



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Estadística Aplicada

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA
FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL
PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016**

Ing. Mario Enrique Rivera González

Asesorado por el MSc. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA
FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL
PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. MARIO ENRIQUE RIVERA GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. EDWIN ADALBERTO BRACAMONTE
OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ESTADÍSTICA APLICADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Dario Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADORA	Mtra. Licda. Mariela Lizeth Benavides Lázaro
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016

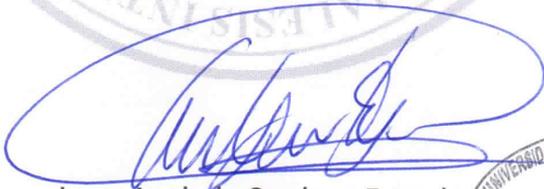
Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 17 de julio de 2017.

Ing. Mario Enrique Rivera González

DTG.730.2021

La Decana 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016**, presentado por el **Ingeniero Mario Enrique Rivera González**, estudiante de la **Maestría en Estadística Aplicada**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, noviembre de 2021

LNG.EEP.OI.142.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016”

presentado por **Mario Enrique Rivera González** quien se identifica con carné **3306** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Estadística aplicada** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**



Guatemala 23 de julio 2021.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el Informe Final del trabajo de graduación titulado **“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016”** del estudiante **Mario Enrique Rivera González** quien se identifica con número de carné **33067** del programa de Maestría en Estadística Aplicada.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,


MSc. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Coordinador
Maestría en Estadística Aplicada
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 9 de julio 2021

Ingeniero
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

Estimado Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor de trabajo de graduación del estudiante **MARIO ENRIQUE RIVERA GONZÁLEZ**, quien se identifica con registro académico número **3306**, cuyo título es "**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS ASIGNACIONES DE CURSOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE 1991 A 2016**", para optar al grado académico de **MAESTRO EN ESTADÍSTICA APLICADA**, he procedido a la revisión del mismo.

Luego de revisar el mismo, en mi calidad de asesor doy la aprobación al trabajo presentado por el estudiante **RIVERA GONZÁLEZ**,

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,


Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 2856
Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Magister Scientiae en Investigación de Operaciones.
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi carrera.
Mis padres	Guillermina Imelda González de Rivera y Andrés Enrique Rivera. Su amor será siempre mi inspiración.
Mi esposa	Edna Marlenne Marroquín Mejía de Rivera. Por ser una importante influencia en mi carrera.
Mis hijas	Juana Marlenne y Vivian Lucía. Por ser mi fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitirme lograr mi formación y desarrollo profesional en un ámbito adecuado y digno.

Facultad de Ingeniería

Por contribuir a mis logros individuales dentro de la ingeniería.

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por ser una importante influencia en la mejora de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XVII
OBJETIVOS.....	XXIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXV
INTRODUCCIÓN	XXXV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Estudios previos	1
1.2. Definición de Estudiante de la carrera de Ingeniería Química	8
1.2.1. Estudiante de nuevo ingreso	8
1.2.2. Estudiante de re ingreso	9
1.3. Definición de Asignación de curso.....	9
1.3.1. Asignación de primer ingreso	9
1.3.2. Asignación de re ingreso	10
1.4. Definiciones de variables.....	10
1.5. Fundamentos estadísticos.....	13
1.5.1. Características y propiedades de las series de tiempo.....	13
1.5.2. Modelos propuestos, fundamentos y propiedades	14
1.5.3. Análisis de regresión	15
1.5.4. Validación de los modelos propuestos	17
1.5.5. Procedimiento de linealización	19

2.	RESULTADOS	21
2.1.	Modelos por curso para la Escuela de Ciencias.....	21
2.2.	Modelos desarrollados Escuela de Ingeniería Química	30
2.3.	Modelos desarrollados por grupos y tipos de cursos de cada Escuela	38
2.4.	Proyecciones estimadas	45
2.4.1.	Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ciencias correspondientes a Ingeniería Química	47
2.4.2.	Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ingeniería Química	49
2.4.3.	Grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química	50
3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
3.1.	Cursos de la Escuela de Ciencias.....	53
3.1.1.	Distribución de asignaciones y modelo de ajuste de los cursos del área Básica, cursos: 101 Área Matemática Básica 1 y 103 Área Matemática Básica 2, período 2005 a 2016.....	53
3.1.2.	Distribución de asignaciones área de Matemática Intermedia cursos 107 Área Matemática Intermedia 1, 112 Área Matemática Intermedia 2 y 114 Área Matemática Intermedia 3	55
3.1.3.	Distribución de asignaciones área de Matemática Aplicada cursos 116 Matemática Aplicada 3, 118 Matemática Aplicada 1 y 120 Matemática Aplicada 2.....	57

3.1.4.	Distribución de asignaciones área de Física cursos 147 Física Básica, 150 Física 1, 152 Física 2 y 170 Mecánica Analítica 1	58
3.1.5.	Distribución de asignaciones área Social Humanística cursos 17 Área Social Humanística 1, 18 Filosofía de la Ciencia y 19 Área Social Humanística 2.....	60
3.1.6.	Distribución de asignaciones cursos complementarios cursos 6 Idioma Técnico 1, 39 Deportes 1 y 69 Área Técnica Complementaria.....	61
3.1.7.	Distribución de asignaciones área de Estadística cursos 732 Estadística 1 y 734 Estadística 2	62
3.2.	Cursos de la Escuela de Ingeniería Química.....	63
3.2.1.	Distribución de asignaciones área de Química cursos 354 Química 3, 360 Química Orgánica 2 y 362 Análisis Cualitativo.....	63
3.2.2.	Distribución de asignaciones área de Físicoquímica cursos 380 Físico Química 1, 382 Físico Química 2, 386 Laboratorio de Físico Química 1 388 Laboratorio de Físico Química 2.....	65
3.2.3.	Distribución de asignaciones área de Termodinámica cursos 394 Termodinámica 3, 396 Termodinámica 4 y 398 Cinética de Procesos Químicos	66
3.2.4.	Distribución de asignaciones área de Ingenierías Químicas, cursos 410 Balance de Masa y Energía, 412 Flujo de Fluidos, 414 Transferencia de Calor, 416 Transferencia de Masa y 418 Transferencia de Masa en Unidades de Contacto Continuo	67

3.2.5.	Distribución de asignaciones área de Laboratorios de Ingeniería Química, cursos 428 Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 430 Laboratorio de Ingeniería Química 2	69
3.2.6.	Distribución de asignaciones área de cursos varios, cursos 28 Ecología, 436 Diseño de Equipo y 704 Ingeniería Económica 3.....	70
3.3.	Grupos de cursos	71
3.3.1.	Distribución de asignaciones cursos de la Escuela de Ciencias: 1 Ciencias Básicas, tipos de cursos 1 Cursos Obligatorios y 2 Cursos Optativos.....	72
3.3.2.	Distribución de asignaciones cursos de Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.	73
3.3.3.	Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, Grupo de cursos de Profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.....	74
3.3.4.	Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, Grupo de Cursos Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.....	75
3.3.5.	Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos	77
3.3.6.	Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de cursos Profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos	78
3.3.7.	Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de cursos Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios	79

3.4.	Proyecciones estimadas	80
3.4.1.	Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ciencias correspondientes a Ingeniería Química	80
3.4.2.	Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ingeniería Química	81
3.4.3.	Proyecciones estimadas para los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química	81
3.4.4.	Proyecciones estimadas para los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química	83
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		87
BIBLIOGRAFÍA.....		89
APÉNDICES		93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Distribución de asignaciones y modelo de ajuste de los cursos del Área Básica, cursos: 101 Área Matemática Básica 1 y 103 Área Matemática Básica 2, período 2005 a 2016 24
2. Distribución de asignaciones Área de Matemática Intermedia cursos 107 Área Matemática Intermedia 1, 112 Área Matemática Intermedia 2 y 114 Área Matemática Intermedia 3..... 25
3. Distribución de asignaciones Área de Matemática Aplicada cursos 116 Matemática Aplicada 3, 118 Matemática Aplicada 1 y 120 Matemática Aplicada 2 26
4. Distribución de asignaciones Área de Física cursos 147 Física Básica, 150 Física 1, 152 Física 2 y 170 Mecánica Analítica 1..... 27
5. Distribución de asignaciones Área Social Humanística cursos 17 Área Social Humanística 1, 18 Filosofía de la Ciencia y 19 Área Social Humanística 2 28
6. Distribución de asignaciones Cursos Complementarios cursos 6 Idioma Técnico 1, 39 Deportes 1 y 69 Área Técnica Complementaria 1 29
7. Distribución de asignaciones Área de Estadística cursos 732 Estadística 1 y 734 Estadística 2 30
8. Distribución de asignaciones Área de Química cursos 354 Química 3, 360 Química Orgánica 2 y 362 Análisis Cualitativo..... 32

9.	Distribución de asignaciones Área de Fisicoquímica cursos 380 Físico Química 1, 382 Físico Química 2, 386 Laboratorio de Físico Química 1 388 Laboratorio de Físico Química 2	33
10.	Distribución de asignaciones Área de Termodinámica cursos 394 Termodinámica 3, 396 Termodinámica 4 y 398 Cinética de Procesos Químicos.....	34
11.	Distribución de asignaciones Área de Ingenierías Químicas, cursos 410 Balance de Masa y Energía, 412 Flujo de Fluidos, 414 Transferencia de Calor, 416 Transferencia de Masa y 418 Transferencia de Masa en Unidades de Contacto Continuo.....	35
12.	Distribución de asignaciones Área de Laboratorios de Ingeniería Química, cursos 428 Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 430 Laboratorio de Ingeniería Química 2.....	36
13.	Distribución de asignaciones Área de Cursos Varios, cursos 28 Ecología, 436 Diseño de Equipo y 704 Ingeniería Económica 3	37
14.	Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias Básicas, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.....	39
15.	Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.	40
16.	Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos	41
17.	Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.....	42
18.	Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos.....	43

19.	Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Cursos Profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos	44
20.	Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Cursos Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios.....	45

TABLAS

I.	Clasificación de cursos actuales	XVIII
II.	Características de las variables	XXVI
III.	Coeficientes de modelos polimoniales estimados para los cursos de la Escuela de Ciencias.....	21
IV.	Coeficientes de modelos polinomiales estimados para los cursos de la Escuela de Ingeniería Química	31
V.	Modelos desarrollados por grupos y tipos de cursos	38
VI.	Proyecciones de asignaciones en los cursos de la Escuela de Ciencias correspondientes a Ingeniería Química período 2016 a 2025	47
VII.	Modelos lineales los cursos de la Escuela de Ciencias	48
VIII.	Estimaciones calculadas para los cursos de la Escuela de Ingeniería Química.....	49
IX.	Modelos lineales los cursos de la Escuela de Ingeniería Química.....	50
X.	Estimaciones calculadas para los cursos de la Escuela de Ciencias y la Escuela de Ingeniería Química.....	51
XI.	Modelos lineales los cursos de la Escuela de Ciencias y la Escuela de Ingeniería Química.....	51

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
r	Coeficiente de correlación
r²	Coeficiente de determinación
%	Porcentaje
Q	Quetzales
SCE	Suma de cuadrados del error

GLOSARIO

Linealizar	Proceso utilizado para transformar datos exponenciales en lineales mediante el uso de logaritmos.
Máximo Absoluto	Valor mínimo de una función en un determinado período de valores de la variable independiente.
Mínimo Absoluto	Valor máximo de una función en un determinado período de valores de la variable independiente.
Polinomial	Modelo basado en una función polinomial usualmente de grado mayor que 2.
Repitencia	Acción de asignarse más de una vez un curso.

RESUMEN

El objetivo principal del estudio elaborar modelos estadísticos de mejor ajuste, mediante el uso de métodos de regresión lineal, para describir el comportamiento de las series de asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, analizando inicialmente el período de 1991 a 2016 diferenciando los modelos por año de ingreso, curso, semestre y por grupo de cursos.

Se desarrolló la solución del problema de estudio mediante la construcción de series de asignaciones para los primeros semestres de cada año, para el período en el cual los resultados son comparables, siendo este de 2005 a 2016, esto se basa en que los años de 1991 a 2004 presentan políticas de ingreso de los estudiantes diferentes al lapso de 2005 a 2016, pues en el período de 1991 a 2004 se trabajaba inicialmente sin ninguna política ingreso, se aceptaban los estudiantes que presentaban solicitud de ingreso, luego se ensayaron algunas restricciones en algunos de los años, la política se estableció y se ha mantenido constante a partir de 2005.

Con las series se construyeron modelos para cada curso, grupo de cursos tomando en cuenta los tipos de cursos, se calcularon los coeficientes de determinación de cada modelo para establecer la calidad del ajuste.

Usando los modelos se procedió a realizar estimaciones de proyecciones de asignaciones para cada curso y también para los grupos de cursos detectados.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

En el año 2016 la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, atiende en el Campus Central aproximadamente 14,000 estudiantes en 10 diferentes Carreras, de las cuales tres carreras ya se encuentran acreditadas y el resto en proceso de acreditación.

Considerando que la carrera de Ingeniería Química se encuentra acreditada desde el año de 2009, además se ha sometido a dos procesos más de acreditación en los años 2012 y 2016, en los tres casos las condiciones de acreditado fueron otorgadas por la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI).

Esta agencia requiere a las instituciones, contar con herramientas de planificación cuantitativas que permitan y faciliten la toma de decisiones administrativas sobre bases técnicas. Utilizando modelos con base estadística para describir adecuadamente el comportamiento de la población estudiantil de la carrera de Ingeniería Química.

La Facultad de Ingeniería cuenta con series de datos recabados en forma sistemática a partir del año 1991 al año 2016 registrados digitalmente en el Centro de Cálculo, lo que permite la generación de los modelos, que sean necesarios para completar los objetivos del presente estudio.

En la actualidad en la carrera de Ingeniería Química se imparten los cursos que se indican a continuación:

Tabla I. **Clasificación de cursos actuales**

Grupo de cursos	Cursos obligatorios		Cursos optativos		Total	
	Cursos	Créditos	Cursos	Créditos	Cursos	Créditos
Ciencias básicas	13	76	4	22	17	98
Ciencias de Ingeniería	12	47	8	35	20	82
Cursos complementarios	6	16	6	12	12	28
Cursos profesionales	15	66	31	130	46	196
Total	46	205	49	199	95	404

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de Control Académico (2017). *Clasificación de Cursos.*

- Descripción del problema

Por otro lado, se ha detectado que se carece de publicaciones periódicas de información de crecimiento poblacional de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

Lo anterior hace necesario investigar sobre este tema, usando la información existente para elaborar los modelos que describan las asignaciones de cursos servidas por la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, considerando el año de ingreso, los grupos de cursos, los cursos y los semestres establecidos en la organización académica de esta facultad.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Cuáles son los modelos de mejor ajuste que permiten modelar las asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, estableciendo diferencias en cada semestre, por año de ingreso, curso y grupo de cursos?

- Preguntas secundarias
 - ¿Cuáles son los modelos que pueden usarse para explicar el comportamiento de las series históricas por año de ingreso, de las asignaciones en la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química?
 - ¿Cuáles son los modelos que pueden usarse para explicar el comportamiento de las series históricas por curso, de las asignaciones en la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química?
 - ¿Cuáles son los modelos que pueden usarse para explicar el comportamiento de las series históricas por semestre, de las asignaciones en la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química?
 - ¿Cuáles son los modelos que pueden usarse para explicar el comportamiento de las series históricas por grupo de cursos, de las asignaciones en la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química?
 - ¿Cuáles son los años de ingreso, semestres, cursos o grupos de cursos que presenten comportamientos críticos, para las

tendencias observables en las series de asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería?

- ¿Cuáles son los modelos que permiten realizar pronósticos de las asignaciones futuras de los cursos y grupos de cursos en la carrera de Ingeniería Química?
- Delimitación del problema
 - Condiciones temporales

El ámbito temporal de los datos disponibles es de 1991 a 2016, inicialmente se considera necesario separarlos en tres períodos:

- 1991-1998, período inicial sin cambios detectados.
- 1999 pre ingeniería.
- 2000-2005 primera evaluación de la Facultad de Ingeniería, exámenes de ubicación. Los efectos de estos se deberán detectar en 2007.
- 2006-2016 aplica el normativo de repitencia.
- Disciplinarios.

Las disciplinas que se usarán, son las relacionadas con la obtención de modelos estadísticos de mejor ajuste, basados en regresión lineal.

Adicionalmente, se considera que se necesitarán herramientas matemáticas, basadas en el uso de funciones por partes, pues los modelos podrían variar de acuerdo a los períodos establecidos.

- Cobertura

El ámbito de cobertura se limita a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, que se asignen cursos, no incluye aquellos estudiantes que estén pendientes de Exámenes Privado o Público.

Se requiere una comparación entre los dos semestres de cada año lectivo, para detectar posibles diferencias entre semestres.

OBJETIVOS

General

Elaborar modelos estadísticos de mejor ajuste, mediante el uso de métodos de regresión lineal, para describir el comportamiento de las series de asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, disponibles de 1991 a 2016 diferenciando los modelos por año de ingreso, curso, semestre y por grupo de cursos.

Específicos

- Modelar el comportamiento de las series históricas de asignaciones para la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería, por medio de modelos de regresión lineal, diferenciando los modelos por año de ingreso.
- Modelar el comportamiento de las series históricas de asignaciones para la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería, por medio de modelos de regresión lineal, diferenciando los modelos por curso.
- Modelar el comportamiento de las series históricas de asignaciones para la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería, por medio de modelos de regresión lineal, diferenciando los modelos por semestre.
- Modelar el comportamiento de las series históricas de asignaciones para la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería, por medio

de modelos de regresión lineal, diferenciando los modelos por grupo de cursos.

- Identificar por medio del análisis de los modelos de regresión, los años de ingreso, los semestres, los cursos o grupos de cursos que presenten comportamientos críticos, con la finalidad de mejorar el conocimiento formal del comportamiento de las tendencias observables en las series de asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.
- Obtener por medio de los modelos de regresión pronósticos por año de ingreso, curso, semestre y grupo de cursos, para las asignaciones de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Características del estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, ya que trabaja con los valores de las asignaciones por curso de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería para el período de 1991 a 2016.

El alcance fue descriptivo y correlacional, dado que entre sus objetivos se encuentra describir el comportamiento de los datos de las asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería y construir modelos matemáticos y estadísticos que permitan proyectar los valores de las series de las asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química.

El diseño adoptado fue no experimental, pues la información acerca de las asignaciones de cursos se analizó en su estado original sin ninguna manipulación; además fue longitudinal de tendencia de evolución, pues se analizó el comportamiento de las asignaciones de cursos durante el período de 1991 a 2016.

- Unidades de análisis

La población en estudio son los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería que se asignan cada año, la cual se encuentra dividida en subpoblaciones dadas por el año de ingreso, semestre, curso y grupo de cursos, las que se estudiaron en su totalidad pues se dispone de la base de datos completa al ser autorizado su uso para el presente estudio.

- Variables que se registran en el sistema

Considerando los datos descritos, se debe registrar las variables necesarias para el funcionamiento del sistema de registro, se distinguen dos tipos de variables: variables de registro (originales), variables calculadas, siendo estas:

- Variables de registro

Variables proporcionadas directamente por el Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química, constituyen los datos originales básicos para el estudio, se enumeran a continuación las variables que se usan en el estudio y se construye una tabla para organizar e indicar sus características.

- Registro académico del estudiante
- Código numérico del curso
- Registro de la sección
- Sexo
- Código numérico del semestre
- Año de ingreso

Tabla II. **Características de las variables**

Nombre de la variable	Descripción Teórica	Descripción operativa	Largo
Cod est	Registro académico del estudiante	Código numérico	10
Cod curso	Código numérico del curso	Código numérico	4
Sección	Registro de la sección	Identificador dos letras máximo	2
Genero	Sexo	Hombre o mujer	9
Cod sem	Código numérico del semestre	01 ó 05	2
Año de ingreso	Valor numérico del año	Código numérico	4

Fuente: elaboración propia.

- Fases

Para la siguiente investigación se desarrolló en 10 fases las cuales se describirán a continuación.

- Fase 1. Revisión de literatura

Actividad que debe considerarse obligatoria y que cubre la totalidad del tiempo en el que se ejecute la investigación, pues constantemente se revisan documentos y puede haber necesidad de hacer agregados provenientes de la teoría.

- Fase 2. Gestión de la información

Ya se cuenta con la autorización correspondiente.

- Fase 3. Análisis exploratorio de datos

De acuerdo a lo establecido en las etapas previas se procedió a asignar a cada curso un código que identifique su tipo: 1 Ciencias Básicas, 2 Ciencias de Ingeniería, 3 Cursos Profesionales y 4 Cursos Complementarios.

Una vez clasificados se procedió al cálculo de las series de los grupos de cursos, para esto se construirán tablas dinámicas en Excel que permitirán obtener los resultados deseados.

- Fase 4 Análisis de información

- Generación de las series

Cada serie generada se graficó y organizó adecuadamente, se espera contar con aproximadamente 50 series diferentes, debido a que se genera por año de ingreso, semestre, curso y grupo de cursos para la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

- Análisis de las series

Al contar con las series, se procedió al análisis de los períodos de crecimiento, decrecimiento o estabilidad que se observen, determinando para cada serie sus respectivos intervalos de años para generar los modelos para cada parte de las series.

El desarrollo de los intervalos se realizó por simple inspección de las series.

Debiendo generarse tablas similares para cada año de ingreso, curso y grupo de cursos.

- Fase 5. Generación de los modelos

Dependiendo del modelo que se desee usar para la serie seleccionada, se procede así:

- Modelos exponenciales
 - ✓ Se genera la variable t que representa el valor de los años estandarizados para cada período inician en 0 para el año inicial (1991) y luego simplemente crecen de uno en uno hasta el último año (2016) del período.
 - ✓ Se calculan los logaritmos naturales de las asignaciones para transformar la serie lineal, usando t como variable independiente y los logaritmos naturales de las asignaciones como variable dependiente.
 - ✓ Se identifican los períodos en forma correlativa.
 - ✓ Se presentan las fórmulas utilizadas para uno de los períodos que se detecten en la serie, cada uno de estos genera un modelo diferente aplicable a sus características.
 - ✓ Se calculan los coeficientes de determinación.

- Modelos Lineales

Para estos casos se procedió de forma muy similar al anterior, solamente no se deben transformar las asignaciones pues no es necesario calcular logaritmos.

- Fase 6. Validación de modelos

Después de calcular los modelos estos se validaron usando su coeficiente de determinación, en cada una de las ecuaciones de regresión que se generen para cada caso. Con los modelos validados se ejemplificarán cálculos a futuro de estimaciones de asignaciones para la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

- Fase 7. Presentación de los resultados

Una vez obtenidos los modelos se organizarán en tablas para cada año de ingreso, curso y grupo de cursos.

- Fase 8. Discusión de los resultados

La discusión de resultados se realiza para cada año de ingreso, curso, grupo de cursos y para el resultado total de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

- Fase 9. Conclusiones

Las conclusiones se elaboraron para cada año de ingreso, curso, grupo de cursos y para el resultado total de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

- Fase 10. Recomendaciones

Las recomendaciones se elaboraron para cada año de ingreso, curso, grupo de cursos y para el resultado total de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

- Técnicas de análisis de información

En este caso, las técnicas para el análisis de información varían desde técnicas muy sencillas, hasta las técnicas de regresión lineal, se enumeran a continuación.

- Análisis exploratorio de datos: codificar los tipos de curso y a cada curso su identificación de grupo.
- Graficar los datos originales en Y contra el año en que se generan en X.
- Seleccionar los períodos de cada una de las partes del modelo mediante inspección de las gráficas generadas.
- Análisis de regresión, para los modelos exponenciales se deben transformar los datos originales de las asignaciones mediante el uso de logaritmos, lo que posibilita la generación de series lineales para facilitar el cálculo de los parámetros que se necesitan para la generación de los modelos de regresión.
- Análisis de correlación, mediante el cálculo del coeficiente de determinación se procedió a seleccionar los modelos de mejor ajuste.
- Lo anterior se fundamenta en el uso apropiado de series de tiempo, modelos de regresión (lineales o exponenciales según el caso), análisis de correlación, para concluir con el uso de los modelos para realizar estimaciones de asignaciones a futuro.

- Se determinaron los componentes de cada una de las series de acuerdo al enfoque clásico que se presenta.
- Justificación

El presente trabajo de graduación se presenta en el marco de la línea de investigación de regresión lineal y series de tiempo temas que se desarrollan como parte de la Maestría en Estadística Aplicada.

Dentro del proceso de acreditación que busca velar por la calidad académica de los programas, las agencias de acreditación exigen la existencia del conocimiento del desarrollo de la población estudiantil de las casas de estudio, en este caso se construirán modelos de regresión lineal de mejor ajuste que permitan conocer y predecir el comportamiento de las series históricas de las asignaciones de estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería. Siendo ésta una tarea prioritaria para contar con herramientas apropiadas para la toma de decisiones sobre bases técnicas y objetivas.

Hasta el momento del diseño de la investigación se desconoce la existencia del desarrollo de modelos estadísticos de mejor ajuste, orientados a realizar estimaciones o pronósticos en el horizonte de 5 años y a 10 o más años, por lo que esto también justifica plenamente la necesidad de esta investigación.

Los modelos a desarrollar contribuirán a prevenir la saturación de las asignaciones en la carrera de Ingeniería Química, y dentro de ésta por año de ingreso, curso, semestre y grupo de cursos, detectando anticipadamente crecimientos considerables ya sea en años de ingreso, semestres, cursos o grupos de cursos, logrando posibilitar la adecuada estimación de recursos para atender la futura demanda estudiantil.

Los modelos se basan en el semestre de mayor cantidad de asignaciones, pues esta característica es la que permite realizar la planificación más adecuada especialmente al desear predecir la cantidad futura de estudiantes o secciones que se necesiten.

INTRODUCCIÓN

Con el presente estudio se espera contribuir a la interpretación adecuada de los datos registrados por el Centro de Cálculo, de tal manera que estos se transformen en bases de información para mejorar el conocimiento del desarrollo histórico de las asignaciones de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

El período de análisis comprende del año 1991 al año 2016, por lo tanto, se cubre prácticamente la totalidad de datos disponibles en el sistema de la Facultad de Ingeniería.

El análisis de la información original se basa en la construcción de series de datos que permitan obtener interpretaciones gráficas que resumen el comportamiento de cada curso durante el período de análisis.

Además de lo indicado, se procedió a clasificar los cursos en grupos y en tipos (obligatorios y optativos) para interpretar la estructura de trabajo de la carrera de Ingeniería Química.

