utilizado por los estudiantes.
Interpretación de modelos matemáticos	Explicaciones de los parámetros y significado gráfico que poseen todas las ecuaciones o modelos matemáticos del tutorial.	Tratan de aumentar el nivel de comprensión respecto a la interacción de las variables en los modelos matemáticos y sus aplicaciones.
Ilustraciones, Diagramas, tablas	Representaciones gráficas de esquemas de conocimiento (indican conceptos, proposiciones y explicaciones).	Facilita la codificación visual de la información.

Módulos de Cálculo	Serie de programas de cálculo relacionados. Cada uno está especializado en el cálculo de la Ley de Velocidad de reacción, basado en los datos de entrada del sistema.	Permite reducir considerablemente el tiempo de resolución de problemas de análisis numérico, invirtiendo más tiempo en la interpretación de respuestas. Capacidad de variar condiciones de entrada y evaluar su impacto en la Ley de Velocidad.
Explicaciones Paso a Paso	Presentaciones animadas que explican paso a paso los cálculos y resultados que se obtienen con cada módulo de cálculo.	Exponer al estudiante el conocimiento matemático relacionado con el módulo de cálculo para que fortalezca lo aprendido en las explicaciones teóricas y sepa interpretar los resultados obtenidos.
Evaluaciones intercaladas en presentaciones paso a paso	Cuestionarios dentro de las explicaciones.	Permite practicar y consolidar lo que ha aprendido. Autoevalúa gradualmente.
Archivo de Ayuda	Archivo que contiene documentación teórica relacionada al tutorial y elementos interactivos como figuras, libros, diagramas, animaciones, etc.	Herramienta de aprendizaje y consulta del estudiante durante la utilización del Tutorial. Permite guiar al estudiante en el pensamiento lógico en la obtención numérica y gráfica de la Ley de Velocidad.

	Textos explicativos que ofrecen información sobre el cálculo numérico y gráfico de la Ley de Velocidad.	
Elementos en formato Flash y Java	Herramientas animadas e interactivas en el estudio de temas puntuales dentro del tutorial. Simuladores para evaluar condiciones específicas de velocidad o para demostrar la influencia de ciertas variables en ella.	Propician medios virtuales de resolución de problemas sobre temas relacionados con la Ley de Velocidad. Evaluar a través de la práctica la influencia de ciertas variables en la Ley de Velocidad.

#### 4.1.1.5. Experiencias de aprendizaje independiente

La **enseñanza individual** se apoya en la teoría de que el aprendizaje es algo a realizar por el mismo individuo y que se logra mejor cuando el alumno trabaja por su propia cuenta, se dedica a realizar las tareas (a través de la práctica) y obtiene resultados correctos (a través del análisis).

**Son las actividades fuera del aula que realizará estudiante para enriquecer el proceso de aprendizaje y afianzar los conocimientos adquiridos en el aula.** Es fundamental para el correcto desarrollo del estudiante que después de cada sesión de clase se realicen prácticas con el tutorial (tareas/ ejercicios).

Es una finalidad de este tutorial, ser una herramienta de complemento hacia las actividades que se realizan dentro del aula para enriquecer los contenidos que se imparten en las clases magistrales por el profesor titular del curso. El tutorial adquiere el carácter de un tutor en casa que se ajusta al ritmo de aprendizaje del estudiante, permitiéndole estudiar los temas que se le dificulten o repasar lo visto en clase. Además el tutorial presenta la ventaja de que el estudiante puede consultarlo en cualquier momento del día y durante el tiempo que el desee hasta estar satisfecho con su sesión de estudio.

#### **4.1.1.6. Experiencias de aprendizaje con docente**

En la enseñanza sobre el aprendizaje. El docente transmite a los alumnos el conocimiento que él posee acerca de aquello que ha de aprenderse, tal es el caso de la exposición (por discurso o por demostración, entre otras) y de la enseñanza por elaboración (conversación, enseñanza por preguntas).

Las experiencias de aprendizaje con el docente son procedimientos o acciones que el estudiante realiza y emplea de forma flexible para aprender y recordar la información, para desarrollar alguna habilidad, beneficiando los procesos de adquisición, almacenamiento y utilización de la información, así como el desarrollo de habilidades. También las experiencias de aprendizaje se conceptualizan como un conjunto de operaciones, acciones o tareas por medio de las cuales el estudiante se relaciona con el objeto de estudio o situación de aprendizaje en incluyen habilidades, conductas, técnicas y destrezas que facilitan la comprensión y apropiación del contenido de la asignatura.

Aquí es importante que usted profesor responda a las siguientes preguntas: ¿De qué manera me aseguro de que el estudiante viva una experiencia que le genere un nuevo aprendizaje, o sea, un cambio?

Este cambio puede desarrollarse en tres ámbitos:

- Ampliar el observador que es el estudiante.
- Generar emociones que apoyen la continuidad del cambio (aprendizaje)
- El establecimiento de nuevas conductas.

Es importante que el docente relacione las experiencias de aprendizaje previamente establecidas con las siguientes habilidades:

- **Comunicarse efectivamente**

Adecuada expresión oral y escrita con dominio del idioma que le permita comprensión y comunicación. Dominio de las herramientas tecnológicas e informáticas de actualidad.

- **Ejercer liderazgo**

Que inspire a otros a confiar en un futuro deseable, a generar acción y a asumir retos hasta el logro de su objetivo final. Liderazgo basado en el cuidado de las relaciones entre personas.

- **Dominar la interdependencia**

Pensar y crear en equipo, identificar y solucionar problemas de manera colaborativa e interdisciplinaria. Ampliar su capacidad de acción por la alianza con otros y manejo adecuado de conflictos grupales. Crear espacios de confianza para el cumplimiento de compromisos y cuidado de las relaciones.

- **Dominar el cambio**

Es la capacidad de anticipar escenarios futuros confiando en su creatividad, iniciativa, innovación y efectividad para el manejo de la incertidumbre. Es adaptarse a los cambios.

- **Emprender**

Poseer visión a futuro y las habilidades necesarias para promover las oportunidades de crecimiento y desarrollo.

- **Manejar altos niveles de integridad**

Responsable de sus actos y del futuro que construye, desarrollar una visión y actitud de respeto hacia él mismo y otros. Capaz de lograr el espacio de convivencia social.

#### **4.1.1.7. Estrategias de evaluación de contenidos**

Evaluación puede conceptualizarse como un proceso dinámico, continuo y sistemático, enfocado hacia los cambios de las conductas y rendimientos, mediante el cual verificamos los logros adquiridos en función de los objetivos propuestos. La Evaluación adquiere sentido en la medida que comprueba la eficacia y posibilita el perfeccionamiento de la acción docente.

La enseñanza está al servicio de la educación, y por lo tanto, deja de ser objetivo central de los programas la simple transmisión de información y conocimientos. Existiendo una necesidad de un cuidado mayor del proceso formativo, en donde **la capacitación del alumnado está centrada en el autoaprendizaje, como proceso de desarrollo personal. Bajo la perspectiva educativa, la evaluación debe adquirir una nueva dimensión, con la necesidad de personalizar y diferenciar la labor docente.**

Evaluación implica comparación entre los objetivos impuestos a una actividad intencional y los resultados que produce. Es preciso evaluar no solamente los resultados, sino los objetivos, las condiciones, los medios, el sistema pedagógico y los diferentes medios de su puesta en acción.

Esto supone:

- **Evaluación del contexto**

Determinar los objetivos, sus posibilidades, sus condiciones y medios de realización, lo que nos será de fundamental importancia al momento de elaborar la planificación.

- **Evaluación de las necesidades inherentes al proyecto (Input - Entradas)**

Es la determinación de la puesta en práctica, de los recursos y de los medios.

- **Evaluación del proceso**

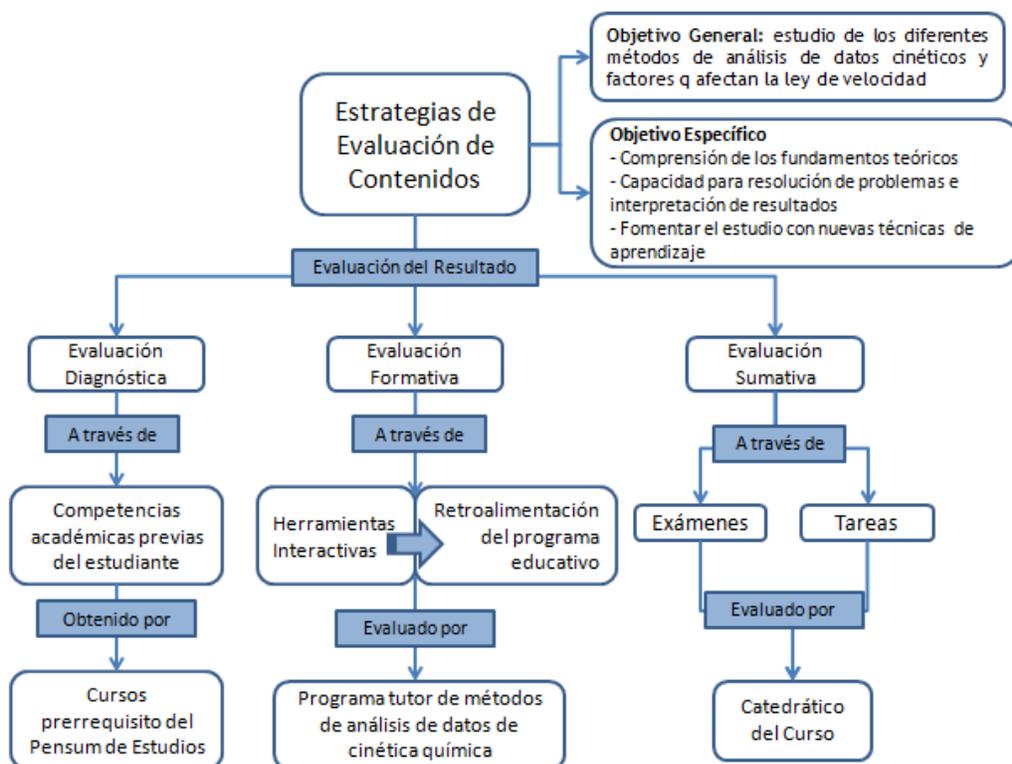
Estudio de los datos sobre los efectos que produjeron los métodos empleados, su progresión, sus dificultades y su comparación para tomar decisiones de ejecución.

- **Evaluación del resultado**

Es la medición, interpretación, juicio acerca del cumplimiento de los objetivos, de la eficacia de la enseñanza, en suma, evaluación de los resultados para tomar decisiones de reciclaje.

Estos diferentes momentos de la evaluación cumplen un papel fundamental en las decisiones relativas a la planificación, los programas, la realización y el control de la actividad.

**Figura 18. Estrategias de evaluación de contenidos**



La gran mayoría de los autores agrupan los diferentes objetivos y funciones de la evaluación que ya enumeramos en tres grandes categorías:

- **La evaluación predictiva o inicial (diagnóstica)**

Se realiza para predecir un rendimiento o para determinar el nivel de aptitud previo al proceso educativo. Busca determinar cuáles son las características del alumno previo al desarrollo del programa, con el objetivo de ubicarlo en su nivel, clasificarlo y adecuar individualmente el nivel de partida del proceso educativo.

El previo conocimiento del perfil del estudiante, permite al instructor o tutor orientar el aprendizaje del alumno de acuerdo a sus capacidades, necesidades y objetivos a cumplir respecto al curso.

- **La evaluación formativa**

Es aquella que se realiza al finalizar cada tarea de aprendizaje y tiene por objetivo informar de los logros obtenidos, y eventualmente, advertir donde y en qué nivel existen dificultades de aprendizaje, permitiendo la búsqueda de nuevas estrategias educativas más exitosas. Aporta una retroalimentación permanente al desarrollo del programa educativo.

Esta evaluación es realizada por el programa tutor, quien informa a los usuarios (estudiantes) sobre sus progresos y puntos débiles. Además retroalimenta el avance a través de un porcentaje de cumplimiento al finalizar la evaluación.

- **La evaluación sumativa**

Es aquella que tiene la estructura de un balance, realizada después de un período de aprendizaje en la finalización de un programa o curso.

Sus objetivos son calificar en función de un rendimiento, otorgar una certificación, determinar e informar sobre el nivel alcanzado a todos los niveles (alumnos, padres, institución, docentes, etc.).

Esta evaluación está compuesta por los exámenes escritos, tareas o ejercicios que realicen los catedráticos que imparten los cursos FISICOQUÍMICA 2 y CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS. De acuerdo a la puntuación asignada a los exámenes y tareas se determinará si el estudiante los ha aprobado, basándose en los conocimientos que se imparten en el curso.

## **4.2. Módulo estudiante en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química**

El Módulo del Estudiante, está compuesto por las actividades que se diseñaron y desarrollaron en el programa tutorial para que el estudiante aprenda, estudie y repase los diferentes temas de métodos de análisis de datos cinéticos.

El módulo se ha organizado en dos subtemas principales para garantizar el cumplimiento de los objetivos del tutorial. Estos subtemas son:

- Perfil del estudiante (usuario) que utilizará el programa tutorial.
- Sesión de enseñanza – aprendizaje, mediante herramientas y componentes del programa tutorial.

El perfil del estudiante se refiere a las características personales y competencias académicas que ha adquirido previo a la utilización del programa tutorial. El segundo subtema se refiere a la descripción de las actividades, herramientas y componentes de la sesión de aprendizaje que posee el sistema tutorial que utilizará el usuario.

### **4.2.1. Perfil del estudiante**

#### **4.2.1.1. Características personales**

En esta sección se encuentran la información sobre las características personales del estudiante que se tiene proyectado utilizará el programa tutorial. Son **características socio – culturales en promedio** de los posibles usuarios.

<b>Edad :</b>	18 – 23 años
<b>Sexo:</b>	No restrictiva
<b>Estado Civil:</b>	Soltero/a – Casado/a
<b>Nacionalidad:</b>	Centroamericano/a
<b>Escolaridad:</b>	Estudios finalizados en Primaria, Secundaria y Diversificado
<b>Profesión u oficio:</b>	Estudiante de Ingeniería Química en la Universidad de San Carlos de Guatemala
<b>Residencia:</b>	Ciudad de Guatemala
<b>Idioma principal:</b>	Español
<b>Origen étnico:</b>	No restrictiva
<b>Situación económica:</b>	No restrictiva
<b>Motivación:</b>	Aprobar el curso de Fisicoquímica 2 o Cinética de Procesos Químicos en la Carrera de Ingeniería Química
<b>Habilidades Sensoriales:</b>	Principales: Visual y Auditiva
<b>Religión:</b>	No restrictiva

#### 4.2.1.2. Competencias académicas

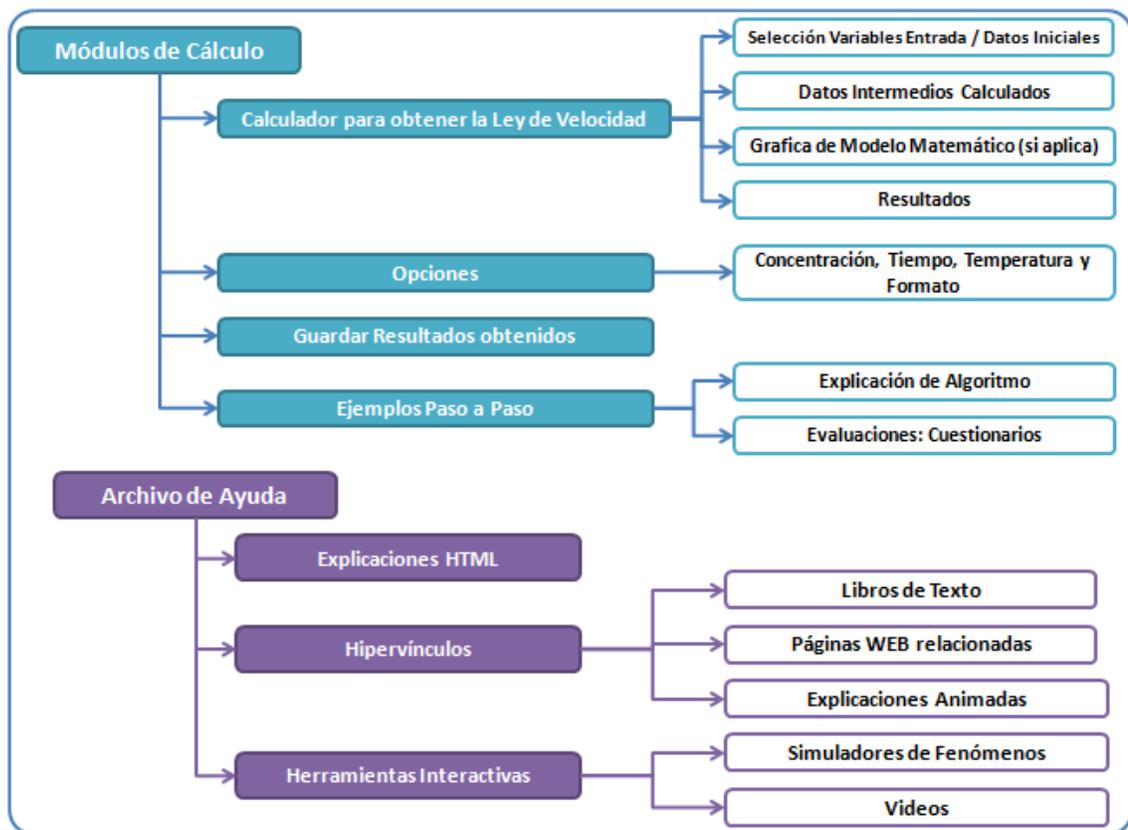
En esta sección se encuentran las competencias académicas del estudiante que se tiene proyectado utilizará el programa tutorial. **Estas características se consideran necesarias para que el estudiante pueda utilizar el programa tutorial adecuadamente.** El estudiante DEBE:

- Interpretar las propiedades intrínsecas y extrínsecas de la materia a través de la estructura constitutiva de esta, según los diferentes estados en los que se presenta en la naturaleza, y las interconversiones entre ellos.
- Entender el intercambio energético involucrado en toda transformación de las formas de la material.
- Conocer cómo interactúan los reactivos para formar productos y utilizar modelos matemáticos para describir la velocidad de interacción en términos de órdenes de reacción.
- Comprender el concepto de medición y conocer a expresar apropiadamente los fenómenos medibles fundamentales en magnitud (cifras) y dimensión (unidades).
- Conocer los componentes fundamentales de la materia, en el ámbito del estudio químico, sus propiedades, relaciones y medidas.
- Poseer conocimientos básicos de termodinámica: Sistemas, estados y procesos, Energía interna, Influencia de la presión y volumen en una reacción.
- Poseer conocimientos básicos de reactores y su funcionamiento.
- Poseer habilidad numérica para efectuar cálculos matemáticos a partir de ecuaciones, despeje de ecuaciones e interpretación de modelos matemáticos.
- Poseer conocimiento sobre equilibrio de las reacciones simples.
- Poseer conocimientos de formulación y manipulación algebraica de ecuaciones y resolución ecuaciones polinomiales.
- Poseer capacidades para la utilización de nuevas tecnologías aplicadas a los computadores personales.
- Poseer capacidades para la utilización de los programas computacionales: Office Excel, Office Power Point, y opciones de ventanas de ambiente Windows.

#### 4.2.2. Sesión de Enseñanza – Aprendizaje: Componentes del sistema

Los conocimientos que se imparten en el sistema tutor se dividen en dos partes: la primera comprende 7 módulos de cálculo que aplican algoritmos de análisis numérico para analizar diferentes tipos de datos cinéticos y obtener la Ley de Velocidad que los rige. En la segunda parte comprende un archivo de ayuda en formato HTML en donde se encuentra toda la información de soporte teórico, expuesta en una estructura ordenada de acuerdo al nivel de conocimientos que el estudiante va adquiriendo.

Figura 19. Actividades a desarrollar con el Programa Tutorial



## 4.2.2.1. Módulos de cálculo

### 4.2.2.1.1. Calculador para obtener Ley de Velocidad

Son los subprogramas encargados de analizar los datos de entrada y realizar los cálculos matemáticos necesarios para obtener orden de reacción, constante cinética de equilibrio y el modelo matemático que se ajuste a los datos iniciales. En el tutorial, los módulos de cálculo se visualizan en dos formas, dependiendo si son para reactores por lotes o reactores diferenciales. Las figuras siguientes muestran las partes de estos dos tipos de visualización.