La finalidad principal es producir modelos de funciones por partes o tramos que permitan conocer y evaluar el comportamiento de los cursos seleccionados para este fin y de las asignaciones totales de estudiantes de la carrera de Ingeniería Química. Con estos modelos se proponen otros simplificados, con base estadística, para realizar proyecciones del comportamiento de las asignaciones de estudiantes durante por lo menos 4 años a futuro.

El documento presenta por diferentes capítulos, Marco teórico, capítulo orientado a definir los procedimientos de cálculo de los diversos resultados a obtenerse. Presentación de resultados, capítulo que se dedica a la presentación tanto de las principales tablas de resultados, como a las gráficas construidas para los mismos.

Se presentan los modelos en forma gráfica y en forma de ecuaciones indicando la pendiente, el intercepto y el coeficiente de determinación de cada modelo calculado para cada curso o grupo de cursos analizado.

Discusión de Resultados, capítulo que se dedica a la discusión de resultados, para cada uno de los resultados que se presentan. Finalmente se presentan las Conclusiones y las Recomendaciones basadas en los resultados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estudios previos

Se procedió a la revisión documental que facilitó la caracterización de la idea central de la investigación. Para esto se presentan y discuten los diversos documentos revisados.

Se inicia con la revisión de antecedentes previos tanto locales como de otros países, con la finalidad de detectar referencias similares a la que se usa como idea central del proyecto, o bien para obtener criterios de comparación o eventualmente validación de los resultados.

Los documentos locales revisados se limitan a establecer criterios de desarrollo urbanístico para el Campus Central de la Universidad, como menciona Barreda (2002), en su investigación titulada Propuesta para el crecimiento urbano del Campus Central de la Universidad de San Carlos zona 12, 2000-2020, presentando solamente los porcentajes de la población estudiantil universitaria, que corresponden a cada una de las diversas universidades que existen en Guatemala, por lo tanto, no establecen criterios ni modelos que sirvan de comparación para la población estudiantil de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La búsqueda de documentos en otros países conduce a detectar varios casos en los que se dedican a la revisión de los crecimientos poblacionales, resaltan dos casos que se describen a continuación.

En el caso de Argentina Andrada, Peranovich y Falcón (2007), se detecta en el documento Proyección de la Población de Alumnos de las Carreras de Grado y Pregrado de las Instituciones Universitarias de Gestión Estatal de la República Argentina hasta el Año 2015, quienes se dedican inicialmente a precisar la definición de alumno o estudiante universitario, pues detectan que en los sistemas universitarios que analizan, existen muchas facilidades de ingreso al sistema educativo universitario, lo que dificulta comprobar el efectivo involucramiento de las personas en las actividades académicas, indicando que muchos de los casos se limitan a inscribirse en el sistema, pero se desconoce si efectivamente desarrollan actividades académicas formales.

Los autores citados, solamente obtienen tasas de crecimiento anual para ciertas categorías de edades de los estudiantes, para predecir las necesidades a futuro de equipamiento al crecer la población estudiantil. Sin presentar modelos con base estadística formal, se limitan al concluir sobre el futuro de la proyección indicando. La proyección de la población estudiantil por tasas nos brinda una noción respecto al futuro de la población universitaria, quejándose no solamente de los resultados obtenidos sino también de los datos disponibles indicando para esto, pero el escaso nivel de datos que se obtienen y la ambigüedad del concepto de alumnos universitarios solamente a partir de la matriculación del mismo, no aportan demasiados elementos respecto de la población estudiantil.

El aporte principal del documento revisado consiste en que se debe notar que en este estudio se tiene la misma limitación, pues también los datos de asignaciones se basan solamente en el registro del estudiante, considerando esto como suficiente para mantenerlo como estudiante oficialmente asignado.

En el presente estudio, se trabajó el caso de la carrera de Ingeniería Química en la Facultad Ingeniería, haciendo uso de información más detallada (año de

ingreso, semestre, curso y grupos de cursos) que la usada por los autores indicados, pero con las mismas deficiencias en lo relacionado con el registro de las asignaciones de estudiantes, es decir, se basa en las cantidades totales de asignaciones oficiales, sin poder constatar si los estudiantes mantienen actividades académicas formales en forma continua.

También se revisó la información del reporte del Perú, del autor Moreno, (2011) el cual se limita a presentar tendencias de la cantidad de universidades que se crean anualmente tanto privadas como estatales y cantidades de estudiantes matriculados en las mismas. Revisando el desarrollo de la población estudiantil, clasificándola como de Pre-grado y de Post-grado, presentando datos de los años 2005 a 2010 y proyecciones para los años 2011 y 2012. No presenta ningún modelo, solamente la gráfica con los datos correspondientes a cada año, clasificando por género a los estudiantes.

Adicionalmente, se agregan datos de la cantidad de personal docente y administrativo que se involucra en la atención de los estudiantes. También este estudio está orientado a predecir la población global a futuro, de estudiantes y de los recursos que se necesitan para atenderlos.

En este caso, el aporte de esta revisión puede usarse si se decidiera realizar algún tipo de comparación, entre la cantidad de personal administrativo de la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química y su evolución anual y la cantidad de asignaciones que correspondan a cada año. También podría compararse el crecimiento que estos autores predicen con el observado en las series que se construyeron para la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

Se consultó el Portal de Estadística Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), detectando que se puede obtener información relacionada con la totalidad de estudiantes que atienden anualmente en las diversas ramas de ingeniería, esta información puede usarse de referencia para comprobar los modelos que se desarrollen, pues la metodología podría aplicarse a otras series de datos, pudiendo comprobarse el funcionamiento adecuado de los supuestos que sea necesario realizar en el desarrollo de los modelos, especialmente en los datos del primer semestre de estudio de cada uno de los años.

En el caso de UNAM, las series de datos que se pueden obtener son más completas que las que se disponen para el presente estudio en cuanto al año de inicio de las mismas (1924), sin embargo, no se pueden aplicar a grupos de cursos o semestres, pues se limitan a los totales por carreras de ingeniería.

En resumen, puede indicarse que en los casos detectados en la revisión no fue posible encontrar modelos comparativamente similares a los que en este caso se proponen, por lo tanto, se inició la revisión del documento que se propone usar como base para el desarrollo del presente trabajo.

Se establecen tres ideas iniciales, la primera conduce a la generación de la idea central de la investigación, las otras dos permitieron identificar los fundamentos teóricos, siendo estos los modelos a usar primero el modelo lineal y luego los modelos basados en polinomios de grado 2 a 6, estos permiten el desarrollo de las ideas secundarias de la investigación.

Como idea central se desea mejorar y sobre todo completar con datos hasta el año 2016, los resultados contenidos en el documento citado en la Bibliografía, que fue elaborado en 1990.

En este caso se mejoró el planteamiento original realizado por Rivera (1990) en su trabajo titulado Crecimiento Esperado del Número de Asignaciones (Por Grupo de Cursos) Servidas por la Facultad de Ingeniería, Período 1971-1990, al ampliar las series de datos usadas incorporando las variables siguientes: semestre, año de ingreso, curso y grupo de cursos, esto permitió mejorar la modelación de los datos y la forma de interpretar la información disponible.

El documento contiene la forma en que se analizaron los datos del período de 1971 a 1990, presentando un modelo bastante simple, basado principalmente en el hecho de que los datos de ese período son bastante homogéneos, de hecho todo el período corresponde a una población en crecimiento, sin ninguna intervención de parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería, debido a que los datos se obtuvieron a través de conteos manuales, solamente proporcionan asignaciones anuales por cursos, sirven de base de orientación para el desarrollo de la preparación inicial de los datos del presente estudio.

La característica de los datos del período inicial (1971-1990), puede no necesariamente mantenerse en el nuevo período a analizar, por lo que podría ser necesario seleccionar modelos más sofisticados, por lo menos podría ser necesario el uso de funciones definidas por partes.

Entre las medidas administrativas que se espera que influyan en el comportamiento de los datos del período 1991-2016, pueden mencionarse:

- Inicio de exámenes de conocimientos básicos y específicos a partir del año 2000.
- Normar las veces que se puede repetir un curso. Normativa de repetición a partir del año 2005. En este caso esta normativa debe influir en las

asignaciones de estudiantes repitentes, aunque no influye en las asignaciones de primer ingreso.

En el documento elaborado por Rivera (1990) el modelo se fórmula de la siguiente manera:

$$A(t) = A_{1970} * e^{k*t} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- $A(t)$ = las cantidades de asignaciones para un año t , para cada grupo de cursos o para el total de la facultad, según sea el caso.
- K = constante calculada, que representa la tasa de crecimiento anual de la población, la que suele presentarse como un porcentaje, y para valores de k pequeños, puede considerarse que su valor es bastante cercano al verdadero porcentaje de aumento o disminución de la población.
- t : el tiempo medido en años, se considera el período que inicia en 1970 y finaliza en 1990.
- e^x : función exponencial de base e .

Para seleccionar adecuadamente tanto la técnica estadística de cálculo de los parámetros del modelo como el modelo mismo, se investigaron las fuentes que se citan a continuación.

Mendenhall (1996), libro de texto que se revisa para completar la base de selección de la técnica estadística y el modelo a usarse.

El libro Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias, de Walpole, Myers, Myers y Ye (2012), se usa especialmente para formalizar el uso del método de mínimos cuadrados, para generar los modelos.

Los métodos indicados en estas referencias servirán de base para la selección de los modelos de regresión a usarse, debiendo seguirse las técnicas que se indican en las mismas.

En las demás referencias investigadas se revisan las técnicas más apropiadas que permitirán desarrollar modelos similares, especialmente para los períodos de crecimiento y decrecimiento exponencial, o bien seleccionar los modelos que resulten más apropiados para cada período.

La clasificación de los grupos de cursos corresponde a lo aprobado en el Acta de Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería No. 819 (punto sexto) del año 1970 identificado como PLANDEREST, publicado en el Catálogo de Estudios de 1971, referencia Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala. (1971).

Para la clasificación de los cursos nuevos incluidos en el plan de estudios se procedió a entrevistar al director de la Escuela de Ingeniería Química, para completar la información.

La propuesta en este caso busca conocer mejor el desarrollo de la cantidad de asignaciones que atiende la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, no se incluyen notas finales pues la orientación del estudio es: establecer la cantidad de asignaciones servidas por la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

Debido a que no se tiene evidencia completa de documentos publicados, que describan como un todo el Sistema de Registro de Estudiantes de la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química, se procedió a desarrollar la descripción sobre la base de lo que se observa en los registros del sistema de la Facultad de Ingeniería.

Se describen a continuación las diferentes características que pueden identificarse mediante la observación de los datos históricos de asignaciones en el sistema de la Facultad de Ingeniería para la carrera de Ingeniería Química.

1.2. Definición de Estudiante de la carrera de Ingeniería Química

La definición de estudiante se basa únicamente en el hecho de registrarse en la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería. Lo anterior conduce a reconocer para este estudio dos tipos de estudiantes:

- Estudiante de nuevo ingreso
- Estudiante de reingreso

Estos tipos de estudiantes se encuentran legalmente inscritos en la Universidad de San Carlos de Guatemala y por lo tanto oficialmente asignados, en la carrera y cursos respectivos, describiéndose de la siguiente manera.

1.2.1. Estudiante de nuevo ingreso

Los estudiantes que se registran por primera vez al inicio de cada año lectivo, principalmente durante el primer semestre, constituyen la fuente natural de crecimiento de la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería para la carrera

de Ingeniería Química, también se acostumbra a llamarlos estudiantes de primer ingreso.

Dentro de este grupo también pueden detectarse algunos casos de estudiantes que se han trasladado de otras unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y de otras universidades quienes no se diferencian en el presente estudio, pues la base de datos no los distingue apropiadamente.

1.2.2. Estudiante de reingreso

Este grupo de estudiantes lo conforman los estudiantes que por no haber concluido los estudios se inscriben de nuevo en la Facultad de Ingeniería en la carrera de Ingeniería Química, para avanzar conforme aprueban los cursos.

1.3. Definición de asignación de curso

Proceso mediante el cual se registra la participación de un estudiante en un curso en particular, para la carrera de Ingeniería Química. Se pueden distinguir dos tipos.

1.3.1. Asignación de primer ingreso

Proceso mediante el cual se registra la participación de un estudiante de primer ingreso en un curso en particular para alguna de las carreras. En la actualidad este proceso se realiza de manera automática al inicio de los estudios, esto aplica únicamente en el primer semestre de estudios.

1.3.2. Asignación de reingreso

Proceso mediante el cual se registra cada estudiante de reingreso; se asignan sus cursos, debiendo tomar en cuenta si existen limitaciones de prerrequisitos, número de créditos y horario. Ya que de acuerdo con la normativa se prohíben los traslapes de cursos y se establece un límite máximo de créditos a asignarse.

1.4. Definiciones de variables

Las variables utilizadas se encuentran definidas de acuerdo a la base de datos proporcionada por el Centro de Cálculo y se crearon nuevas variables siendo estas:

- Año de ingreso

Debido a que el registro académico del estudiante incluye el año de ingreso en los primeros cuatro dígitos del mismo, éste se usa como identificación del año de ingreso.

- Grupo de cursos

De acuerdo a lo establecido en el PLANDEREST, aprobado en el año de 1970 y publicado en el Catálogo de Estudios de la Facultad de Ingeniería, 1971, se clasifican los cursos en los siguientes grupos:

- 01 Ciencias Básicas

“Comprende la Matemática y Ciencias Básicas para cualquier carrera de Ingeniería; su ubicación se encuentra dentro de la Etapa Básica. Estos cursos servirán de columna vertebral para integrar el resto de los cursos de la carrera” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22).

Nótese que a este ordenamiento corresponde unificar en la etapa básica, los cursos fundamentales para todas las carreras de la Facultad de Ingeniería, manteniendo este criterio de clasificación para todas las cohortes.

- 02 Ciencias de Ingeniería

En este caso la definición describe la organización de estos grupos de cursos, indicando:

“Comprende las ciencias que conciernen especialmente a las carreras de Ingeniería; su ubicación corresponde a la Etapa Técnico-Científica (intermedia) de las carreras de Ingeniería” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22).

Además, se completa confirmando la orientación de estos cursos resaltando la importancia de los laboratorios indicando. Se orienta dentro de un ambiente científico-tecnológico, a través del aprendizaje de las ciencias propias de la Ingeniería y experimentación de técnicas con ayuda de los laboratorios. También se hace notar que estos grupos de cursos dependen de la carrera a la que pertenecen pues parte de la definición indica. En cada una de las carreras de Ingeniería se determinan los cursos fundamentales que sirven de eje principal para la formación del estudiante en su carrera. (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22)

En este grupo se continúa con el desarrollo del pensum de estudios de cada carrera de ingeniería, agregando los cursos de una etapa intermedia, pero dedicados a la Ingeniería propiamente dicha agregando el uso de laboratorios apropiados.

- 03 Cursos Profesionales

Para este grupo de cursos se resalta la importancia de separarlos por rama de la profesión dentro de la carrera, indicando que “se ubica en la Etapa Profesional de las carreras de Ingeniería. Comprende los cursos de aplicación que por su índole caracterizan plenamente las distintas ramas de la profesión” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22).

Adicionalmente se establece la relación de los mismos con otros grupos de cursos, resaltando que “estos cursos, apoyados en los que corresponden al Área de Ciencias de Ingeniería, servirán para preparar al estudiante sobre cuestiones prácticas de la profesión y de aplicación al desarrollo del país” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22).

En este nivel se completa el desarrollo de las carreras mediante los cursos profesionales, los cuales además de la aplicación práctica de las Ciencias de Ingeniería, incorporan la aplicación de esta al desarrollo del país.

- 04 Cursos Complementarios

En este caso se establece en la definición los subgrupos de cursos indicando que “comprende dos subgrupos: los cursos social-humanísticos y los cursos técnicos; los primeros se concentran en la etapa básica” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22).

Además de los subgrupos se indica la utilidad de los mismos, agregando que “sirven para proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios del ambiente geográfico, social, económico, antropológico y cultural guatemalteco” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 22).

Con esto se pretende según indica la definición lograr el objetivo de “adaptar mejor al estudiante con el medio en que llevará a cabo su ejercicio profesional y se exige un nivel mínimo de preparación en esa área conforme lo indican los planes particulares de cada carrera” (Facultad de Ingeniería, 1971, p. 23).

Los cursos técnicos tienen por objeto desarrollar en el estudiante aptitudes y habilidades que le permitan trabajar profesionalmente a nivel técnico. Sirven también para llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en los cursos básicos.

1.5. Fundamentos estadísticos

A continuación, en los siguientes incisos se presentan los fundamentos estadísticos necesarios para esta investigación.

1.5.1. Características y propiedades de las series de tiempo

Estas propiedades y características se investigaron en cada serie, por inspección de cada una, justificando su origen si son detectadas.

“Definición: Se llama Series de Tiempo a un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable (cuantitativa) en diferentes momentos del tiempo. Los datos se pueden comportar de diferentes formas a través del tiempo” (Chatfield, 2003, p. 1).

Todas las series de tiempo se caracterizan por contener al menos uno de los siguientes componentes:

- Variación estacional: es un movimiento periódico que se produce dentro de un período corto y conocido. Este componente está determinado, por ejemplo, por factores institucionales o climáticos.
- Variaciones o fluctuaciones cíclicas: caracterizadas por oscilaciones alrededor de la tendencia con una larga duración, y sus factores no son claros. Por ejemplo, fenómenos climáticos, que tienen ciclos que duran varios años.
- Tendencia: representa el comportamiento predominante de la serie. Ésta puede ser definida vagamente como el cambio de la media a lo largo de un extenso período de tiempo.
- Fluctuaciones irregulares: son movimientos erráticos que no siguen un patrón específico y que obedecen a causas diversas. Este componente es prácticamente impredecible. Este comportamiento representa todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no son tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas.

1.5.2. Modelos propuestos, fundamentos y propiedades

Los modelos propuestos son descritos de la siguiente manera:

- Funciones por partes

Según Swokowski y Cole (2009) consideran de este tipo “las funciones que se describen a veces con más de una expresión. A estas funciones se les llama funciones definidas por tramos” (p. 186). En el presente estudio los tramos se identifican con partes del dominio que se definen de acuerdo con el modelo a usar.

- Procedimiento de cálculo

Después de desarrollar la serie, se procede a graficar, y, por simple inspección, se seleccionan los intervalos del dominio, que correspondan a cada modelo a desarrollar, decidiendo si se utiliza el modelo exponencial o bien el modelo lineal usando como criterio el valor del coeficiente de determinación.

La base teórica de cálculo y ecuaciones se presentan a continuación.

1.5.3. Análisis de regresión

De acuerdo con la teoría, ésta se define como la técnica que permite establecer la relación observable a través de un diagrama de dispersión entre dos variables, basándose en la obtención de rectas de regresión usando la técnica de mínimos cuadrados. (Walpole, Myers, Myers y Ye, 2012, p. 32)

En el presente estudio se usarán inicialmente los siguientes modelos lineales y exponenciales.

El procedimiento de cálculo más completo es el que se usa para calcular las constantes de los modelos exponenciales, se basa en linealizar los datos mediante el uso de logaritmos naturales, siendo éste:

$$A(t) = A_{1991} * e^{kt} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

- $A(t)$ = las asignaciones para un año t , para la serie de tiempo correspondiente a cada año de ingreso, semestre, curso y grupo de cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.
- K = constante calculada, que representa la tasa de crecimiento anual de la población, la que suele presentarse como un porcentaje, y para valores de k pequeños, puede considerarse que su valor es bastante cercano al verdadero porcentaje de aumento o disminución de la población.
- t = el tiempo medido en años, se considera el período que inicia en 1,991 y finaliza en 2,016, para efectos del modelo t se transforma haciendo que sus valores sean un simple correlativo que variará entre 0 para 1991 y 25 para 2016.
- e^x = función exponencial de base e .
- Como procedimiento de cálculo se utiliza el método de mínimos cuadrados, de la siguiente forma:
- A_{1991} , se calcula el intercepto de la forma lineal del modelo, pues los datos pueden linealizarse usando logaritmos naturales.

$$\ln(A(t)) = \ln(A_{1991}) + kt \quad (\text{Ecuación 3})$$

Siendo el intercepto igual a $\ln(A_{1991})$, este equivale a b_0 del modelo lineal.

Dónde:

- k, se calcula como la pendiente de la forma lineal del modelo, equivale a b_1 del modelo lineal.
- El coeficiente de determinación r^2 , permite establecer la bondad del ajuste y se calcula mediante el uso de la formula siguiente.

$$r = \pm \sqrt{\frac{\text{variacion explicada}}{\text{variacion total}}} = \pm \sqrt{\frac{\sum(Y_{est} - \bar{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Para el presente estudio los cálculos se trabajaron con los logaritmos naturales de las asignaciones y estos se correlacionaron con el correlativo de los años de la serie.

1.5.4. Validación de los modelos propuestos

Los modelos se validaron a través del cálculo del coeficiente de determinación r^2 (Ecuación 4).

De acuerdo con lo indicado en la referencia Walpole, Myers, Myers, S., Ye (2012) el cálculo de los parámetros de las rectas de regresión se basa en el método de Mínimos Cuadrados, el que tiene los siguientes fundamentos teóricos.

Se debe calcular los coeficientes b_1 y b_0 para obtener una recta de regresión $Y = b_0 + b_1X$ siguiendo los criterios teóricos siguientes:

- Se define como suma de cuadrados del error: la suma residual de los cuadrados respecto de la recta de regresión y se denota como SCE, representada en la siguiente ecuación:

$$SCE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Se debe proceder a minimizar SCE, lo que se logra diferenciando parcialmente la Ecuación 5, con respecto a b_0 y b_1 igualándolos a cero, lo que proporciona las ecuaciones siguientes:

$$\frac{\partial(SCE)}{\partial b_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) - 2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) = 0. \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$\frac{\partial(SCE)}{\partial b_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) x_i - 2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) x_i = 0 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Se simplifican las expresiones reacomodando los términos para obtener las ecuaciones normales siendo estas:

$$-nb_1 + b_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (\text{Ecuación 9})$$

Estas ecuaciones se resuelven simultáneamente para obtener los coeficientes b_0 y b_1 .

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b_1 \sum_{i=1}^n x_i}{n} = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (\text{Ecuación 11})$$

1.5.5. Procedimiento de linealización

Debido a que se puede tener necesidad de construir modelos exponenciales, estos se elaboran usando la técnica de linealización que se basa en calcular la variable dependiente transformándola en su logaritmo natural, luego se usan las fórmulas ya descritas (Ecuación 3) para el modelo de regresión lineal, con esta técnica se facilita el cálculo de los modelos exponenciales que sean necesarios.

2. RESULTADOS

2.1. Modelos por curso para la Escuela de Ciencias

En la tabla III, se presentan los modelos de los cursos de la Escuela de Ciencias.

Tabla III. **Coefficientes de modelos polinomiales estimados para los cursos de la Escuela de Ciencias**

Curso	Polinomio propuesto $P(x) = a_6X^6 + a_5X^5 + a_4X^4 + a_3X^3 + a_2X^2 + a_1X + a_0$						r^2	r	
	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1			a_0
101-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 1		0.0662	-2.4412	32.6310	-189.8800	453.1900	-128.8200	0.6876	0.8292
103-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 2	0.0040	-0.1593	2.3626	-16.0110	47.0990	-37.4190	76.9700	0.2362	0.4860
107-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 1						3.8182	12.8939	0.4582	0.6769
112-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 2						0.3217	73.5723	0.0074	0.0859
114-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 3	-0.0028	0.1228	-2.1820	19.9490	-96.3940	223.3100	106.9400	0.4458	0.6677
116-MATEMÁTICA APLICADA 3	-0.0093	0.3616	-5.4699	40.6050	-152.6600	267.8100	-106.6200	0.5952	0.7715
118-MATEMÁTICA APLICADA 1	-0.0115	0.4489	-6.8109	50.6410	-192.4600	352.3000	-174.3000	0.5351	0.7315
120-MATEMÁTICA APLICADA 2	0.0003	-0.0260	0.6330	-7.5968	38.2400	-77.0060	53.0080	0.6416	0.8010
147-FÍSICA BÁSICA						5.1014	5.5047	0.4758	0.6898
150-FÍSICA 1						4.5559	34.1865	0.4603	0.6784
152-FÍSICA 2						6.3776	-26.7413	0.5067	0.7119
17-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 1						-10.1049	333.3170	0.7681	-0.8764
170-MECÁNICA ANALÍTICA 1	0.0006	-0.0390	0.7820	-6.8142	25.9720	-36.4130	48.9020	0.0866	0.2942
18-FILOSOFÍA DE LA CIENCIA						1.2832	69.1107	0.2348	0.4845
19-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 2						5.7000	-68.7333	0.4986	0.7061
39-DEPORTES 1	-0.0137	0.5520	-8.6603	66.1930	-250.9600	422.8000	-110.6800	0.1719	0.4146
6-IDIOMA TÉCNICO 1	0.0109	-0.3925	5.2531	-31.7480	81.9560	-51.6540	1.6515	0.7477	0.8647
69-ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1	0.0042	-0.1367	1.5353	-6.6221	6.7295	8.5383	-130.9200	0.5030	0.7092
732-ESTADÍSTICA 1	-0.0078	0.3196	-5.0386	38.1580	-143.8500	260.0800	-95.8180	0.2771	0.5264
734-ESTADÍSTICA 2	-0.0017	0.0860	-1.6881	16.3740	-80.2460	180.4400	-103.8800	0.3605	0.6004

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III, los cursos se ordenan inicialmente por el tipo de modelo usado y luego por el valor del coeficiente r^2 , en este caso de mayor a menor.

Como se indicó con anterioridad, el grado del polinomio se indica de acuerdo con la columna de coeficientes del polinomio.

A continuación, se presentan las gráficas de los modelos desarrollados para cada curso, en todos los casos se analiza el período de 2005 a 2016. Las variables representan:

- X: los años como variable independiente.
- Y: las asignaciones para los años indicados, como variable dependiente.

En la discusión de los modelos se utilizan los conceptos de Mínimo y Máximo absoluto para el período y se hace referencia a los máximos relativos si estos presentan alguna característica importante que deba resaltarse en un caso particular.

En el título de las gráficas, los cursos se identifican por el código del curso y el nombre tal y como se indica en las bases de datos originales del sistema, mientras que en la gráfica se usó únicamente el código del curso para evitar sobrecargar las imágenes.

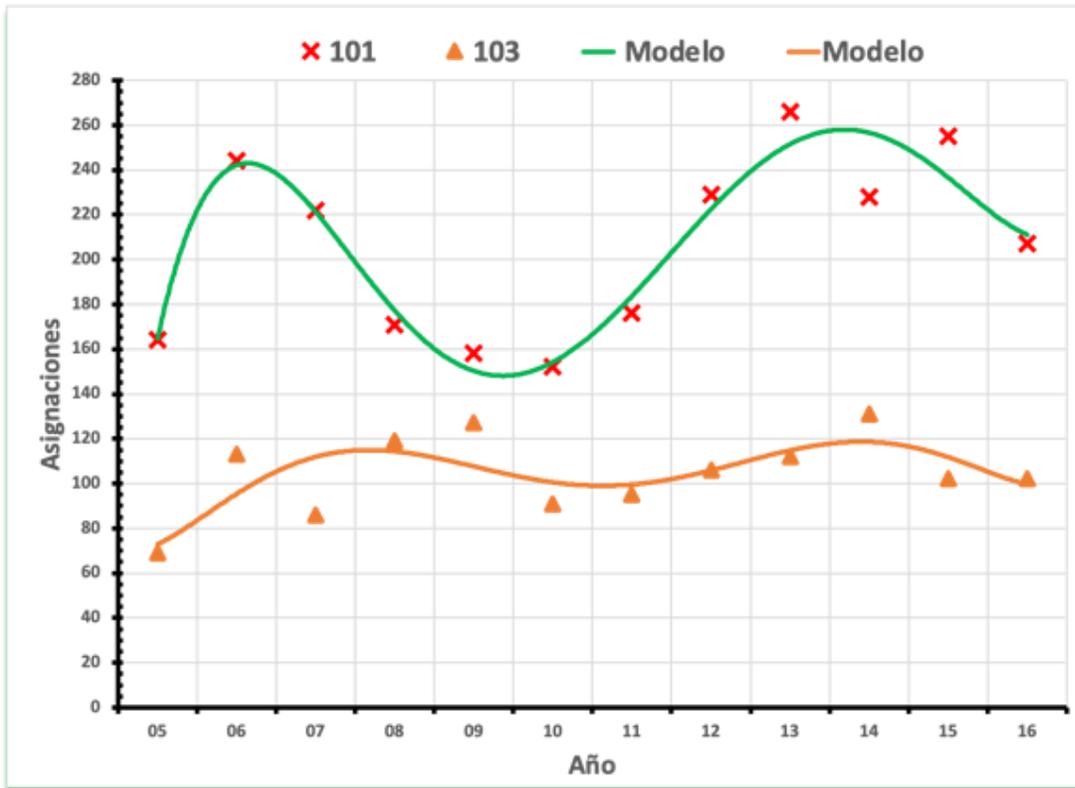
Para la presentación y discusión de los resultados se usa el orden establecido por el código del curso, además se realizan agrupaciones esto con la finalidad de sintetizar los resultados, las agrupaciones se realizaron sobre la base de áreas donde este concepto es aplicable, como ejemplos puede citarse el área Matemática Básica, área de Matemática Intermedia y otros casos aplicables.

Las figuras que contienen las gráficas de cada curso deben interpretarse tomando en cuenta lo siguiente:

- Todas las gráficas se basan en datos del primer semestre, pues en este se observaron la mayor cantidad de asignaciones, lo que posibilita un mejor uso de los modelos para planificación de la cantidad de secciones.
- Los años usados son los mismos en todos los casos de 2005 a 2016 siendo identificados con los últimos dos dígitos para mejorar la presentación de las gráficas. Los años se seleccionaron de tal manera que se basen en la misma política de ingreso de estudiantes, con la finalidad de que todos sean comparables entre sí.
- Con lo anterior se aclara lo indicado en los objetivos específicos que se elaboraron las gráficas siguiendo la base de semestre y año.

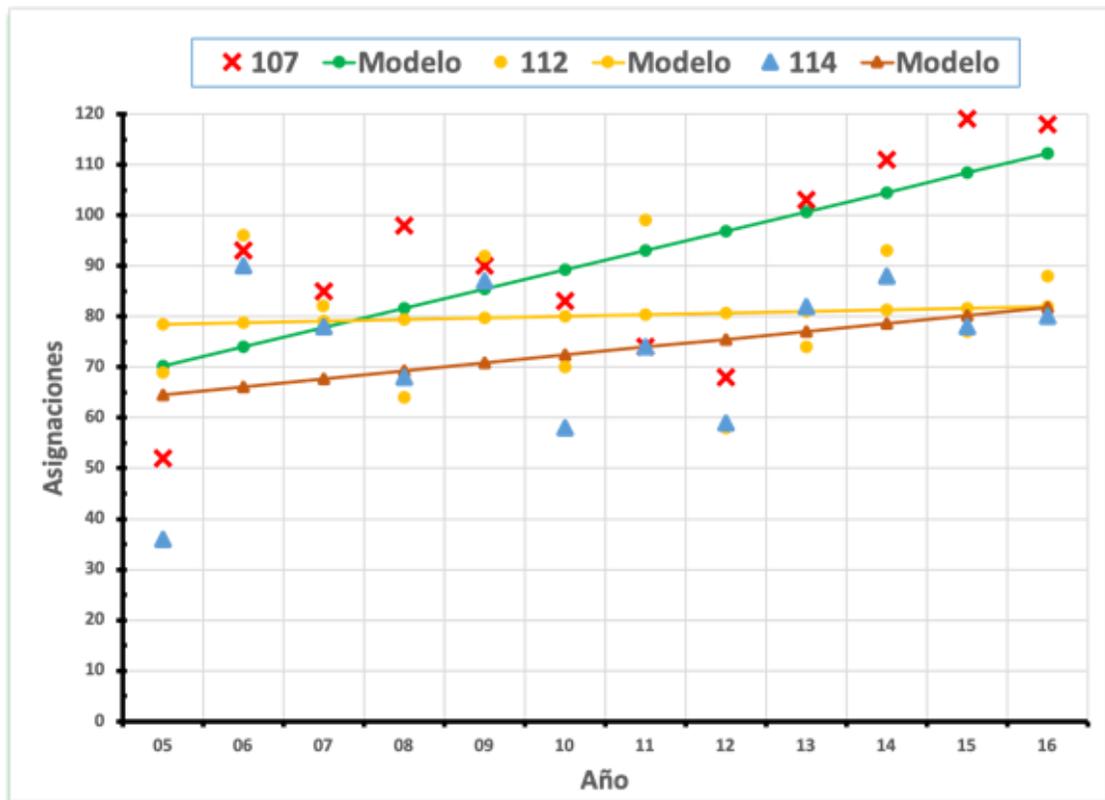
Lo anteriormente indicado aplica a la totalidad de las gráficas de toda la sección de resultados, tanto para los cursos individuales como para los grupos de cursos y tipos de cursos.

Figura 1. **Distribución de asignaciones y modelo de ajuste de los cursos del Área Básica, cursos: 101 Área Matemática Básica 1 y 103 Área Matemática Básica 2, período 2005 a 2016**



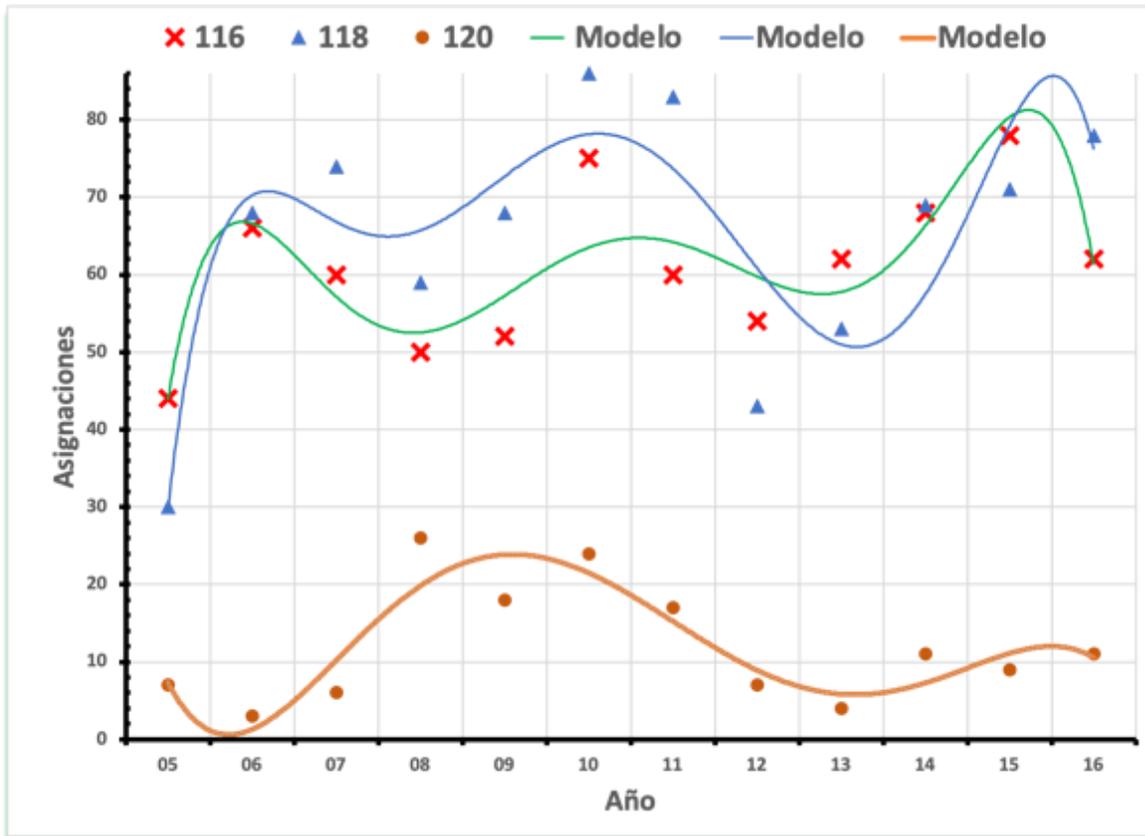
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 2. **Distribución de asignaciones área de Matemática Intermedia cursos 107 Área Matemática Intermedia 1, 112 Área Matemática Intermedia 2 y 114 Área Matemática Intermedia 3**



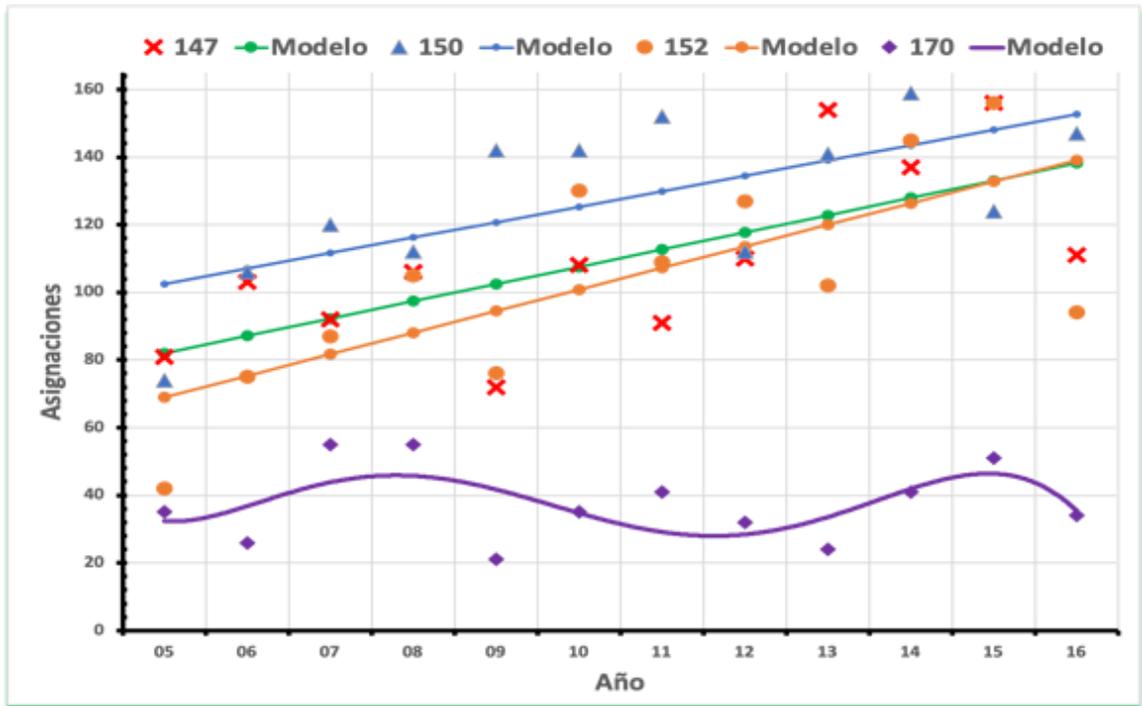
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 3. **Distribución de asignaciones área de Matemática Aplicada cursos 116 Matemática Aplicada 3, 118 Matemática Aplicada 1 y 120 Matemática Aplicada 2**



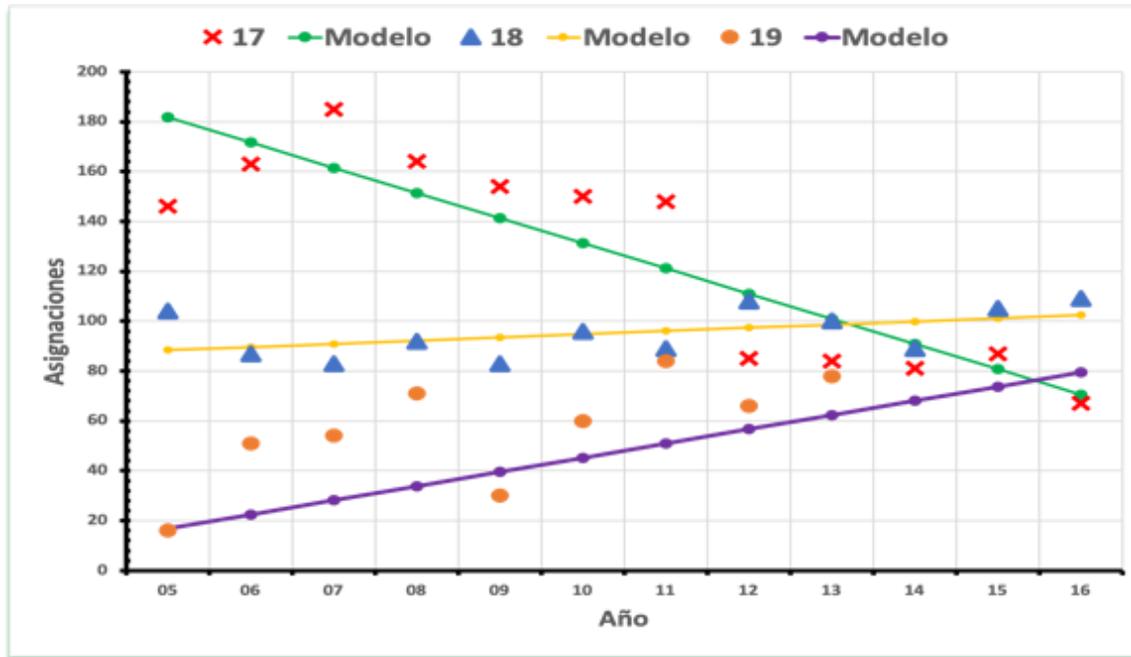
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 4. **Distribución de asignaciones área de Física cursos 147 Física Básica, 150 Física 1, 152 Física 2 y 170 Mecánica Analítica 1**



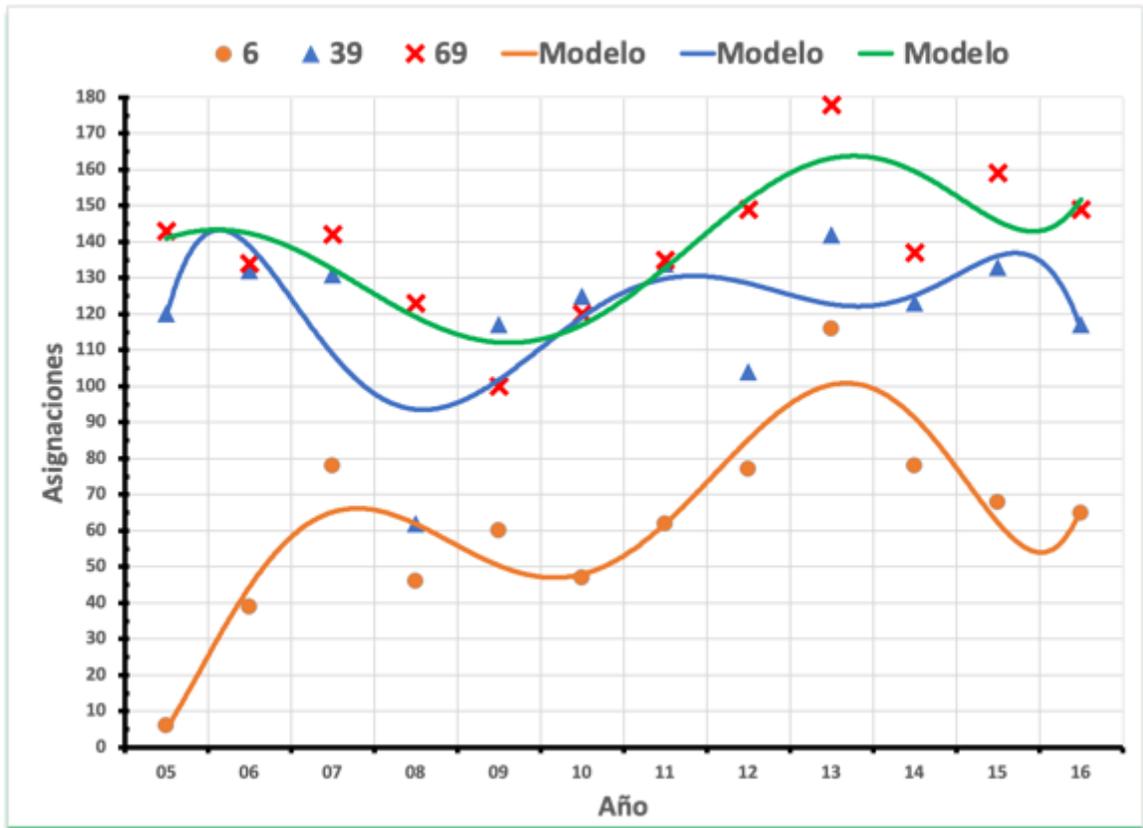
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 5. Distribución de asignaciones Área Social Humanística cursos 17 Área Social Humanística 1, 18 Filosofía de la Ciencia y 19 Área Social Humanística 2



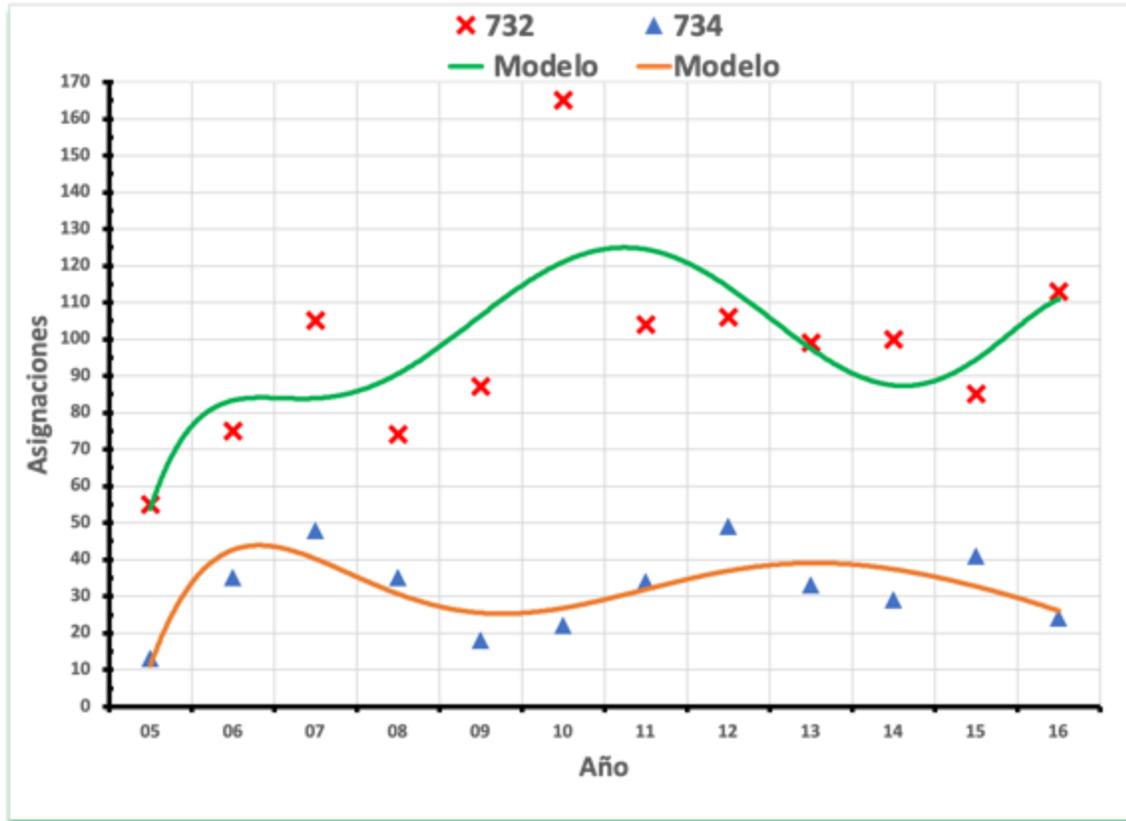
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 6. **Distribución de asignaciones Cursos Complementarios**
 cursos 6 Idioma Técnico 1, 39 Deportes 1 y 69 Área Técnica
Complementaria 1



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 7. **Distribución de asignaciones área de Estadística cursos 732 Estadística 1 y 734 Estadística 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

2.2. Modelos desarrollados Escuela de Ingeniería Química

En la tabla IV, se presentan los modelos de los cursos de la Escuela de Ingeniería Química. El grado del polinomio se indica de acuerdo a la columna de coeficientes del polinomio.

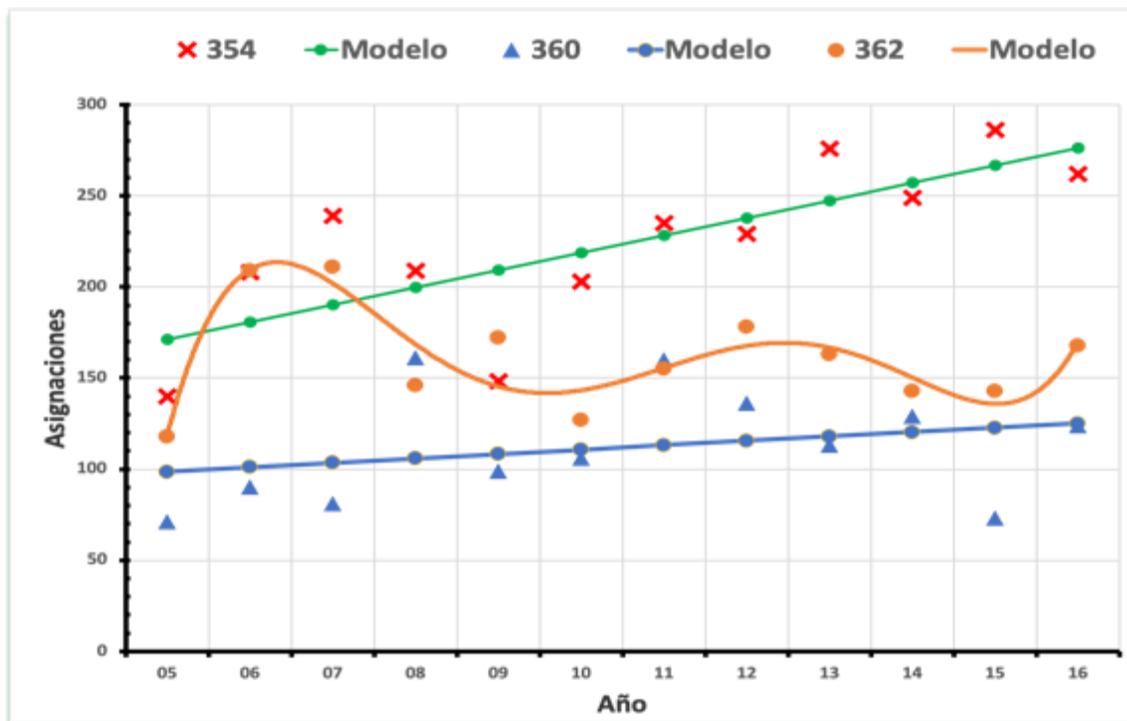
Tabla IV. **Coefficientes de modelos polinomiales estimados para los cursos de la Escuela de Ingeniería Química**

Curso	Polinomio propuesto $P(x) = a_6x^6 + a_5x^5 + a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$							r^2	r
	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0		
28-ECOLOGÍA	-0.0046	0.1613	-2.0916	12.4190	-34.5950	49.2670	17.5380	0.5190	0.7204
354-QUÍMICA 3						9.5245	28.4149	0.5705	0.7553
360-QUÍMICA ORGÁNICA 2	0.0127	-0.4685	6.6353	-45.5320	154.2500	-220.5900	177.8200	0.2745	0.5239
362-ANÁLISIS CUALITATIVO	0.0000	0.0769	-2.6327	33.3650	-190.5000	466.0600	-187.9100	0.6487	0.8054
380-FISICO QUÍMICA 1	0.0000	-0.0293	0.9625	-11.1460	53.8400	-96.4960	99.5900	0.8145	0.9025
382-FISICO QUÍMICA 2	0.0041	-0.1399	1.8015	-11.3320	38.3090	-68.9100	90.7730	0.1944	0.4409
386-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 1	0.0033	-0.1164	1.5605	-9.9167	29.9070	-35.5870	56.0450	0.3172	0.5632
388-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 2	-0.0018	0.0602	-0.7099	3.4319	-6.7346	14.1670	14.3180	0.6621	0.8137
394-TERMODINÁMICA 3	-0.0092	0.3654	-5.5550	40.3950	-145.3300	250.7200	-113.5100	0.3175	0.5635
396-TERMODINÁMICA 4	0.0055	-0.2002	2.8082	-19.4040	69.5310	-117.2900	97.5300	0.2354	0.4852
398-CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS	0.0039	-0.1615	2.6586	-21.9190	92.2240	-172.6900	136.9000	0.4900	0.7000
410-BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	-0.0060	0.2302	-3.4023	24.5850	-91.7160	169.0400	-28.2650	0.3262	0.5711
412-FLUJO DE FLUIDOS						1.9196	0.2319	0.4531	0.6731
414-TRANSFERENCIA DE CALOR	-0.0013	0.0613	-1.0647	8.6570	-35.7190	78.6150	-17.6290	0.4717	0.6868
416-TRANSFERENCIA DE MASA						2.3252	-10.9161	0.5794	0.7612
418-TRANSF DE MASA EN UNIDADES CONT	0.0033	-0.1321	2.1567	-18.0500	79.4130	-159.5500	136.8500	0.4790	0.6921
428-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 1						2.7133	-17.9557	0.7268	0.8525
430-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 2	0.0051	-0.2039	3.2442	-26.0340	108.7400	-209.5200	165.8000	0.4120	0.6419
436-DISEÑO DE EQUIPO	0.0012	-0.0514	0.8037	-5.7533	18.0990	-16.8160	25.8330	0.1634	0.4042
704-INGENIERÍA ECONÓMICA 3	0.0058	-0.2394	3.8286	-30.0760	118.2300	-204.0100	155.8300	0.2775	0.5268

Fuente: elaboración propia.