Figura 20. Partes de los módulos de cálculo: Reactores por lotes

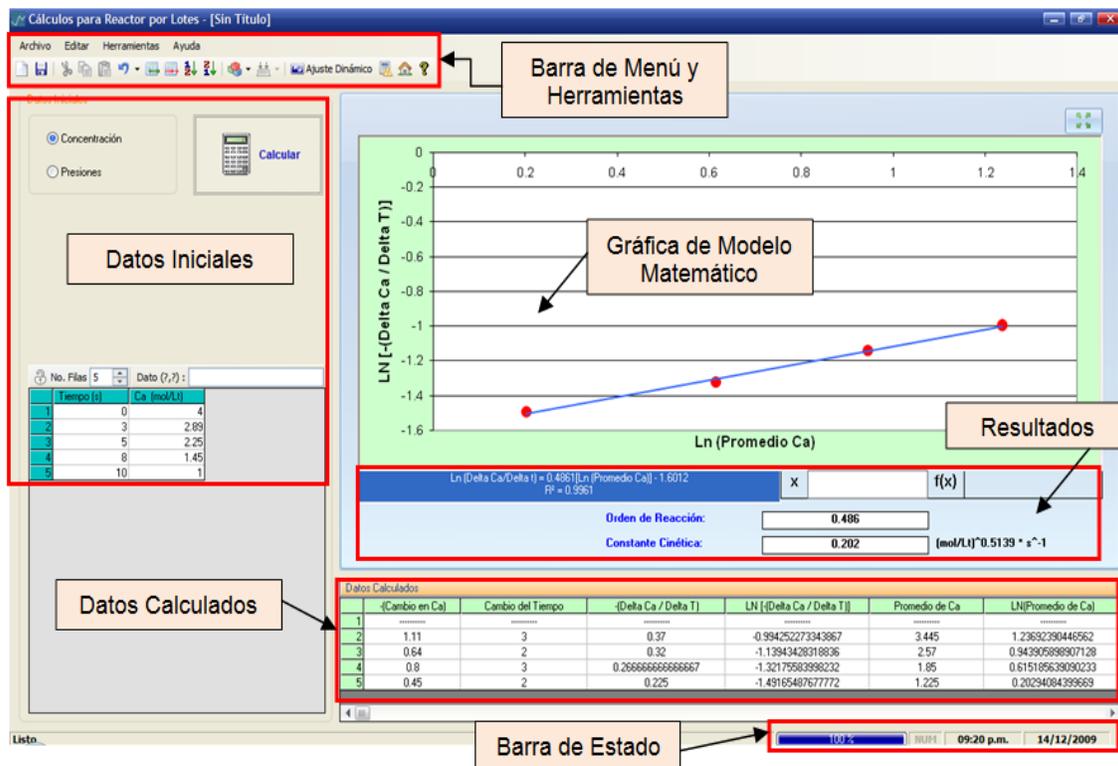
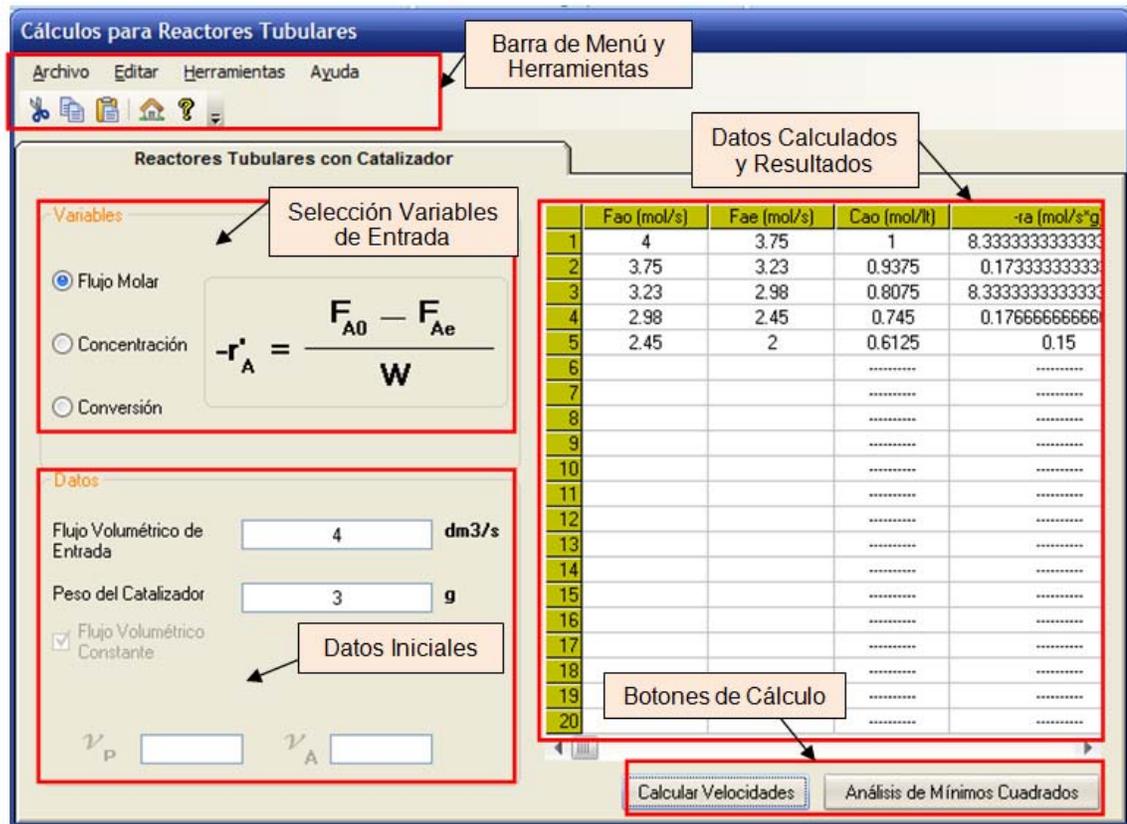


Figura 21. Partes de los módulos de cálculo: Reactores diferenciales

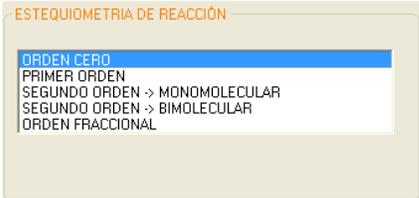
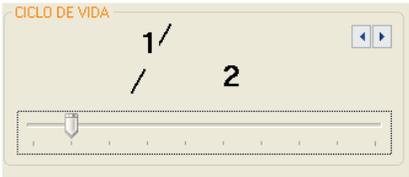
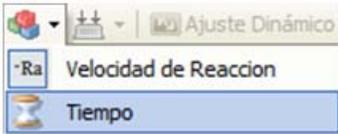


- **Selección variables de entrada / Datos iniciales**

Sección que se encuentra en el lado izquierdo de la ventana. Se encuentra dividida en dos partes: Selección de datos de entrada e ingreso de datos iniciales. La primera parte permite seleccionar el tipo de datos iniciales que se ingresará al sistema (número de datos, ecuaciones a utilizar, parámetros disponibles). La segunda parte está formada por una serie de campos en blanco, donde el usuario ingresa los datos iniciales.

Para reactores por lotes es posible seleccionar alguna de las opciones que se muestran en la Tabla III, dependiendo del módulo de cálculo en el que se trabaje.

**Tabla III. Opciones de sección datos iniciales de módulos para reactores por lotes**

Modulo de Cálculo	Descripción	Visualización
Método Diferencial	Selección de datos iniciales	
	Calculo de estequiometria de reacción cuando se utilizan datos de presión	
Método Integral	Selección de la estequiometria de la reacción. Permite seleccionar el orden supuesto para la reacción a trabajar.	
Método de Mínimos Cuadrados	Permite trabajar con uno o dos reactivos.	
Método de Vidas Parciales	Permite seleccionar el ciclo de vida para evaluar los datos. Este ciclo de vida puede ser cualquier tipo de fracción. Si no se modifica esta opción, se calculará la en base a la vida media de reacción.	
Método Diferencial, Método Mínimos Cuadrados	Ubicada en la barra de herramientas, permite seleccionar el tipo de datos de ingreso: velocidad de reacción – concentración, concentración – tiempo.	

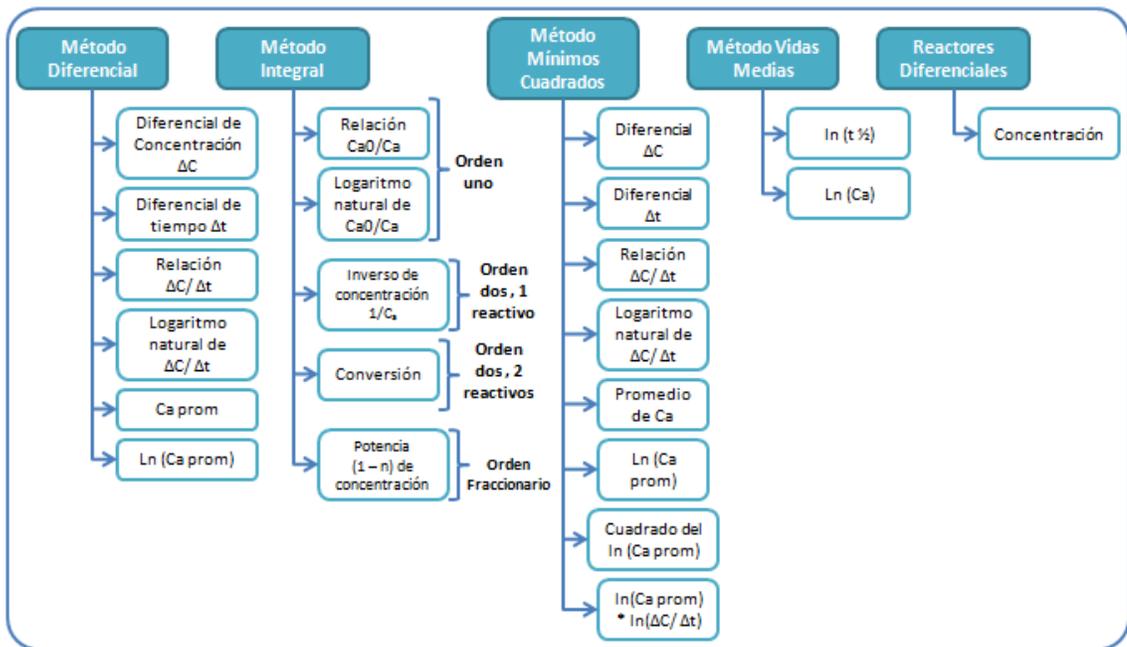
Para reactores diferenciales, las opciones de selección de variables se muestran en la Figura 21 y son: flujo molar, concentración y conversión.

- **Datos intermedios calculados**

Sección que se encuentra ubicada en la esquina inferior derecha para módulos de reactores por lotes y en la esquina superior derecha para módulos de reactores diferenciales (ver Figuras 20 y 21). En esta sección se muestran todos los cálculos realizados con los datos iniciales para obtener los resultados.

En la Figura 22 se muestran los cálculos intermedios que se obtienen con los módulos de cálculo para reactores por lotes y con los módulos para reactores diferenciales.

**Figura 22. Datos intermedios módulos para reactores por lotes**



- **Gráfica modelo matemático**

Representación gráfica en coordenadas cartesianas del modelo matemático generado para el método de análisis de datos seleccionado. Los ejes vertical y horizontal son valores calculados que dependen del método de análisis, cuyos valores se encuentran en el área de datos calculados y se muestran como puntos rojos en la gráfica. La línea de tendencia que representa el modelo matemático se muestra como una figura de color azul.

El método integral para reactores por lotes, permite evaluar un mismo grupo de datos con diversos órdenes de reacción. Para determinar cuál de los modelos generados es el que mejor se adapta a los datos, se presenta la opción de comparar los resultados. Esta herramienta se encuentra en la parte superior de la gráfica y muestra como correcto el modelo cuya correlación se acerque más a uno.

**Figura 23. Comparación de resultados para Método Integral**



El método de mínimos cuadrados y los módulos para reactores diferenciales no tienen área gráfica, ya que no son métodos gráficos de análisis.

- **Resultados**

Para los módulos de reactores por lotes los resultados se presentan en la sección que se encuentra debajo de la gráfica. Aquí se presentan los valores obtenidos mediante el algoritmo de cálculo del programa informático. La información presentada se divide en dos secciones: *Resultados cinéticos* y *Modelo matemático del gráfico*.

La primera sección es estática y solo muestra los valores obtenidos para la constante de velocidad de reacción con sus unidades y el orden de reacción para los datos. La segunda sección es dinámica, muestra el modelo matemático que representa la gráfica y permite evaluar puntos específicos en él.

- **Ayuda inteligente**

Ayuda al usuario en forma de citas textuales que ofrece información concisa y breve acerca de los diferentes objetos gráficos que se dibujan dentro de las barras de menú y herramientas de los programas de cálculo. La principal capacidad que tiene este componente es la dinámica del contenido que muestra cada vez que es invocado al estar posicionado el cursor sobre el ícono del comando.

#### **4.2.2.1.2. Opciones**

Las opciones que pueden modificarse en el programa de cálculo son para la visualización de los datos y para presentación de resultados. Pueden modificarse cuatro tipos de datos: Concentración, Tiempo, Temperatura y Formato de los datos.

Puede accederse a través de dos formas: en la barra de herramientas o en la barra de menú. La Figura 24 muestra las cuatro opciones que pueden modificarse en los módulos de cálculo.

- **Concentración**

Permite convertir los datos a diferentes unidades de concentración. Dependiendo de las unidades seleccionadas, debe introducirse el peso molecular de la sustancia.

- **Tiempo**

Permite convertir a diferentes unidades de tiempo los datos ingresados o los resultados obtenidos. Permite convertir a diferentes unidades de tiempo los datos ingresados o los resultados obtenidos.

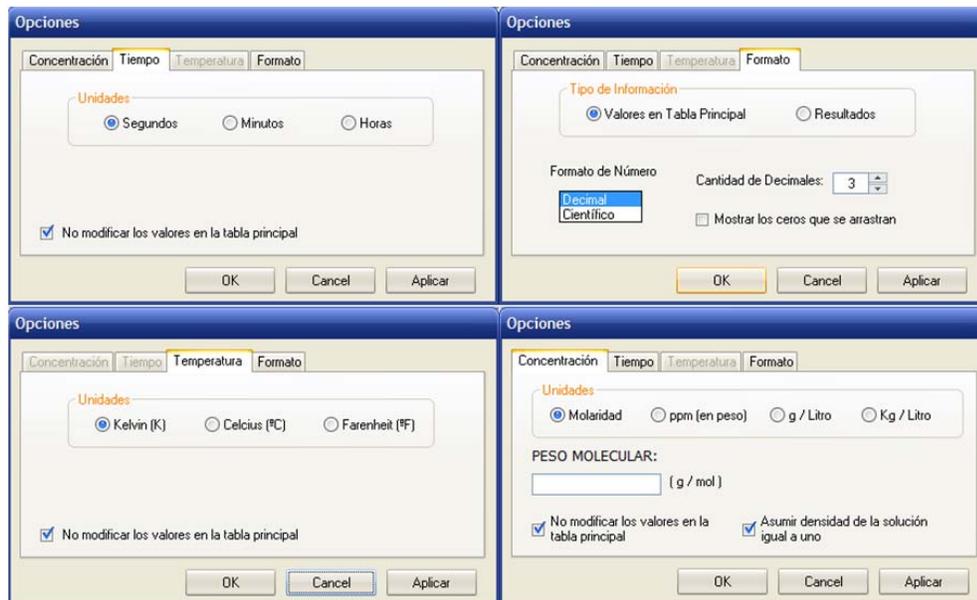
- **Temperatura**

Permite convertir a diferentes unidades de temperatura los datos ingresados o los resultados obtenidos.

- **Formato de los datos**

Permite establecer el formato numérico que tendrán los datos iniciales y los resultados. Puede seleccionar el número de decimales que tendrán los datos, formato decimal o científico.

**Figura 24. Opciones de los módulos de cálculo**

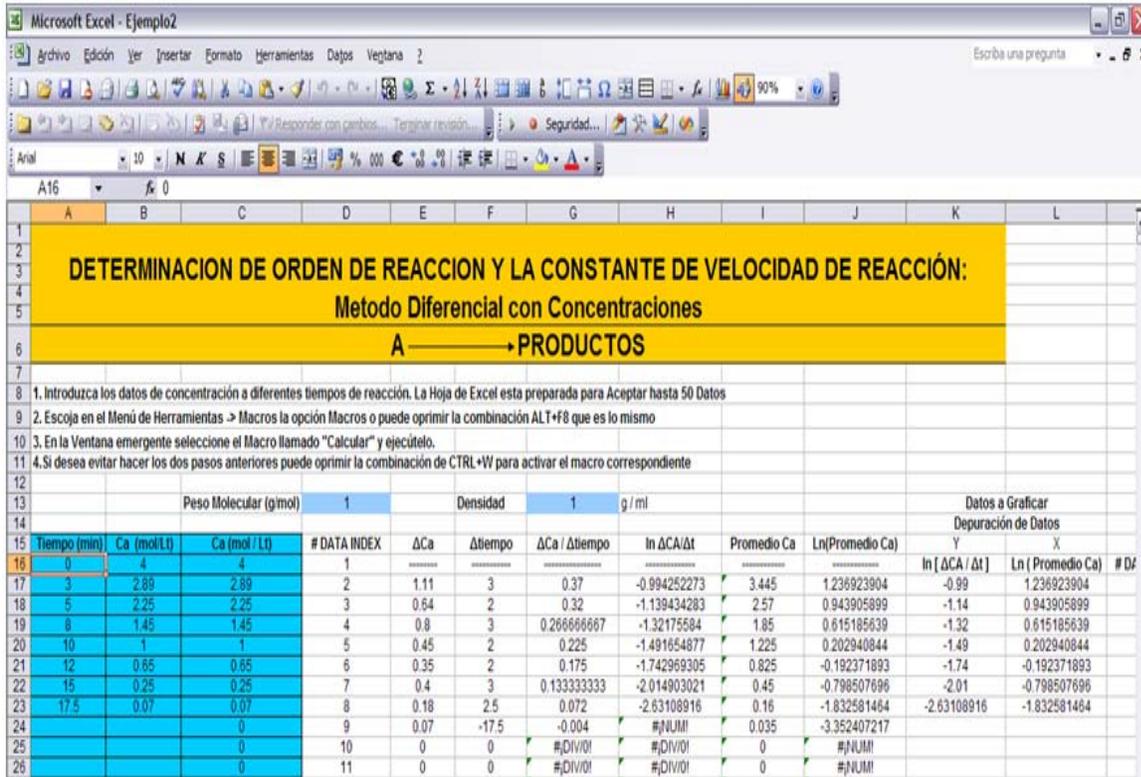


#### **4.2.2.1.3. Guardar resultados obtenidos**

El programa informático tiene la opción de almacenar los datos calculados con los diferentes módulos de cálculo para su posterior edición. El documento generado es un archivo de EXCEL que contiene los datos iniciales del problema, los cálculos intermedios, gráficas y los resultados finales. Esto permite la manipulación directa de la información para la generación de reportes y otros usos que pueda requerir el estudiante o instructor del curso.

Cada vez que se guarda un problema resuelto con los módulos de cálculo del tutorial se genera un nuevo archivo de Excel, es decir, se guardará un archivo de Excel por problema resuelto no por sesión de estudio. La Figura 25 muestra un archivo generado con el módulo diferencial.

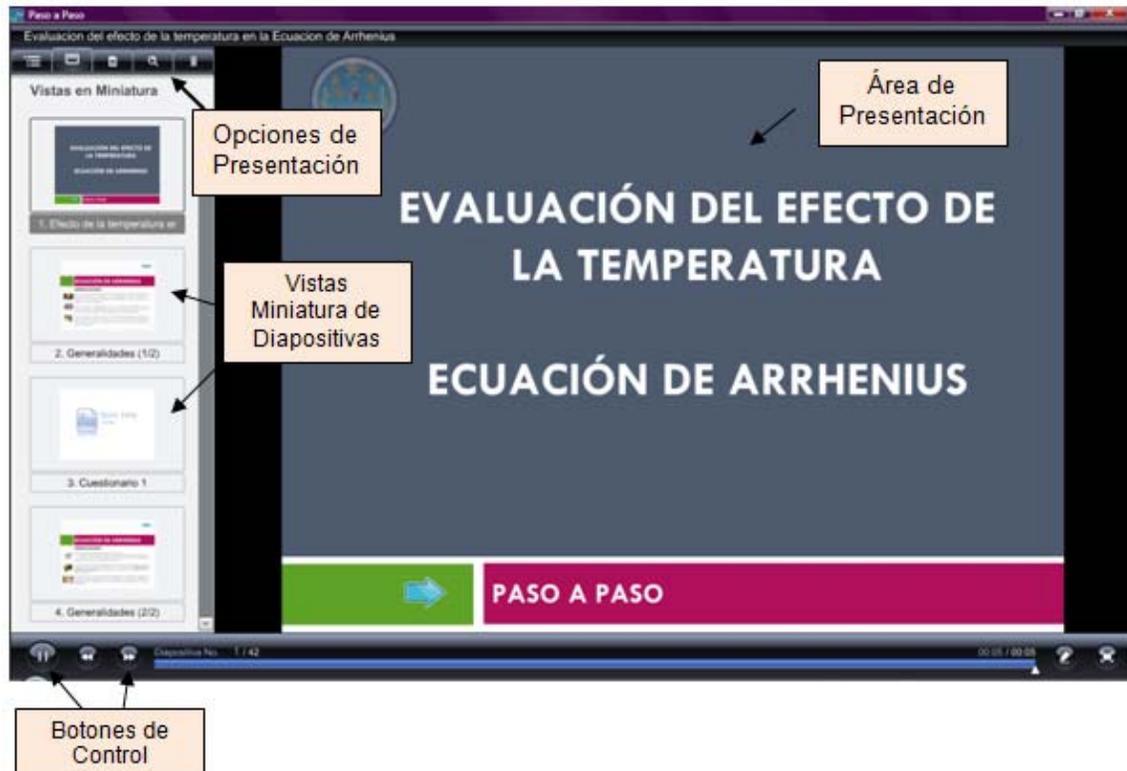
**Figura 25. Visualización de archivos generados por los módulos de cálculo**



#### 4.2.2.1.4. Ejemplos paso a paso

Esta herramienta se encuentra en la barra de menú de los módulos de cálculo bajo el nombre *PASO A PASO*. Se refieren a la explicación del algoritmo de cálculo que realiza el programa informático para obtener los resultados. En la Figura 26 se muestran las partes de la ventana de presentación de ejemplos paso a paso.

Figura 26. Ventana de explicaciones con ejemplos paso a paso



Cada uno de los *ejemplos paso a paso* consta de dos partes: Explicación de problemas y Cuestionarios. La primera parte consta de un problema explicando cada una de las etapas de su resolución para que los estudiantes puedan comprender la función que realizan los módulos de cálculo. Además le enseña a interpretar los resultados obtenidos y determinar si son correctos o no.

La segunda parte evalúa al estudiante con una serie de cuestionarios cortos que se encuentran intercalados en la explicación. Estas evaluaciones lo retroalimentan para que conozca los puntos que debe reforzar del tema explicado.

Se presenta un ejemplo por cada módulo de cálculo, los cuales se visualizan en una presentación que se muestra como una aplicación FLASH en una ventana aparte a la ventana del programa de cálculo.

- **Explicaciones**

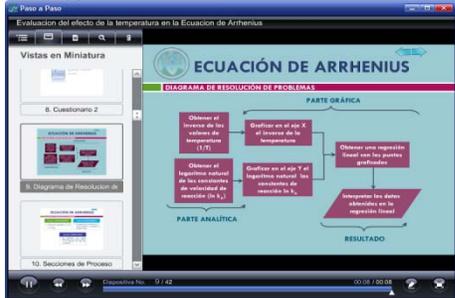
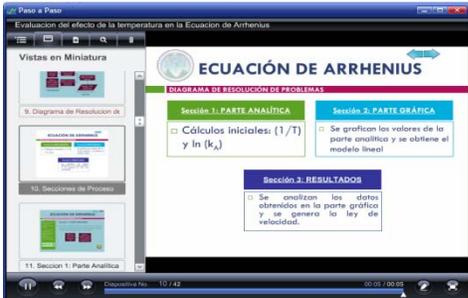
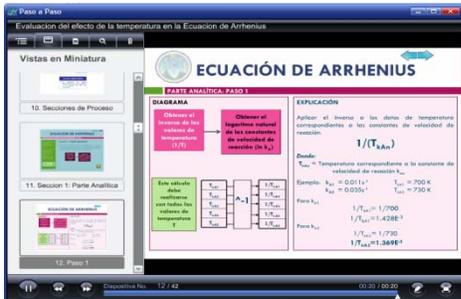
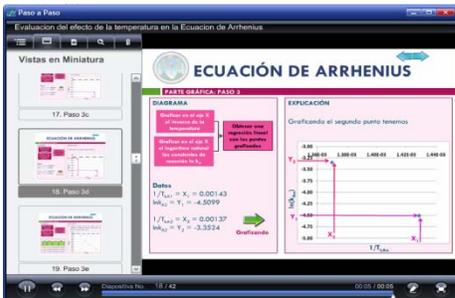
En los ejemplos paso a paso, se explica el algoritmo de cálculo que sigue el programa informático mediante teoría, diagramas de flujo, gráficas, entre otras herramientas didácticas.

El desarrollo de ejemplos paso a paso persigue los siguientes objetivos: que el estudiante comprenda el proceso de cálculo que se lleva a cabo en los módulos y que sea capaz de interpretar los resultados obtenidos.

Las presentaciones incluyen los diferentes casos que se pueden presentar con los módulos de cálculo y explica los ejemplos dependiendo del tipo de datos iniciales con los que se trabaje. El estudiante puede manipular la presentación a través de accesos directos que le permiten adelantarla, atrasarla o ir a un punto específico. Además, a través de ella se puede acceder a temas relacionados que se encuentran en el archivo de AYUDA.