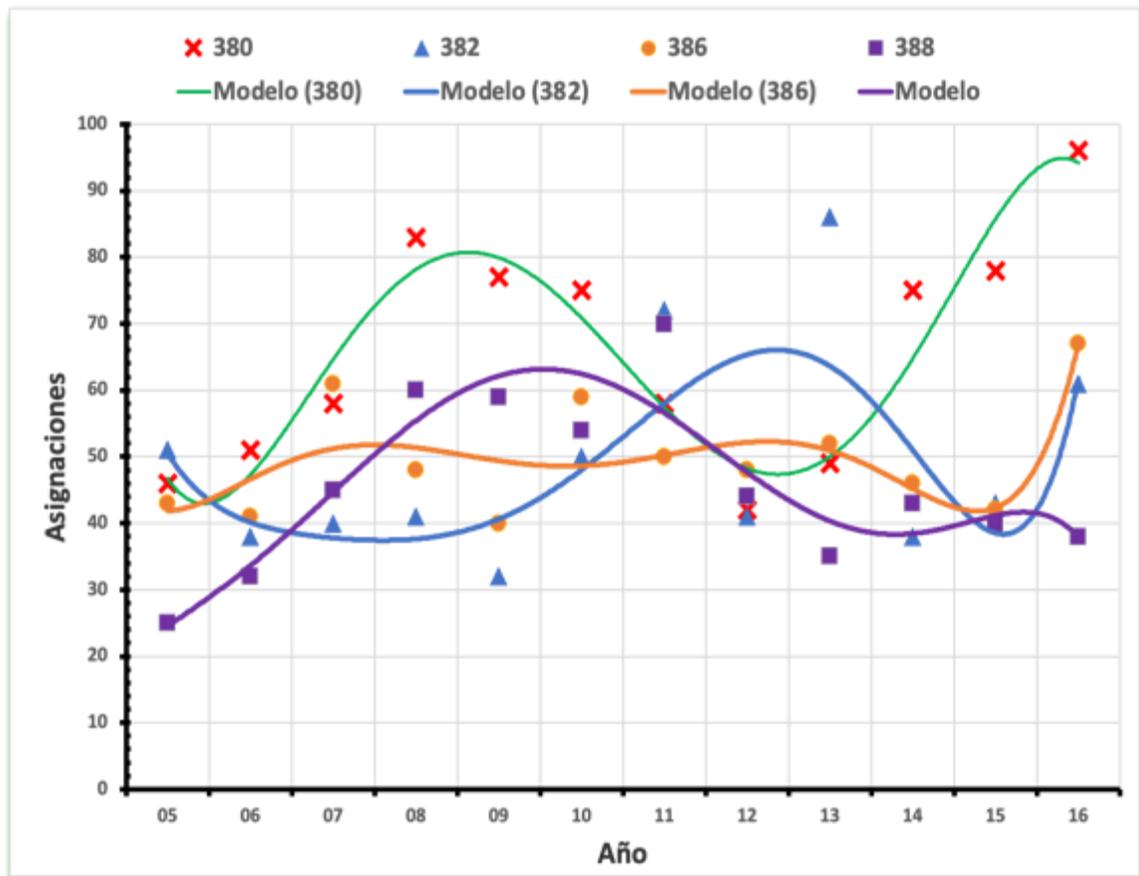
A continuación, se presentan las gráficas del modelo desarrollado para cada curso, en todos los casos se analiza el período de 2005 a 2016 siendo las variables los años como variable independiente y las asignaciones para los años como variable dependiente.

Figura 8. **Distribución de asignaciones área de Química cursos 354
Química 3, 360 Química Orgánica 2 y 362 Análisis Cualitativo**



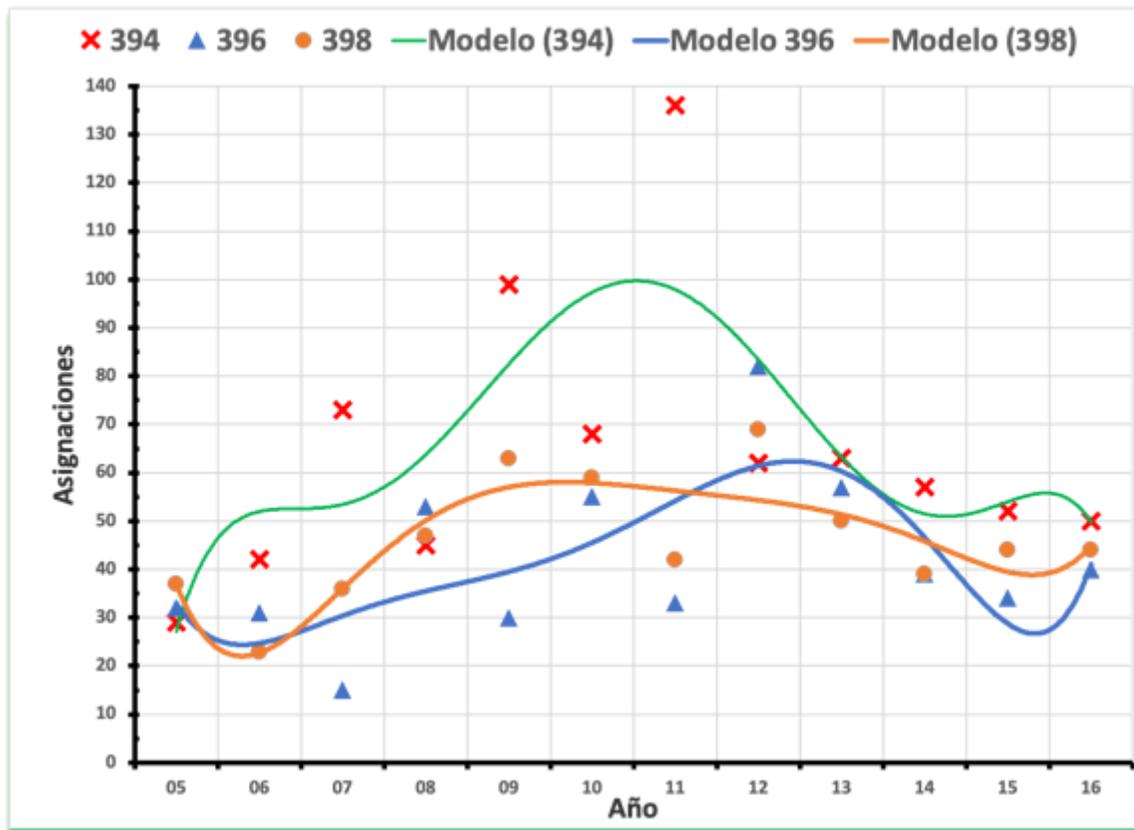
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 9. **Distribución de asignaciones área de Físicoquímica cursos 380 Físico Química 1, 382 Físicoquímica 2, 386 Laboratorio de Físico Química 1 388 Laboratorio de Físicoquímica 2**



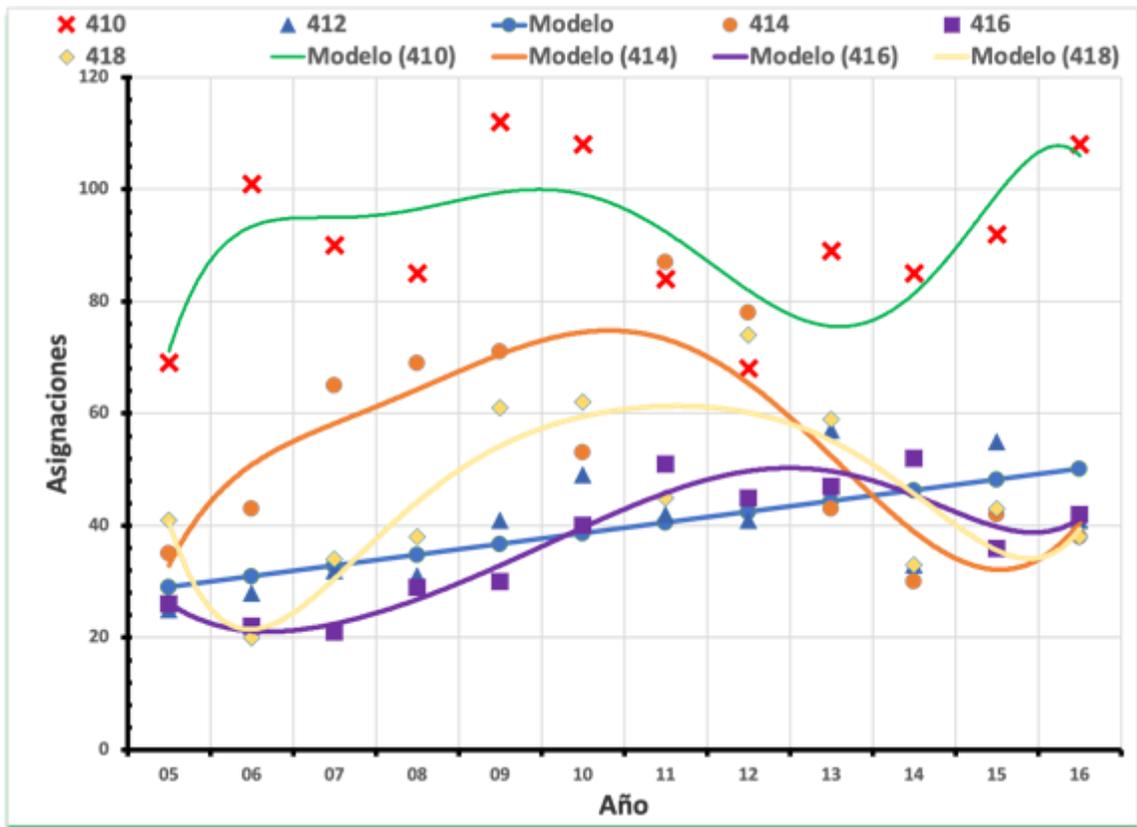
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 10. Distribución de asignaciones área de Termodinámica cursos 394 Termodinámica 3, 396 Termodinámica 4 y 398 Cinética de Procesos Químicos



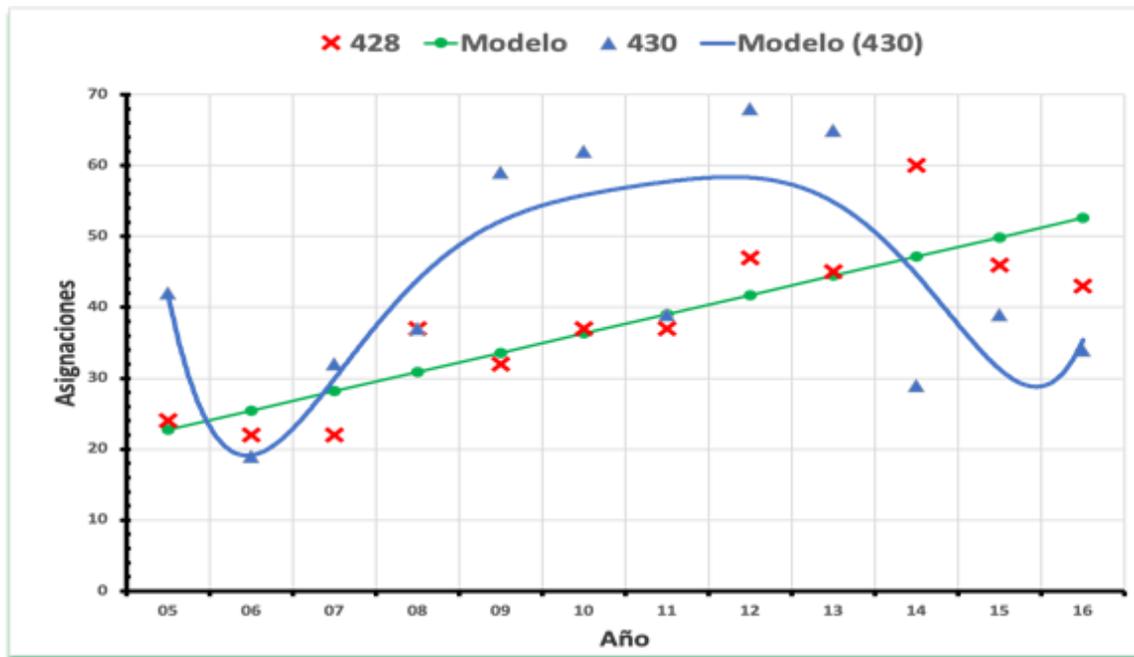
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 11. Distribución de asignaciones área de Ingenierías Químicas, cursos 410 Balance de Masa y Energía, 412 Flujo de Fluidos, 414 Transferencia de Calor, 416 Transferencia de Masa y 418 Transferencia de Masa en Unidades de Contacto Continuo



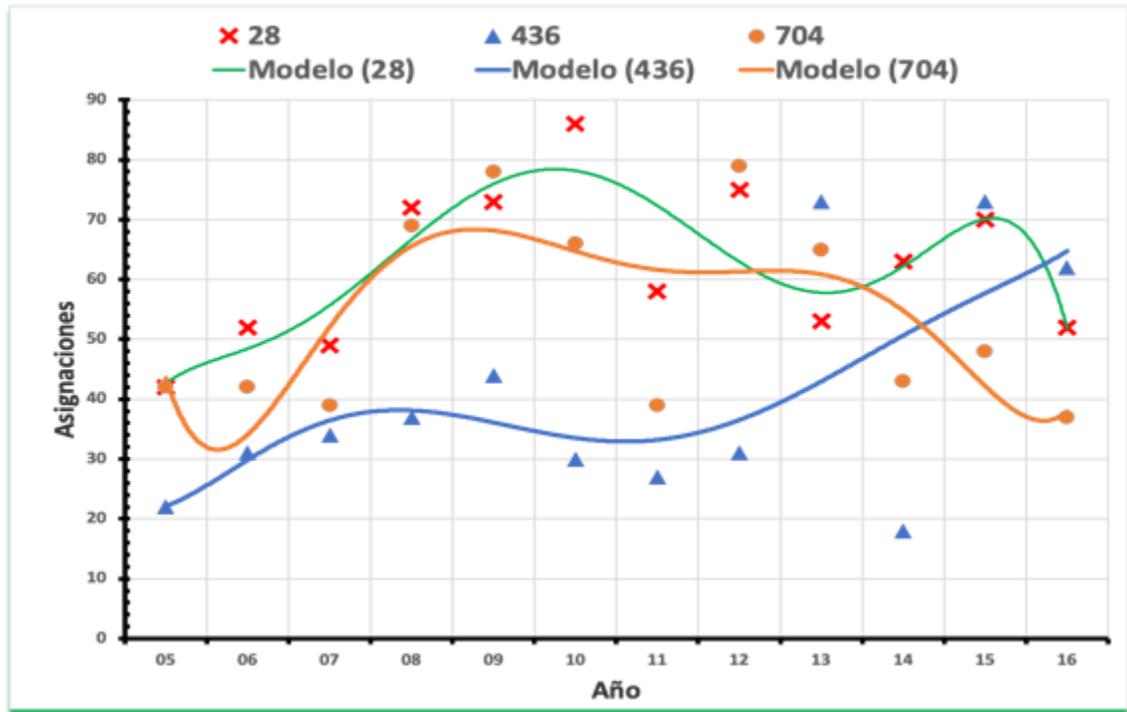
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 12. **Distribución de asignaciones área de Laboratorios de Ingeniería Química, cursos 428 Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 430 Laboratorio de Ingeniería Química 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 13. **Distribución de asignaciones área de Cursos Varios, cursos 28 Ecología, 436 Diseño de Equipo y 704 Ingeniería Económica 3**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

2.3. Modelos desarrollados por grupos y tipos de cursos de cada escuela

La tabla V, resume los modelos de los cursos de estas escuelas los cuales se desarrollaron por grupos y tipos de cursos.

Tabla V. Modelos desarrollados por grupos y tipos de cursos

Curso	Polinomio propuesto $P(x) = a_6x^6 + a_5x^5 + a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$									
	Coeficientes del polinomio									
	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0	r^2	r	
Escuela de Ciencias 1-Ciencias Básicas 1-Cursos Obligatorios							8.2028	455.5093	0.3509	0.5924
Escuela de Ciencias 1-Ciencias Básicas 2-Cursos Optativos							1.9825	-11.5583	0.3163	0.5624
Escuela de Ciencias 2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios							1.8671	10.2238	0.2815	0.5306
Escuela de Ciencias 2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	0.0040	-0.1722	2.9018	-24.0130	100.7400	-197.5500	163.7500	0.1754	0.4188	
Escuela de Ciencias 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios							9.5524	44.0082	0.7305	0.8547
Escuela de Ciencias 3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	-0.0017	0.0682	-1.0968	8.9478	-38.4070	77.6250	-29.2880	0.2046	0.4523	
Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios							-0.0245	311.9184	0.0000	-0.0028
Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 2-Cursos Optativos	-0.0139	0.5465	-8.3280	61.5120	-224.3800	363.8400	-64.9920	0.1440	0.3795	
Escuela de Química 2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios							5.5385	204.6282	0.3447	0.5871
Escuela de Química 2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	-0.0027	0.1051	-1.5986	11.4680	-37.3440	42.0340	29.6290	0.4674	0.6837	
Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios							22.2448	363.9825	0.4349	0.6595
Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos							9.5210	-73.7634	0.3911	0.6254
Escuela de Química 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios							9.1573	-14.6422	0.6134	0.7832

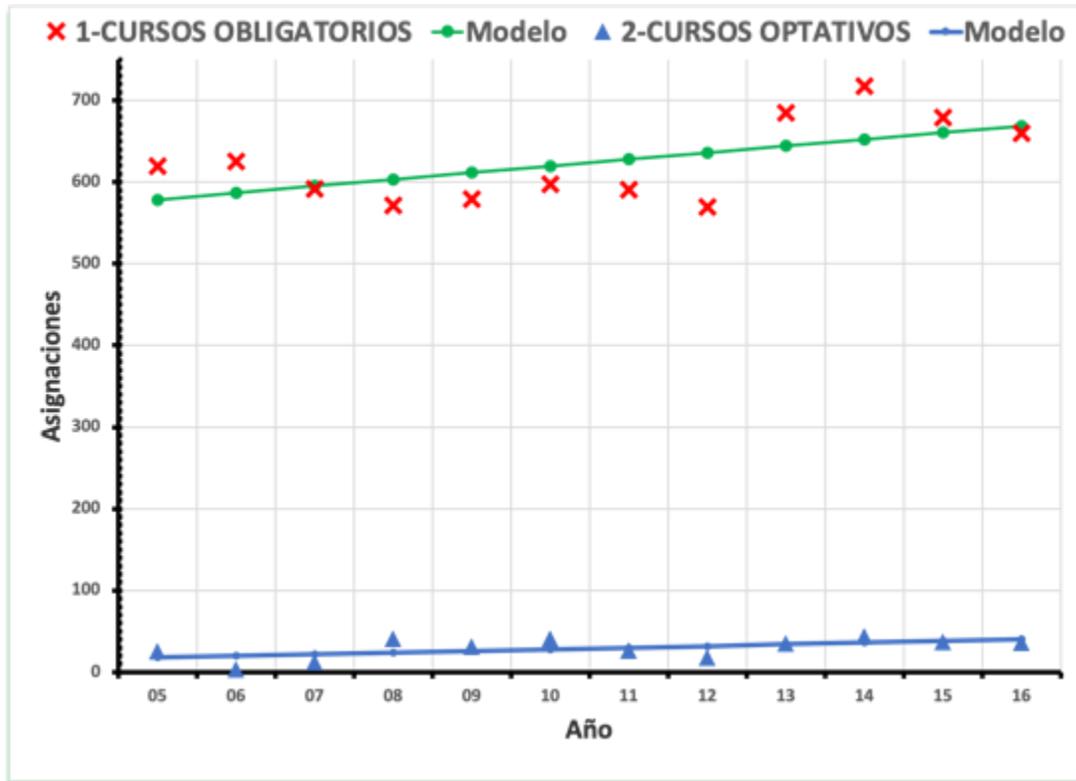
Fuente: elaboración propia.

Los espacios en blanco indican que los modelos son lineales, el resto de los modelos son polinomios de grado 6, en todos los casos se usan 4 decimales.

A continuación, se presenta la gráfica de los modelos desarrollados para cada grupo de cursos, en todos los casos se analiza el período de 2005 a 2016 siendo las variables los años como variable independiente y las asignaciones para los años ya indicados como variable dependiente.

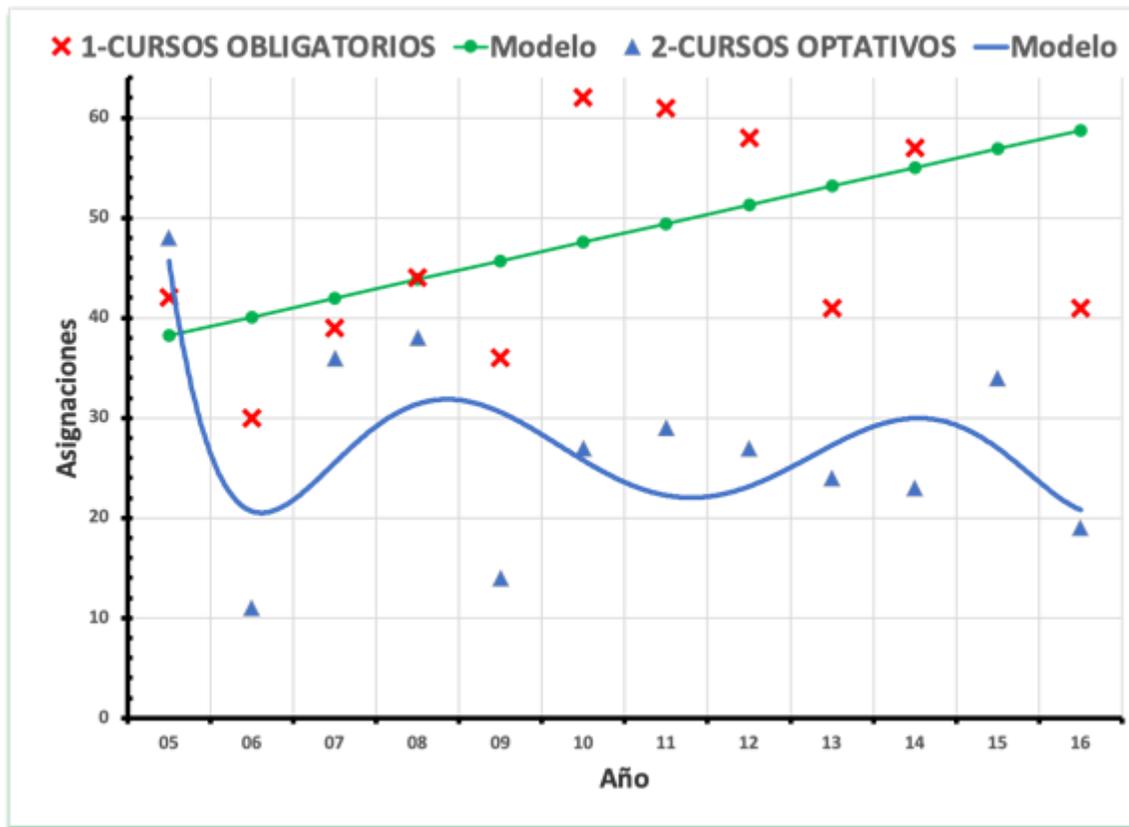
Con la finalidad de sintetizar la presentación de las gráficas estas se agrupan para cada grupo de cursos por tipo.