En la Tabla IV se muestran algunos elementos de los que se valen las presentaciones para explicar los temas.

**Tabla IV. Elementos de explicaciones paso a paso**

Descripción	Visualización
<p><i>Diagramas de flujo</i> para explicar algoritmo de cálculo.</p>	
<p>Explicaciones divididas en secciones, <i>hipervínculos</i> entre secciones y diapositivas para avanzar en cualquier dirección.</p>	
<p><i>Explicaciones teóricas</i> y aplicación de ecuaciones para resolución de problema. Realización de cálculos para ilustrar funcionamiento del módulo de cálculo.</p>	
<p>Explicación sobre la <i>generación de gráficas</i> con los datos calculados, generación de resultados e interpretación de estos.</p>	

- **Cuestionarios**

Son aplicaciones Flash que presentan al usuario una serie de preguntas relacionadas al contenido del t3pico en el que est3n, adem3s de ofrecer evaluaciones formativas, ofrece retroalimentaci3n al estudiante sobre el avance que ha hecho el alumno en el t3pico estudiado.

Los cuestionarios se encuentran intercalados entre las explicaciones de los temas. Al terminar de responder el cuestionario, se presenta el resultado obtenido y es posible revisar las respuestas del usuario para saber cu3les fueron contestadas correctamente.

**Figura 27. Cuestionario de Ecuaci3n de Arrhenius**



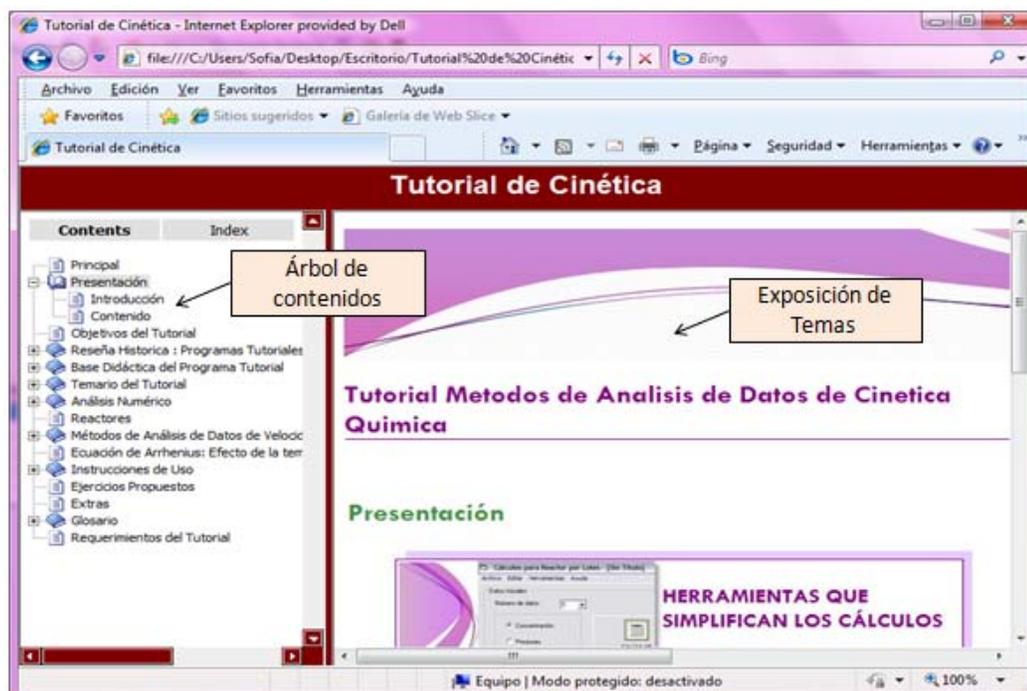
Las preguntas incluidas en los cuestionarios son de tipo cualitativo y se presentan en cuatro formas: selecci3n m3ltiple, falso/verdadero, respuesta m3ltiple y pregunta directa.

Las respuestas cualitativas vienen representadas por procesos de selección múltiple por medio de botones de cheque, métodos de arrastre de objetos y selección de opciones presentes en listas desplegables.

#### 4.2.2.2. Archivo de ayuda

Este componente es el complemento del programa informático y es una herramienta de soporte para el estudiante. Se puede acceder desde los módulos de cálculo y brinda el soporte teórico sobre los métodos de análisis de datos cinéticos para reactores por lotes y diferenciales que se tratan en el tutorial. Además contiene diversos elementos didácticos interactivos que ayudan al estudiante a comprender mejor los temas y aprender de una forma diferente.

Figura 28. Archivo de ayuda



El archivo de ayuda se abre en una ventana diferente al del programa de cálculo y posee una barra de herramientas en la parte superior y un panel con solapas en la parte izquierda. La barra de herramientas cumple las funciones de barra de navegación, mientras que el panel ofrece en sus solapas dos formas distintas de buscar información dentro de la ayuda: Contenidos e Índice.

La ventana de ayuda se encuentra dividida en dos secciones: Árbol de contenidos y área de exposición de temas. En la primera sección se encuentran los títulos de todos los temas tratados en el archivo de ayuda y se muestra como está organizada la información. En la segunda sección se muestra el contenido del tema que pueden ser explicaciones HTML, simulaciones, etc.

#### **4.2.2.2.1. Explicaciones HTML**

Son las explicaciones teóricas de los diferentes tópicos tratados en el tutorial. La información que contiene se encuentra secuencialmente ordenada para guiar al estudiante en el aprendizaje de los temas que comprenden los métodos de análisis de datos cinéticos.

Dentro de las explicaciones se encuentran diversos elementos interactivos y gráficos para la mejor comprensión de los temas, entre lo que se encuentran: animaciones, videos, notas importantes, accesos a internet, etc.

Figura 29. Explicación de tema

**Tutorial de Cinética**

---

**Tutorial Metodos de Analisis de Datos de Cinetica Quimica**

---

**Conceptos básicos de cinética química**

© Constante de Velocidad de Reacción

Tomando como base de cálculo la especie A, que es uno de los reactivos que está desapareciendo como resultado de la reacción. Se suele escoger el reactivo limitante como base de cálculo. La velocidad de desaparición de A,  $-r_A$ , depende de la temperatura y la composición, y en el caso de muchas reacciones se puede escribir como el producto de una **constante de velocidad de reacción k** y una función de las concentraciones (actividades) de las diversas especies que participan en la reacción:

$$-r_A = [k_A(T)][f_n(C_A, C_B, \dots)]$$

La ecuación algebraica que relaciona  $-r_A$  con las concentraciones de las especies se denomina expresión cinética o ley de velocidad. La velocidad de reacción específica,  $k_A$ , al igual que la velocidad de reacción,  $-r_A$  **siempre se toma con referencia a una especie** dada de las reacciones y normalmente debe llevar el sub índice correspondiente a esa especie. Sin embargo, en el caso de reacciones en las que el coeficiente estequiométrico es 1 para todas las especies que intervienen en la reacción, omitiremos el subíndice de la velocidad de reacción específica:

$$k = k_A = k_B = \dots$$

De acuerdo con la ley de masa es la constante de proporcionalidad entre la velocidad de reacción y las concentraciones de los reactivos en ese momento. La constante de velocidad de reacción **k no es una verdadera constante, sólo es independiente de las concentraciones de las especies que intervienen en la reacción.** La cantidad k



La ley de velocidad es la relación entre velocidad de reacción y concentración



#### 4.2.2.2. Hipervínculos

Un hipervínculo es un enlace, normalmente entre dos páginas web de un mismo sitio, pero un enlace también puede apuntar a una página de otro sitio web, a un fichero, a una imagen, etc. Para navegar al destino al que apunta el enlace, hemos de hacer clic sobre él. También se conocen como hiperenlaces, enlaces o links.

Son elementos utilizados para enlazar los temas que se estudian en la ayuda del sistema tutorial. Propicia y permite la exploración de los conocimientos en la ayuda en una secuencia ordenada. Los hipervínculos presentados pueden ser de dos tipos:

- **Internos**

Redirigen ya sea hacia un marcador de página HTML o página HTML que se encuentra redactada dentro del tutorial. Se encuentran al final de cada tema o subtema tratado en la parte inferior izquierda de la ventana de ayuda. Las solapas del panel izquierdo contienen los hipervínculos hacia los temas principales tratados en el archivo de ayuda.

Los hipervínculos internos pueden tener las formas presentadas en la siguiente tabla.

**Tabla V. Representación de hipervínculos internos**

Descripción	Ícono
Flechas hacia arriba: Estos íconos se encuentran al final de varios subtemas. Permiten regresar al inicio del tema tratado.	
Home: Este ícono se encuentra al final de cada tema o menú. Permite regresar al menú anterior.	
Siguiente: Este ícono se encuentra al final de cada tema. Permite avanzar al siguiente tema.	
Anterior: Este ícono se encuentra al final de algunos temas. Permite regresar al tema anterior.	

- **Externos**

Son todos los enlaces que se realizan a páginas cuya localización se encuentran en sitios ajenos al archivo de ayuda. Si no se tiene conexión a internet, se podrá acceder a una versión guardada de ellos que se encuentra dentro del tutorial. Para tener una versión actualizada de la página es necesario tener acceso a internet y se podrá realizar mientras los sitios aún existan dentro de la red principal. A continuación se encuentran los enlaces que se ofrecen:

**Tabla VI. Hipervínculos externos**

<b>Dirección</b>	<b>Descripción</b>
<a href="http://www.sc.ehu.es/iawfe/maf/archivos/materia/teoria.htm">http://www.sc.ehu.es/iawfe/maf/archivos/materia/teoria.htm</a>	Sitio Web que contiene teoría sobre los diferentes temas relacionados con la cinética química. Desarrollado en 17 temas que abarcan desde una introducción a la cinética química, hasta análisis y diseño de diferentes tipos de reactores.
<a href="http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/leantiscal/1-CDQuimica-TIC/FlashQ/Cinetica%20Q/CineticaQuimica/cineticaquimica.htm">http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/leantiscal/1-CDQuimica-TIC/FlashQ/Cinetica%20Q/CineticaQuimica/cineticaquimica.htm</a>	Sitio Web que contiene explicaciones y ejercicios de laboratorio para ser realizados con pequeños simuladores que se encuentran en el sitio. Al seleccionar la opción MÓDULO TEÓRICO, se puede acceder a los fundamentos teóricos del laboratorio. Este link funciona mejor cuando se abre en el internet explorer, en vez de cualquier otro navegador de internet.
<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Cinetica_quimica">http://es.wikipedia.org/wiki/Cinetica_quimica</a>	Artículo de enciclopedia en línea que contiene información y conceptos básicos sobre cinética química.
<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Cinetica_y_mecanismos_de_reaccion">http://es.wikipedia.org/wiki/Cinetica_y_mecanismos_de_reaccion</a>	Artículo de complemento del artículo anterior, contiene información respecto a la forma en que se mide la velocidad de reacción y las leyes o ecuaciones de velocidad.
<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Fisicoquimica">http://es.wikipedia.org/wiki/Fisicoquimica</a>	Contiene conceptos e historia básica sobre la fisicoquímica. Además se puede acceder a biografía de fisicoquímicos famosos (necesita

	conexión a internet).
<a href="http://www.librosite.net/data/glosarios/petrucci/videos/cap15/rates_of_reaction.htm">http://www.librosite.net/data/glosarios/petrucci/videos/cap15/rates_of_reaction.htm</a>	Simulador que permite variar diversos parámetros y calcular la velocidad de reacción y graficarla. Los parámetros que pueden variar son: la energía de los reactivos y productos, temperatura, concentración de A y velocidad de simulación.
<a href="http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/leantiscal/1-CDQuimica-TIC/index.htm">http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/leantiscal/1-CDQuimica-TIC/index.htm</a>	Contiene lecciones interactivas, simulaciones y videos relacionados con la cinética química. También contiene la biografía de August Arrhenius. Para observar mejor las simulaciones y los videos, debe tener conexión a internet. Si no tiene conexión a internet, puede ver los videos en la sección de VIDEOS.
<a href="http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/leantiscal/1-CDQuimica-TIC/index.htm">http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/leantiscal/1-CDQuimica-TIC/index.htm</a>	Contiene los fundamentos teóricos de la velocidad de reacción y los factores que la afectan. Posee una gráfica explicativa. Además explica el orden de reacción.
<a href="http://www.chem.queensu.ca/people/faculty/Mombourquette/FirstYrChem/applets/index.html">http://www.chem.queensu.ca/people/faculty/Mombourquette/FirstYrChem/applets/index.html</a>	Contiene numerosas animaciones y simulaciones para realizar experimentos y ejercicios de química. Contiene varios temas como: Estructura atómica análisis químico, Equilibrio químico, Cinética química, Gases, Cambio de fase y Termodinámica. Cada tema contiene una explicación y preguntas para desarrollar junto con la animación. Para poder utilizar las animaciones debe tener instalado java.

#### 4.2.2.2.3. Herramientas Interactivas

Son aplicaciones que se encuentran en los diferentes temas que comprende el archivo de ayuda del programa tutorial. Estas herramientas pueden ser de dos tipos:

- **Simuladores de fenómenos**

Son aplicaciones virtuales utilizadas para simular determinados fenómenos de cinética química. Permiten aplicar los conocimientos teóricos en un ambiente seguro y que no requiera muchos recursos. Además permite evaluar repetidamente el mismo fenómeno en corto tiempo.

- **Videos**

Son explicaciones animadas de temas específicos presentados en el tutorial. Muestran a través de imágenes y secuencias animadas la aplicación de ciertos tópicos.

### **4.3. Módulo pedagógico en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química**

**La educación en todos los niveles está atravesando un cambio de paradigmas, orientado hacia un modelo activo, participativo y horizontal, dejando atrás la concepción de la enseñanza y aprendizaje como transmisión y observación**, abriéndole las puertas a nuevas estrategias para el aprendizaje, fundamentadas en un “aprendizaje significativo”, siendo esta una actividad cognoscitiva compleja que involucra condiciones internas y externas del aprendiz.

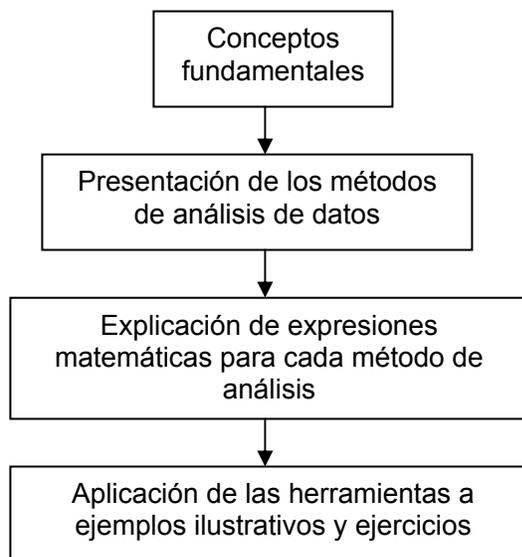
Es por ello que las nuevas tecnologías surgen con el fin de satisfacer estas necesidades, utilizando la computadora como medio de soporte para las herramientas informáticas que generan productos adecuados a las nuevas exigencias del mercado educativo.

Estos paquetes informáticos, son los llamados software educativos, los cuales se basan en los multimedios (integración de sonido, texto, animación, gráficos y vídeo), utilizados en forma individualizada por el estudiante, esto permite estimularlo de manera multisensorial.

La computadora se convierte en una poderosa y versátil herramienta que transforma a los alumnos, de receptores pasivos de la información en participantes activos, en un enriquecedor proceso de aprendizaje en el que desempeña un papel primordial la facilidad de relacionar sucesivamente distintos tipos de información personalizando la educación, al permitir a cada alumno avanzar según su propia capacidad.

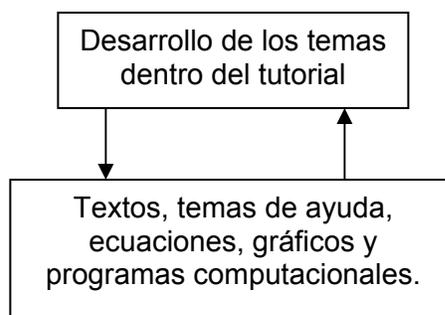
La secuencia propuesta para presentar el contenido del tutorial es el siguiente:

**Figura 30. Secuencia del contenido del tutorial**



La secuencia que se desarrolla para la explicación de los métodos de análisis y obtención de datos se apoya con textos, temas de ayuda, ecuaciones, gráficas y programas computacionales para lograr un mejor entendimiento por parte de los usuarios del tutorial.

**Figura 31. Recursos generales del programa tutorial**



El computador juega un papel importante en la educación, al exponer tres aspectos por los cuales esta es la herramienta que mejor se adapta a la realidad que se vive y que por supuesto, proporciona excelentes resultados: primero, como docente virtual, siendo capaz de presentar contenidos, evaluarlos y verificar el logro de los mismos en el alumno. Segundo, como recurso instruccional, con el fin de servir como medio de aprendizaje tanto para el estudiante como para el docente. Y tercero, como recurso del docente, siendo empleado en la elaboración de trabajos, cálculos de datos, almacenamiento de registros, contabilizado de datos entre otras tareas.

#### **4.3.1. Metodología para elaboración del tutorial de métodos de análisis de datos de Cinética Química**

##### **4.3.1.1. Primera etapa: Recopilación de información**

Esta etapa consiste en la investigación de la información que servirá como guía para el desarrollo del tutorial. Se investigan todas las fuentes bibliográficas que puedan contener información relacionada a la temática que trata el tutorial. Específicamente los temas relacionados con los métodos de análisis de datos cinéticos. Se buscan también los recursos cuya temática principal sean:

- Funcionamiento de reactores por lotes y reactores diferenciales.
- Parámetros que afectan la velocidad de reacción y las reacciones.
- Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción.
- Ajuste lineal de datos a través de diversas técnicas matemáticas.
- Didáctica en la enseñanza de Nuevos Conocimientos mediante recursos interactivos.

Para ello se atenderá a las siguientes fuentes:

- Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos
- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería
- Bibliotecas personales de los docentes de la carrera de ingeniería química
- Libros de texto recomendados en los programas de los cursos Físicoquímica 2 y Cinética de Procesos Químicos.
- Portales de Internet.

#### **4.3.1.2. Segunda etapa: Análisis de metodología y ecuaciones que intervienen.**

La complejidad de los problemas y sistemas a tratar en las ciencias exactas requiere de manera indispensable la aplicación de conceptos y métodos de las matemáticas cada vez más complicados y poderosos. La aplicación de las matemáticas a un problema de Ingeniería consiste principalmente en tres fases de igual importancia:

- **Modelo:** Elaboración o desarrollo de un modelo matemático consiste en presentar la relación entre los parámetros sustanciales de un proceso de ingeniería en la forma de un sistema de ecuaciones matemáticas.
- **Manipulación o resolución:** El tratamiento del modelo por medio de métodos matemáticos lleva a la solución del problema dado en forma de una relación funcional entre variables dependientes e independientes del modelo.

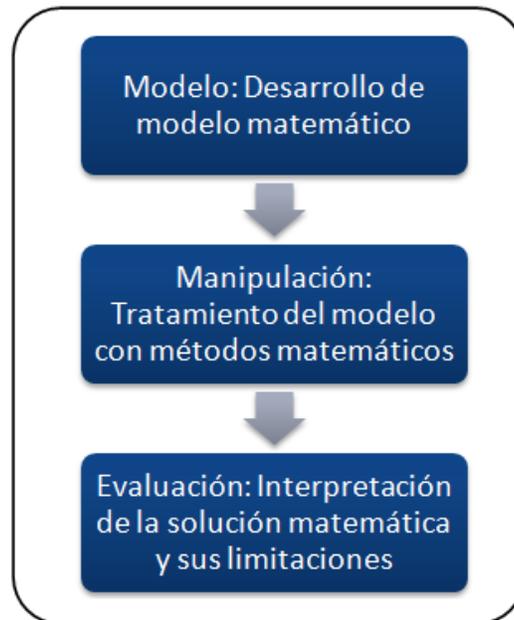
- Evaluación: La interpretación o evaluación de la solución matemática en términos físicos que permite describir el comportamiento del sistema o fenómeno de ingeniería bajo consideración.

Por tal razón, el presente programa tutorial permite al estudiante el análisis de problemas de cinética química, utilizando la metodología descrita anteriormente.

Para lograr la creación de los modelos matemáticos que intervienen se realizó un análisis de los métodos utilizados en el análisis de datos cinéticos, **obteniendo como resultado esquemas que permitirán relacionar las variables utilizadas en cada caso y evaluar el efecto que tienen ciertos factores como concentración, temperatura, tiempo y presión en la obtención de la Ley de Velocidad.**

Los módulos de cálculos están divididos en reactores por lotes y reactores diferenciales, siendo aplicables para reacciones unimoleculares o bimoleculares. Además los módulos permiten la variación de los parámetros de entrada, ajustándolos para obtener los modelos matemáticos correspondientes a cada caso.

**Figura 32. Fases para solución de problemas de ingeniería, aplicando análisis matemático**



#### **4.3.1.2.1. Desarrollo del modelo matemático**

Son formulismos matemáticos para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. Pueden manipularse conforme las reglas matemáticas prescritas para obtener nuevas relaciones y observar comportamientos.

El objetivo del modelo matemático es entender ampliamente el fenómeno y tal vez predecir su comportamiento en el futuro. Es importante mencionar que un modelo matemático no es completamente exacto con problemas de la vida real, de hecho, se trata de una idealización que debe ser interpretada tomando en cuenta los principios que rigen el fenómeno estudiado.

**Figura 33. Desarrollo del modelo matemático**



- **Descripción del fenómeno químico**

El fenómeno químico seleccionado será el estudio de la Ley de Velocidad de reacción para reacciones unimoleculares y bimoleculares, a través de los métodos de análisis de datos cinéticos para reactores por lotes y reactores diferenciales con y sin catalizador. Evaluando además el efecto de la temperatura en la Ley de Velocidad.

- **Selección de tipo de reactor y metodología de análisis**

El programa tutorial permite la caracterización de la Ley de Velocidad de reacción para reactores por lotes y diferenciales. Estos se diferencian por su mecanismo de operación ya que dependiendo del mecanismo utilizado se modificarán los parámetros de operación. **El funcionamiento de estos reactores se detalla en las secciones 2.3.1 Reactores por lotes y 2.3.2 Reactores diferenciales.**

- **Identificación de parámetros independientes**

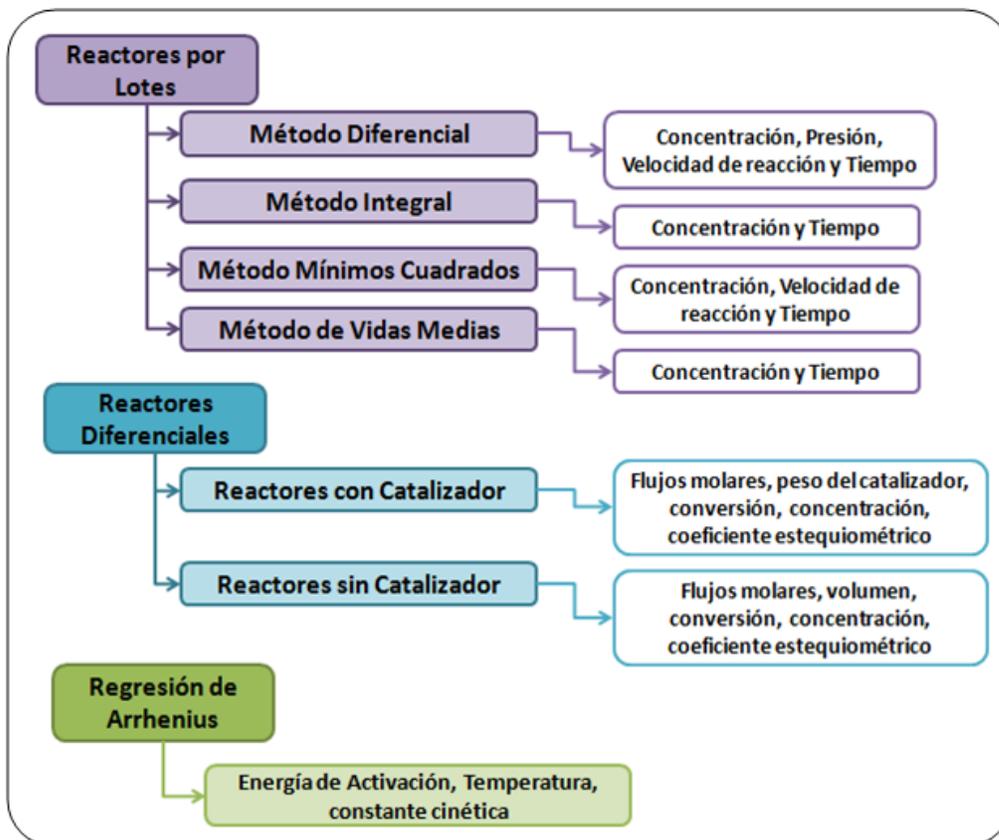
Los parámetros independientes o variables independientes, son manipuladas por el investigador en un experimento con el objeto de estudiar cómo incide sobre la expresión de la variable dependiente. A la variable independiente también se la conoce como variable explicativa. Esto significa que las variaciones en la variable independiente repercutirán en variaciones en la variable dependiente.

Los módulos de cálculo del programa tutorial permiten la selección de las variables independientes con las que se trabajará y a partir de las cuales será posible obtener la Ley de Velocidad con los diferentes métodos de análisis de datos.

Cada módulo de cálculo trabaja con diferentes parámetros independientes, y no es necesario conocer todos estos parámetros para obtener la Ley de Velocidad. A continuación se describen los parámetros independientes con los que trabaja el programa tutorial:

- Concentración de los reactivos
- Tiempo de reacción
- Velocidad de reacción
- Presión
- Temperatura
- Conversión
- Flujos volumétricos de entrada y salida

**Figura 34. Parámetros independientes**



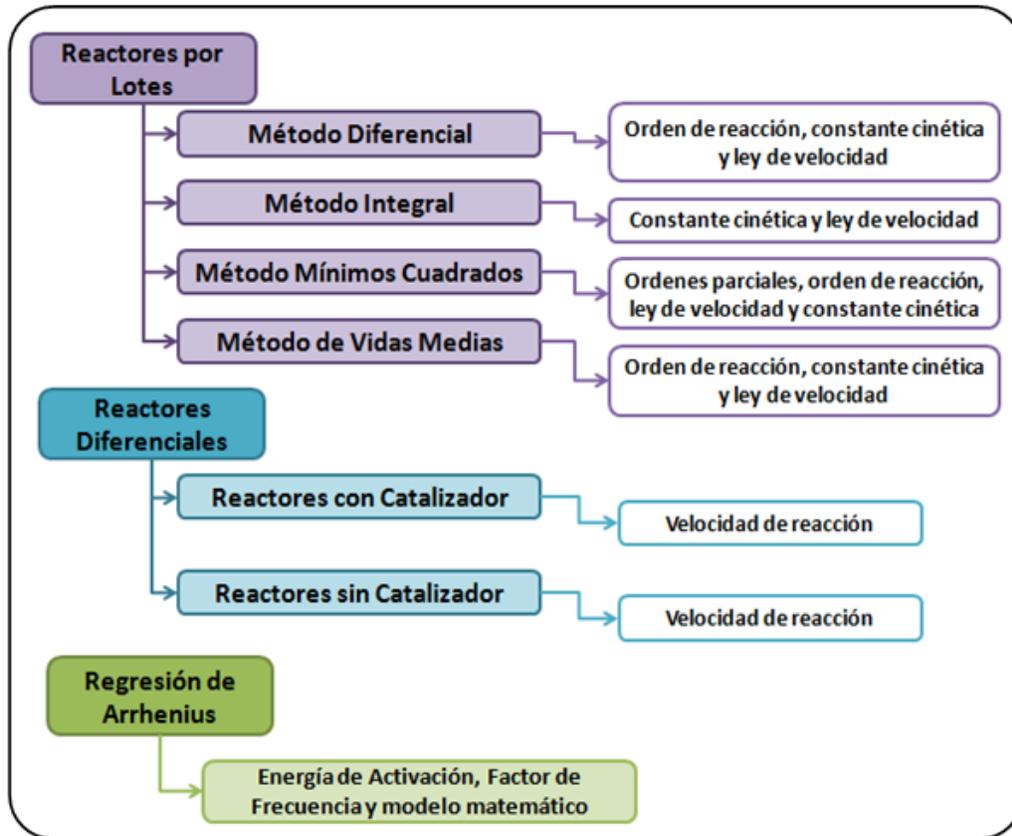
- **Identificación de parámetros dependientes**

Los parámetros dependientes son características de la realidad que se ven determinadas o que dependen del valor que asuman otros fenómenos o variables independientes. Es decir, modifica su estado con la modificación de la variable independiente (depende de ella y que en esa medida es un efecto).

El programa tutorial tiene como objetivo determinar la Ley de Velocidad de reacción, a través de diferentes metodologías de análisis que pretenden determinar los siguientes parámetros dependientes, los cuales estarán en función de los parámetros independientes establecidos al inicio:

- Constante de velocidad de reacción
- Orden de reacción (parciales y global)
- Factor de Frecuencia
- Energía de Activación
- Ley de Velocidad

Figura 35. Parámetros dependientes



- **Aplicación de principios químicos**

Se utilizan los principios de conservación de masa y energía para la manipulación y diseño de las ecuaciones que intervienen en los modelos matemáticos generados con el programa tutorial.

El principio de conservación de masa establece que la masa total de todos los materiales que intervienen en el proceso debe ser igual a la de todos los materiales que salen del mismo, más la masa de los materiales que se acumulan o permanecen en el proceso.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Acumulación}$$

En los casos contemplados en el programa tutorial no se presenta acumulación de materiales en el proceso, por lo que las Entradas son iguales a las Salidas. Siendo un proceso en estado estacionario.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

El principio de conservación de energía establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará. Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.

Para el desarrollo de los modelos matemáticos intervienen los siguientes principios de conservación de masa y energía:

- Balance de moles
- Ley de Velocidad de reacción
- Estequiometría de reacciones
- Ley de Gases ideales
- Equilibrio Químico
- Teoría de Colisiones
- Ley de acción de masas

Cada modelo propuesto en los módulos de cálculo, es una combinación principalmente del balance de moles y de la Ley de Velocidad de reacciones, aplicado a reacciones que deben estar estequiométricamente balanceadas.

Ciertos métodos evaluados permiten el uso de datos de presión, por lo que se involucran en las ecuaciones del modelo la ley de gases ideales. Además, el módulo de Arrhenius implica la ley de acción de masas y la teoría de colisiones para establecer el modelo matemático.

- **Planteamiento de ecuaciones básicas del modelo matemático**

Consiste en la obtención del modelo matemático a partir de las consideraciones derivadas del análisis de las secciones anteriores, el cual representará el comportamiento de la Ley de Velocidad bajo las condiciones de reactor y datos de entrada seleccionados. Con esta parte se finaliza el primer paso de la metodología de solución de problemas de ingeniería a través de métodos matemáticos.

#### **4.3.1.2.2. Manipulación del modelo matemático**

El siguiente paso consiste en la creación de las distintas representaciones de la Ley de Velocidad con los métodos de análisis de datos de velocidad que presentan los módulos de cálculo del tutorial.

Los módulos de cálculo permiten la manipulación de las ecuaciones para adaptarla a los datos con los que cuenta el usuario para obtener la Ley de Velocidad, de acuerdo a lo que muestra la Tabla VII.

**Tabla VII. Parámetros que intervienen en los módulos de cálculo**

<b>Modulo</b>	<b>Parámetros Independientes</b>	<b>Parámetros Dependientes</b>
Método Diferencial	$(-dC_A/dt, C_A); (C_A, t); (P, T, t)$	$k_A, n$
Método Integral	$(C_A, t)$	$k_A$
Método de Mínimos Cuadrados	$(-dC_A/dt, C_A, C_B); (C_A, C_B, t); (-dC_A/dt, C_A); (C_A, t)$	$(\alpha, \beta, n, k_A); (n, k_A)$
Método de Vidas Medias	$(t_{1/2}, C_A); (t_{n/m}, C_A)$	$k_A, n$
Reactores con Catalizador	$(F_{A0}, F_{ae}, W); (C_p, V_0, W, v_A/v_p); (C_{A0}, C_{Ae}, v_0, W, v); (F_{A0}, X, W)$	$-r_A$
Reactores sin Catalizador	$(F_{A0}, F_{ae}, V); (C_p, V_0, v_A/v_p); (C_{A0}, C_{Ae}, v_0, v); (F_{A0}, X, V)$	$-r_A$
Ecuación de Arrhenius	$(t, k_A)$	$E_a, A$

El modelo matemático obtenido por los módulos de cálculo tiene forma lineal, y puede ser graficado en un plano cartesiano donde la abscisa y ordenada están en función de las variables independientes

Debe contarse con el mínimo de datos indicados en la Tabla VII para poder armar el modelo matemático y obtener la Ley de Velocidad. Para las reacciones unimoleculares se requieren combinaciones de dos parámetros independientes y para reacciones bimoleculares se requieren combinaciones de tres parámetros independientes. Se observa que para los módulos de reactores diferenciales se requieren series de tres y cuatro parámetros, dependiendo de las ecuaciones utilizadas.

Como se analizó en el Módulo del Dominio, al trabajar con los módulos de cálculo del tutorial, el estudiante debe hacer una serie de decisiones para determinar el método de cálculo a utilizar. En término de variables, esta selección depende de dos factores principales: los datos de entrada que se tengan y del tipo de resultados que se desee obtener. Estas decisiones también dependen del tipo de reactor en que se llevará a cabo la reacción. La Tabla VIII permite observar lo anterior.

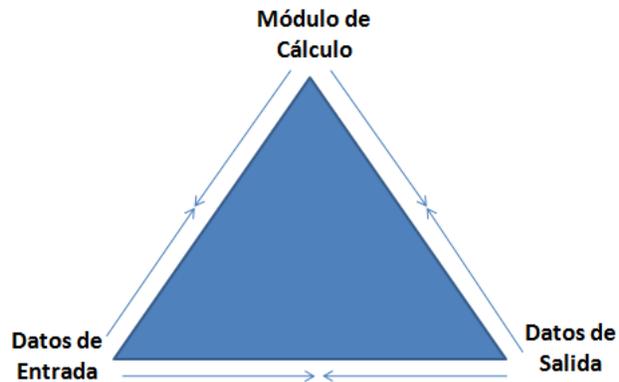
**Tabla VIII. Relación entre tipo de reactor y condición a evaluar**

REACTOR	CONDICIÓN A EVALUAR			
	Molecularidad	Métodos de Análisis	Catalizador	Generación de Gráfica
Lotes	0 , 1	Diferencial	No aplica	SI
		Vidas Parciales		
0, 1, 2	Integral	NO		
	Mínimos Cuadrados			
Diferencial	1	Mínimos Cuadrados	Con o Sin Catalizador	NO

Es interesante observar que al fijar el módulo a utilizar y las variables de entrada, se establecen las variables de salida o resultados que se obtendrán. De la misma forma, al fijar el método de a utilizar y las variables de salida que se quieren, se establecen los datos de entrada que se requerirán.

Al fijar dos de las condiciones anteriores se obtiene la tercera. La figura 36 muestra esta relación en un triángulo, en el que los vértices representan los tres tipos de decisiones a tomar por el estudiante.

**Figura 36 Relación entre módulos y variables**



Las Tablas IX, X y XI muestran los tres tipos de relaciones que pueden existir entre los vértices de la Figura 36. La equis (X) indica que si es factible y el cuadro sombreado indica que no hay relación o no es factible trabajarla.

La Tabla IX muestra las relaciones entre los métodos de análisis y los datos de entrada que se tengan. Se observa que con los datos de concentración y tiempo para un reactivo es posible trabajar en todos los módulos de cálculo, siendo. También destaca que el método de mínimos cuadrados es el más versátil de todos, ya que permite trabajar con la mayoría de los tipos de datos de entrada que se manejan para uno o dos reactivos.

**Tabla IX. Relación entre método y datos de entrada**

PARÁMETROS	MÉTODO			
	Método Diferencial	Método Integral	Método Mínimos Cuadrados	Método de Vidas Parciales
CA, t	X	X	X	X
V, CA	X		X	
CA, CB, t			X	
V, CA, CB			X	
P, T, t	X			

La tabla X muestra las relaciones entre las variables de entrada al módulo de cálculo y las variables de salida que se obtienen. Al igual que en la tabla anterior, se encuentra que a través de los datos de concentración y tiempo para uno y dos reactivos es posible obtener la mayoría de variables de salida. Esto se debe a que por medio de la concentración de los reactivos se obtiene la velocidad de reacción y al tener como dato inicial la velocidad de reacción, se omite el cálculo y por lo tanto se convierte en una variable de entrada y no de salida.

**Tabla X. Relación datos de salida – datos de entrada**

PARÁMETROS	DATOS SALIDA		
	Constante cinética de velocidad (kA)	Orden de reacción (n)	Velocidad de reacción (V)
CA, t	X	X	X
V, CA	X	X	
CA, CB, t	X	X	X
V, CA, CB	X	X	
P, T, t	X	X	X

En la Tabla XI se muestran las relaciones entre el método de cálculo y los datos de salida. Con el método diferencial y mínimos cuadrados es posible obtener todos los resultados posibles, mostrando nuevamente la versatilidad del método de mínimos cuadrados. Se observa además que con el método integral solo es posible obtener como resultado la constante cinética de velocidad, esto se debe a que en este método se trabaja con un orden supuesto de reacción.

**Tabla XI. Relación entre datos de salida – métodos**

MÉTODO	RESPUESTA		
	Constante cinética de velocidad (kA)	Orden de reacción (n)	Velocidad de reacción (V)
Diferencial	X	X	X
Integral	X		
Mínimos Cuadrados	X	X	X
Vidas Parciales	X	X	

**Tabla XII. Modelos matemáticos por módulo de cálculo**

Modulo		Modelo Lineal
Método Diferencial		$\ln(dC_A/dt) = \alpha * \ln(\Delta C1) + \ln(kA)$
Método Integral	Orden 0	$C_A = -k*t + C_{A0}$
	Orden 1	$\ln(C_{A0}/C_A) = k*t + I$
	Orden 2 (monomolecular)	$1/C_A = k*t + 1/C_{A0}$
	Orden 2 (bimolecular)	$\ln[(M-Xa)/M*(1-Xa)] = k*(C_{B0} - C_{A0})*t + I$
	Orden Fraccionario	$C_A^{1-n/m} = k_A*(1-n/m)*t + I$
Método de Mínimos Cuadrados (Sistemas de Ecuaciones, se despeja k y n)	Reacciones Monomoleculares	$N * \ln(k) + \sum [\ln(C_{A \text{ prom}})] * n = \sum \ln(\Delta C_A / \Delta t)$ $\sum [\ln(C_{A \text{ prom}})] * \ln(k) + \sum [\ln(C_{A \text{ prom}})]^2 * n = \sum [\ln(C_{A \text{ prom}})] * \ln(\Delta C_A / \Delta t)$
	Reacciones Bimoleculares	$\sum \ln(r_A) = N * \ln(k) + \alpha * \sum \ln(C_{A \text{ prom}}) + \beta * \sum \ln(C_{B \text{ prom}})$ $\sum [\ln(C_A)] * \ln(r_A) = \ln(k) * \sum \ln(C_{A \text{ prom}}) + \alpha * \sum [\ln(C_A)]^2 + \beta * \sum [\ln(C_A)] * \ln(C_B)$ $\sum [\ln(C_B)] * \ln(r_A) = \ln(k) * \sum \ln(C_{B \text{ prom}}) + \alpha * \sum [\ln(C_A)] * \ln(C_B) + \beta * \sum [\ln(C_B)]^2$
Método de Vidas Medias		$\ln(t_{1/2}) = (1 - \alpha) * \ln(C_A) + \ln(2^{\alpha-1} - 1) / (k_A * (\alpha - 1))$
Ecuación de Arrhenius		$\ln(k_{A0}) = \ln(A) - E_a / (RT)$

Una vez se tenga generado el modelo matemático es posible la interpolación y extrapolación de datos, para determinar el comportamiento de la reacción estudiada con la Ley de Velocidad propuesta por el modelo matemático. Es decir, pueden evaluarse puntos diferentes a los iniciales con el modelo obtenido para evaluar el comportamiento en diferentes puntos de la reacción. En la Tabla XII se muestran los modelos matemáticos obtenidos con cada módulo de cálculo.

Esto permitirá al estudiante conocer las distintas formas en que puede obtenerse la Ley de Velocidad y lo que representa cada uno de los parámetros que la conforman. Así se logra comprender la transformación que tienen los datos de entrada para la obtención de resultados en cada método de análisis evaluado con el programa tutorial.

#### **4.3.1.2.3. Evaluación del modelo matemático**

El siguiente paso en este análisis consiste en la evaluación del modelo matemático obtenido con los módulos, tomando como base las limitantes que pueda tener el modelo para proporcionar datos exactos a la realidad.

Entre las limitaciones del modelo matemático se encuentran las simplificaciones que puedan realizarse en las ecuaciones a utilizar, las aproximaciones en los cálculos realizados, las conversiones de unidades antes de introducir los datos al módulo de cálculo y el error que tengan los datos iniciales (experimentales). Todas estas limitantes introducirán un error al modelo matemático.

Se ha buscado reducir la influencia de estas limitaciones para que el resultado final obtenido (modelo matemático) se ajuste con la mayor aproximación posible al fenómeno cinético que representan.

Para evitar o contrarrestar estos errores que afectan la validez del modelo propuesto, se han seguido las siguientes directrices durante el diseño de los módulos de cálculo:

- Los datos iniciales no reciben un tratamiento previo (conversiones de parámetros) a los cálculos necesarios para obtener el modelo matemático, es decir, se trabaja con los datos originales que ingresa el usuario.
- No se realizan aproximaciones numéricas en los cálculos intermedios. Los módulos de cálculo trabajan con más de 10 decimales aunque no los proyecten todos en la pantalla.

El usuario puede modificar la cantidad de decimales que se muestran en pantalla y en el resultado final pero no la cantidad de decimales para los cálculos.

- El usuario puede seleccionar trabajar con un sistema de unidades diferente al de los datos iniciales, esto introducirá cierto error en los cálculos por la conversión de un sistema a otro. Este error será mínimo ya que se trabajará con todos los decimales como se explicó anteriormente.

Un error que no pueden prever los módulos de cálculo del tutorial, es el error humano de los datos iniciales. Estos son ocasionados por la persona que haya realizado el experimento donde se obtuvieron dichos datos. Además hay otros factores externos que pueden afectar, ya que en la práctica tenemos condiciones ambientales que pueden interactuar con los componentes de la reacción o impurezas en los reactivos.

La validez de los datos iniciales puede obtenerse con el coeficiente de correlación (R) que generan los módulos de cálculo para cada modelo matemático propuesto. Este coeficiente indica el grado en que corresponden los datos reales al modelo lineal. Se asume que si los datos iniciales son correctos, deberían ajustarse perfectamente al modelo lineal propuesto por los módulos de cálculo y tener una correlación con valor uno o muy cercano a uno.

#### **4.3.1.3. Tercera etapa: Adaptación del modelo y su aplicación para el tutorial utilizando la visualización**

Las dos etapas anteriores son la base para el diseño y elaboración de los módulos de cálculo de métodos de análisis de cinética química. De ellas se obtiene la información necesaria para representar la Ley de Velocidad a través de modelos matemáticos, utilizando los métodos de análisis de datos cinéticos más utilizados en el estudio de Cinética Química. El Programa Tutorial está compuesto por tres secciones principales:

- Programa informático desarrollado en Microsoft Visual Basic se comportará como el módulo de cálculo para los métodos de análisis de datos cinéticos, brindando al usuario resultados matemáticos, gráficos e instantáneos de la Ley de Velocidad que rige los datos analizados.
- Archivo de ayuda que se incluye dentro de los módulos de cálculo del programa tutorial. Proporciona al usuario una herramienta de consulta y aprendizaje donde además de enseñársele como se utiliza el programa, se le proporciona la base teórica en que se fundamenta el Programa Tutorial.
- Documento de tesis impreso y en formato electrónico. El cual contiene la fundamentación didáctica – técnica, los principios químicos y fundamentos matemáticos en los que se basa el Tutorial de Métodos de Análisis de datos de Cinética Química.

El programa informático está compuesto por varios módulos de cálculo que permiten obtener soluciones rápidas y exactas respecto a los datos iniciales. Los resultados se obtienen en menor tiempo comparando con el método tradicional de cálculos manuales, rompiendo así el paradigma de que las soluciones a través de métodos numéricos son largas y complicadas. Ahora el estudiante puede dedicar más tiempo a la interpretación de la solución obtenida.

Los módulos de cálculo brindan apoyo visual a los estudiantes, ayudándolos a comprender los fenómenos estudiados mediante gráficas, visualización de cálculos intermedios, manipulación del modelo matemático entre otros. Permiten también almacenar los datos calculados durante la sesión de estudio para estudios o repasos posteriores o para ser utilizados en la resolución de tareas.

Un elemento muy interesante de los módulos de cálculo son las explicaciones paso a paso. En ellas se detallan los pasos que realiza el módulo de cálculo para obtener los resultados. Incluye diagramas, gráficos, explicaciones y ejemplos que ayudarán al estudiante a comprender mejor los métodos de análisis de datos cinéticos. Además estas explicaciones contienen evaluaciones cortas para que el estudiante conozca su grado de avance en el tema.

La segunda parte del tutorial consiste en un archivo de ayuda en formato digital, al que puede ingresarse desde el programa informático. Este archivo, puede dividirse en dos secciones:

En la primera sección, se encuentra toda la información teórica sobre los principios en los que se basan los métodos de análisis estudiados en los módulos de cálculo del programa informático. Aquí se incluye información sobre las ecuaciones utilizadas y la manipulación matemática realizada para obtener los modelos lineales. Su propósito es brindar las herramientas al estudiante para que sea capaz de comprender como se obtienen los resultados en los siete módulos de cálculo y la interpretación de los resultados que se obtienen con ellos.