Figura 14. Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias Básicas, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos



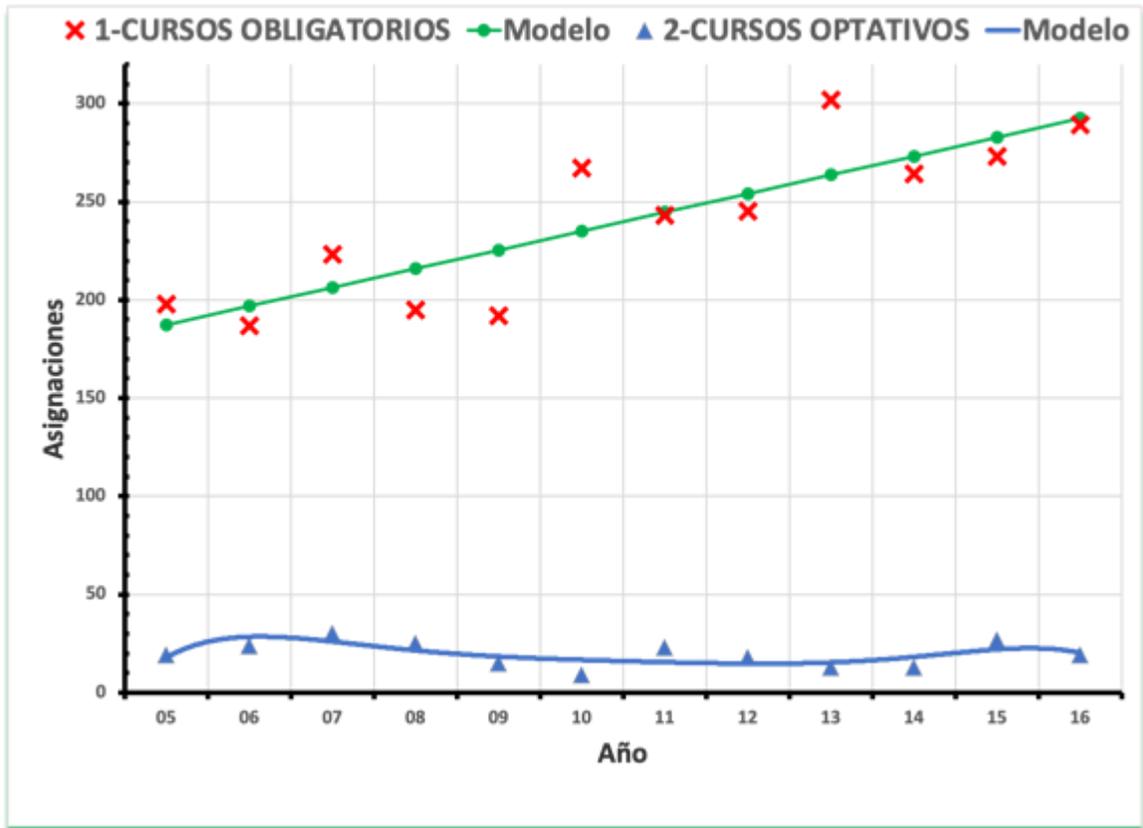
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 15. **Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos**



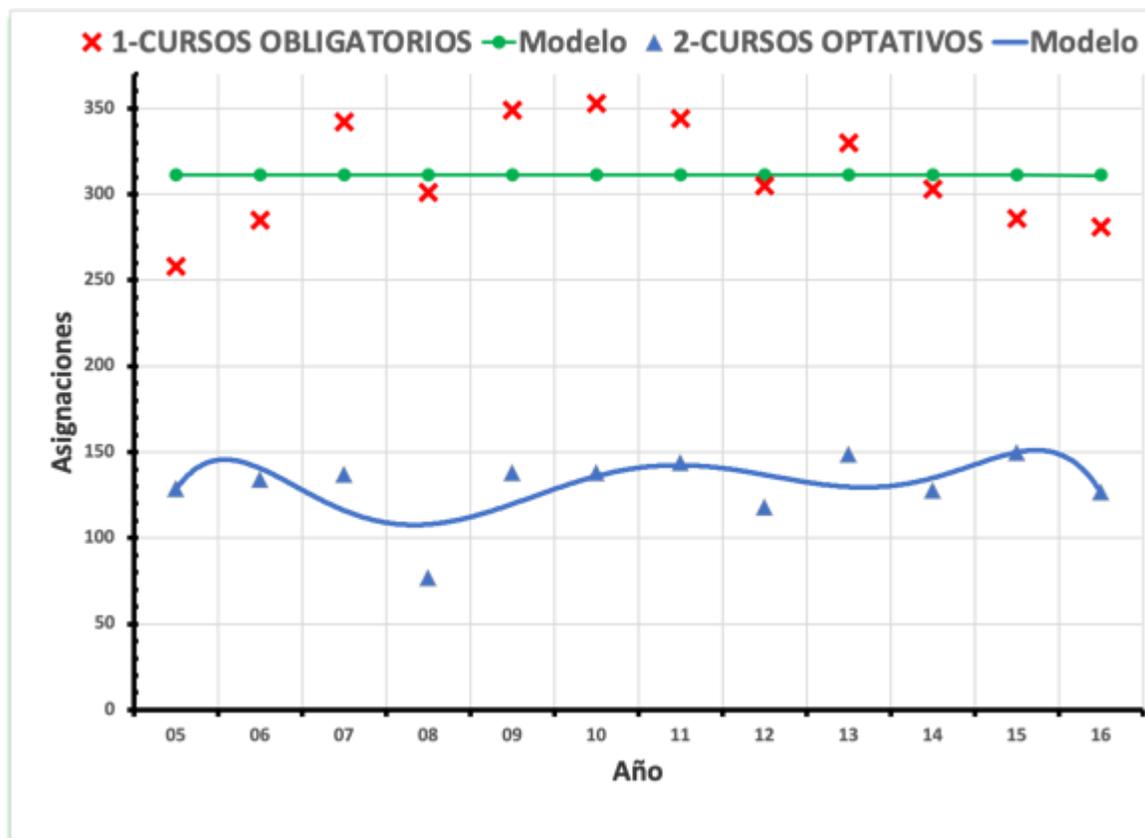
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 16. Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

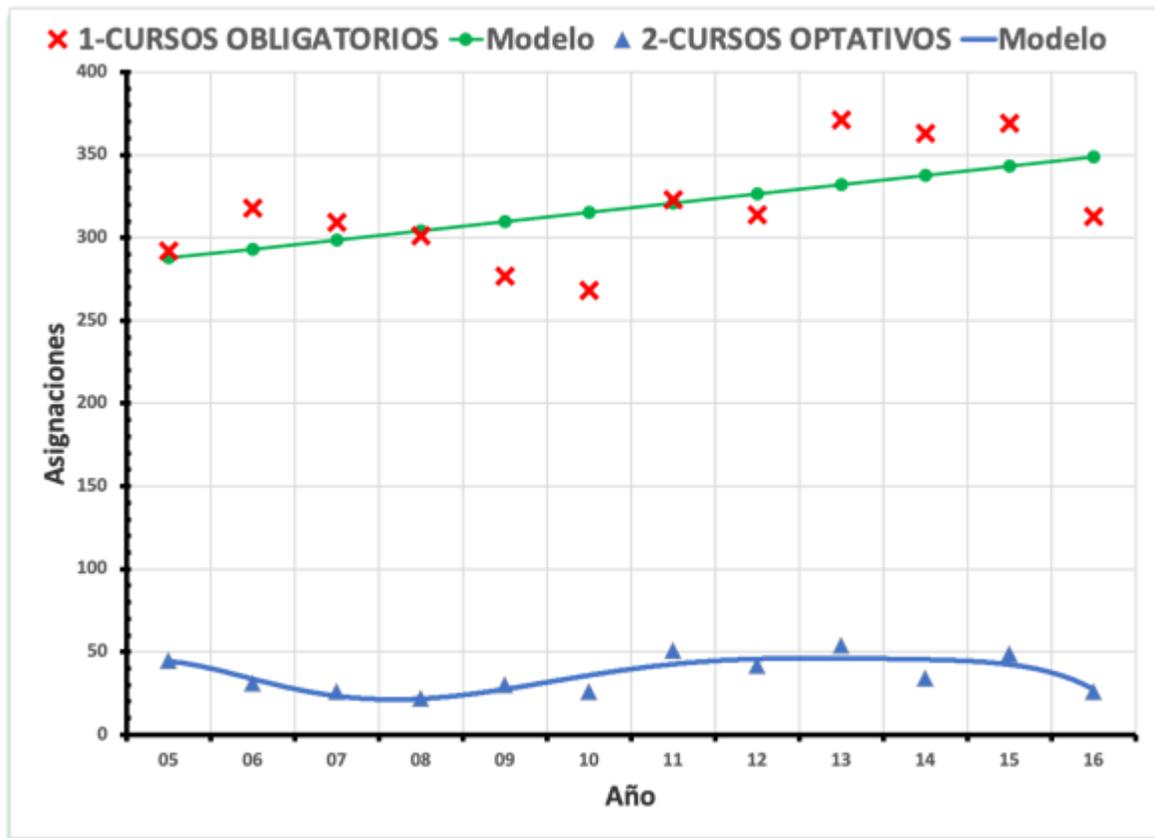
Figura 17. **Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, cursos de Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

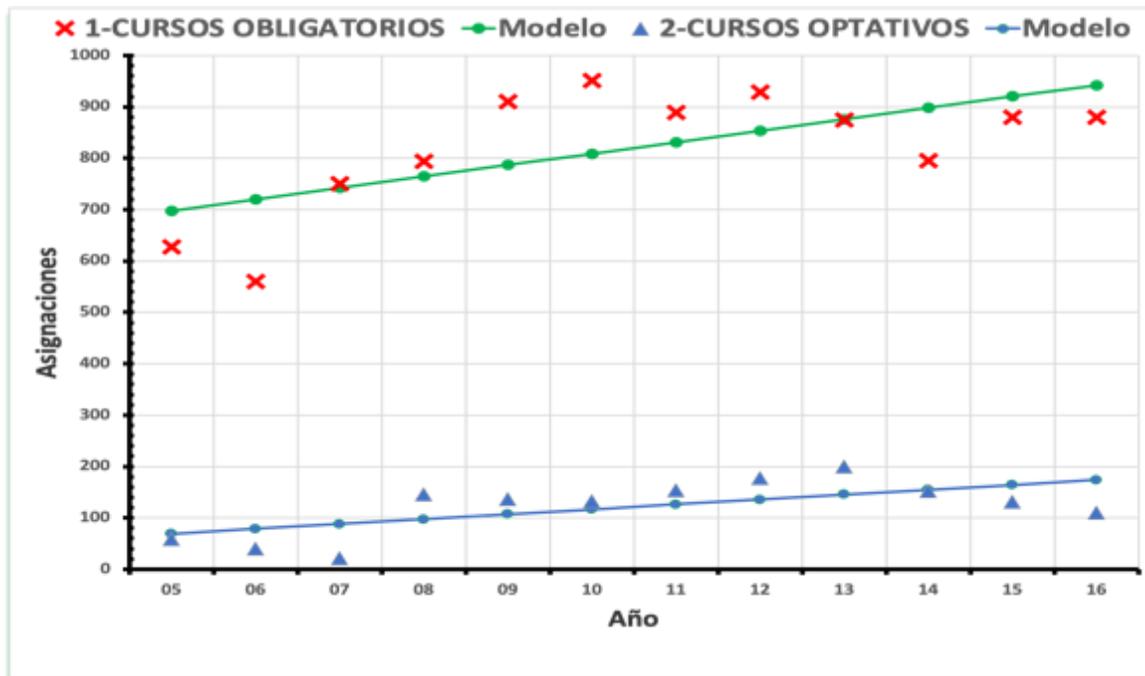
A continuación, se inicia la presentación de los grupos de cursos de la Escuela de Ingeniería Química.

Figura 18. **Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 19. **Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de cursos profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

En el caso del grupo de cursos complementarios, no es necesario usar el tipo de cursos optativos, pues estos no se detectaron.

Figura 20. **Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Cursos Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

2.4. Proyecciones estimadas

Para realizar las estimaciones se procedió a probar el modelo propuesto originalmente en las tablas III, IV y V.

Detectándose que en muchos casos los modelos de polinomios de grado 5 al 6, no necesariamente producían proyecciones útiles, resaltando los casos siguientes:

- Si la parte final de la gráfica del polinomio es decreciente, rápidamente en 3 o menos años, se producen estimaciones de las asignaciones con valores negativos.
- Mientras que, si la parte final de la gráfica del polinomio es creciente, en 3 o menos años se producen estimaciones de las asignaciones con valores muy altos, un curso puede en menos de dos años superar las asignaciones de los grupos de cursos.

Lo anterior se debe a la naturaleza de la gráfica del polinomio, pues este tipo de gráfica, una vez pasan del rango en el que se observan los mínimos o máximos relativos, tienden a crecer o decrecer rápidamente, por lo tanto, los modelos de grado 5 y 6 resultan ser útiles para presentar los datos en el rango del período de análisis, pero en la mayoría de los casos dejan de funcionar adecuadamente al ser usados fuera del rango de análisis.

Para posibilitar las estimaciones a futuro fue necesario usar el modelo lineal para sustituir los modelos de polinomios de grado 5 o 6, las características de estos modelos se presentan en tablas para cada una de las escuelas y para los grupos de cursos.

Solamente 3 cursos se proyectan con polinomios de grado 5 o 6, el resto de los cursos o grupos de cursos se calculan con los modelos lineales.

2.4.1. Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ciencias correspondientes a Ingeniería Química

La tabla VI presenta las proyecciones estimadas para los cursos de la Escuela de Ciencias pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Química para el período.

Tabla VI. **Proyecciones de asignaciones en los cursos de la Escuela de Ciencias correspondientes a Ingeniería Química período 2016 a 2025**

Curso	Proyecciones de las asignaciones										
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
101-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 1	205	220	362								
103-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 2	39	13	55	277							
107-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 1	116	120	124	127	131	135	139	143	147	150	
112-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 2	82	83	83	83	84	84	84	85	85	85	
114-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 3	83	85	86	88	90	91	93	94	96	97	
116-MATEMÁTICA APLICADA 3	70	72	73	75	76	78	79	80	82	83	
118-MATEMÁTICA APLICADA 1	75	76	77	79	80	82	83	85	86	87	
120-MATEMÁTICA APLICADA 2	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
147-FÍSICA BÁSICA	143	148	153	159	164	169	174	179	184	189	
150-FÍSICA 1	157	162	166	171	175	180	185	189	194	198	
152-FÍSICA 2	145	152	158	165	171	177	184	190	196	203	
17-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 1	60	50	40	30	20	10					
170-MECÁNICA ANALÍTICA 1	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
18-FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	104	105	106	108	109	110	111	113	114	115	
19-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 2	85	91	97	102	108	114	119	125	131	136	
39-DEPORTES 1	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	
6-IDIOMA TÉCNICO 1	92	97	101	106	111	115	120	124	129	134	
69-ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1	155	157	160	162	165	167	169	172	174	177	
732-ESTADÍSTICA 1	116	119	122	124	127	130	133	136	139	141	
734-ESTADÍSTICA 2	119	166	227	292	333	300	110				

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la tabla VII se presentan los modelos lineales que fue necesario desarrollar para realizar las proyecciones, los cursos que no aparecen son porque se usaron los modelos presentados en los resultados (Tabla III) para calcular las proyecciones.

Tabla VII. **Modelos lineales los cursos de la Escuela de Ciencias**

Curso	Pendiente	Ordenada en el origen	r^2	r
107-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 1	3.8182	12.8939	0.4582	0.6769
112-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 2	0.3217	73.5723	0.0074	0.0859
114-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 3	1.5664	41.0548	0.4458	0.6677
116-MATEMÁTICA APLICADA 3	1.4441	31.3135	0.5952	0.7715
118-MATEMÁTICA APLICADA 1	1.4406	35.6352	0.5351	0.7315
120-MATEMÁTICA APLICADA 2	-0.0594	13.1352	0.6416	0.8010
147-FÍSICA BÁSICA	5.1014	5.5047	0.4758	0.6898
150-FÍSICA 1	4.5559	34.1865	0.4603	0.6784
152-FÍSICA 2	6.3776	-26.7413	0.5067	0.7119
17-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 1	-10.1049	333.3170	0.7681	-0.8764
170-MECÁNICA ANALÍTICA 1	0.0000	37.5000	0.0866	0.2942
18-FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	1.2832	69.1107	0.2348	0.4845
19-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 2	5.7000	-68.7333	0.4986	0.7061
39-DEPORTES 1	1.0140	99.2133	0.1719	0.4146
6-IDIOMA TÉCNICO 1	4.6364	-33.2121	0.7477	0.8647
69-ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1	2.4231	89.4103	0.5030	0.7092
732-ESTADÍSTICA 1	2.8462	38.9872	0.2771	0.5264

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ingeniería Química

La tabla VIII presenta las estimaciones calculadas para los cursos de la Escuela de Ingeniería Química.

Tabla VIII. Estimaciones calculadas para los cursos de la Escuela de Ingeniería Química

Curso	Proyecciones de las asignaciones modelos lineales										
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
28-ECOLOGÍA	68	69	70	70	71	72	73	74	75	76	
354-QUÍMICA 3	286	295	305	314	324	333	343	352	362	371	
360-QUÍMICA ORGÁNICA 2	128	130	132	135	137	140	142	145	147	149	
362-ANÁLISIS CUALITATIVO	152	151	150	148	147	145	144	143	141	140	
380-FISICO QUÍMICA 1	80	82	84	86	88	91	93	95	97	99	
382-FISICO QUÍMICA 2	59	60	62	63	65	66	68	69	70	72	
386-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 1	54	55	56	56	57	58	59	59	60	61	
388-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 2	46	47	47	47	47	47	47	48	48	48	
394-TERMODINÁMICA 3	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
396-TERMODINÁMICA 4	52	53	55	56	58	59	61	62	64	65	
398-CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS	53	54	55	56	57	58	59	60	61	63	
410-BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	95	96	96	97	97	98	99	99	100	101	
412-FLUJO DE FLUIDOS	52	54	56	58	60	62	64	65	67	69	
414-TRANSFERENCIA DE CALOR	48	47	46	45	44	43	42	41	39	38	
416-TRANSFERENCIA DE MASA	52	54	57	59	61	63	66	68	70	73	
418-TRANSF DE MASA EN UNIDADES CONT	52	53	54	55	56	57	59	60	61	62	
428-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 1	55	58	61	63	66	69	72	74	77	80	
430-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 2	49	49	50	51	52	52	53	54	55	55	
436-DISEÑO DE EQUIPO	59	62	65	68	71	74	77	80	83	86	
704-INGENIERÍA ECONÓMICA 3	54	53	53	53	53	53	53	53	53	53	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la Tabla IX se presentan los modelos lineales que fue necesario desarrollar para realizar las proyecciones.

Tabla IX. **Modelos lineales los cursos de la Escuela de Ingeniería Química**

Curso	Pendiente	Ordenada en		
		el origen	r ²	r
28-ECOLOGÍA	0.8846	43.9487	0.06	0.24
354-QUÍMICA 3	9.5245	28.4149	0.57	0.76
360-QUÍMICA ORGÁNICA 2	2.4161	62.3869	0.08	0.28
362-ANÁLISIS CUALITATIVO	-1.3601	188.9662	0.03	-0.17
380-FISICO QUÍMICA 1	2.1678	21.2261	0.21	0.46
382-FISICO QUÍMICA 2	1.4510	19.6702	0.11	0.33
386-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 1	0.7098	35.1993	0.09	0.30
388-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 2	0.1643	42.0478	0.00	0.05
394-TERMODINÁMICA 3	0.8951	46.3170	0.01	0.11
396-TERMODINÁMICA 4	1.5280	10.4266	0.10	0.31
398-CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS	1.0594	24.3648	0.09	0.30
410-BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	0.6189	78.2296	0.02	0.16
412-FLUJO DE FLUIDOS	1.9196	0.2319	0.45	0.67
414-TRANSFERENCIA DE CALOR	-1.0350	75.7168	0.04	-0.20
416-TRANSFERENCIA DE MASA	2.3252	-10.9161	0.58	0.76
418-TRANSF DE MASA EN UNIDADES CONT	1.0280	24.5932	0.06	0.24
428-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 1	2.7133	-17.9557	0.73	0.85
430-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 2	0.7517	28.3392	0.03	0.17
436-DISEÑO DE EQUIPO	2.9510	-20.3298	0.31	0.56
704-INGENIERÍA ECONÓMICA 3	-0.0594	55.1352	0.00	-0.01

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química

La tabla X se resumen las proyecciones calculadas para los grupos por tipo de cursos de la Escuela de Ciencias y la Escuela de Ingeniería Química.

Tabla X. Estimaciones calculadas para los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y la Escuela de Ingeniería Química

Escuela, Grupo de Cursos y Tipo de Curso	Proyecciones de las asignaciones modelos lineales										
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Escuela de Ciencias 1-Ciencias Básicas 1-Cursos Obligatorios	677	685	693	702	710	718	726	734	743	751	
Escuela de Ciencias 1-Ciencias Básicas 2-Cursos Optativos	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
Escuela de Ciencias 2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	61	63	64	66	68	70	72	74	76	77	
Escuela de Ciencias 2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	22	21	21	20	19	18	17	17	16	15	
Escuela de Ciencias 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	302	311	321	331	340	350	359	369	378	388	
Escuela de Ciencias 3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	17	16	16	15	15	14	14	13	13	13	
Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	
Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 2-Cursos Optativos	139	140	142	143	144	145	147	148	149	151	
Escuela de Química 2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	354	360	365	371	376	382	387	393	398	404	
Escuela de Química 2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	42	42	43	44	45	46	46	47	48	49	
Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	965	987	1,009	1,031	1,054	1,076	1,098	1,120	1,143	1,165	
Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	183	193	202	212	221	231	240	250	259	269	
Escuela de Química 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	233	242	251	260	269	278	288	297	306	315	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Modelos lineales los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y la Escuela de Ingeniería Química

Escuela, Grupo de Cursos y Tipo de Curso	Pendiente	Ordenada en el origen		
		r^2	r	
Escuela de Ciencias 1-Ciencias Básicas 1-Cursos Obligatorios	8.2028	455.5093	0.351	0.59
Escuela de Ciencias 1-Ciencias Básicas 2-Cursos Optativos	1.9825	-11.5583	0.316	0.56
Escuela de Ciencias 2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	1.8671	10.2238	0.282	0.53
Escuela de Ciencias 2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	-0.8112	44.1294	0.078	-0.28
Escuela de Ciencias 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	9.5524	44.0082	0.731	0.85
Escuela de Ciencias 3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	-0.4510	28.8298	0.065	-0.26
Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	-0.0245	311.9184	0.000	0.00
Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 2-Cursos Optativos	1.2762	104.5874	0.057	0.24
Escuela de Química 2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	5.5385	204.6282	0.345	0.59
Escuela de Química 2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	0.8042	19.8473	0.066	0.26
Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	22.2448	363.9825	0.435	0.66
Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	9.5210	-73.7634	0.391	0.63
Escuela de Química 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	9.1573	-14.6422	0.613	0.78

Fuente: elaboración propia.

La tabla XI resume las características de los modelos de los grupos de cursos de las dos escuelas.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Cursos de la Escuela de Ciencias

A continuación, se describe la distribución de asignaciones para los cursos de la Escuela de Ciencias.

3.1.1. Distribución de asignaciones y modelo de ajuste de los cursos del Área Básica, cursos: 101 Área Matemática Básica 1 y 103 Área Matemática Básica 2, período 2005 a 2016

En la figura 1 se observa que para el Curso 101 Área Matemática Básica 1 se obtuvo un polinomio de grado 5, el cual se considera adecuado con un coeficiente de determinación r^2 de 0.6876, y el coeficiente de correlación r de 0.8292 lo que comprueba la calidad del ajuste.

La serie de datos indica que, en los años recientes las asignaciones del curso tienden a decrecer, pues el máximo se alcanzó en 2013 y luego entró en un período de decrecimiento.

Debido a que el modelo polinomial propuesto no es útil para predecir decrecimientos se usó para este fin un modelo lineal basado en el período de 2006 al 2009. La misma razón justifica el uso de un modelo lineal para predecir crecimientos, pero en este caso se usó la serie de datos del período 2010 a 2013.

Si se comparan todos los cursos analizados, para este curso se obtiene el mayor coeficiente de determinación.

En la figura 1 también se observa que para el curso 103 Área Matemática Básica 2 se obtuvo un polinomio de grado 6, el coeficiente de determinación r^2 es de 0.2362, y el coeficiente de correlación r es cercano a 0.4860 (0.6971.) Lo anterior comprueba cierta independencia de los datos.

Al igual que en el curso de Matemática Básica 1 la serie indica que en 2015 se inicia un decrecimiento en las asignaciones, aunque se observa una leve recuperación para el año 2016 pues la cantidad de asignaciones cambia de 96 a 105 respectivamente.

Se identifican con facilidad dos períodos de crecimiento del año 2005 al 2009 y del año 2010 al 2014. Para poder usar esta característica se deben construir los dos modelos lineales y seleccionar el de mayor pendiente. Los períodos de decrecimiento son más cortos del año 2009 al 2010 y del año 2014 al 2016, los cuales presentan muy pocos valores para construir modelos.

Se recomienda investigar si existe alguna razón identificable que explique las diferencias con el curso anterior, pues se debería suponer que fuesen similares.

Por otro lado, los datos no proporcionan suficientes elementos para desarrollar modelos, por lo tanto, se recomienda solamente basar las estimaciones de decrecimientos en los valores de los mínimos observados.

3.1.2. Distribución de asignaciones área de Matemática Intermedia cursos 107 Área Matemática Intermedia 1, 112 Área Matemática Intermedia 2 y 114 Área Matemática Intermedia 3

En la figura 2 se observa que para el curso 107 Área Matemática Intermedia 1 se pudo establecer que el modelo adecuado es de regresión lineal simple, el coeficiente de determinación r^2 es de 0.4582 y el coeficiente de correlación r es de 0.6769, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Siendo la pendiente positiva, el modelo indica que existió crecimiento en todo el período de análisis. De acuerdo a los resultados observados en el período de análisis estos indican que, las asignaciones crecen en forma sostenida.

Adicionalmente al crecimiento sostenido se debe tomar en cuenta que, los máximos observados se dan en los últimos años del período de análisis, por lo tanto, el modelo indica que las asignaciones mantendrán tendencia creciente en el corto plazo.

En la figura 2 se observa que para el curso 112 Área Matemática Intermedia 2, se pudo establecer que la serie de datos no permiten la elaboración de modelos, pues los datos no dependen de la variable independiente, se debe modelar una serie de datos prácticamente constante, esto se confirma mediante el cálculo del coeficiente de determinación r^2 siendo este cercano a cero su valor es de 0.0074, lo que confirma que la dependencia de los datos es prácticamente nula, la pendiente del modelo lineal seleccionado también es cercana a cero (0.3217) por lo que los datos se modelan prácticamente con una recta horizontal.

Lo anterior indica que las asignaciones son muy similares para todos los años del período.

Se observa que las asignaciones en todo el período varían entre 60 y 100 asignaciones por año.

En la figura 2 se observa que para el curso 114 Área Matemática Intermedia 3, el modelo que mejor representa a la serie de datos siendo en este un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4458 y el coeficiente de correlación r es de 0.6677, lo que indica un buen ajuste del modelo.

El máximo absoluto se observa al inicio del período (2006), pero se observa un máximo relativo cerca del final del período de análisis (2014) y un tercer máximo relativo cerca de la mitad del período (2009), lo que indica que no hay ningún patrón que pueda identificarse para los máximos.

Los mínimos relativos se observan en los años 2010 y 2012 cercanos a la mitad del período, estos no vuelven a aparecer en el período de análisis, lo que indica que debe esperarse que las asignaciones se mantengan en valores cercanos a los máximos observados.

Como se ha observado en otros casos se hace necesario construir modelos lineales para la realización de proyecciones, pues el modelo polinomial no funciona adecuadamente para este fin.

3.1.3. Distribución de asignaciones área de Matemática Aplicada cursos 116 Matemática Aplicada 3, 118 Matemática Aplicada 1 y 120 Matemática Aplicada 2.

En la figura 3 se observa que para el curso 116 Matemática Aplicada 3 el modelo que mejor representa la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 de 0.5952 y el coeficiente de correlación r es de 0.7715, lo que indica un buen ajuste del modelo.

El máximo absoluto se observa en 2015, cerca del final del período de análisis y el máximo relativo en 2010. El mínimo absoluto se observa en el inicio del período año 2015, se observan mínimos relativos en los años 2008 y 2012.

En la figura 3 se observa que para el curso 118 Matemática Aplicada 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.5351 y el coeficiente de correlación r es de 0.7315 lo que indica un buen ajuste del modelo.

El máximo absoluto se observa a la mitad del período año 2010. El mínimo absoluto se observa al inicio del período año 2005.

En la figura 3 se observa que para el curso 120 Matemática Aplicada 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.6416 y el coeficiente de correlación r es de 0.8010, lo que indica un buen ajuste del modelo.

El máximo absoluto se observa relativamente cercano al inicio del período en el año 2008.

El mínimo absoluto se observa al inicio del período año 2006. Debido a que las asignaciones son relativamente pequeñas, no llegan a 30 en ningún año del período, lo que indica que es un curso que tiene poca preferencia entre los estudiantes.