Dentro de las explicaciones, además de la información teórica, se encuentran animaciones relacionadas con el tema tratado, videos educativos y simuladores. Estas herramientas le permitirán al estudiante aprender en un medio interactivo, atractivo y dinámico. Cuya finalidad es facilitar el aprendizaje y permitir al estudiante practicar lo aprendido.

La segunda sección del archivo de ayuda contiene información sobre la utilización del programa informático que permitirá al estudiante conocer el funcionamiento y aplicaciones de los módulos de cálculo. Presenta todas las funciones que posee y muestra como interactuar con la interfaz de usuario.

#### 4.4. Módulo del instructor en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química

##### 4.4.1. Información general del programa informático

###### 4.4.1.1. Especificaciones técnicas

<b>Nombre:</b>	Tutorial para el Aprendizaje de Métodos de Obtención y Análisis de Datos para el Estudio de la Ley de Velocidad de reacciones químicas.
<b>Plataforma:</b>	Windows
<b>Arquitectura del sistema operativo:</b>	32 bits
<b>Versión de sistema operativo compatibles:</b>	98, Me, 2000, Xp, Vista y posteriores
<b>Requisitos de software:</b>	Sistema operativo actualizado, Internet Explorer 4 o posterior, Plug-in Flash Player 10 o posterior, Java Runtime v 6.0 update 10, Adobe Acrobat Reader 7.0 o posterior,
<b>Requisitos de hardware:</b>	Procesador Pentium III de 933 MHZ o superior 64 Mb de memoria RAM 120 Mb de espacio libre en disco duro 8 Mb de memoria gráfica Pantalla con resolución óptima de 1024x768 Lectora de CD-ROM 52X

	Teclado, Ratón, Monitor
<b>Programación:</b>	Orientada a objetos.
<b>Lenguajes de desarrollo:</b>	Microsoft Visual Basic v 6.0, Java Runtime SDK v. 1.1, Microsoft HTML Help WorkShop v. 1.3
<b>Ámbito de desarrollo de base de datos:</b>	Microsoft Excel
<b>Conexiones a bases de datos:</b>	Conexión ADO (ActiveX Data Objects) a través de OLE DB (Object Linking and Embedding for Data Base) y utilizando como proveedor a Microsoft Jet 4.0
<b>Método de Instalación:</b>	Archivo ejecutable.

#### 4.4.1.2. Especificaciones pedagógicas

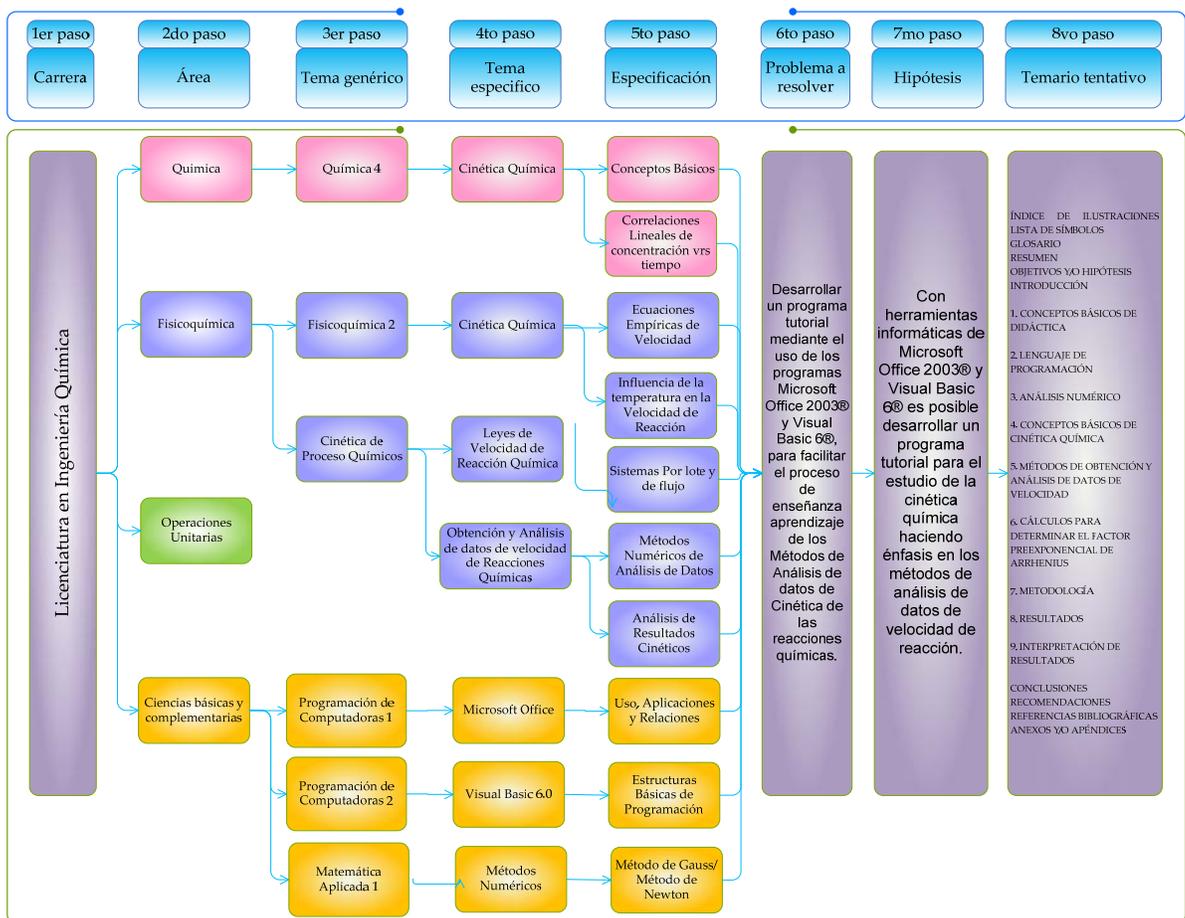
<b>Temática:</b>	Métodos de Análisis de datos de Cinética Química
<b>Curso:</b>	Fisicoquímica 2 / Cinética de Procesos Químicos
<b>Unidad académica:</b>	Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos
<b>Nivel educativo:</b>	Universitario
<b>Modalidad:</b>	Aplicación Tutorial
<b>Idioma:</b>	Español – Inglés
<b>Metodología:</b>	Análisis gráfico de datos cinéticos para la obtención de la Ley de Velocidad y efecto de la temperatura en las reacciones basado en datos experimentales de concentración, presión,

	tiempo, y velocidad de reacción.
<b>Proceso de desarrollo de metodología:</b>	Análisis sistemático de fenómenos químicos en Ingeniería Química
<b>Esquematización de conocimientos teóricos:</b>	Mediante diagramas causa-efecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros fundamentales de entrada</li> <li>• Fundamentos teóricos</li> </ul>
<b>Estrategias de enseñanza:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivo</li> <li>• Explicaciones teóricas</li> <li>• Interpretación de modelos</li> <li>• Ilustraciones, diagramas y tablas</li> <li>• Módulos de cálculo</li> <li>• Explicaciones paso a paso</li> <li>• Evaluaciones</li> <li>• Archivo de ayuda</li> </ul>
<b>Estrategias de evaluación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstica</li> <li>• Formativa</li> <li>• Sumativa</li> </ul>
<b>Características del diseño de interfaz:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de aprendizaje</li> <li>• Velocidad de respuesta</li> <li>• Tasa de errores</li> <li>• Retención</li> <li>• Satisfacción</li> </ul>
<b>Escenarios de uso:</b>	Clase magistral: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición de nuevos conocimientos</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta de apoyo visual y cálculo sesión personal:</li> <li>• Módulos de cálculo</li> <li>• Explicación y repaso de contenidos</li> <li>• Elaboración de ejercicios y tareas</li> </ul>
--	--

#### 4.4.1.3. Requisitos académicos del tutor

Figura 37. Diagrama de requisitos académicos para la elaboración del Programa Tutorial



#### 4.4.1.4. Instalación y desinstalación del programa

Para poder instalar el sistema tutor en las computadoras de los estudiantes se ha desarrollado un CD de instalación autoejecutable, el cual permite además la fácil distribución del programa.

Dentro del CD se encuentra el conjunto de archivos que conforman el paquete de instalación del programa más los instaladores de los programas auxiliares. Los archivos que contiene el CD son:

**Tabla XIII. Componentes del CD de instalación**

Nombre de Archivo	Tipo de Archivo	Descripción
 Métodos de Análisis	Comprimido en formato (CAB)	Contiene todos los archivos de instalación relevantes para hacer funcionar el programa del sistema tutor inteligente. Si durante el uso del sistema tutor se llegará a corromper alguno de los archivos y el tutor dejase de funcionar, se puede acudir a este archivo para restaurar el archivo dañado.
 SETUP	Archivo de lista de comandos (LST)	Contiene todos los comandos de ejecución del programa instalador del sistema tutor inteligente.
 SETUP	Ejecutable	Programa ejecutable que se encargará de guiar al usuario en la instalación del paquete para hacer funcionar al sistema tutor inteligente.

#### **4.4.1.4.1. Procedimiento para instalación**

1. Introducir el CD de instalación en la lectora de discos
2. El programa de instalación debe iniciarse. De lo contrario ir a Inicio -> Ejecutar y escribir lo siguiente <Letra asignada a la lectora de CD>:\AutoPlay\Docs\Modulo Interfaz\Instalador\setup.exe. O sino abrir el explorador de Windows, dirigirse a la carpeta del CD y ejecutar el archivo llamado Setup.exe que se encuentra en la dirección indicada anteriormente.
3. El programa de instalación que se abre con el CD contiene toda la información del programa tutorial. Debe seleccionar el botón <MÓDULO INTERFAZ>.
4. Adentro del módulo de interfaz se deberá pinchar ahora el botón <INSTALAR>. Así se iniciará el programa de instalación del tutorial.
5. Debe seguir las instrucciones que se indican en el instalador.
6. Reiniciar el sistema operativo para que se actualicen los nuevos componentes instalados.
7. Ejecutar el programa desde Inicio → Programas → Tutorial de Cinética.

#### **4.4.1.4.2. Procedimiento para desinstalación**

1. Ir a: Inicio → Panel de Control → Agregar o Quitar Programas
2. Buscar el programa Tutorial de Cinética en la lista de programas que se encuentran instalados en su computador
3. Seleccionar el programa del <Tutorial de Cinética> y marcar el botón que indica Quitar.
4. El programa de desinstalación aparecerá en pantalla y deberá seguir sus instrucciones
5. Reiniciar el sistema operativo para que los cambios surtan efecto.

#### **4.4.2. Gestión del modelo tutor en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química.**

El modelo del instructor está implícitamente incluido en el programa tutorial. Comprende los elementos que ayudarán a los instructores en la orientación de los estudiantes que utilicen el tutorial.

A partir de la observación de la actividad de los instructores puede deducirse que la funcionalidad aportada por este modelo comprende los siguientes aspectos:

- Mejoramiento en la adaptación y realismo de las estrategias tutoriales.
- Provisión de ayuda inteligente para el autor/instructor.
- Refinamiento en el diseño de tutoriales particulares.
- Aliento a instructores novicios para que se involucren en el diseño de sistemas tutoriales

##### **4.4.2.1. Orden propuesto al instructor para el desarrollo de los temas incluidos en el tutorial**

A continuación se presenta el orden propuesto para que el tutor desarrolle los temas del tutorial. Se parte de lo más simple a lo más complicado para crear una base teórica en el estudiante y pueda comprender mejor los conceptos implicados en el análisis de datos cinéticos. Todas las actividades propuestas pueden ser complementadas con lecturas de los archivos que se encuentran en la sección de EXTRAS del archivo de ayuda.

**Tabla XIV. Orden propuesto para desarrollo de temas**

<b>Tema</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Actividades</b>
Conceptos básicos de Cinética Química	Cinética Química	Explicación teórica
	Reacciones químicas	Explicación teórica, video sobre reacciones químicas
	Velocidad de reacción	Explicación teórica, video sobre reacciones de primer orden
	Molecularidad y orden de reacción	Explicación teórica
	Constante de velocidad de reacción	
	Factores que influyen en la velocidad de reacción	Explicación teórica, animación sobre la relación entre la presión y la temperatura en un sistema de volumen constante, animación sobre los factores que afectan la presión y animación sobre relación presión – volumen.
	Ecuación de Arrhenius	Explicación teórica, video con explicación sobre orientación de colisiones, explicación animada sobre energía de activación.
Reactores	Ecuación general de balance de moles	Explicación teórica
	Ecuación de rendimiento	
	Clasificación de los reactores	
	Reactor por lotes	
	Reactores con agitación continua	
	Reactores diferenciales	Explicación teórica, módulos de cálculo, cuestionarios
Métodos de análisis de datos de velocidad	Método Diferencial	Explicación teórica, módulo de cálculo, explicación paso a paso, cuestionarios
	Método Integral	
	Método de Mínimos Cuadrados	
	Método de Vidas Parciales	
Ecuación de Arrhenius	Efecto de la temperatura en la constante de velocidad de reacción	

#### **4.4.2.2. Sistema de evaluación**

La evaluación es el proceso de juzgamiento de la calidad del trabajo del estudiante (juicio del maestro sobre los resultados de la valoración), estableciendo un criterio, y seguida por la asignación de un valor (i.e. nivel, nota numérica, etc.) que representa tal calidad. Este juicio se hace en relación al logro del currículo y objetivos, expectativas y resultados, usando la información recogida mediante una variedad de herramientas de valoración.

Existe una gran variedad de tipos de tarea que puede utilizarse para el diseño de evaluaciones. En el contexto de pruebas, encontramos la selección múltiple, la correspondencia, la respuesta corta, el ensayo corto, la solución computacional, etc.

En otros contextos se utilizan tareas, proyectos, desarrollo de productos, muestras, etc. Pero, en todos los casos existe una secuencia finita de decisiones. Primeramente, clarificar cuales son los objetivos de aprendizaje a fin de medir determinadas aptitudes de los estudiantes; en segundo lugar, decidir posibles pruebas para medir el logro; y finalmente, diseñar las tareas específicas ya sean preguntas en una prueba o actividades de una tarea que armonicen con los objetivos de aprendizaje.

El punto inicial de la evaluación es diseñar pruebas, en un sentido general, para que sean ejecutadas. Y estas pruebas deben estar alineadas con los objetivos instruccionales. Nuestras tareas para evaluar deben diseñarse para que sean oportunidades en las cuales los estudiantes puedan demostrar sus logros en el aprendizaje de nuestra materia.

Tradicionalmente, hay dos usos primarios. El primero es decidir una nota para seleccionar que estudiante aprobó la materia y quién no. En segundo lugar, la valoración del conocimiento del estudiante puede guiar al docente en su actividad tutorial. En este caso, el enfoque presenta tres tipos: diagnóstico, formativo y final (o acumulativo). Los tres casos son conceptualmente diferentes, implican roles educativos distintos y conviene manipularlos separadamente.

El objetivo de la valoración diagnóstica es establecer, antes de la instrucción, las fortalezas, debilidades, conocimiento y destrezas de cada estudiante. El conocimiento del perfil del estudiante permite al instructor guiar al alumno cuando se inicia el aprendizaje según sus necesidades.

La valoración formativa es el monitoreo del progreso del estudiante durante la enseñanza y aprendizaje, no son juicios finales, debe transcurrir regularmente durante el proceso instruccional. La evaluación formativa es una parte integral de la interacción en curso entre docente y alumno. En este contexto, se puede proveer ayuda parcial si el estudiante lo necesita o probablemente este puede finalizar su aprendizaje sin ayuda adicional.

En el programa tutorial, esta evaluación está en forma de cuestionarios interactivos que se encuentran dentro de las Explicaciones paso a paso. Estas series de cuestionarios permiten obtener una nota respecto al tema estudiado y la retroalimentan al estudiante para que sepa cuáles son las áreas en las que necesita estudiar más.

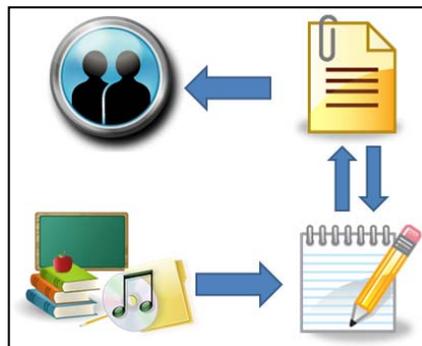
La valoración final (o acumulativa) es una prueba cuya finalidad es determinar el nivel de logro alcanzado por un estudiante. El propósito de esta valoración es llegar a un indicativo válido y confiable sobre las capacidades del estudiante.

Estas evaluaciones son tratadas a detalle en el apartado de estrategias de evaluación en el módulo del experto.

#### 4.4.2.3. Interacción del Módulo Instructor en el diseño del Sistema Tutorial

El modelo propuesto para el programa tutorial se maneja dentro de la siguiente figura:

**Figura 38. Modelo del Instructor**

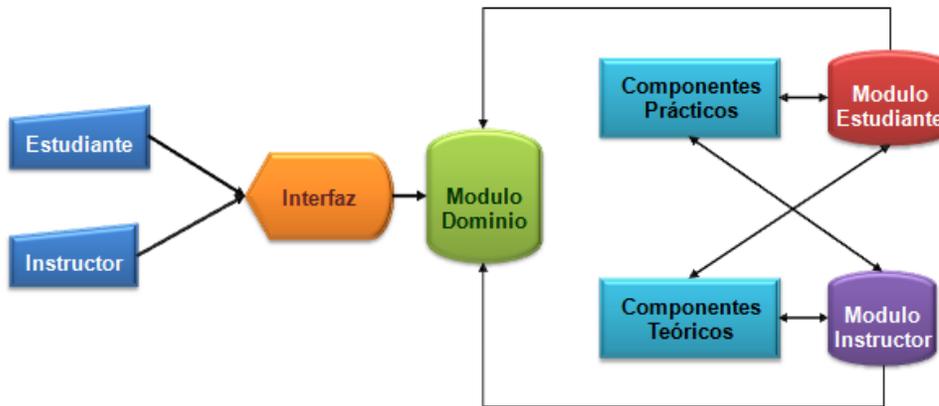


Donde cada etapa se encuentra descrita de la siguiente forma:

- ❖ Módulo permanente (largo plazo):
  - Datos personales
  - Nivel de experticia instruccional

- Nivel de experticia en herramienta
  - Perfil
  - Preferencias
  - Hábitos
- ❖ Módulo dinámico (corto plazo):
- Plan instruccional (implementación del modelo instruccional global)
  - Frecuencia de uso por los estudiantes
  - Exámenes creados en acuerdo a la estrategia evaluativa (del tutorial y del instructor)
  - Resultados finales de la evaluación del tema (tareas o exámenes)
- ❖ Pruebas y ejercicios:
- Pregunta directa
  - Interpretación de gráficos
  - Asociación de conceptos
  - Cálculos de Ley de Velocidad
  - Interpretación de parámetros obtenidos
- ❖ Estrategias de evaluación:
- Diagnóstica
  - Formativa
  - Sumativa

**Figura 39. Interacción de elementos en Programa Tutorial**



La arquitectura ilustrada en la Figura 39, muestra los diferentes elementos que interactúan con el módulo del instructor, el cual se encuentra implícito en el tutorial.

Los *componentes teóricos* se ocupan del manejo del material de enseñanza teórico que se encuentra en formato electrónico en el tutorial. Contiene las herramientas dedicadas a describir los métodos de análisis de datos cinéticos en términos de variables y ecuaciones, asociando las aplicaciones en los módulos de cálculo a la información del archivo de ayuda. El instructor actúa en conjunto con los componentes teóricos guiando al estudiante sobre el orden de la temática a seguir dentro del tutorial, de acuerdo al orden propuesto en este trabajo de graduación y en el programa del curso.

El *módulo del instructor* proporciona la información que es utilizada por el sistema para ofrecer soporte a los instructores o como herramienta para la evaluación de las actividades diseñadas dentro del tutorial (generación de archivos, instrucciones de uso, ejercicios propuestos, cuestionarios, entre otros).

En la Figura 39 se encuentra debajo de los demás módulos y componentes, ya que está implícito en cada uno de los componentes del programa.

Los *componentes prácticos* consisten en los elementos que interaccionan con los estudiantes para la solución de problemas, presentan las herramientas de cálculo de una manera didáctica e interactiva para motivar al estudiante en el estudio de los métodos de análisis. El instructor interactúa a través de la utilización de esta herramienta para la realización de ejercicios propuestos y tareas.

La aplicación correcta de los componentes prácticos y teóricos, debe partir de una base conocida, es decir, es necesario saber los conocimientos actuales y necesidades de aprendizaje del estudiante (conceptos teóricos que debe saber previamente el estudiante para la utilización del tutorial y lo que aprenderá después de utilizarlo). Esta información se encuentra detalladamente en el *módulo del dominio*, el cual está formado por los componentes prácticos y teóricos descritos anteriormente.

La *interfaz de usuario* es el medio con que el usuario (estudiante o profesor) puede comunicarse con el tutorial, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y programa computacional. La interfaz desarrollada es fácil de entender y fácil de accionar ya que se basa en elementos visuales para relacionar conceptos. Además, al ser dinámica aumenta la motivación del estudiante y su interés hacia el aprendizaje de los temas desarrollados en el tutorial. El razonamiento para manejar la interfaz estudiante y la del instructor se basa en el módulo estudiante y módulo instructor.

## **4.5. Módulo interfaz en el estudio de métodos de análisis de datos de Cinética Química**

### **4.5.1. Concepto de Interfaz**

Una interfaz es un dispositivo que permite comunicar dos sistemas que no hablan el mismo lenguaje. Restringido a aspectos técnicos, se emplea el término interfaz para definir el juego de conexiones y dispositivos que hacen posible la comunicación entre dos sistemas. Sin embargo, cuando aquí se habla de interfaz, se refiere a la cara visible de los programas tal y como se presenta a los usuarios para que interactúen con la máquina. La interfaz gráfica implica la presencia de un monitor de ordenador o pantalla constituida por una serie de menús e iconos que representan las opciones que el usuario puede tomar dentro del sistema.

Las interfaces básicas de usuario son aquellas que incluyen menús, ventanas, teclado, ratón y los sonidos que la computadora hace, en general, todos aquellos canales por los cuales se permite la comunicación entre el hombre y la computadora.

La idea fundamental en el concepto de interfaz es el de mediación, entre hombre y máquina. Se trata de un sistema de traducción, ya que los dos "hablan" lenguajes diferentes: verbo-icónico en el caso del hombre y binario en el caso del procesador electrónico.

De una manera técnica se define a Interfaz de usuario, como conjunto de componentes empleados por los usuarios para comunicarse con las computadoras. El usuario dirige el funcionamiento de la máquina mediante instrucciones, denominadas genéricamente entradas.

Las entradas se introducen mediante diversos dispositivos, por ejemplo un teclado, y se convierten en señales electrónicas que pueden ser procesadas por la computadora. Estas señales se transmiten a través de circuitos, y son coordinadas y controladas por la unidad de proceso central y por un soporte lógico conocido como sistema operativo.

Una vez que la computadora ha ejecutado las instrucciones indicadas por el usuario, puede comunicar los resultados mediante señales electrónicas, o salidas, que se transmiten por los dispositivos de salida, por ejemplo una impresora o un monitor.

Resumiendo se puede decir que, una interfaz de software es la parte de una aplicación que el usuario ve y con la cual interactúa. Está relacionada con la estructura, la arquitectura, y el código que hace el trabajo del software, pero no se confunde con ellos.

Una interfaz inteligente es fácil de aprender y usar. Permite a los usuarios hacer su trabajo o desempeñar una tarea en la manera que hace más sentido para ellos, en vez de tener que ajustarse al software. Una interfaz inteligente se diseña específicamente para la gente que la usará.

Las características básicas de una interfaz gráfica se sintetizan en:

- Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso.
- Representación fija y permanente de un determinado contexto de acción (fondo).
- El objeto de interés ha de ser de fácil identificación.
- Diseño ergonómico mediante el establecimiento de menús, barras de acciones e iconos de fácil acceso.

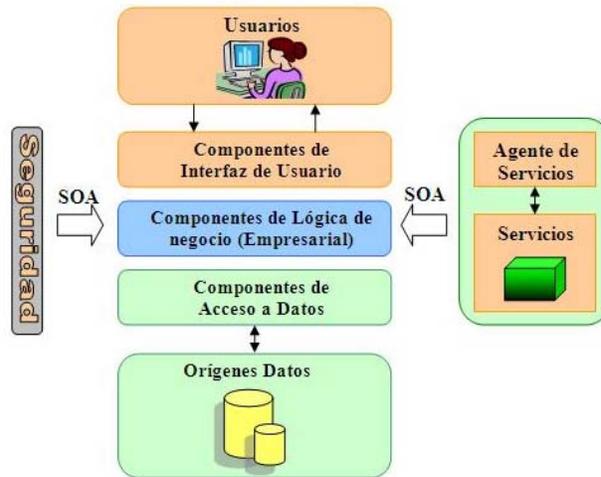
- Las interacciones se basarán en acciones físicas sobre elementos de código visual o auditivo (iconos, botones, imágenes, mensajes de texto o sonoros, barras de desplazamiento y navegación) y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes.
- Las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, con efectos inmediatos.
- Existencia de herramientas de ayuda y consulta.

#### **4.5.1.1. Funcionalidad de los componentes de interfaz**

La arquitectura de una aplicación se compone de varios componentes, así como el modo en que cada uno de los cuales realiza una tarea diferente. Todas las soluciones de software contienen tipos de componentes similares, independientemente de las necesidades que deban cubrir.

Existen varios tipos de componentes habituales. En la Figura 38 se muestra una ilustración completa en la que se indican estos tipos de componentes más comunes encontrados en la mayoría de las soluciones con una arquitectura en capas, orientada a objetos y servicios.

**Figura 40. Arquitectura en capas, tipos de componentes**



#### **4.5.1.1.1. Componente de Interfaz de Usuarios (IU)**

La mayor parte de las soluciones necesitan ofrecer al usuario un modo de interactuar con la aplicación. Las interfaces de usuario se implementan utilizando formularios, controles u otro tipo de tecnología que permita procesar y dar formato a los datos de los usuarios, así como adquirir y validar los datos entrantes procedentes de éstos. En un gran número de casos, la interacción del usuario con el sistema se realiza de acuerdo a un proceso predecible.

Los componentes de la interfaz de usuario deben mostrar datos al usuario, obtener y validar los datos procedentes del mismo e interpretar las acciones de éste que indican que desea realizar una operación con los datos. Asimismo, la interfaz debe filtrar las acciones disponibles con el fin de permitir al usuario realizar sólo aquellas operaciones que le sean necesarias en un momento determinado.

Al aceptar la entrada del usuario, los componentes de la interfaz:

- Adquieren los datos del usuario y atienden su entrada utilizando guías visuales (como informaciones sobre herramientas) y sistemas de validación, así como los controles necesarios para realizar la tarea en cuestión.
- Capturan los eventos del usuario y llaman a las funciones de control para indicar a los elementos de la interfaz de usuario que cambien el modo de visualización de los datos.
- Restringen los tipos de entrada del usuario.
- Realizan la validación de entrada de datos o garantizando que se escriben los datos obligatorios.
- Llevan a cabo la asignación y transformación simple de la información proporcionada por los controles del usuario en los valores necesarios para que los componentes subyacentes realicen su trabajo.
- Interpretar las acciones del usuario y llamar a una función de control.
- Asimismo, se suele disponer de un componente de ayuda para realizar el seguimiento de la actividad se encuentra realizando el usuario y, por tanto, invocar a las funciones de consulta.

#### **4.5.1.1.2. Componente lógicos del sistema**

Independientemente de si el proceso consta de un único paso o de un flujo de trabajo organizado, la aplicación requerirá probablemente el uso de componentes que implementen reglas, principios y realicen tareas.

Éstos implementan las reglas y principios técnicos en diversos patrones, aceptan y devuelven estructuras de datos simples o complejos.

Los componentes lógicos deben exponer funcionalidad de modo que sea independiente de los almacenes de datos y los servicios necesarios para realizar la tarea, y se deben componer de forma coherente desde el punto de vista del significado y transaccional.

En la siguiente lista se resumen las recomendaciones relativas al diseño de componentes empresariales:

- Utilizar la comunicación basada en mensajes.
- Asegurar que los procesos expuestos en las interfaces de servicios no se pueden alterar.
- Elegir con cuidado los límites de las operaciones de modo que se puedan realizar reintentos y composiciones. Asimismo, se considera el uso de reintentos.
- Los componentes se deben poder ejecutar en el contexto de cualquier usuario.
- Elegir y mantener un formato de datos coherente (como XML, conjunto de datos, etc.) para los parámetros de entrada y los valores de devolución.

#### **4.5.1.1.3. Componentes de acceso a datos.**

La mayoría de las aplicaciones y servicios necesitan obtener acceso a un almacén de datos en un momento determinado del proceso

Al trabajar con datos debe determinar:

- El almacén de datos que utiliza.
- El diseño de los componentes utilizados para obtener acceso al almacén de datos.
- El formato de los datos pasados entre componentes y el modelo de programación necesario para ello.

La aplicación puede disponer de uno o varios orígenes de datos, los cuales pueden ser de tipos diferentes. La lógica utilizada para obtener acceso a los datos de un origen de datos se encapsulará en componentes lógicos de acceso a datos que proporcionan los métodos necesarios para la consulta y actualización de datos.

#### **4.5.1.1.4. Servicios**

Cuando un componente requiere el uso de la funcionalidad proporcionada por un servicio externo, tal vez sea necesario hacer uso de código para administrar la semántica de la comunicación con dicho servicio. Los agentes de servicios pueden proporcionar servicios adicionales, como la asignación básica del formato de los datos que genera la aplicación.

#### **4.5.1.1.5. Componentes de seguridad**

La directiva de seguridad se ocupa de la autenticación, autorización, comunicación segura, auditoria y administración de perfiles.

Cada componente tiene sus especificidades las cuales cumplen funcionalidades de acuerdo al rol que tienen en la aplicación.

#### **4.5.2. Características para el diseño de la interfaz del Programa Tutorial**

Al diseñar interfaces de usuario deben tenerse en cuenta las habilidades cognitivas y de percepción de las personas, y adaptar el programa a ellas.

Así, una de las cosas más importantes que una interfaz puede hacer es reducir la dependencia de las personas de su propia memoria, no forzándoles a recordar cosas innecesariamente (por ejemplo, información que apareció en una pantalla anterior) o a repetir operaciones ya realizadas (por ejemplo, introducir un mismo dato repetidas veces).

La persona tiene unas habilidades distintas de la máquina, y ésta debe utilizar las suyas para soslayar las de aquella (como por ejemplo la escasa capacidad de la memoria de corto alcance). Para el diseño del programa tutorial se han tomado en cuenta las siguientes características:

- **Velocidad de aprendizaje:** Se pretende que la persona aprenda a usar el sistema lo más pronto posible. Se integran varias actividades que pueden desarrollarse en la misma sesión para que el estudiante asimile y practique los conocimientos aprendidos. Además integra herramientas para motivarlos y facilitar el proceso de aprendizaje.

- **Velocidad de respuesta:** El tiempo necesario para realizar una operación en el sistema. El sistema permite la generación inmediata de respuestas, promueve que el estudiante dedique más tiempo a la interpretación de respuestas y no al cálculo.
- **Tasa de errores:** Porcentaje de errores que comete el usuario. El programa tutorial muestra al usuario los errores que ha cometido y le orienta para que pueda solucionarlos.
- **Retención:** Cuánto recuerda el usuario sobre el uso del sistema en un período de tiempo. Diseñado de forma similar a los programas de Office para que el usuario esté familiarizado con su utilización. El programa está diseñado para que a través de la visualización el usuario relacione con imágenes las actividades que puede realizar.
- **Satisfacción:** Se refiere a que el usuario esté a gusto con el sistema. Desarrollado de forma que sea “amigable” con el estudiante para que sea fácil de utilizar, permitiéndole aprender de forma sencilla.

#### **4.5.3. Pasos para el diseño de la interfaz**

Los programas son usados por usuarios con distintos niveles de conocimientos, desde principiantes hasta expertos. La mayoría de los programas y sistemas operativos ofrecen varias formas de interacción al usuario.

Existen tres puntos de vista distintos en una interfaz de usuario: el del usuario, el del programador y el del diseñador. La interfaz del programa informático se desarrolló tomando en cuenta estos tres tipos de modelos:

- Modelo del Usuario

El usuario tiene su visión personal del sistema, y espera que éste se comporte de una cierta forma. En él se obtiene la descripción del tipo de usuarios, sus características (el factor humano) y tareas más frecuentes. Se puede conocer el modelo del usuario estudiándolo, ya sea realizando pruebas de uso, entrevistas, o a través de realimentación.

- Modelo del Diseñador:

El diseñador mezcla las necesidades, ideas, deseos del usuario y los materiales de que dispone el programador para diseñar un producto de software. Es un intermediario entre ambos. El modelo del diseñador describe los objetos que utiliza el usuario, su presentación al mismo y las técnicas de interacción para su manipulación. Describe la presentación, interacción y relaciones entre los objetos. Consta de dos partes: Bocetos y tabla de historia.

- Modelo del Programador

Está constituido por los objetos que manipula el programador, distintos de los que trata el usuario. Los conocimientos del programador incluyen la plataforma de desarrollo, el sistema operativo, las herramientas de desarrollo y especificaciones. Además, identifica los componentes principales del diseño: objetos más relevantes, metáforas, iconografía y diseño del menú)

Estos modelos interactúan dentro del entorno, el cual se describe como el lugar en el que se reflejen los participantes, sus actividades, los artefactos que utilizan y las operaciones que se realizan. Para su desarrollo se requiere un breve análisis a partir de la observación del uso de otros usuarios en un sistema similar. Además requiere describir los casos de uso más habituales.

#### **4.5.4. Modelo de Usuario**

La información que solicita el modelo de usuario, se ha presentado anteriormente en la sección de perfil del estudiante en el módulo del estudiante. En esa sección se describen las características personales y competencias académicas que debe tener el estudiante, las cuales aplican a esta sección.

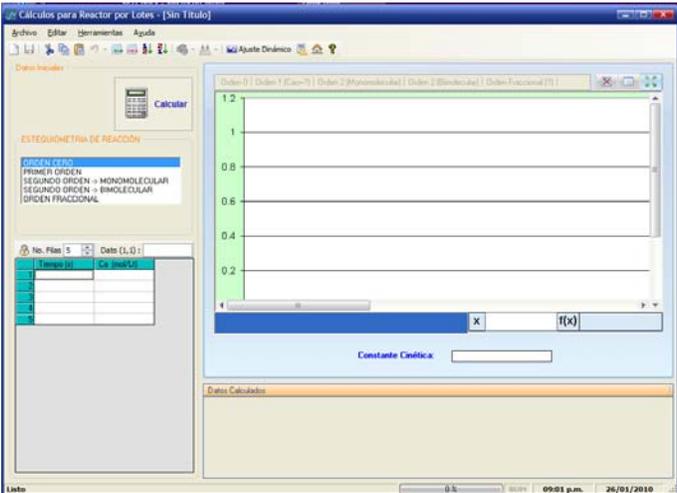
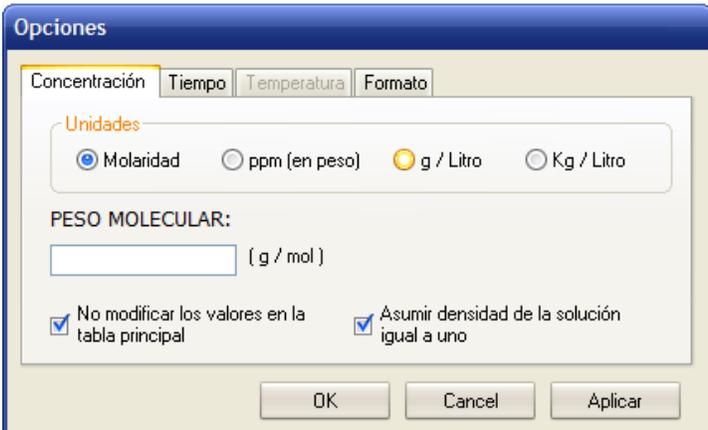
Es importante resaltar que uno de los requisitos principales para la utilización del tutorial, es su habilidad tecnológica. El programa está desarrollado siguiendo las reglas comunes para los programas elaborados en sistema Windows. Por lo tanto los estudiantes que entiendan las aplicaciones del programa Office serán capaces de adaptarse y utilizar sin problemas el programa tutorial.

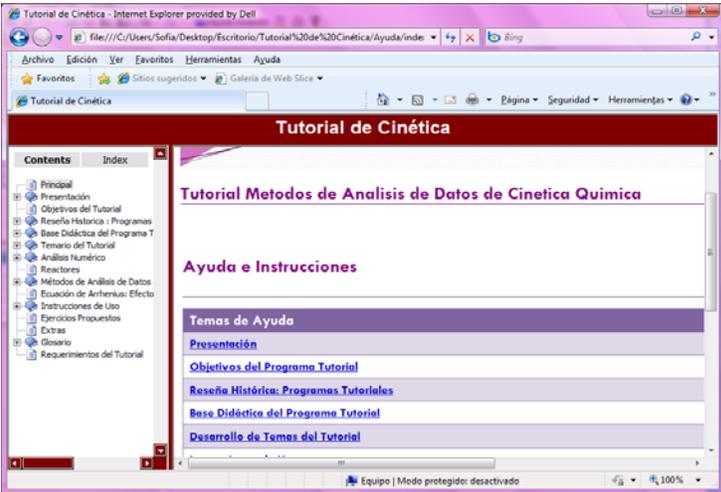
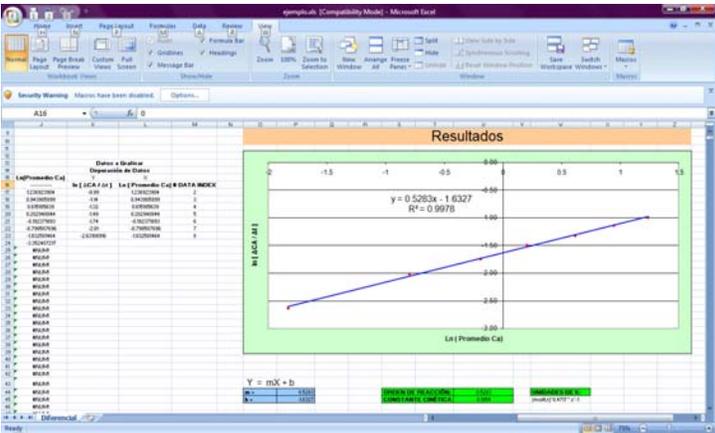
#### **4.5.5. Modelo del Diseñador**

El programa tutorial está compuesto por los siguientes elementos que interactúan con el usuario (bocetos). La relación de estos se muestra en una tabla de historia que presenta sus relaciones.

### 4.5.5.1. Bocetos

Tabla XV. Bocetos del Tutorial de Cinética Química

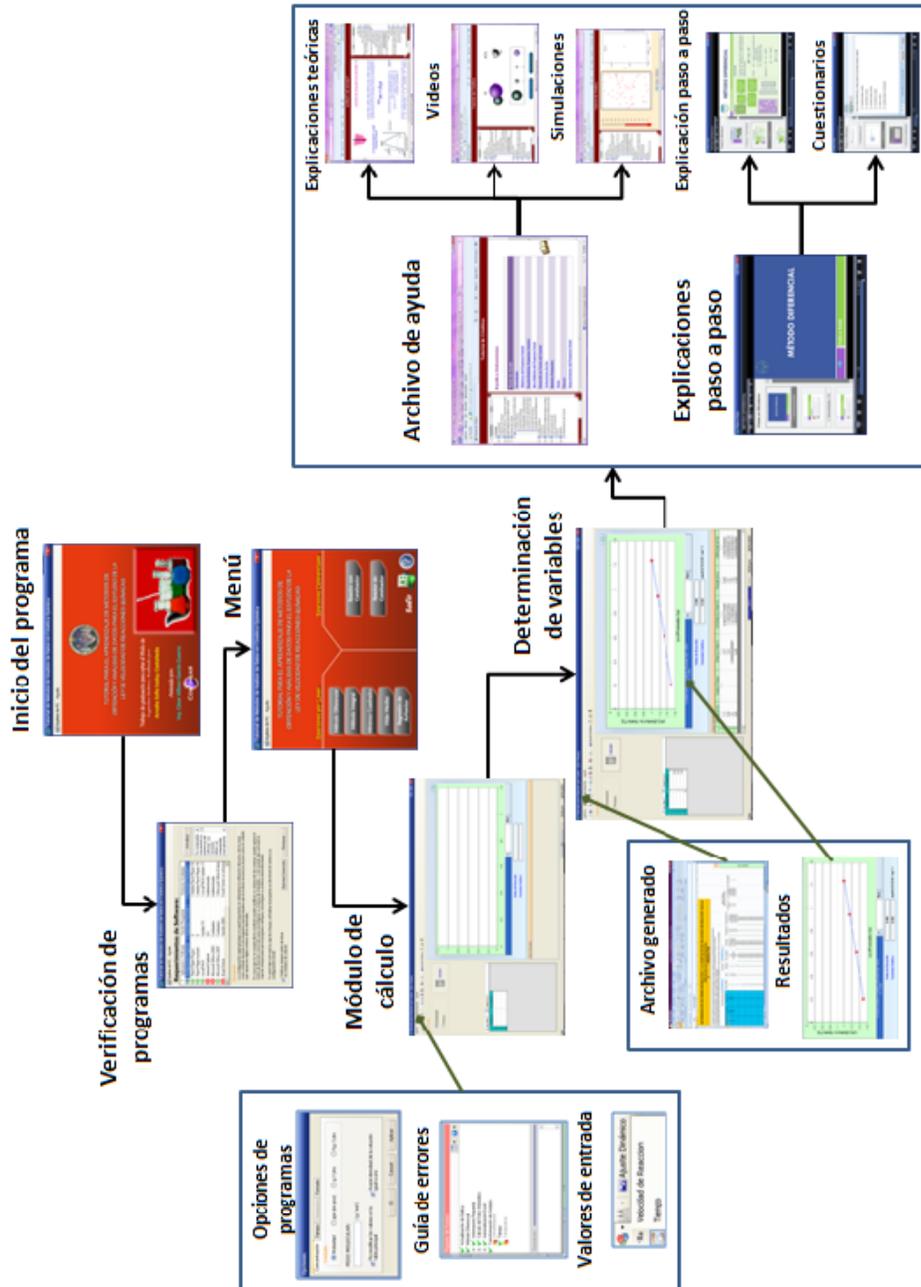
Nombre	Descripción	Boceto
Programa de cálculo	Incluye las áreas de ingreso de datos, selección de opciones iniciales, gráfico, resultado y cálculos intermedios	
Ventana de opciones de datos	Permite seleccionar las opciones de unidades y formato con que se trabajaran los datos de entrada y resultados	

<p>Explicación es paso a paso</p>	<p>Explicación secuencial de los pasos a seguir para la aplicación de los métodos. Utiliza ejemplos y contiene cuestionarios para evaluar lo aprendido</p>	 <p>The image shows a presentation window titled 'Paso a Paso' with a sub-header 'Métodos Integrales'. On the left, there is a 'Vistas en Miniatura' (Thumbnail Views) pane showing a list of slides: '1. Método Integral', '2. Generalidades (1/2)', and '3. Ejercicios Propuestos'. The main slide area has a blue background with the text 'MÉTODO INTEGRAL' in large white letters. At the bottom right of the slide, there is a purple button with a white arrow and the text 'PASO A PASO'. The presentation controls at the bottom show 'Diapositiva No. 1 / 124' and a timer at '00:05 / 00:05'.</p>
<p>Archivo de ayuda</p>	<p>Contiene toda la información teórica y sobre el uso del tutorial</p>	 <p>The image shows a web browser window titled 'Tutorial de Cinética - Internet Explorer provided by Dell'. The address bar shows the file path: 'file:///C:/Users/Sofia/Desktop/Escritorio/Tutorial%20de%20Cinética/Ayuda/index...'. The page content includes a 'Contents' sidebar on the left with a tree view of the tutorial structure. The main content area is titled 'Tutorial de Cinética' and 'Tutorial Metodos de Analisis de Datos de Cinetica Quimica'. Below this, there is a section 'Ayuda e Instrucciones' with a sub-section 'Temas de Ayuda' containing links for 'Presentación', 'Objetivos del Programa Tutorial', 'Reseña Histórica: Programas Tutoriales', 'Base Didáctica del Programa Tutorial', and 'Desarrollo de Temas del Tutorial'. The status bar at the bottom indicates 'Equipo   Modo protegido: desactivado' and '100%' zoom.</p>
<p>Archivos generados por el programa</p>	<p>Son documentos que contienen la información sobre el ejercicio trabajado con el módulo de cálculo.</p>	 <p>The image shows a Microsoft Excel spreadsheet in 'Compatibility Mode'. The spreadsheet contains a table of data with columns for 'Datos x Datos y Operaciones de Datos'. A line graph titled 'Resultados' is overlaid on the spreadsheet. The graph shows a linear regression line with the equation <math>y = 0.5283x - 1.6327</math> and <math>R^2 = 0.9978</math>. The x-axis is labeled 'Ln (Promedio Ca)' and the y-axis is labeled 'ln [Ca] (M)'. The status bar at the bottom shows 'Y = mX + b' and '=LINEAR(LA1:LA10; B1:B10; TRUE)'. The spreadsheet data includes values for 'Ln [Ca] (M)' and 'Ln (Promedio Ca)'.</p>

#### **4.5.5.2. Tabla de historia**

El encadenamiento de las pantallas está determinado a partir de la pantalla principal del sistema, permitiendo desplegar cualquiera de las pantallas utilizadas para las operaciones anteriormente descritas. Dichas pantallas pueden ser activadas o cerradas en forma independiente

Figura 41. Arquitectura del programa



#### **4.5.6. Modelo del Programador**

En el desarrollo del programa tutorial se mezclan dos tipos de componentes, los cuales se relacionan para crear la interfaz del usuario. Estos son los componentes físicos y virtuales, los cuales pueden interactuar en una plataforma de desarrollo.