3.1.4. Distribución de asignaciones área de Física cursos 147 Física Básica, 150 Física 1, 152 Física 2 y 170 Mecánica Analítica 1

En la figura 4 se observa que para el curso 147 Física Básica. El modelo que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4758 y el coeficiente de correlación r es de 0.6898, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Siendo la pendiente positiva, el modelo indica que debe esperarse crecimiento en todo el período de análisis.

La serie de datos del período no presenta conjuntos de datos apropiados para predecir decrecimientos, pues la serie de datos tiene tendencia creciente en todo el período de análisis.

Debe tomarse en cuenta que, el máximo absoluto para el período se da en el año 2013.

En la figura 4 se observa que para el el curso 150 Física 1. El modelo que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4603 y el coeficiente de correlación r es de 0.6784, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Siendo la pendiente positiva, el modelo indica que debe esperarse crecimiento en todo el período de análisis.

La serie de datos del período no presenta conjuntos de datos apropiados para predecir decrecimientos, pues la serie de datos tiene tendencia creciente en todo el período de análisis.

Debe tomarse en cuenta que, el máximo absoluto para el período se da en el año 2014.

En la figura 4 se observa que para el curso 152 Física 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.5067 y el coeficiente de correlación r es de 0.7119, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Siendo la pendiente positiva, el modelo indica que debe esperarse crecimiento en todo el período de análisis.

Los cursos de Física 1 y Física 2 presentan características similares tendencia de crecimiento en todo el período de análisis, aunque el crecimiento indicado por el modelo es mayor para el curso de Física 2.

En la Figura 4 se observa que para el curso 170 Mecánica Analítica 1 que esta serie de datos resulta ser la más complicada de modelar, pues ninguno de los modelos usados para interpretar los datos proporciona coeficientes de determinación adecuados, como es usual se propone usar el de mayor coeficiente de determinación, aunque este sea bajo.

El modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.0866, proporcionando el coeficiente de correlación r más bajo siendo este de 0.2942, comparado con los cursos en los que se usa el modelo de polinomio de grado mayor a uno.

Afortunadamente este curso presenta asignaciones moderadas que varían entre 20 y 55, siendo el único caso en los que el polinomio de grado 6 no interpreta adecuadamente los datos.

3.1.5. Distribución de asignaciones área de Social Humanística cursos 17 Área Social Humanística 1, 18 Filosofía de la Ciencia y 19 Área Social Humanística 2

En la figura 5 se observa que para el curso 17 área de Social Humanística 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.7681 y el coeficiente de correlación r es de -0.8764, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Siendo la pendiente negativa, el modelo indica que debe esperarse decrecimiento en todo el período de análisis. Siendo este el único curso de la Escuela de Ciencias con esta tendencia.

El decrecimiento que se observa en todo el período de análisis debe ser investigado más profundamente, pues los datos indican que este curso cada año presenta menor número de asignaciones.

Lamentablemente, esta situación se observa al inicio del período de análisis, lo que parece indicar que no deben esperarse crecimientos en las asignaciones

de este curso, al menos que se realicen cambios que motivan el incremento de las asignaciones o por lo menos lograr estabilizar las mismas.

En la figura 5 se observa que para el curso 18 Filosofía de la Ciencia el modelo que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.2348, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.4845, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

El modelo presenta una pendiente relativamente baja (1.2832), lo que indica que el crecimiento es sostenido y moderado para todo el período.

En la figura 5 se observa que para el curso 19 Área Social Humanística 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4986, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.7061, lo que indica un buen ajuste del modelo.

El modelo presenta una pendiente relativamente alta (5.7), lo que indica que el crecimiento es sostenido y acelerado para todo el período.

3.1.6. Distribución de asignaciones Cursos Complementarios cursos 6 Idioma Técnico 1, 39 Deportes 1 y 69 Área Técnica Complementaria.

En la figura 6 se observa que para el curso 39 Deportes 1 el modelo usado que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.1719, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.4146 lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Con excepción del año 2008 (60), el resto de los valores se mantienen en el rango de 140 a 105, presentando poca variación.

En la figura 6 se observa que para el curso 6 Idioma Técnico 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.7477 y el coeficiente de correlación r es de 0.8647, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones del período se inician en 5 y alcanzan 115 en el año 2013, presentando un rango bastante amplio.

En la figura 6 se observa que para el curso 69 Área Técnica Complementaria 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.5030 y el coeficiente de correlación r es de 0.7092, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación moderada, se distribuyen entre 100 y 180, lo que permite que la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo.

3.1.7. Distribución de asignaciones área de Estadística cursos 732 Estadística 1 y 734 Estadística 2

En la figura 7 se observa que para el curso 732 Estadística 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.2771 y el coeficiente de correlación r es de 0.5264, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 50 y 170, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción del año 2010 en el que se da el máximo de 170.

Debe investigarse buscar si existe alguna causa que explique el comportamiento de las asignaciones del año 2010, pues son bastante elevadas en comparación con el resto de las asignaciones de cada año del período.

En la figura 7 se observa que para el curso 734 Estadística 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.3605 y el coeficiente de correlación r es de 0.6004, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 12 y 50, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2007 y 2012 que presentan los valores máximos cercanos a 50 en ambos casos.

3.2. Cursos de la Escuela de Ingeniería Química

En los siguientes incisos se describe la distribución de asignaciones de la Escuela de Ingeniería Química.

3.2.1. Distribución de asignaciones área de Química cursos 354 Química 3, 360 Química Orgánica 2 y 362 Análisis Cualitativo

En la figura 8 se observa que para el curso 354 Química 3 el que mejor representa a la serie de datos es el de regresión lineal simple. El coeficiente de

determinación r^2 es de 0.5705, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.7553, lo que indica un ajuste adecuado del modelo.

Presenta una pendiente alta (9.5245), lo que indica que el crecimiento es sostenido y relativamente acelerado para todo el período.

Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos de 148 y 150. El mínimo absoluto observado de 148 ocurre al inicio del período de análisis.

En la figura 8 se observa que para el curso 360 Química Orgánica 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.2745 y el coeficiente de correlación en la figura 24 se observa que para el curso acción r es de 0.5239, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 70 y 160, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2008 y 2011 que presentan los valores máximos cercanos a 160 en ambos casos.

En la figura 8 se observa que para el curso 362 Análisis Cualitativo el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 5. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.6487 y el coeficiente de correlación r es de 0.8054, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación, se distribuyen entre 120 y 210, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo.

3.2.2. Distribución de asignaciones área de Fisicoquímica cursos 380 Físico Química 1, 382 Físico Química 2, 386 Laboratorio de Fisicoquímica 1 388 Laboratorio de Fisicoquímica 2

En la figura 9 se observa que para el curso 380 Fisicoquímica 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 5. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.8145 y el coeficiente de correlación r es de 0.9025, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación, se distribuyen entre 46 y 96, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo.

En la figura 9 se observa que para el curso 382 Fisicoquímica 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.1944 y el coeficiente de correlación r es de 0.4409, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 30 y 86, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2012 y 2013.

En la figura 9 se observa que para el curso 386 Laboratorio de fisicoquímica 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.3172 y el coeficiente de correlación r es de 0.5632, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación, se distribuyen entre 40 y 68, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con

excepción de los años 2007 y 2010 que presentan los valores máximos relativos cercanos a 60 en ambos casos.

En la figura 9 se observa que para el curso 388 Laboratorio de fisicoquímica 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.6621 y el coeficiente de correlación r es de 0.8137, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 24 y 70, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción del año 2011 que presenta el valor máximo.

3.2.3. Distribución de asignaciones área de Termodinámica cursos 394 Termodinámica 3, 396 Termodinámica 4 y 398 Cinética de Procesos Químicos

En la figura 10 se observa que para el curso 394 Termodinámica 3 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.3175 y el coeficiente de correlación r es de 0.5635, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación alta, se distribuyen entre 30 y 140, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción del año 2011 que presenta el valor máximo.

En la figura 10 se observa que para el curso 396 Termodinámica 4 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.2354 y el coeficiente de correlación r es de 0.4852, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación alta, se distribuyen entre 30 y 82, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2009 y 2012 que presentan los valores máximos cercanos a 50 y 80.

En la figura 10 se observa que para el curso 398 Cinética de Procesos Químicos el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4900 y el coeficiente de correlación r es de 0.7000, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 22 y 70, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2006 y 2012 que presentan los valores mínimo absoluto y máximo absoluto.

3.2.4. Distribución de asignaciones área de Ingenierías Químicas, cursos 410 Balance de Masa y Energía, 412 Flujo de Fluidos, 414 Transferencia de Calor, 416 Transferencia de Masa y 418 Transferencia de Masa en Unidades de Contacto Continuo

En la figura 11 se observa que para el curso 410 Balance de Masa y Energía el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.3262 y el coeficiente de correlación r es de 0.5711, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación, se distribuyen entre 24 y 106, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo.

Para predecir crecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2012 al año 2016, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

Para predecir decrecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2009 al año 2012, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

En la figura 11 se observa que para el curso 412 Flujo de Fluidos el modelo que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4531, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.6731, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente relativamente baja (1.9196), lo que indica que el crecimiento es sostenido y moderado para todo el período.

En la figura 11 se observa que para el curso 414 Transferencia de Calor el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4717 y el coeficiente de correlación r es de 0.6868, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 34 y 88, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2010 y 2011 que presentan los valores mínimo relativo (52) y máximo absoluto (88) en ambos casos.

En la Figura 11 se observa que para el curso 416 Transferencia de Masa el modelo que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.5794, lo que

produce un coeficiente de correlación r de 0.7612, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente moderada (2.3252), lo que indica que el crecimiento es sostenido y moderado para todo el período.

En la figura 11 se observa que para el curso 418 Transferencia de Masa en Unidades de Contacto Continuo el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4790 y el coeficiente de correlación r es de 0.6921, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación alta, se distribuyen entre 20 y 74, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2011 y 2012 que presentan los valores mínimo relativo (44) y máximo absoluto (74).

3.2.5. Distribución de asignaciones área de Laboratorios de Ingeniería Química, cursos 428 Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 430 Laboratorio de Ingeniería Química 2

En la figura 12 se observa que para el Curso 428 Laboratorio de Ingeniería Química 1 el modelo que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.7268, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.8525, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente moderada (2.7133), lo que indica que el crecimiento es sostenido y moderado para todo el período.

En la figura 12 se observa que para el curso 430 Laboratorio de Ingeniería Química 2 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.4120 y el coeficiente de correlación r es de 0.6419, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación alta, se distribuyen entre 20 y 68, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2011 y 2012 que presentan los valores mínimo relativo y máximo absoluto.

3.2.6. Distribución de asignaciones área de cursos varios, cursos 28 Ecología, 436 Diseño de Equipo y 704 Ingeniería Económica 3

En la figura 13 se observa que para el Curso 28 Ecología el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, el coeficiente de determinación r^2 es de 0.5190 y el coeficiente de correlación r es de 0.7204, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación, se distribuyen entre 40 y 88, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo.

En la figura 13 se observa que para el curso 436 Diseño de Equipo el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.1634 y el coeficiente de correlación r es de 0.4042, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 18 y 72, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con

excepción de los años 2013 y 2014 que presentan los valores máximo absoluto y mínimo absoluto.

Para predecir crecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2011 al año 2013, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

Para predecir decrecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2009 al año 2011, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

En la figura 13 se observa que para el curso 704 Ingeniería Económica 3 el modelo que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, el coeficiente de determinación r^2 es de 0.2775 y el coeficiente de correlación r es de 0.5268, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan una variación, se distribuyen entre 40 y 80, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2011 y 2012 que presentan los valores mínimo absoluto y máximo absoluto.

3.3. Grupos de cursos

En el inciso 3.3.1. se presenta la distribución de asignaciones de la Escuela de Ciencias.

3.3.1. Distribución de asignaciones cursos de la Escuela de Ciencias: 1 Ciencias Básicas, tipos de cursos 1 Cursos Obligatorios y 2 Cursos Optativos

En la figura 14 se observa que para el grupo de cursos de la Escuela de Ciencias: 1 Ciencias Básicas Obligatorios el modelo que mejor representa a la serie de datos siendo el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.3509, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.5924, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente alta (8.2028), lo que indica que el crecimiento es sostenido y relativamente acelerado para todo el período.

En la figura 14 también se observa el grupo de cursos de la Escuela de Ciencias: 1 Ciencias Básicas, 2 Cursos Optativos, el modelo usado es el que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple, para probar la calidad se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.3163, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.5624, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente relativamente baja (1.9825), lo que indica que el crecimiento es sostenido y bajo para todo el período.

Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 3 y 12.

3.3.2. Distribución de asignaciones cursos de Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos

En la figura 15, se observa el grupo de cursos de la Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios, el modelo usado es el que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple, para probar la calidad se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.2815, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.5306, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente relativamente baja (1.8671), lo que indica que el crecimiento es sostenido y bajo para todo el período.

Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 30 y 36.

En la figura 15, también se observa el grupo de cursos de la Escuela de Ciencias, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 2-Cursos Optativos, el modelo usado que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.1754 y el coeficiente de correlación r es de 0.4188, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 11 y 53, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2006 y 2008 que presentan los valores mínimo absoluto (11) y un máximo relativo (38).

Para predecir crecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2006 al año 2008, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

Para predecir decrecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2011 al año 2016, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

3.3.3. Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, Grupo de cursos de Profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos

En la figura 16, el modelo que mejor representa a la serie de datos del grupo de cursos profesionales de la Escuela de Ciencias y de Tipo Obligatorio es el de regresión lineal simple. El coeficiente de determinación r^2 es de 0.7305, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.8547, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente alta (9.5524), lo que indica que el crecimiento es sostenido y acelerado para todo el período. Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 180 y 190.

En la figura 16, el modelo que mejor representa a la serie de datos del grupo de cursos profesionales de la Escuela de Ciencias y de Tipo Optativo es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.2046 y el coeficiente de correlación r es de 0.4523, lo que indica un adecuado ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 9 y 30, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2007 y 2010 que presentan los valores máximo absoluto y el mínimo absoluto.

Para predecir crecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2005 al año 2007, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

Para predecir decrecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2007 al año 2010, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

3.3.4. Distribución de asignaciones Escuela de Ciencias, Grupo de cursos Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos

La figura 17, muestra que en este caso para el grupo de cursos de la Escuela de Ciencias del Grupo de Cursos Complementarios de Tipo Obligatorio, las características de la serie de datos no permiten la elaboración de modelos, pues los datos no dependen de la variable independiente, se debe modelar una serie de datos prácticamente constante, esto se confirma mediante el cálculo del coeficiente de determinación r^2 siendo este cercano a cero pues el valor de r solamente alcanza -0.0028, lo que confirma que la dependencia de los datos es prácticamente nula, la pendiente del modelo lineal seleccionado también es cercana a cero (-0.0245) lo que de nuevo confirma que los datos se modelan prácticamente con una recta horizontal.

Lo anterior indica que las asignaciones son muy similares para todos los años del período, el intercepto del modelo se aproxima a 312 asignaciones, valor que para el modelo se mantiene prácticamente constante a lo largo del período.

Se observa que las asignaciones en todo el período se mantienen variando entre 260 y 350 asignaciones por año. Presenta una pendiente baja, muy cercana a cero (-0.0245), lo que indica que el crecimiento es muy bajo con tendencia a disminuir.

En la figura 17, se observa que para el grupo de cursos de la Escuela de Ciencias y del Grupo de Cursos Complementarios de Tipo Optativo, el modelo usado que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.1440 y el coeficiente de correlación r es de 0.3795, lo que indica muy poca correlación entre las variables.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 75 y 150, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción del año 2008 en el que se observa el mínimo absoluto.

Para predecir crecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2012 al año 2015, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

Para predecir decrecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2006 al año 2008, debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

3.3.5. Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Ciencias de Ingeniería, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos

En la figura 18, para el grupo de cursos de la Escuela de Ingeniería Química de Ciencias de Ingeniería y del Tipo de Cursos Obligatorios, el modelo usado es el que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple, para probar la calidad se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.3447, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.5871, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente moderada (5.5385), lo que indica que el crecimiento es sostenido y moderado para todo el período.

Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 270 y 280, ambos en la parte media del período de análisis.

En la figura 18, para el grupo de cursos de la Escuela de Ingeniería Química de Ciencias de Ingeniería y del Tipo de Cursos Optativos, el modelo usado que mejor representa a la serie de datos es un polinomio de grado 6, se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.4674 y el coeficiente de correlación r es de 0.6837, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Las asignaciones presentan variación alta, se distribuyen entre 22 y 54, sin embargo, la mayoría de los datos están relativamente cercanos al modelo, con excepción de los años 2010 y 2013 que presentan los valores mínimo relativo y máximo absoluto.

Para predecir crecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2008 al año 2013 debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

Para predecir decrecimientos acelerados se puede usar como base los datos del período del año 2013 a 2016 debiendo desarrollarse el modelo lineal para esta serie de datos.

3.3.6. Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de cursos profesionales, Tipos 1-Cursos Obligatorios y 2-Cursos Optativos

En la figura 19, para el grupo de cursos de la Escuela de Ingeniería Química de cursos profesionales y del Tipo de Cursos Obligatorios, el modelo usado es el que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple, para probar la calidad se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.4349, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.6595, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente alta (22.2448), lo que indica que el crecimiento es sostenido y acelerado para todo el período.

Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 560 y 620.

En la figura 19, para el grupo de cursos de la Escuela de Ingeniería Química de Ciencias de Ingeniería y del Tipo de Cursos Optativos, el modelo usado es el que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple, para probar la calidad se pudo establecer que el coeficiente de

determinación r^2 es de 0.3911, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.6254, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente alta (9.5210), lo que indica que el crecimiento es sostenido y acelerado para todo el período. Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 20 y 60, ambos valores se observan en los primeros años del período de análisis.

3.3.7. Distribución de asignaciones Escuela de Ingeniería Química, cursos de Cursos Complementarios, Tipos 1-Cursos Obligatorios

En la figura 20, para el grupo de Cursos Complementarios de la Escuela de Ingeniería Química solamente se da un Tipo de Curso, siendo este el Tipo de Cursos Obligatorios, el modelo usado es el que mejor representa a la serie de datos siendo en este caso el de regresión lineal simple, para probar la calidad se pudo establecer que el coeficiente de determinación r^2 es de 0.6134, lo que produce un coeficiente de correlación r de 0.7832, lo que indica un buen ajuste del modelo.

Presenta una pendiente alta (9.1573), lo que indica que el crecimiento es sostenido y acelerado para todo el período. Para realizar predicciones de decrecimientos, se recomienda usar los valores mínimos observados, siendo estos 105 y 120.

3.4. Proyecciones estimadas

En el inciso 3.4.1. se describen las proyecciones estimadas de los Cursos de la Escuela de Ciencias.

3.4.1. Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ciencias correspondientes a Ingeniería Química

En la tabla X, se observa que el curso de Matemática Básica 1, presenta un coeficiente de determinación alto (0.68), sin embargo, a pesar de esta característica no es posible realizar proyecciones, pues a partir del año 2019, produce resultados de asignaciones muy altas, superiores a 2,000 asignaciones, sin embargo, se debe de tomar en cuenta que en este curso se tienen dos tipos de estudiantes de primer ingreso y de reingreso.

Para el curso de Matemática Básica 2, el modelo (polinomio de grado 6) produce resultados hasta el año 2019, a partir de este año el comportamiento es similar al observado con Matemática Básica 1.

En el caso del curso Estadística, el modelo (polinomio de grado 6) funciona hasta el año 2022, luego debido a la tendencia decreciente que presenta, proyecta asignaciones negativas, lo que evita cualquier tipo de uso.

Los modelos lineales funcionan para los 10 años seleccionados como rango máximo de proyección, exceptuando el curso de Área Social Humanística 1, en este curso a partir del año 2022 el modelo proyecta asignaciones negativas imposibilitando su uso.

El curso de Mecánica Analítica 1, presenta tendencia muy estable es una recta horizontal, siendo este el único caso, el modelo indica que las asignaciones a este curso son constantes cercanas a 40 asignaciones por semestre.

3.4.2. Proyecciones estimadas cursos de la Escuela de Ingeniería Química

En ninguno de los cursos se usaron modelos de grado 5 o 6, solamente se usaron modelos lineales.

Los cursos de Laboratorio de Físico Química 2 e Ingeniería Económica 3 presentan los coeficientes de determinación más cercanos a cero.

Los cursos de Análisis Cualitativo, Transferencia de Calor e Ingeniería Económica 3 presentan pendiente negativa, aunque su valor absoluto es cercano a 1 en los dos primeros cursos mencionados y cercano a cero en el último curso citado.

El curso de Química 3 presenta la mayor pendiente, 9.52 asignaciones por año, sin embargo, el crecimiento anual es bajo cerca de 11 asignaciones por año.

3.4.3. Proyecciones estimadas para los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química

En los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias, en ninguno de los grupos de cursos se usaron modelos de grado 5 o 6, solamente se usaron modelos lineales.

Siete grupos de cursos presentan coeficientes de determinación mayores a 0.5, para el resto de los grupos el coeficiente es cercano a cero, menor de 0.25.

Tres grupos de cursos de la Escuela de Ciencias, Cursos de Ciencias de Ingeniería Optativos, cursos profesionales optativos y cursos complementarios obligatorios presentan pendiente negativa, aunque su valor absoluto es 0.81, 0.45 y 0.02 respectivamente, indicando que las asignaciones de estos cursos son estables a lo largo de los 10 años.

En la Escuela de Ciencias, solamente el grupo de cursos de Ciencias Básicas Obligatorios presenta pendiente alta, 8.20 asignaciones, sin embargo, el crecimiento anual es bajo cerca de 10 asignaciones por año.

En los grupos de cursos de la Escuela de Ingeniería Química, en ninguno de los grupos de cursos se usaron modelos de grado 5 o 6, solamente se usaron modelos lineales.

Siete grupos de cursos presentan coeficientes de determinación mayores a 0.5, para el resto de los grupos el coeficiente es cercano a cero, menor de 0.25.

Tres grupos de cursos de la Escuela de Ciencias, Cursos de Ciencias de Ingeniería Optativos, cursos profesionales optativos y cursos complementarios obligatorios presentan pendiente negativa, aunque su valor absoluto es 0.81, 0.45 y 0.02 respectivamente, indicando que las asignaciones de estos cursos son estables a lo largo de los 10 años.

3.4.4. Proyecciones estimadas para los grupos de cursos de la Escuela de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química

En la Escuela de Ciencias, solamente el grupo de cursos de Ciencias Básicas Obligatorios presenta pendiente alta, 8.20 asignaciones, sin embargo, el crecimiento anual es bajo cerca de 10 asignaciones por año.

En la Escuela de Ingeniería Química, el grupo de cursos profesionales obligatorios presenta la mayor pendiente 22.24, siendo el crecimiento anual de 22 asignaciones por año. Adicionalmente los grupos de cursos profesionales optativos y cursos complementarios obligatorios presentan pendientes cercanas a 10, indicando que estos grupos también tienen crecimientos relativamente altos de 11 asignaciones por año.

CONCLUSIONES

1. En las series de datos 12 de los cursos fueron modeladas usando polinomios de grado 5 o 6, mientras que 8 de los cursos fueron modelados usando correlación lineal simple. Lo anterior permitió la estimación de decrecimientos o crecimientos acelerados a través de la elaboración de modelos de correlación lineal simple para los casos en los que no funcionaron adecuadamente los modelos polinomiales. Se puede concluir que los modelos desarrollados interpretan adecuadamente los datos, solamente presentan coeficientes de correlación cercanos a cero cuando se usan para interpretar series de datos prácticamente constantes durante el período de análisis.
2. En las series de datos 16 de los cursos fueron modeladas usando polinomios de grado 5 o 6, mientras que 4 de los cursos fueron modelados usando correlación lineal simple. Lo anterior permitió la estimación de decrecimientos o crecimientos acelerados a través de la elaboración de modelos de correlación lineal simple para los casos en los que no funcionaron adecuadamente los modelos polinomiales. Se puede concluir que los modelos desarrollados interpretan adecuadamente los datos, solamente presentan coeficientes de correlación cercanos a cero cuando se usan para interpretar series de datos prácticamente constantes durante el período de análisis.
3. En las series de datos de 4 de los grupos de cursos fueron modeladas usando polinomios de grado 6, mientras que 9 de los grupos de cursos fueron modeladas usando correlación lineal simple. Lo anterior permitió la

estimación de decrecimientos o crecimientos acelerados a través de la elaboración de modelos de correlación lineal simple para los casos en los que no funcionaron adecuadamente los modelos polinomiales. Se puede concluir que los modelos desarrollados interpretan adecuadamente los datos, solamente presentan coeficientes de correlación cercanos a cero cuando se usan para interpretar series de datos prácticamente constantes durante el período de análisis.

4. En las proyecciones se debe concluir que los modelos lineales funcionaron mejor en todos los casos, ya sea para los cursos, o para los grupos de cursos en ambas escuelas. Pues debido a la naturaleza de los modelos polinomiales (grados 5 o 6), estos son muy buenos para interpretar adecuadamente los datos en el período de análisis, esto se comprueba por los altos coeficientes de determinación obtenidos, sin embargo, para las extrapolaciones necesarias para realizar proyecciones, no funcionaron adecuadamente proporcionando valores muy altos o muy bajos en todos los casos, a pesar de intentar usarlos para períodos menores a 5 años.

RECOMENDACIONES

1. Recomendar a, la Escuela de Postgrado a través de la Coordinación de la Maestría en Estadística Aplicada, que en futuros estudios se revise la posibilidad de sustituir los modelos basados en polinomios de grado 5 o 6 con algún otro modelo que permita mediante el uso de una única ecuación el modelar el horizonte de planificación que se decida usar.
2. Recomendar a, la Escuela de Postgrado a través de la Coordinación de la Maestría en Estadística Aplicada, que en futuros estudios se revise la posibilidad de utilizar una prueba de cambio estructural (Test de Chow), para el análisis de períodos de tiempo que se puedan considerar que tengan comportamientos diferentes debido a aspectos externos, por ejemplo, en el caso de la implementación de clases virtuales debido a la pandemia de COVID-19.
3. Recomendar a la Escuela de Ingeniería Química, con relación a la estimación de decrecimientos y crecimientos acelerados, se usen las series parciales propuestas para cada conjunto de datos.
4. Recomendar a la Escuela de Ingeniería Química revisar los modelos incluidos en los ANEXOS, para ejemplificar la evolución histórica de las asignaciones por curso en todo el período disponible desde 1992, a 2016.

BIBLIOGRAFÍA

1. Andrada, M., Peranovich, A. y Falcon, M. (2007). *Proyección de la población educativa universitaria argentina hasta el año 2015*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de https://www.redaepa.org.ar/jornadas/ixjornadas/resumenes/Se27--Prospectiva_Arriaga/AndradaFalconPeranovich.pdf.
2. Barreda, A. (2002). *Propuesta para el crecimiento urbano del Campus Central de la Universidad de San Carlos zona 12, 2000-2020* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1060.pdf.
3. Centro de Cálculo (2014). *Manual de Normas y Procedimientos*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Control Académico (2017). *Clasificación de Cursos*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Chatfield, C. (2003). *The Analysis of Time Series an Introduction*. New York, Estados Unidos: Chapman & Hall/CRC.
6. Depool, R. (2013). *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones a la Ingeniería*. Caracas, Venezuela: Editorial UNEXPO.

7. Etxeberria, J. (1990). *Programación y análisis estadísticos básicos con SPSS/PC +*. Madrid, España: Paraninfo, S.A.
8. Facultad de Ingeniería (1971). *Catálogo de Estudios 1971*. Guatemala: Autor.
9. Fuente, A. (2016). *Series enlazadas de PIB y otros agregados de Contabilidad Nacional para España, 1955-2014 (RegDat_Nac versión 4.2)*. Madrid: FEDEA.
10. Fuentes, J. (2010). *Tema 4. Regresión Lineal Simple*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos.
11. Hurtado, C. (2008). *Series de Tiempo*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Recuperado de https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/bajar?id_material=296003.
12. Johnson, R. (2012). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. México: Pearson.
13. Larson, R. (2005). *Cálculo y Geometría Analítica*. España: Mc Graw Hill.
14. Mendenhall, S. (1996). *A Second Course in Statistics: Regression Analysis*. New Jersey, Estados Unidos.: Prentice-Hall, Inc.
15. Monroy, S. (2008). *Estadística Descriptiva*. México: Editorial Instituto Politécnico Nacional.

16. Morales, J. (1992). *Catálogo de Estudios 1992*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. Moreno, E. (2011). *Datos estadísticos universitarios*. Lima, Perú: Asamblea Nacional de Rectores. Recuperado de https://www.academia.edu/9011627/DATOS_ESTAD%C3%8DSTI_COS_UNIVERSITARIOS.
18. Rivera, M. (1990). *Crecimiento Esperado del Número de Asignaciones (Por Grupo de Cursos) Servidas por la Facultad de Ingeniería, Período 1971-1990* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
19. Spiegel, M. (2008). *Estadística Cuarta Edición*. México, DF, México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
20. Swokowski E. y Cole, J. (2009). *Álgebra y trigonometría con geometría analítica*. México: Edamsa, S.A.
21. Swokowski, E. (1989). *Cálculo con Geometría Analítica*. México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A.
22. Walpole, R., Myers, R., Myers, S. y Ye, K. (2012). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. México: Pearson Educación.

APÉNDICES

Apéndice 1. Datos del período de análisis

Tabla A-01	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Cursos Escuela de Ciencias	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
101-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 1	174	209	171	218	240	228	218	243	149	200	260	197	256
103-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 2	124	108	108	96	97	113	123	114	88	106	91	96	105
107-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 1	99	59	81	80	69	85	78	91	79	76	85	63	62
112-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 2	77	77	62	91	72	75	94	103	90	99	93	103	81
114-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 3	62	69	63	75	68	69	74	67	56	65	78	68	64
116-MATEMÁTICA APLICADA 3	65	54	54	56	84	63	78	67	47	28	50	45	47
118-MATEMÁTICA APLICADA 1	47	62	62	63	117	65	89	67	79	45	47	59	53
120-MATEMÁTICA APLICADA 2	9	9	20	34	8	3	16	35	23	49	39	16	22
147-FÍSICA BÁSICA	173	148	133	111	112	131	147	137	96	100	97	80	69
150-FÍSICA 1	139	158	151	176	152	128	146	185	112	93	103	89	97
152-FÍSICA 2	89	138	77	123	129	97	93	89	137	116	91	77	65
17-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 1	143	169	142	142	142	172	186	153	97	135	192	145	199
170-MECÁNICA ANALÍTICA 1	51	33	33	52	33	30	27	46	55	68	51	46	54
18-FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	39	57	72	125	81	94	89	94	54	56	88	85	50
19-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 2										11	28		2
39-DEPORTES 1	25	25	4	131	117	131	125	117	126	127	109	80	115
6-IDIOMA TÉCNICO 1										12	11	4	6
69-ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1	131	157	132	153	144	166	154	151	143	166	141	102	130
732-ESTADÍSTICA 1	71	92	72	87	87	80	101	80	59	68	87	106	75
734-ESTADÍSTICA 2	24	56	17	40	21	19	18	40	26	46	50	27	41

Tabla A-01 (continuación)	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Cursos Escuela de Ciencias	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
101-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 1	214	164	244	222	171	158	152	176	229	266	228	255	207
103-ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 2	111	69	113	86	119	127	91	95	106	112	131	102	102
107-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 1	84	52	93	85	98	90	83	74	68	103	111	119	118
112-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 2	62	69	96	82	64	92	70	99	58	74	93	77	88
114-ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 3	70	36	90	78	68	87	58	74	59	82	88	78	80
116-MATEMÁTICA APLICADA 3	51	44	66	60	50	52	75	60	54	62	68	78	62
118-MATEMÁTICA APLICADA 1	37	30	68	74	59	68	86	83	43	53	69	71	78
120-MATEMÁTICA APLICADA 2	9	7	3	6	26	18	24	17	7	4	11	9	11
147-FÍSICA BÁSICA	72	81	103	92	106	72	108	91	110	154	137	156	111
150-FÍSICA 1	96	74	106	120	112	142	142	152	112	141	159	124	147
152-FÍSICA 2	99	42	75	87	105	76	130	109	127	102	145	156	94
17-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 1	178	146	163	185	164	154	150	148	85	84	81	87	67
170-MECÁNICA ANALÍTICA 1	62	35	26	55	55	21	35	41	32	24	41	51	34
18-FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	101	104	87	83	92	83	96	89	108	100	89	105	109
19-ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 2					16	51	54	71	30	60	84	66	78
39-DEPORTES 1	118	120	132	131	62	117	125	134	104	142	123	133	117
6-IDIOMA TÉCNICO 1	6	6	39	78	46	60	47	62	77	116	78	68	65
69-ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1	126	143	134	142	123	100	120	135	149	178	137	159	149
732-ESTADÍSTICA 1	75	55	75	105	74	87	165	104	106	99	100	85	113
734-ESTADÍSTICA 2	43	13	35	48	35	18	22	34	49	33	29	41	24

Continuación apéndice 1.

Tabla A-02	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Cursos Escuela de Ingeniería Química	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
28-ECOLOGÍA	56	55	55	44	37	50	48	52	45	30	34	28	47
354-QUÍMICA 3	201	228	193	206	167	214	206	190	134	159	239	211	231
360-QUÍMICA ORGÁNICA 2	100	111	123	133	157	144	103	108	132	131	120	68	107
362-ANÁLISIS CUALITATIVO	145	190	183	155	140	180	226	162	134	95	156	149	127
380-FISICO QUÍMICA 1	136	102	68	129	60	58	56	48	44	35	24	42	32
382-FISICO QUÍMICA 2	32	41	61	55	59	56	54	59	43	27	38	30	43
386-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 1	35	38	53	44	45	28	45	44	48	40	38	30	41
388-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 2	50	36	38	31	63	37	46	51	51	52	52	27	55
394-TERMODINÁMICA 3	101	57	66	46	61	45	57	33	54	76	48	18	42
396-TERMODINÁMICA 4	55	67	51	78	61	47	41	48	58	51	32	32	23
398-CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS	19	37	38	102	35	68	57	61	28	54	40	50	22
410-BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	60	77	59	86	105	104	81	77	60	42	37	53	37
412-FLUJO DE FLUIDOS	42	47	54	58	56	46	50	27	27	21	24	26	27
414-TRANSFERENCIA DE CALOR	38	30	45	31	50	82	54	56	76	64	37	23	38
416-TRANSFERENCIA DE MASA	37	49	44	49	36	87	52	43	43	25	18	18	21
418-TRANSF DE MASA EN UNIDADES CONT	40	29	26	43	44	50	66	36	36	55	35	37	25
428-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 1	36	42	41	47	41	49	32	35	26	28	9	17	21
430-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 2	41	31	30	67	35	55	56	33	46	45	46	39	19
436-DISEÑO DE EQUIPO	22	35	36	46	42	44	40	37	40	28	46	40	30
704-INGENIERÍA ECONÓMICA 3	36	43	36	51	49	78	71	51	51	49	29	37	33

Tabla A-02 (continuación)	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Cursos Escuela de Ingeniería Química	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
28-ECOLOGÍA	48	42	52	49	72	73	86	58	75	53	63	70	52
354-QUÍMICA 3	215	140	208	239	209	148	203	235	229	276	249	286	262
360-QUÍMICA ORGÁNICA 2	94	71	90	81	161	99	106	160	136	113	129	73	124
362-ANÁLISIS CUALITATIVO	175	118	209	211	146	172	127	155	178	163	143	143	168
380-FISICO QUÍMICA 1	31	46	51	58	83	77	75	58	42	49	75	78	96
382-FISICO QUÍMICA 2	42	51	38	40	41	32	50	72	41	86	38	43	61
386-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 1	36	43	41	61	48	40	59	50	48	52	46	42	67
388-LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 2	27	25	32	45	60	59	54	70	44	35	43	40	38
394-TERMODINÁMICA 3	31	29	42	73	45	99	68	136	62	63	57	52	50
396-TERMODINÁMICA 4	48	32	31	15	53	30	55	33	82	57	39	34	40
398-CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS	34	37	23	36	47	63	59	42	69	50	39	44	44
410-BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	32	69	101	90	85	112	108	84	68	89	85	92	108
412-FLUJO DE FLUIDOS	39	25	28	32	31	41	49	42	41	57	33	55	41
414-TRANSFERENCIA DE CALOR	40	35	43	65	69	71	53	87	78	43	30	42	38
416-TRANSFERENCIA DE MASA	31	26	22	21	29	30	40	51	45	47	52	36	42
418-TRANSF DE MASA EN UNIDADES CONT	42	41	20	34	38	61	62	45	74	59	33	43	38
428-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 1	29	24	22	22	37	32	37	37	47	45	60	46	43
430-LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 2	40	42	19	32	37	59	62	39	68	65	29	39	34
436-DISEÑO DE EQUIPO	19	22	31	34	37	44	30	27	31	73	18	73	62
704-INGENIERÍA ECONÓMICA 3	51	42	42	39	69	78	66	39	79	65	43	48	37

Continuación apéndice 1.

Tabla A-03	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Grupo de Cursos Escuela de Ciencias	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1-Ciencias Básicas 1-Cursos Obligatorios	775	741	682	776	700	688	771	760	556	536	645	582	554
1-Ciencias Básicas 2-Cursos Optativos	19	25	27	39	17	8	23	44	24	51	40	16	23
2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	56	72	42	79	76	66	54	53	72	68	62	49	38
2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	31	29	43	54	37	29	23	37	30	52	37	37	46
3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	187	215	183	222	199	229	235	216	189	237	236	182	179
3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	6	4	6	39	4	16	17	40	26	38	51	22	31
4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	182	226	214	267	223	266	275	247	151	199	279	209	249
4-Cursos Complementarios 2-Cursos Optativos	26	25	4	131	117	131	125	117	126	127	109	80	115

Tabla A-03 (continuación)	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Grupo de Cursos Escuela de Ciencias	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1-Ciencias Básicas 1-Cursos Obligatorios	555	619	625	592	571	579	597	591	569	685	717	679	660
1-Ciencias Básicas 2-Cursos Optativos	12	25	3	12	41	31	41	26	18	35	44	37	36
2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	51	42	30	39	44	36	62	61	58	41	57	71	41
2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	39	48	11	36	38	14	27	29	27	24	23	34	19
3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	176	198	187	223	195	192	267	243	245	302	264	273	289
3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	44	19	24	30	25	15	9	23	18	13	13	27	19
4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	270	258	285	342	301	349	353	344	305	330	303	286	281
4-Cursos Complementarios 2-Cursos Optativos	118	129	134	137	77	138	138	144	118	149	128	150	127

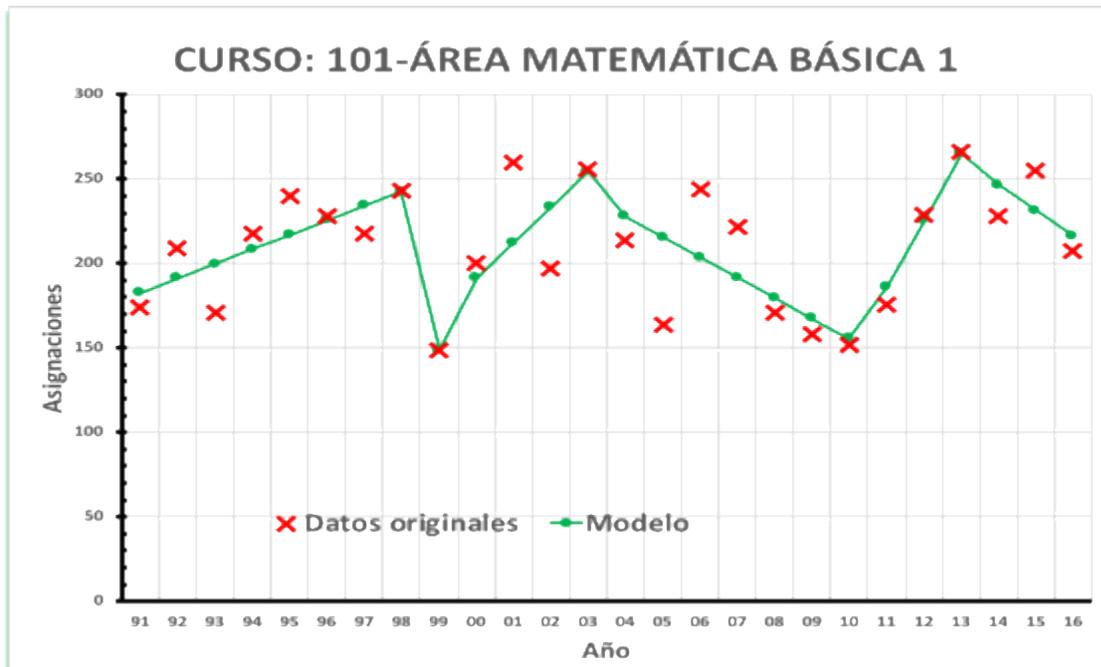
Tabla A-04	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Grupo de Cursos Escuela de Ingeniería Química	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	293	321	304	313	304	342	383	297	239	218	302	254	318
2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	21	14	48	50	31	57	62	35	41	46	28	26	23
3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	767	827	814	969	913	953	935	811	788	734	639	557	540
3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	49	66	81	78	86	98	91	75	94	115	108	74	34
4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	136	141	131	138	160	153	138	137	139	111	111	70	107

Tabla A-04 (continuación)	Asignaciones por Año del Período de Análisis												
Grupo de Cursos Escuela de Ingeniería Química	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2-Ciencias De Ingeniería 1-Cursos Obligatorios	294	292	318	309	301	277	268	323	314	371	363	369	313
2-Ciencias De Ingeniería 2-Cursos Optativos	44	45	31	26	22	30	26	51	42	54	34	49	26
3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios	605	628	560	750	794	910	951	889	929	874	795	880	880
3-Cursos Profesionales 2-Cursos Optativos	35	58	40	21	146	136	132	154	177	200	152	131	110
4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios	142	113	142	102	188	153	142	212	212	214	188	180	231

Fuente: elaboración propia.

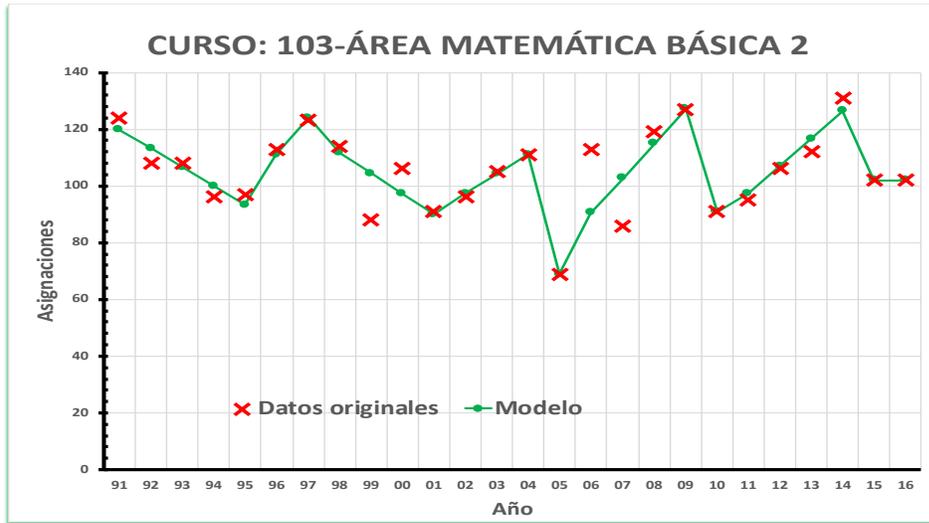
A continuación, se presentan los apéndices relacionados con las gráficas usadas para desarrollar funciones por tramos de la Escuela de Ciencias.

Apéndice 2. **Curso: 101-Área Matemática Básica 1**



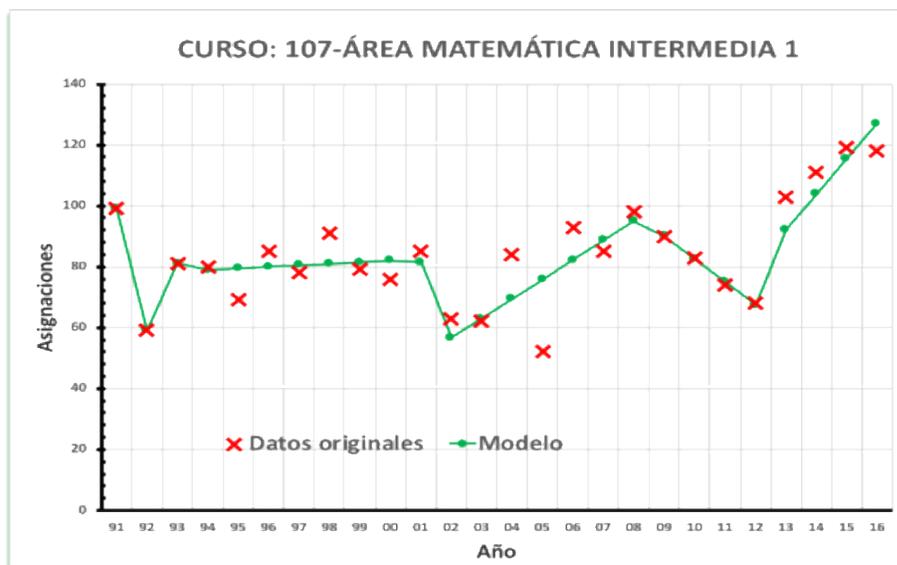
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 3. **Curso 103 Área Matemática Básica 2**



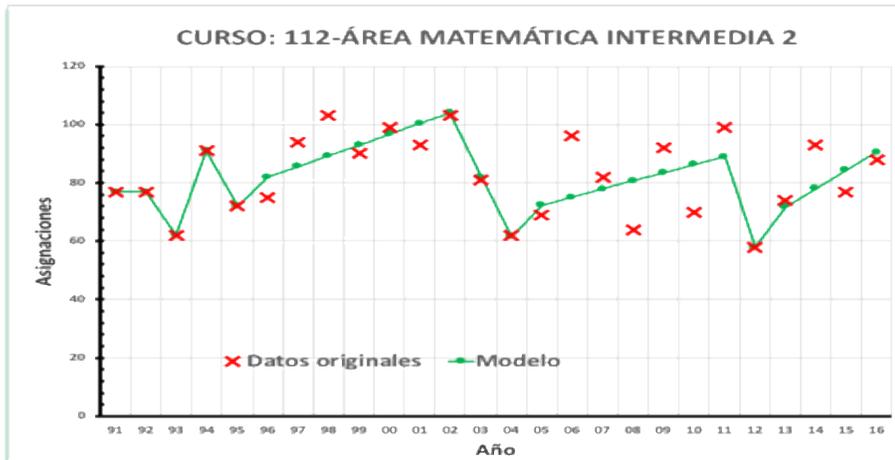
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 4. **Curso: 107-Área Matemática Intermedia 1**



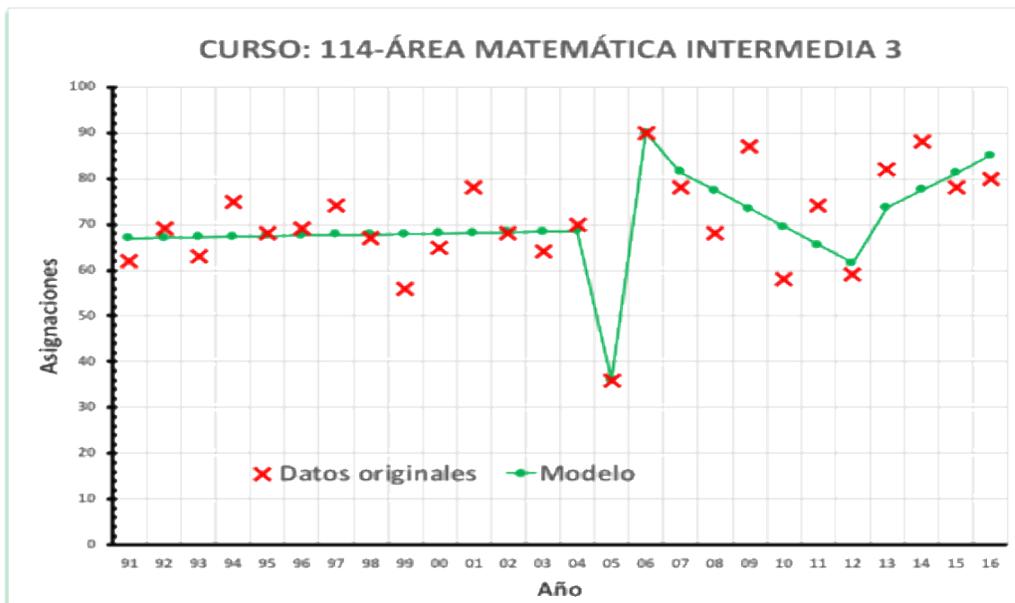
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 5. **Curso: 112-Área Matemática Intermedia 2**



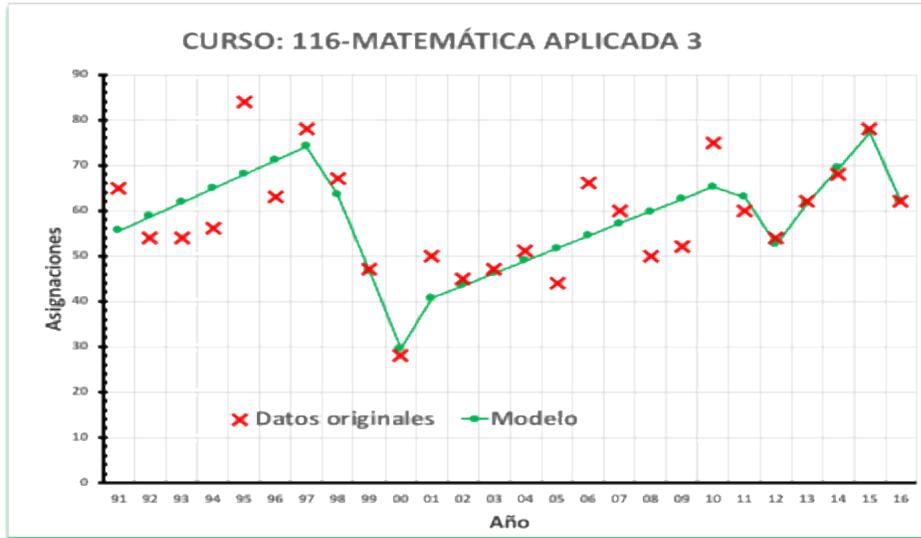
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 6. **Curso: 114-Área Matemática Intermedia 3**



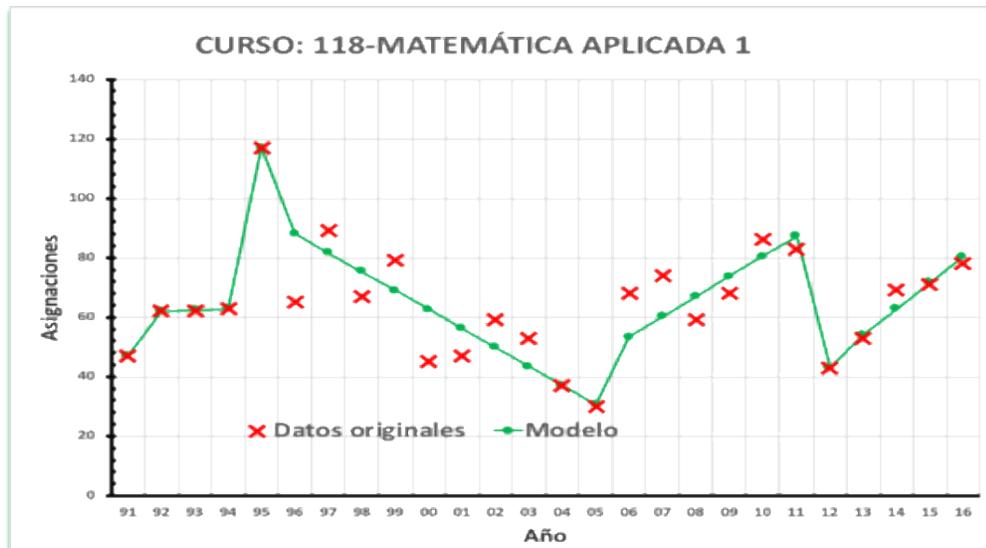
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 7. **Curso: 116-Matemática Aplicada 3**



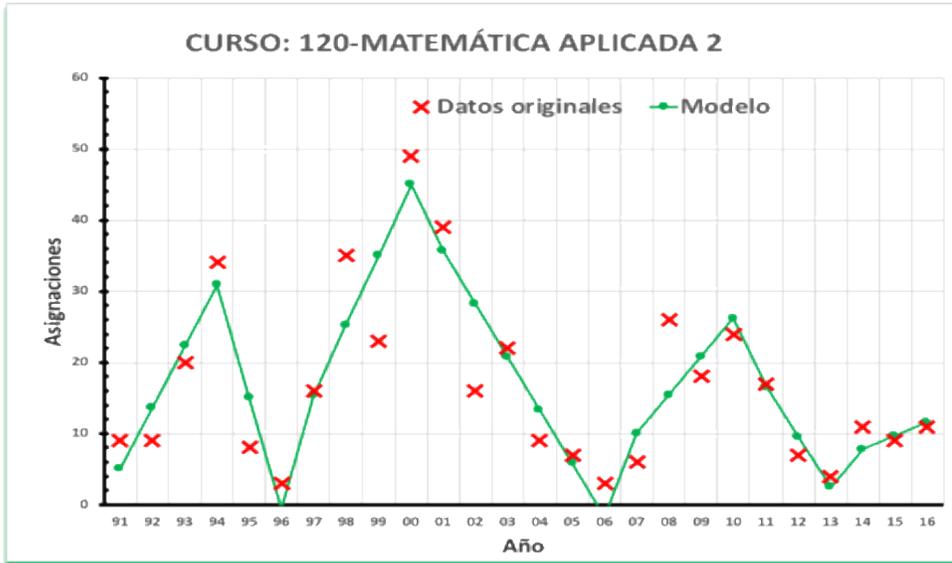
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 8. **Curso: 118-Matemática Aplicada 1**