##### **4.5.6.1. Sistemas utilizados como plataforma de desarrollo**

En esta sección se describen brevemente el sistema y lenguajes de desarrollo para la creación del programa tutorial:

- **Microsoft Windows**

Un Sistema operativo (SO) es un programa informático que actúa de interfaz entre los dispositivos de hardware y el usuario. Es responsable de gestionar, coordinar las actividades y llevar a cabo el intercambio de recursos de un computador. Actúa como estación para las aplicaciones que se ejecutan en la máquina. Uno de los propósitos de un sistema operativo como estación, consiste en gestionar los recursos de localización y protección de acceso del hardware. Microsoft Windows es una familia de sistemas operativos desarrollados y comercializados por Microsoft, el cual incorpora diversas aplicaciones. Su interfaz gráfica funciona como un sistema de ventanas.

Un sistema de ventanas permite al usuario de computadora trabajar en varios programas al mismo tiempo. Cada programa se ejecuta en su propia ventana, generalmente un área de la pantalla rectangular.

El programa tutorial permite tener abiertas ventanas para que el usuario puede realizar diferentes actividades como: cálculos, consultas, ver ejemplos, etc.

La mayoría de los sistemas de ventanas permite solapamiento entre ellas, y provee al usuario las operaciones básicas como mover y redimensionar una ventana, enviar una ventana al fondo o traerla hacia adelante, minimizar, maximizar, restaurar, cerrar, etc.

- **Visual Basic**

Es un lenguaje de programación desarrollado por Alan Cooper para Microsoft. El lenguaje de programación es un dialecto de BASIC, con importantes añadidos. Su intención es simplificar la programación utilizando un ambiente de desarrollo completamente gráfico que facilita la creación de interfaces gráficas y en cierta medida también la programación misma.

Consiste en un editor de código (programa donde se escribe el código fuente), un depurador (programa que corrige errores en el código fuente para que pueda ser bien compilado), un compilador (programa que traduce el código fuente a lenguaje de máquina), y un constructor de interfaz gráfica o GUI (es una forma de programar en la que no es necesario escribir el código para la parte gráfica del programa, sino que se puede hacer de forma visual).

- **Microsoft Office**

Es una suite ofimática, compuesta básicamente por aplicaciones de procesamiento de textos, plantilla de cálculo y programa para presentaciones. Fue desarrollada por la empresa Microsoft.

Los programas de Microsoft office utilizados en el desarrollo del programa tutorial son: Word (procesador de textos), Excel (hoja o planilla de cálculo) y Power Point (programa para desarrollo de presentaciones visuales).

- **Microsoft SharePoint Designer**

Programa que ofrece las herramientas de diseño de calidad profesional necesarias para crear atractivas páginas de internet compatibles con una gran variedad de exploradores. Permite diseñar en un editor WYSIWYG (lo que se ve es lo que se obtiene) de gran calidad, dar formato rápidamente a las páginas de internet mediante diversas herramientas CSS (hojas de estilos en cascada) y cambiar fácilmente el diseño y el formato del sitio de Internet sin necesidad de escribir código de programación.

- **Macromedia Adobe Flash**

Es una aplicación en forma de estudio de animación que trabaja sobre "fotogramas", destinado a la producción y entrega de contenido interactivo sin importar la plataforma en que se trabaje.

Utiliza gráficos vectoriales e imágenes, sonido, código de programa, flujo de vídeo y audio bidireccional. En sentido estricto, Flash es el entorno y Flash Player es el programa de máquina virtual utilizado para ejecutar los archivos generados con Flash.

- **Microsoft HTML Help WorkShop**

Es un programa que permite crear ficheros de ayuda HTML compilada (.chm), que pueden utilizarse desde aplicaciones creadas con Visual Basic.

Con el HTML Help Workshop, se pueden comprimir archivos de ayuda para reducir el tamaño, tiene opciones de búsqueda, atajos de teclado, contiene un editor de imágenes, tabla de contenidos (para los temas y secciones) y algunas otras aplicaciones.

#### **4.5.6.2. Componentes físicos**

- **Teclado**

Es un dispositivo que consiste en un sistema de teclas, como las de una máquina de escribir, que permite introducir datos u órdenes a una computadora o dispositivo digital.

De acuerdo a su distribución, las teclas están agrupadas en cuatro grupos:

- Teclas de función: situadas en la primera fila de los teclados. Combinadas con otras teclas, proporcionan acceso directo a algunas funciones del programa en ejecución.
- Teclas de edición: sirven para mover el cursor por la pantalla.
- Teclas alfanuméricas: son las más usadas. Su distribución suele ser la de los teclados QWERTY, por herencia de la distribución de las máquinas de escribir. Reciben este nombre por ser la primera fila de teclas.
- Bloque numérico: situado a la derecha del teclado. Comprende los dígitos del sistema decimal y los símbolos de algunas operaciones aritméticas. Añade también la tecla especial Bloq Num, que sirve para cambiar el valor de algunas teclas para pasar de valor numérico a desplazamiento de cursor en la pantalla.

El teclado numérico también es similar al de un calculadora cuenta con las 4 operaciones básicas que son + (suma), - (resta), \* (multiplicación) y / (división).

- **Ratón**

Más conocido como “mouse”, es un dispositivo apuntador, generalmente fabricado en plástico. Se utiliza con una de las manos del usuario y detecta su movimiento relativo en dos dimensiones por la superficie plana en la que se apoya, reflejándose habitualmente a través de un puntero o flecha en el monitor. Es un elemento imprescindible en un equipo informático para la mayoría de las personas.

Habitualmente se compone de al menos dos botones y otros dispositivos opcionales como una «rueda», más otros botones secundarios o de distintas tecnologías como sensores del movimiento que pueden mejorar o hacer más cómodo su uso.

- **Monitor de pantalla**

El monitor o pantalla de ordenador, aunque también es común llamarlo "pantalla", es un dispositivo de salida que, mediante una interfaz, muestra los resultados del procesamiento de una computadora.

- **Píxel:** Unidad mínima representable en un monitor. Los monitores pueden presentar píxeles muertos o atascados.
- **Tamaño de punto o (dot pitch):** Es un parámetro que mide la nitidez de la imagen, midiendo la distancia entre dos puntos del mismo color; resulta fundamental a grandes resoluciones.

Los tamaños de punto más pequeños producen imágenes más uniformes.

- **Ángulo de visión:** Es el máximo ángulo con el que puede verse el monitor sin que se degrade demasiado la imagen. Se mide en grados.
- **Tiempo de respuesta:** También conocido como latencia. Es el tiempo que le cuesta a un píxel pasar de activo (blanco) a inactivo (negro) y después a activo de nuevo.
- **Contraste:** Es la proporción de brillo entre un píxel negro a un píxel blanco que el monitor es capaz de reproducir.

- **Bocinas**

Las bocinas te permiten escuchar diferentes clases de sonidos emitidos por la computadora, que en ocasiones indican algo en particular. Son las encargadas de reproducir los sonidos almacenados o transmitidos por algunos elementos internos y externos conectados en la computadora. Hay básicamente cuatro tipos de bocinas para computadoras:

- **Bocinas mono:** se refiere a que el sonido emitido se escuchará con baja calidad y desde un solo punto.
- **Bocinas Estéreo:** El sonido emitido se escuchará con alta calidad y con un efecto que permite escuchar como si el sonido proviniera de distintos puntos del ambiente.
- **Bocinas 2.1:** El sonido emitido se escuchará con alta calidad y con un efecto que permite escuchar como si el sonido proviniera de ambos lados, además de que cuenta con una bocina extra que resalta los tonos graves del audio.

- Bocinas 5.1: El sonido emitido se escuchará con alta calidad y con un efecto que permite escuchar como si el sonido proviniera de ambos lados, del frente y detrás, además se cuenta con una bocina extra que resalta los tonos graves del audio.

#### **4.5.6.3. Componentes virtuales**

- **Barras de desplazamiento**

Es un elemento de las interfaces gráficas que constan de una barra horizontal o vertical con dos extremos con flechas que apuntan en sentidos contrarios y que suelen ubicarse en los extremos de una ventana o recuadro.

La misión de las barras de desplazamiento es permitir al usuario desplazarse por los contenidos de la página cuando el tamaño de ésta es superior al disponible en la ventana del navegador de Internet. Juegan pues un papel fundamental en la accesibilidad a los contenidos de toda página.

Su dimensión máxima presenta un tamaño que depende de la resolución empleada por el usuario, abarcando todo el espacio disponible (alto o ancho de la ventana). En cambio, el tamaño de su dimensión más pequeña depende del navegador de Internet y del sistema operativo.

- **Barra de estado**

Elemento que se encuentra en las interfaces gráficas, que permite mostrar información acerca del estado actual de la ventana al usuario.

Generalmente las barras de estado se ubican en la parte inferior de las ventanas. Presenta diferente información, dependiendo de la ventana o programa donde se encuentre.

Las barras de estado de los navegadores suelen mostrar el progreso en la carga de una página, o cuando el cursor se sitúa sobre un hipervínculo muestra la dirección de la página a la que apunta el mismo. También pueden mostrar si se intentaron abrir otras ventanas y se bloquearon, si la página es segura, etc.

En los editores gráficos suelen mostrar información acerca de la imagen actual como sus dimensiones, resolución, etc. En los procesadores de texto suelen mostrar información sobre el documento actualmente abierto. Esta información puede ser el número de páginas del documento, el número de página activa, el idioma del documento, etc.

- **Barra de herramientas**

Es un componente de una interfaz gráfica de usuario mostrada usualmente en pantalla a modo de fila, columna, o bloque que contiene iconos o botones que, al ser presionados, activan ciertas funciones de una aplicación.

Muchas de las aplicaciones y sistemas operativos desarrollados recientemente permiten a los usuarios personalizar las barras de herramientas y ajustarlas a sus necesidades.

Una barra de herramientas contiene botones para los comandos usados más comúnmente. Se supone que los iconos hacen más fácil saber qué es lo que hace cada botón. La mayoría de las aplicaciones modernas utilizan botones similares para los mismos comandos.

- **Barra de menú**

En informática un menú es una serie de opciones que el usuario puede elegir para realizar determinada tarea.

Los menús están contenidos en una barra de menús, la cual se puede decir que es una propiedad que tienen las ventanas para poseer menús, esto es porque la barra de menús en sí misma no es una ventana como lo puede ser un botón de comando o un cuadro de texto, pero tampoco es una barra de herramientas, sino un objeto contenedor de otros menús. Los menús se organizan siguiendo el principio de los árboles, esto quiere decir que un menú puede tener menús hijos y menús padres. La barra de menús queda como la raíz, el nodo principal, o en otras palabras, un menú sin padres.

Los tipos de menús más usuales son:

- Normales: Son los que tienen el predominio más alto en las aplicaciones.
- Casillas de verificación: Al hacer click sobre ellos, se activa un indicador y su estado cambia a 'marcado/desmarcado'.
- Radiobotones: son grupos de botones donde sólo se puede tener activo uno de todos ellos y su indicador acostumbra ser una viñeta.

- Submenús. Son los menús que tienen menús hijos, es decir que no se puede hacer clic en él, en vez de eso hay que seleccionar uno de sus 'hijos'; habitualmente traen consigo una flecha en la lateral derecha indicando la naturaleza del mismo.
- Separadores. Son menús sin nombre ni valor. Se muestran como líneas grises opacas entre la lista de comandos.

- **Botones de opción**

Es un tipo de interfaz gráfica que permite al usuario elegir una opción de un conjunto predefinido de opciones. Los botones de opción se arreglan en grupos de dos o más y se muestran en la pantalla como una lista de agujeros circulares que pueden contener un espacio blanco (para la opción de "no seleccionado") o un punto (para la opción de "seleccionado").

Adyacente a cada botón de opción normalmente se muestra un texto que describe la opción que representa el botón de opción. Cuando el usuario selecciona un botón de opción, cualquier botón de opción previamente seleccionado en el mismo grupo queda deseleccionado.

- **Botones de comando**

Un botón de comando se utiliza en un formulario o página de acceso a datos para iniciar una acción o un conjunto de acciones, permite ejecutar alguna rutina, función o procedimiento, generalmente en el evento clic del mismo, para realizar de esta manera alguna tarea dentro del programa.

En un formulario, un botón de comando puede mostrar texto o una imagen, pero en una página de acceso a datos sólo puede mostrar texto.

- **Casillas de verificación**

Son un elemento de interacción del Sistema Operativo con el usuario. Consta de una casilla que permite dos estados distintos, marcado y desmarcado. La marca implica la aceptación de la afirmación que va enlazado a ella, y por consiguiente, la falta de marca implica la negación de la afirmación. Permiten al usuario seleccionar varias opciones dentro de un formulario

Normalmente, las casillas de verificación son mostradas en la pantalla como una caja cuadrada que puede contener un espacio en blanco (para deseleccionar) o una marca de chequeo o una X (para seleccionar) una opción independientemente de las otras. Junto a la casilla de verificación se muestra un texto descriptivo del significado de la opción.

A priori pueden parecer iguales que los botones de opción, pero éstos necesariamente deben aceptar al menos una de las afirmaciones que tengan enlazadas en un grupo, mientras que en un grupo de casillas de verificación no necesariamente tienen que aceptar una.

- **Control de pestañas**

Este control consta de una interface con "pestañas", en la que cada una de ellas sirve para mostrar una opción determinada. Cada pestaña puede contener sus propios controles y es una buena opción para presentar interfaces de una forma organizada. Cada pestaña actúa como contenedor de los controles que se insertan.

- **Control de cuadrícula**

El control cuadrícula (grid) crea tablas las cuales pueden ser capaces de de mantener texto y/o gráficos. Las cuadrículas son muy usadas para presentar y resumir datos numéricos como una hoja de cálculo (como Excel).

Las cajas individuales dentro de una rejilla se les llaman celdas. Cada celda, como en un arreglo elemental, tiene una dirección de referencia usando dos coordenadas para ello, que son fila y columna. El contenido de cada celda puede ser leído y editado en tiempo de ejecución.

- **Cuadros de diálogo**

Es una ventana especial para mostrar información al usuario o para obtener de éste una respuesta. Son llamados así porque permiten una especie de diálogo entre el sistema y el usuario.

Existen diferentes tipos de cuadros de diálogos para diferentes tipos de interacciones. El más simple es el tipo "alerta", que solamente muestra un mensaje y el usuario sólo tiene que presionar un botón.

Luego están los cuadros de diálogos no esenciales, que permiten continuar operando el programa sin interrumpirlo. Estos cuadros de diálogos pueden saltar en forma de ventana, o pueden acomodarse de otra manera dentro de la interfaz del programa. También existen los cuadros de diálogos esenciales, estos deben ser respondidos por el usuario de forma obligatoria.

Estos cuadros de diálogos suelen abrirse automáticamente o con alguna acción del usuario, prohibiendo acceder a la ventana principal del programa y seguir trabajando. Estos cuadros deben obligatoriamente ser respondidos por el usuario porque el programa necesita realizar alguna acción crítica

- **Control de imagen**

El control de imagen (Image) se utiliza para mostrar un gráfico. Un control imagen puede mostrar un gráfico desde un mapa de bits, un icono o un metarchivo, así como un metarchivo mejorado, un archivo JPEG o archivos GIF.

- **Cajas de lista y combinados**

Las cajas de lista son elementos de interfaz que le permiten al usuario seleccionar una o más opciones de una lista que contenida en un múltiple y estático cuadro de texto.

Una caja de lista es útil cuando al usuario se le presenta un conjunto de opciones fijas, el puede escoger solamente de las opciones mostradas, no hay posibilidad de teclear otra alternativa. Se utilizan comúnmente para proporcionar la función de autocompletar para ser más convenientes para el usuario.

Los cuadros combinados son también elementos de interfaz que combinan las características de los cuadros de lista con los cuadros de texto. Permiten al usuario escribir un valor directamente dentro del control o elegir entre las opciones presentadas en la lista.

- **Cuadros de Objetos OLE**

Las siglas en inglés OLE significan *vinculación e incrustación de objetos* (Object Linking and Embedding). Es tecnología de Microsoft para compartir información entre distintas aplicaciones de Windows.

Permite la creación de documentos o programas incorporando elementos de otros. Para la ejecución de dicho programa/documento deben existir los archivos o programas necesarios para ejecutarlos. Por ejemplo, si en un documento se utilizan gráficos Excel, para visualizarse debe estar instalado el programa Excel o un visualizador de Excel.

La ventaja principal de usar objetos OLE, además de que el tamaño del archivo es menor, es la de poder crear un archivo principal. Se puede hacer una referencia a los datos de ese archivo, con lo que todo cambio posterior en el archivo principal se reflejará en el documento referenciado.

Su uso principal es el manejo de documentos, pero también puede ser usado para transferir datos entre aplicaciones diferentes usando arrastrar y soltar y operaciones del portapapeles. El concepto de "incrustación" ("embedding") es también de uso central en páginas web multimedia, las cuales tienden a contener videos, animaciones (incluidas las animaciones Flash) y archivos de música dentro del código HTML.

- **Cuadro de texto**

Un cuadro de texto es un elemento típico en las interfaces gráficas en donde es posible insertar texto. Los cuadros de texto suelen ser rectangulares, generalmente tienen un fondo blanco y están vacíos de texto, para que el usuario pueda escribir en éstos.

Los cuadros de texto suelen utilizarse en formularios, herramientas y aplicaciones donde se muestra texto, generalmente editable. Suelen tener también barras de desplazamiento para que el usuario pueda moverse dentro de textos que exceden las dimensiones del cuadro.

- **Etiqueta**

Elemento de las interfaces gráficas que muestra un texto estático generalmente usado para identificar otros elementos de interfaz, mostrar descripciones e información del programa. Estos elementos no tienen ningún tipo de interacción con el usuario.

Generalmente describen cada objeto o grupo de objetos que forman parte de un formulario. Por lo tanto, en la mayoría de ocasiones van asociadas a otros elementos.

- **Formulario MDI**

Los formularios son el componente base para la programación. Es una forma fácil de crear una ventana de interfaz gráfica de usuario. El formulario contiene componentes y controles que son representaciones de alto nivel de aplicaciones de interfaces gráficas de usuario.

En el momento del diseño, el diseñador ubica los controles visuales (botones, cajas de texto, etc.) y no visuales (temporizadores, conexiones a bases de datos, etc.) sobre el formulario.

Visual Basic permite crear aplicaciones empleando una interfaz de múltiples documentos (MDI - Multiple Document Interface), o dicho en términos de Visual Basic, múltiples formularios. En una aplicación MDI, se pueden abrir varias ventanas hijas. Cada una de estas ventanas hijas (formularios) son iguales entre sí. En una aplicación MDI puede haber varias ventanas hijas, pero solo una ventana padre por aplicación. El formulario padre actúa como contenedor de los formularios hijo.

- **Temporizadores**

El temporizador (Timer) es un control que permite ejecutar instrucciones de código, rutinas, funciones etc., cada cierto intervalo de tiempo.

Este control es invisible en tiempo de ejecución, esto quiere decir que no tiene interfaz gráfica, solo es visible cuando se agrega a un formulario y se está en modo de diseño

#### **4.5.7. Escenario**

##### **4.5.7.1. Clase magistral**

Se define a la clase magistral como un género producido en el ámbito de la enseñanza universitaria, que es dirigido por un enunciador experto (el profesor) a unos destinatarios (los alumnos) y que utiliza como canal prioritario la transmisión oral.

La clase magistral consiste en una ocupación oficial y prolongada de una escena, donde el enunciador expone sus puntos de vista sobre un tema determinado. La intención es producir una reflexión comprensiva del tema tratado. El enunciador es la autoridad intelectual, es decir, se supone que posee conocimientos y competencia sobre el tema que trata, pero ha de mantener el interés del auditorio y adaptar su discurso a un público concreto a medida que transcurre la conferencia. Para captar la atención y adaptar su discurso a las necesidades de la situación

Se desarrolla en una de las aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Siendo los enunciadores los catedráticos de los cursos Físicoquímica 2 y Cinética de Procesos Químicos, se cuenta con la participación de todos los alumnos que asisten a dichos cursos.

Los recursos utilizados en cada sesión dependen si es una clase teórica o práctica y pueden variar a discreción del catedrático. Para las clases teóricas se requieren recursos bibliográficos, pizarrón y marcadores para realizar la exposición. Para las clases prácticas se requieren uso de una computadora portátil que opere con sistema Windows XP o Vista, sistema de retroproyección y apuntador láser.

El objetivo de la clase magistral es impartir nuevos conocimientos a los estudiantes sobre la temática de los métodos de análisis de datos cinéticos, utilizando el programa tutorial como una herramienta visual y de cálculo.

#### **4.5.7.2. Sesión personal**

La sesión personal o sesión tutorial, es el espacio de tiempo que dedicarán los estudiantes al estudio de los métodos de análisis de datos cinéticos utilizando el programa tutorial.

Los recursos a utilizar consisten en una computadora que opere en el sistema Windows XP o Vista, contar con los dispositivos periféricos teclado, ratón y bocinas, además de tener instalado el programa por medio del CD instalador.

El programa tutorial permitirá el repaso de los contenidos impartidos en la Clase Magistral a través de la lectura de contenido teórico, ejecución de ejemplos paso a paso, resolución de ejercicios propuestos y realización de tareas asignadas por el catedrático del curso.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de graduación trata sobre el diseño y desarrollo de un sistema tutorial como herramienta en el estudio de los métodos de análisis de datos cinéticos, esto se realizó a través de la creación de cinco módulos interrelacionados que componen el tutorial.

Un sistema tutorial es un programa de computadora (software) que utiliza técnicas de inteligencia artificial para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñar estos conocimientos. Los sistemas tutoriales modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre la temática a tratar.

**Figura 42. Estudiante como punto de partida del Sistema Tutorial**



Todo proceso de desarrollo parte de datos o información de entrada que permiten garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. (Ver Figura 42)

El sistema tutorial, tiene como punto de partida al estudiante, y es necesario responder las siguientes interrogantes alrededor de él: ¿En qué punto se encuentra y hacia dónde quiere llegar? Es decir, ¿qué conocimientos y habilidades posee? Y ¿qué conocimientos y habilidades se desea tener?

El sistema tutorial desarrollado basa su diseño en la resolución de estas preguntas, generando así los cinco módulos que lo componen: Dominio, Estudiante, Pedagógico, Instructor e Interfaz. Estos módulos están asociados a los conceptos básicos del proceso de enseñanza – aprendizaje que comprende: método de enseñanza, contenido a enseñar y responsable de enseñar.

Para el programa tutorial de método de análisis de datos cinéticos, **el método de enseñanza está compuesto por los Módulos Pedagógico y Estudiante**. Los cuales en conjunto representan la metodología que se utilizará para la enseñanza de los temas del tutorial. **El Módulo Dominio representa el contenido a enseñar y finalmente el Módulo Instructor representa al encargado de la enseñanza**. Estos módulos interactúan entre ellos, con el estudiante y el instructor a través de la interfaz, la cual les permite relacionarse a través de diversos elementos multimedia.

El **módulo pedagógico** es la columna vertebral de la metodología, es la estructura que relaciona el tema a enseñar con herramientas de análisis a utilizar. El desarrollo del tema central se realiza a través de un análisis sistematizado para fenómenos de ingeniería química. Este análisis se realiza en tres etapas: Recopilación de la información, Análisis de Métodos y Ecuaciones que intervienen, y Adaptación del Modelo y su Aplicación al tutorial.

De acuerdo a lo anterior, en la **primera etapa** se enseñan las bases teóricas del fenómeno que permitirán al estudiante realizar dos actividades vitales para el aprendizaje: 1. Fundamentar los cálculos a realizar y 2. Interpretar los resultados obtenidos. Luego, en la **segunda etapa** se procede a analizar matemáticamente el fenómeno de velocidad de las reacciones químicas y se obtienen las metodologías a través de las cuales pueden transformarse los datos experimentales iniciales. Finalmente, en la **tercera etapa** se obtienen seis módulos que combinan el análisis gráfico y matemático para el estudio de la velocidad en reactores y un módulo extra para el estudio de la influencia de la temperatura en la velocidad de reacción.

El **Módulo Estudiante** se centra en el perfil del estudiante para desarrollar las actividades que se realizarán en la sesión de aprendizaje. Toma en cuenta las capacidades a adquirir por el estudiante, objetivos instruccionales, métodos didácticos y recursos pedagógicos a utilizar. Se apoya en la interfaz de usuario para que las actividades a desarrollar sean motivadoras al usuario y lo incentiven a aprender. Además, identifica los progresos realizados por el estudiante a lo largo de la sesión y le retroalimenta sobre los mismos para que conozca su avance. Está compuesto por las actividades a realizar y evaluaciones. Las evaluaciones pretenden reforzar la comprensión de la metodología para utilizar los diferentes métodos de análisis de datos cinéticos.

Las actividades que puede desarrollar el estudiante se encuentran distribuidas en el las dos secciones que componen el tutorial: Módulos de cálculo y Archivo de ayuda. En su mayoría, las actividades a realizar contienen representaciones gráficas o elementos multimedia que atrae al estudiante y le enseña de manera interactiva los contenidos estudiados. Estas actividades ofrecen además una forma de adquirir nuevos conocimientos y afianzar los ya aprendidos.

En conjunto con el módulo pedagógico, el módulo del estudiante permite el cumplimiento de tres objetivos del tutorial, los cuales van encaminados hacia desarrollar en el estudiante la capacidad de cálculo e interpretación de resultados obtenidos con el análisis de datos de cinética química.

Para el Tutorial de Cinética Química, el material de enseñanza se encuentra en el **Módulo Dominio**. Dentro de su contenido abarca toda la teoría relacionada con la temática del tutorial. Cabe destacar que este módulo está muy relacionado con el módulo pedagógico, ya que sigue las directrices didácticas mencionadas en el capítulo uno para la presentación de los temas al estudiante. Este módulo permite el cumplimiento del primer objetivo del tutorial, el cual va dirigido hacia la base teórica de la metodología de resolución de problemas cinéticos.

El **Módulo Tutor** representa a la persona que va a enseñar los tópicos tratados en el Programa Tutorial. Aquí se describe el perfil de la persona que debe gestionar el sistema. Además contiene toda la información de soporte técnico que servirá para la manipulación y adecuado funcionamiento del programa. Se relaciona de forma directa con el módulo del estudiante e interfaz, ya que en conjunto con ellos se realizan las evaluaciones para determinar el avance de los estudiantes.

Este módulo puede ser extrapolado del programa tutorial por medio del catedrático del curso a través de las explicaciones realizadas en las clases magistrales que se impartan en los cursos de Fisicoquímica 2 y Cinética de Procesos Químicos. Los conocimientos de estas clases magistrales pueden complementarse con la práctica en el tutorial y el conocimiento adquirido por los estudiantes puede evaluarse a través de tareas, ejercicios o evaluaciones que podrán realizarse utilizando los módulos de cálculo del programa tutorial.

Finalmente se encuentra el **Módulo Interfaz** el cual representa el escenario en el que se desarrollan los cuatro módulos expuestos anteriormente. Se basa en el diseño de los programas de la familia de sistemas Windows ya que ofrecer facilidad a los usuarios, los cuales no necesitan ser expertos en informática para poder utilizar el programa tutorial. En el archivo de ayuda se incluye información para que el usuario consulte y pueda resolver las dudas que tenga respecto al funcionamiento del programa tutorial y su interfaz.

Este módulo permite el cumplimiento del último objetivo del tutorial, el cual va dirigido hacia la motivación del estudiante en el estudio de cinética química, a través del uso de herramientas novedosas que lo estimulen sensorialmente y le ayuden a alcanzar un mayor nivel de interpretación de los fenómenos cinéticos estudiados en el tutorial.

### **5.1. Evaluación de características puntuales del Programa Tutorial**

- **Proceso de enseñanza individualizado.**

Las características individuales de los alumnos demandan atención acorde sus necesidades. El tutorial permite desarrollar una sesión individual con el estudiante a través de su computadora. El estudiante es el que establece el ritmo al que desarrollar los tópicos del tutorial, y por ende el ritmo de aprendizaje de acuerdo a sus capacidades y habilidades. Le permite además, repasar los temas que le sean de mayor dificultad las veces que lo considere necesario, logrando así proporcionarle una experiencia de aprendizaje de acuerdo al nivel de razonamiento del usuario.

- **Limitación de la memoria durante el aprendizaje**

La memoria de corto plazo es limitada en el tiempo de retención y en la cantidad de elementos que pueden ser recordados simultáneamente por el usuario. Es por ello que se proyecta en la pantalla solo una idea a la vez y el tiempo de instrucción es establecido por el usuario. Se evita también recargar las pantallas de interacción con gran cantidad de texto que pueda agotar al usuario, distraer su atención o aburrirle. Se alternan elementos multimedia entre las pantallas con texto utilizando un vocabulario sencillo en frases cortas y simples.

- **Material de estudio interactivo y atractivo a los usuarios**

El programa tutorial presenta gran variedad de elementos interactivos y de presentación atractiva al usuario en colores, sonidos, animaciones, etc. Que le ofrecen una nueva forma de aprender y entender los conocimientos presentados en el tutorial. Estos elementos son aplicaciones desarrolladas en Java o Macromedia Flash que simulan el comportamiento de los fenómenos de cinética química y en muchos casos permiten al usuario variar parámetros para observar el efecto de cada variable en el equilibrio.

- **Permite la interacción con el usuario sin necesidad de equipo sofisticado**

Para funcionar adecuadamente, el programa tutorial no necesita equipo sofisticado y de última tecnología. Para su correcto funcionamiento, en cuestión de equipo físico solo es necesario un computador que cuente con los elementos periféricos más comunes como lo son: monitor, bocinas, ratón y teclado.

En el caso de programas de soporte, utiliza en su mayoría programas de uso común que se encuentran en la mayoría de computadoras. En el CD de instalación se incluyen los instaladores de los programas que probablemente no se encuentran instalados en algunas computadoras.

- **Contenido no restrictivo**

Dentro del Programa Tutorial se incluyen algunos temas relacionados con el tópico principal para fortalecer el conocimiento de los estudiantes y no limitar su conocimiento. Estos temas relacionados permiten obtener una visión más amplia del fenómeno estudiado y su aplicación. Dentro de contenido extra, se puede mencionar los hipervínculos hacia documentos, páginas de internet y libros que ayudarán a reforzar el conocimiento principal del tutorial.

- **Representación lógica**

Los contenidos se presentan generalmente en forma lineal, presentando información de manera secuencial. Partiendo de lo más simple hacia lo más complicado para crear una base en la mente del estudiante con todos los conceptos básicos que necesita saber para poder avanzar al siguiente tema.



## CONCLUSIONES

1. Se ha desarrollado exitosamente un programa tutorial para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de los métodos de análisis de datos de Cinética de las reacciones químicas.
2. El programa tutorial actúa como un maestro personalizado que permite al estudiante aprender a su ritmo y repasar las veces que considere necesario, para afianzar los conocimientos aprendidos en clase.
3. La herramienta desarrollada presenta los conocimientos al usuario siguiendo las directrices didácticas para Sistemas Tutoriales Inteligentes, y presenta los métodos a estudiar de acuerdo a la metodología de análisis de fenómenos de ingeniería.
4. Los módulos de cálculo desarrollados combinan técnicas gráficas y de análisis matemático para solucionar problemas con las metodologías de análisis de datos cinéticos: diferencial, integral, vidas parciales y mínimos cuadrados.
5. Los módulos de cálculo para reactores tubulares son herramientas basadas en ecuaciones de Ley de Velocidad y balance molar, para obtener la velocidad de reacción de las reacciones estudiadas.
6. A través de diversos elementos multimedia se logra una herramienta dinámica e interactiva que permite al usuario aprender la temática que comprende el tutorial a través de explicaciones teóricas, animaciones, simulaciones y videos.



## RECOMENDACIONES

1. Profundizar los conocimientos desarrollados en este sistema tutorial avanzando hacia aplicaciones concretas del análisis de la Ley de Velocidad en simuladores de equipos. Así como también desarrollar un tutor inteligente para la temática de reactores tubulares que permita calcular longitud de reactor, tiempo de reacción, entre otras variables cinéticas aplicables a reactores tubulares.
2. Desarrollo de tutor inteligente que permita la interacción entre reactores por lotes y reactores tubulares para armar sistemas en paralelo y en serie.
3. Fomentar la utilización de programas tutoriales en otras áreas de la carrera de ingeniería química, como herramienta para complementar los conocimientos aprendidos en clase. De esta forma se aprovechan las herramientas tecnológicas actuales y las clases serán más dinámicas.
4. Actualizar periódicamente este sistema tutorial para complementar los módulos Estudiante y Tutor, para incorporar más herramientas de aprendizaje y de evaluación.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CORNELL, Gary. **Manual de Referencia Visual Basic 6.0**. 1ª ed. España: Editorial McGraw–Hill Inc. 1999. 1003pp.
2. **Diseño de Interfaces de Usuario**.  
Departamento de Sistemas Informáticos E.T.S.I. Informática, Universidad de Granada.  
[http://lsi.ugr.es/~mgea/docencia/diu/docs/Guion\\_pract2.doc](http://lsi.ugr.es/~mgea/docencia/diu/docs/Guion_pract2.doc)  
(Noviembre 2009).
3. HUAPAYA, C.R. ARONA, G.M. Y LIZARRALDE, F.A. **Sistemas Tutoriales Inteligentes Aplicados a Dominios de la Ingeniería**  
<http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/22.pdf> (Noviembre 2009).
4. HUAPAYA, Constanza. LIZARRALDE, Francisco. VIVAS, Jorge. ARONA, Graciela. **Modelo de Evaluación del Conocimiento en un Sistema Tutorial Inteligente**. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 2007.  
[teyet-revista.info.unlp.edu.ar/files/No2/TEYET2-art02.pdf](http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/files/No2/TEYET2-art02.pdf).(Noviembre 2009)
5. LAIDLER, KEITH y JOHN H. MEISER. **Fisicoquímica**. 1ª ed. México: Compañía Editorial Continental S. A. 2003. 987pp.
6. LEVINE, Ira N. **Fisicoquímica**. 4ª ed. Volumen 2. España: Editorial McGraw–Hill Inc. 2000.

7. LOGREIRA RIVAS, Carmen Isabel. MARTÍNEZ PAZ, Plácido Raymundo. **Efectos del Software Educativo Tutorial en el Aprendizaje de los Estudiantes.** Universidad “Dr. Rafael Beloso Chacín”, Facultad de Ingeniería, Venezuela.
8. MARON, Samuel H. **Fisicoquímica Fundamental.** 1ª ed. México: Editorial Limusa S. A. 1978.
9. MARTINEZ, María Teresa. **Contigo en la distancia: La práctica tutorial en entornos formativos virtuales.** Reviste Medios y Educación, enero, número 029. Universidad de Sevilla España. 2007.
10. MENDEZ BARCELÓ, Alberto. RIVAS DIEGÜEZ, Aramis. DEL TORO BORREGO, Marlene. **Entornos Virtuales de Enseñanza Aprendizaje.** Centro Universitario de Las Tunas, Ministerio de Educación Superior, El Velado, Ciudad de La Habana, Cuba. 2007
11. NÉRICHÍ, IMÍDEO GUISEPPE. **Hacia una didáctica general dinámica.** 10ª ed. Argentina: Editorial Kapelusz, S. A. 1973. 533pp.
12. **Planeación Didáctica**  
Dirección General Académica, Universidad del Valle de México  
<http://www.sanluispotosi.uvmnet.edu/info/PDP.pdf>
13. SCOTT, FOGLER H. **Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas.** 3ª ed. México: Editorial Prentice Hall. 2001.
14. RUSSELL T.W.F. y M. M. DENN. **Introducción al análisis en ingeniería química.** 1ª ed. México: Editorial Limusa S. A. 1976. 570pp.

## ANEXO

### Programa 1. Programa del Curso Físicoquímica 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
AREA DE FISICOQUIMICA

NOMBRE DEL CURSO	FISICOQUIMICA 2	
CODIGO		382
CRÉDITOS		04
PRERREQUISITOS	FISICOQUÍMICA 1 (380)	
SALON		EDIFICIO T-3, 411
DIAS		LU, MI, VI, 17:20—18:10
CATEDRATICO TITULAR	M.Sc. ING. LISELY DE LEON ARANA	

#### 1. DESCRIPCION DEL CURSO

Este curso incluye seis unidades en las cuales se programa el estudio en orden creciente de complejidad de: las disoluciones tanto ideales como no ideales, el equilibrio entre fases, continuando con el estudio de los conceptos fundamentales de la cinética química así como también su relación con los mecanismos complejos, finalizando con el estudio de la química de superficies y los fenómenos de transporte.

#### 2. OBJETIVOS GENERALES

Que el estudiante al final de curso esté en capacidad de:

- Evaluar el comportamiento de las disoluciones líquidas en función de las desviaciones respecto de la disolución ideal diluida y no diluida.
- Representar los potenciales químicos de disoluciones no ideales en términos de actividades y coeficientes de actividad.
- Definir el diagrama de grados de libertad de un sistema en equilibrio
- Realizar el diagrama ternario de un sistema líquido-líquido, calcular su punto de pliegue y coeficientes de distribución.
- Calcular la composición y la temperatura eutéctica de un sistema utilizando el método de las curvas de enfriamiento.
- Plantear el equilibrio de fases en términos de los efectos de la entalpía y la entropía.
- Determinar el comportamiento de un sistema químico considerando conjuntamente la termodinámica y la cinética.
- Calcular velocidades de reacción y determinar ecuaciones cinéticas, utilizando los diferentes métodos existentes.
- Determinar la relación existente entre la tensión superficial y el tipo de compuesto y la concentración del mismo.
- Distinguir y especificar los usos y aplicaciones de los diferentes viscosímetros existentes, así como efectuar los cálculos correctos para cada uno.

#### 3. CONTENIDO DEL CURSO

CONTENIDO SINTÉTICO PONDERADO

UNIDAD	TITULO	PERIODOS
I	FASES Y DISOLUCIONES	6
II	EQUILIBRIO DE FASES	8
III	DISOLUCIONES DE ELECTROLITOS	8
IV	CINETICA QUIMICA: CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y MECANISMOS COMPUESTOS	12
V	QUIMICA DE SUPERFICIES	4
VI	FENOMENOS DE TRANSPORTE	4

#### CONTENIDO ANALITICO JORNALIZADO

##### UNIDAD I: FASES Y DISOLUCIONES

Reconocimiento de las fases: equilibrio de fases en sistemas de un componente. Evaporación y presión de vapor: termodinámica y presión de vapor, la ecuación de Clapeyron, la ecuación de Clausius-Clapeyron, entalpía y entropía de evaporación. Regla de Trouton. Disoluciones ideales: las leyes de Raoult y de Henry. Cantidades molares parciales. Termodinámica de las disoluciones: disoluciones ideales y no ideales, actividad y coeficiente de actividad.

##### UNIDAD II: EQUILIBRIO DE FASES

Equilibrio de fases: número de componentes, grados de libertad, regla de las fases. Sistemas de un solo componente. Sistemas binarios que incluyen vapor: equilibrio líquido vapor en sistemas que no siguen la ley de Raoult, diagramas de temperatura-composición, curvas del punto de ebullición, destilación, azeótropos, destilación de líquidos inmiscibles, destilación al vapor, destilación de líquidos parcialmente miscibles. Sistemas binarios condensados: dos componentes líquidos, equilibrio, sólido-sólido, diagramas de fases eutécticas simples. Sistemas ternarios: equilibrios ternarios líquido – líquido.

##### UNIDAD III: DISOLUCIONES DE ELECTROLITOS

Conductividad molar. Electrolitos débiles, la teoría de Arrhenius. Electrolitos fuertes: teoría de Debye – Huckel, asociación iónica. Migración independiente de iones. Números de transporte. Conductividades iónicas. Termodinámica de los iones. Teorías de iones en solución. Coeficientes de actividad. Equilibrios iónicos. Ionización del agua.

##### UNIDAD IV: CINETICA QUIMICA

A. CONCEPTOS FUNDAMENTALES: Velocidades de consumo y formación. Velocidad de reacción. Ecuaciones empíricas de velocidad: orden de reacción, constante de velocidad y coeficientes de velocidad. Análisis de los resultados cinéticos: método integral, método diferencial, método de las velocidades iniciales, reacciones opuestas. Influencia de la temperatura en las velocidades de reacción: molecularidad y orden, la ecuación de Arrhenius, energía de activación.

B. MECANISMOS COMPUESTOS: Evidencia de un mecanismo compuesto. Tipos de reacciones compuestas. Ecuaciones de velocidad para mecanismos compuestos. Constantes de velocidad, coeficiente de velocidad y constantes de equilibrio. Reacciones de radicales libres. Catálisis: catálisis ácido – base, catálisis enzimática. Reacciones en solución: algunas características especiales, colisiones y encuentros.

##### UNIDAD V: QUIMICA DE SUPERFICIES

Adsorción. Isotermas de adsorción: Isotermas de Langmuir, de Freundlich, adsorción con disociación, adsorción competitiva. Otras isotermas. Reacciones químicas en superficies, reacciones unimoleculares, reacciones bimoleculares. Tensión superficial y capilaridad. Sistemas coloidales, soles lífóbicos y liofílicos, propiedades eléctricas.

#### UNIDAD VI: FENOMENOS DE TRANSPORTE

Viscosidad: medición de la viscosidad, viscosidades de los gases, viscosidades de los líquidos, viscosidades de las soluciones, cálculos.

#### 4. ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

El curso se desarrolla utilizando: exposición oral dinamizada, conferencias, estudio dirigido, exposición interrogatoria, tareas, hojas de trabajo y medios audiovisuales.

#### 5. EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN

La nota mínima de promoción es de 61 puntos. Se realizarán al menos dos evaluaciones formativas y la evaluación sumativa distribuida de la siguiente manera:

3 exámenes parciales.....	50%
Exámenes cortos.....	10%
Tarea y hojas de trabajo.....	10%
Proyecto.....	05%
Examen final.....	25%
Total.....	75%

Resumen: Zona 75 puntos y Examen final 25 puntos.

#### 5.1 EXAMENES PARCIALES

Los exámenes parciales se efectuarán en las fechas indicadas en la calendarización de actividades. *Estas fechas solo pueden ser alteradas* por común acuerdo entre catedrática y alumnos siempre y cuando exista una razón valedera y con una semana de anticipación.

*No se autorizarán reposiciones de exámenes* al menos que el solicitante haya asistido a todas las pruebas parciales menos una y que su promedio en las mismas sea de 61 o más puntos. *Si se cumple esta condición*, durante la última semana de clases se efectuará la prueba faltante.

Los contenidos a evaluar son:

Primer Examen Parcial: Unidades I y II

Segundo Examen Parcial: Unidades III y IV

Tercer Examen Parcial: Unidades V y VI

Examen Final: Todas las unidades

#### 5.2 EXAMENES CORTOS Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Se efectuarán en las fechas elegidas por la catedrática y las podrá efectuar *sin previo aviso*. El número de las mismas será a criterio del titular de la cátedra y de acuerdo al desarrollo del programa.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

6.1 Atkins, William. "Fisicoquímica". 3ª edición. Editorial Addison Wesley Congman. México. 1991.

6.2 Laidler, Keith & Meiser, John. "Fisicoquímica". 2ª edición. Editorial CECSA. México. 1997.

6.3 Levine, Ira. "Fisicoquímica". 4ª edición. McGraw Hill. México. 1997.

**Programa 2: Programa de Curso "Cinética de Procesos Químicos"**

No.		DESCRIPCIÓN		
1	CÓDIGO	398	CRÉDITOS	4
2	ESCUELA	INGENIERÍA QUÍMICA	ÁREA ALA QUE PERTENECE	FISICOQUIMICA
3	HORAS POR SEMANA DOCENCIA DIRECTA	3	DÍAS QUE SE IMPARTE	LUNES, MIERCOLES y VIERNES
	HORAS POR SEMANA DE LABORATORIO	NINGUNA	DÍAS QUE SE IMPARTE	NINGUNO
4	PRE-REQUISITO	TERMODINAMICA 4 TRANSFERENCIA DE MASA EN ETAPAS DE EQUILIBRIO	POST-REQUISITO	NINGUNO
5	HORARIO	19:00 - 19:50	CATEGORÍA (ÓPTATIVO, OBLIGATORIO)	OBLIGATORIO
6	<b>CONTENIDO DEL CURSO</b>			
<p>1. LEYES DE VELOCIDAD DE REACCIONES QUIMICAS                  2. CALCULOS DE CONVERSION Y AVANCE DE REACCION                  3. ECUACIONES DE DISEÑO DE REACTORES IDEALES POR LOTES, TOTALMETE AGITADOS Y DE FLUJO TIPO PISTON                  4. DISEÑO DE REACTORES ISOTERMICOS                  5. OBTENCION Y ANALISIS DE DATOS DE VELOCIDAD DE REACCIONES QUIMICAS</p>				
<b>TEMAS DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>				
EL CURSO NO TIENE PLANIFICADA NINGUNA PRÁCTICA DE LABORATORIO				
7	BIBLIOGRAFÍA	Scott Fogler, H "Elementos de ingeniería de las reacciones químicas" Tercera edición. Traducido del inglés por Roberto Luis Escalona García. Editorial Pearson Education. México 2001. Levenspiel, Octave "Ingeniería de las reacciones químicas" Segunda Edición. Traducido del inglés por Gabriel Tojo Barreiro. Editorial Reverté, S.A. México 1995. Smith, J.M. "Ingeniería de la Cinética Química". CECSA. México 1997. Perry R. Green D. "Manual del Ingeniero Químico" 7a. edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España. 2001		
8	NÚMERO DE SECCIONES DE DOCENCIA DIRECTA	UNA		
	NÚMERO DE SECCIONES DE LOS LABORATORIOS	NINGUNA SECCIÓN		
9	PROFESOR (ES) TITULAR (ES)	Dr-Ing Adolfo Gramajo		
10	COORDINADOR DE ÁREA:	Dr-Ing Adolfo Gramajo		
11	DIRECTOR DE ESCUELA:	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía; LIQ, MIQ, MDU, DGCYT		