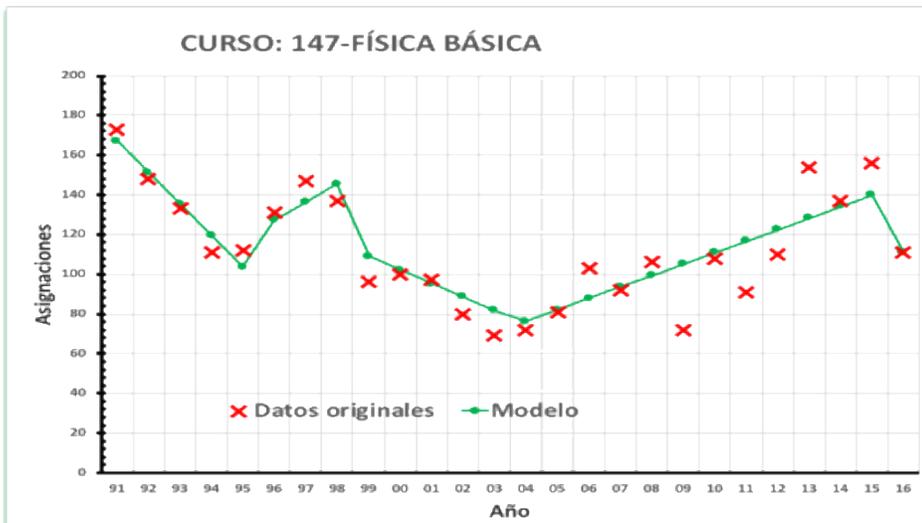
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 9. **Curso: 120-Matemática Aplicada 2**



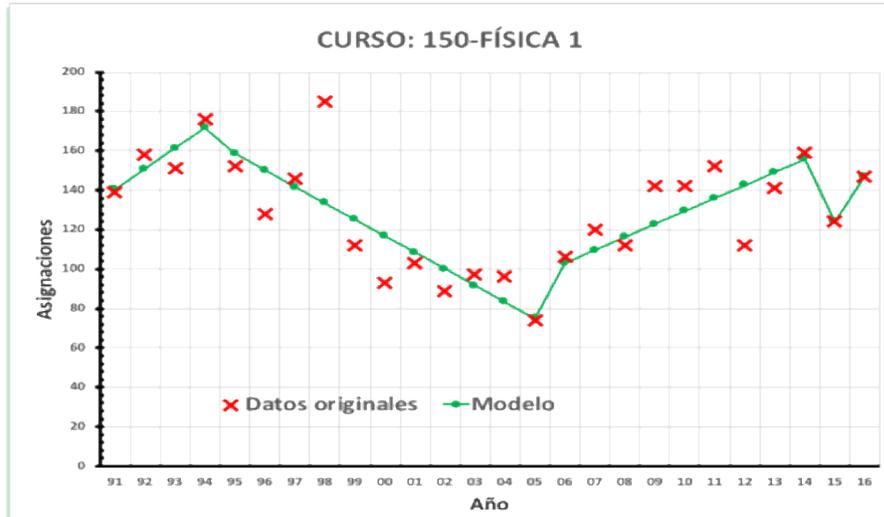
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 10. **Curso: 147-Física Básica**



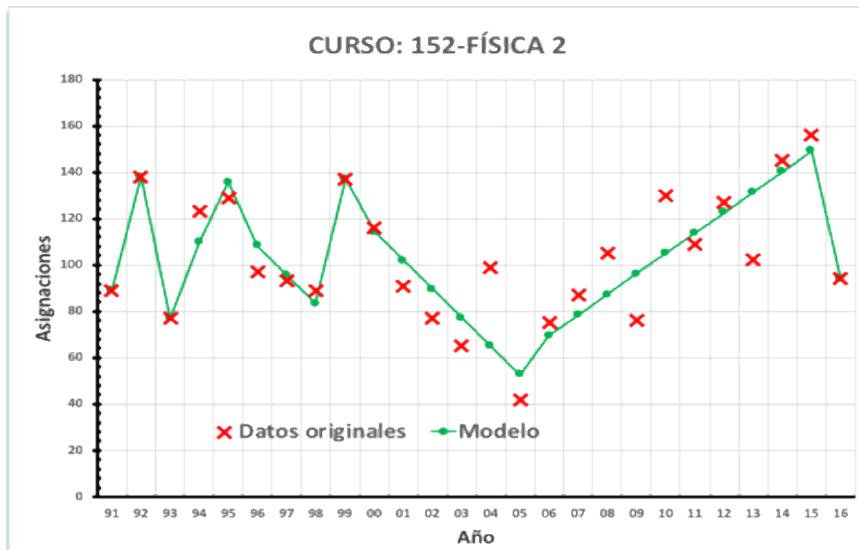
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 11. **Curso: 150-Física 1**



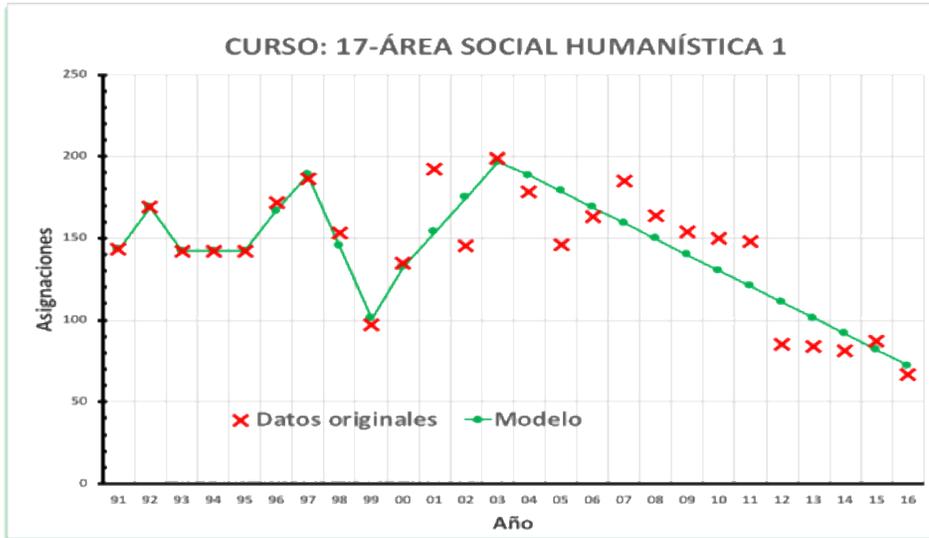
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 12. **Curso: 152-Física 2**



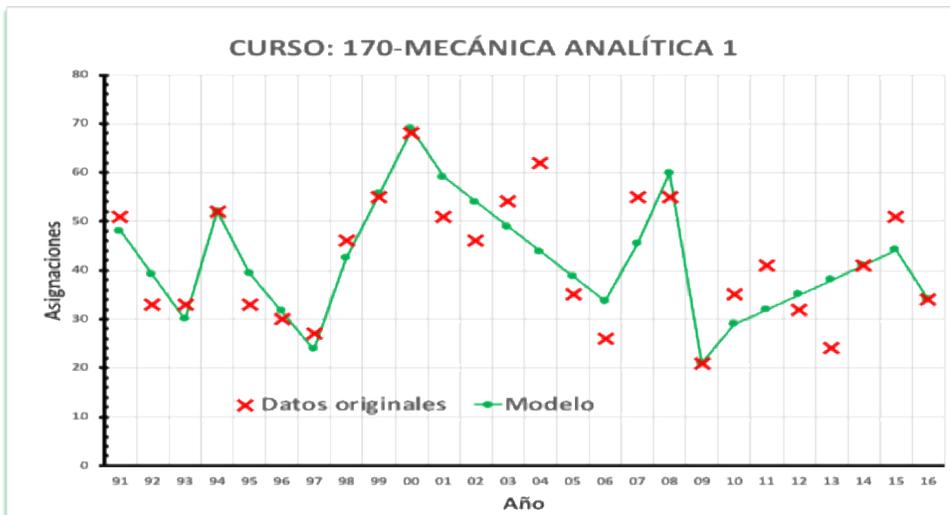
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 13. **Curso: 17-Área Social Humanística 1**



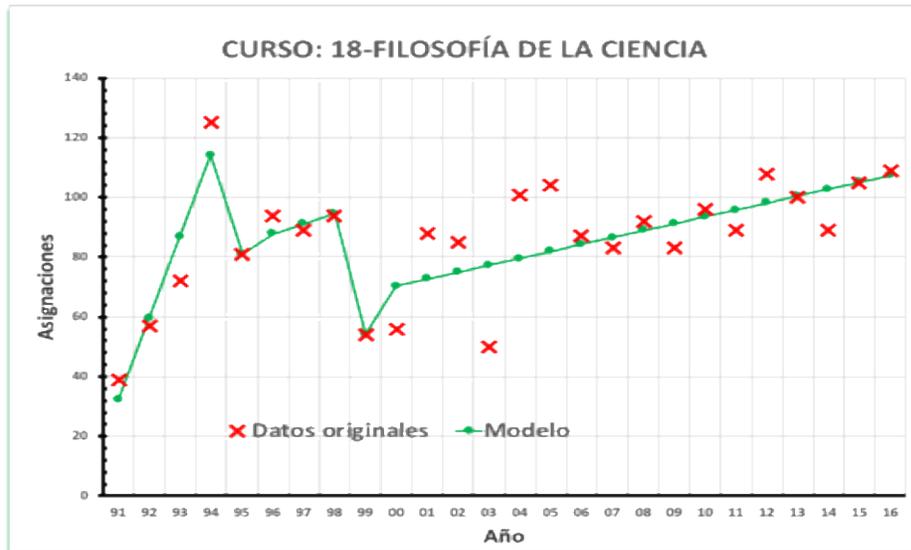
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 14. **Curso: 170-Mecánica Analítica 1**



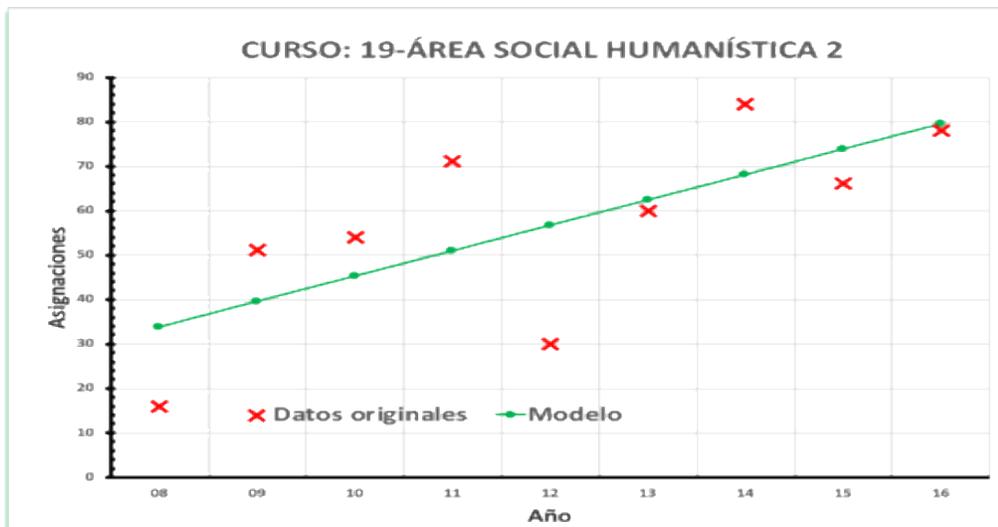
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 15. **Curso: 18-Filosofía de la Ciencia**



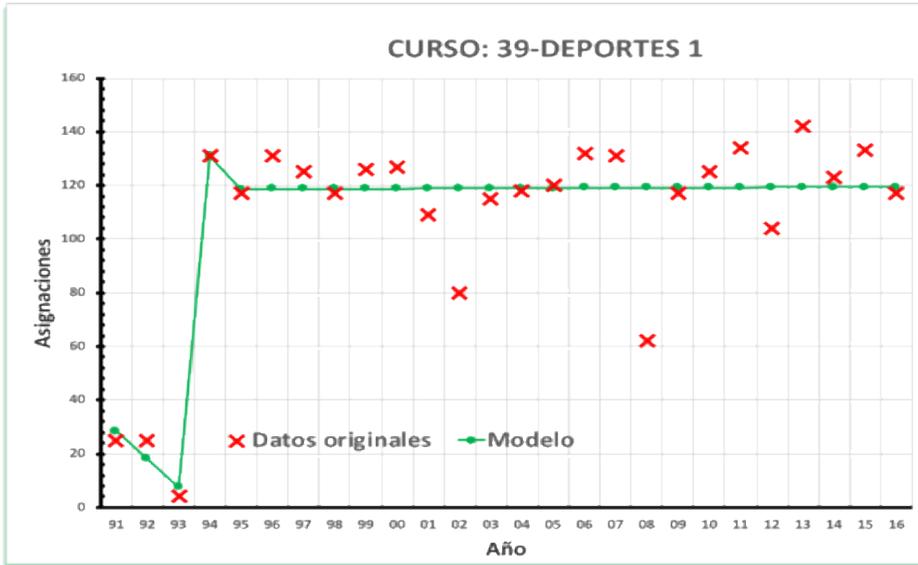
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 16. **Curso: 19-Área Social Humanística 2**



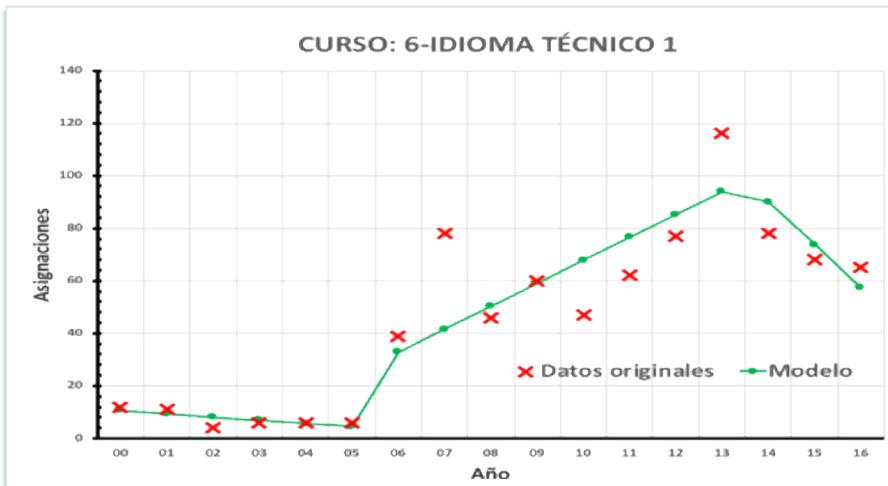
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 17. **Curso: 39-Deportes 1**



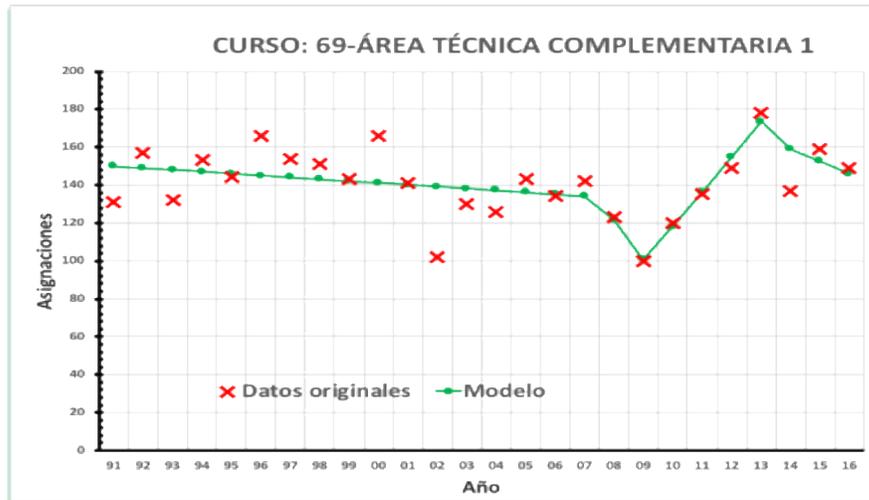
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 18. **Curso: 6-Idioma Técnico 1**



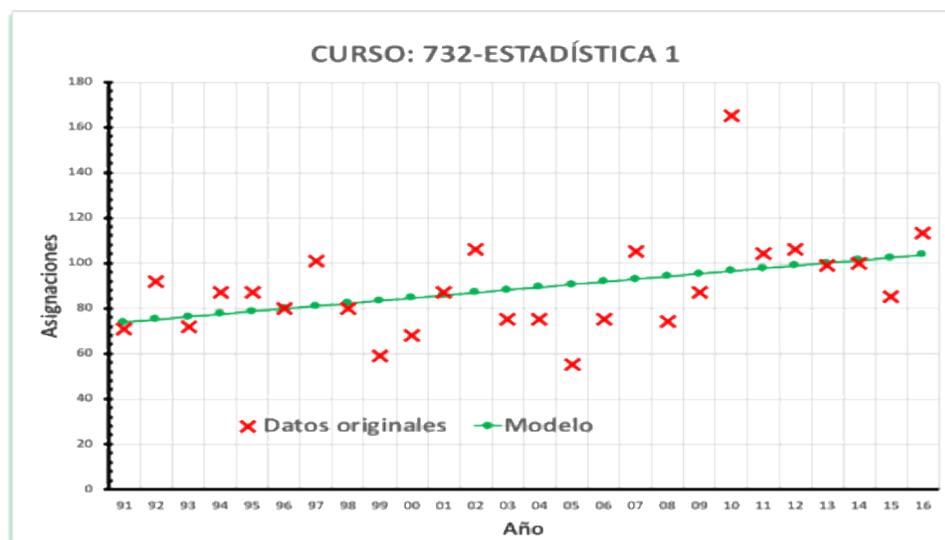
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 19. **Curso: 69-Área Técnica Complementaria 1**



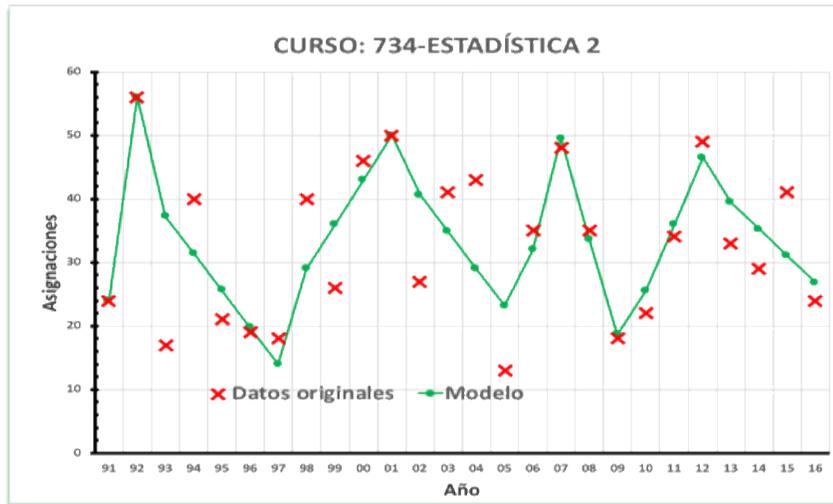
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 20. **Curso: 732-Estadística 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

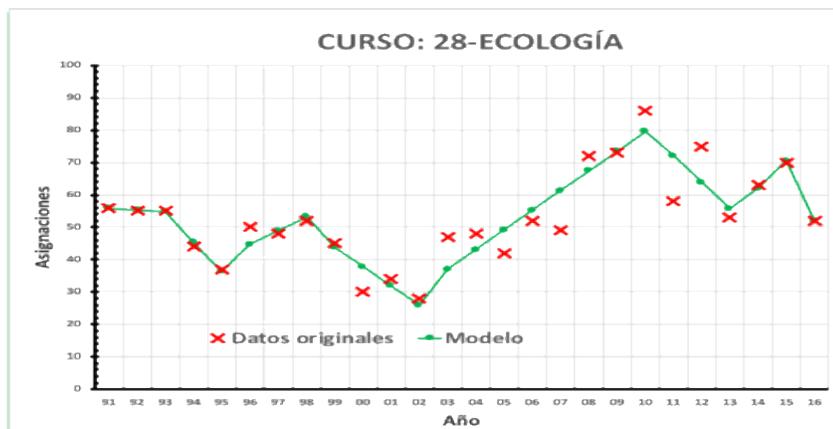
Apéndice 21. **Curso: 734-Estadística 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

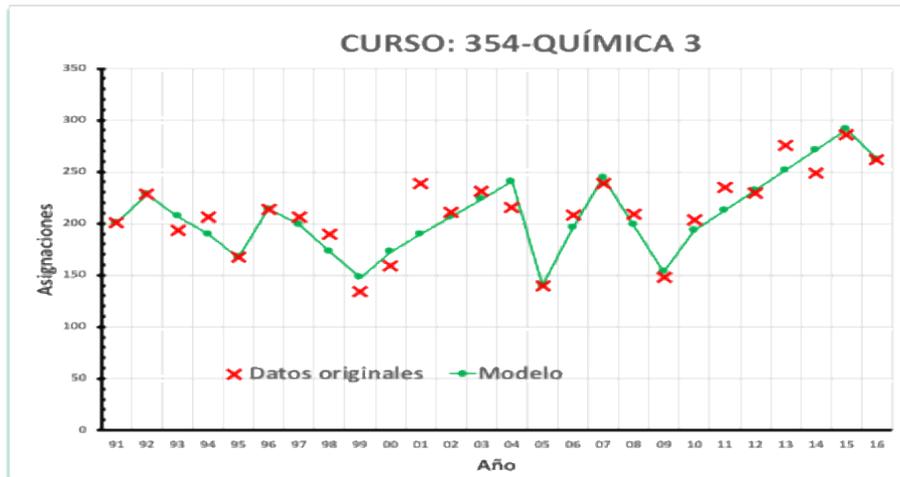
A continuación, se presentan los apéndices relacionados con las gráficas usadas para desarrollar funciones por tramos de la Escuela de Ingeniería Química.

Apéndice 22. **Curso: 28-Ecología**



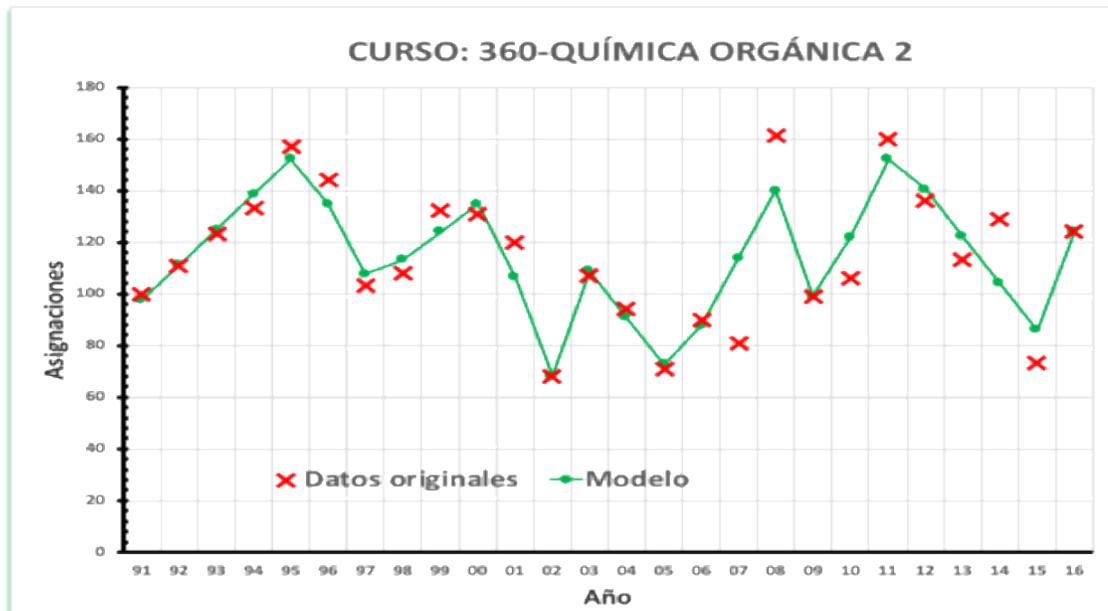
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 23. **Curso: 354-Química 3**



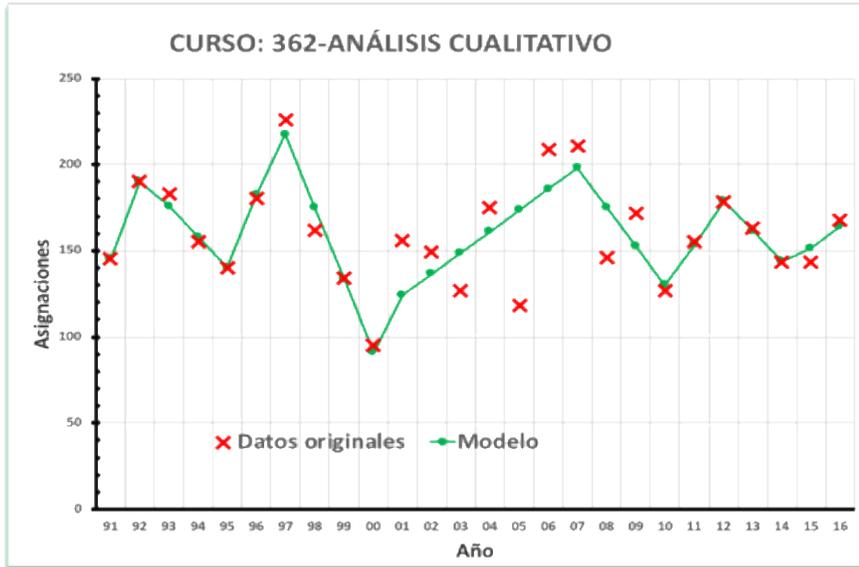
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 24. **Curso: 360-Química Orgánica 2**



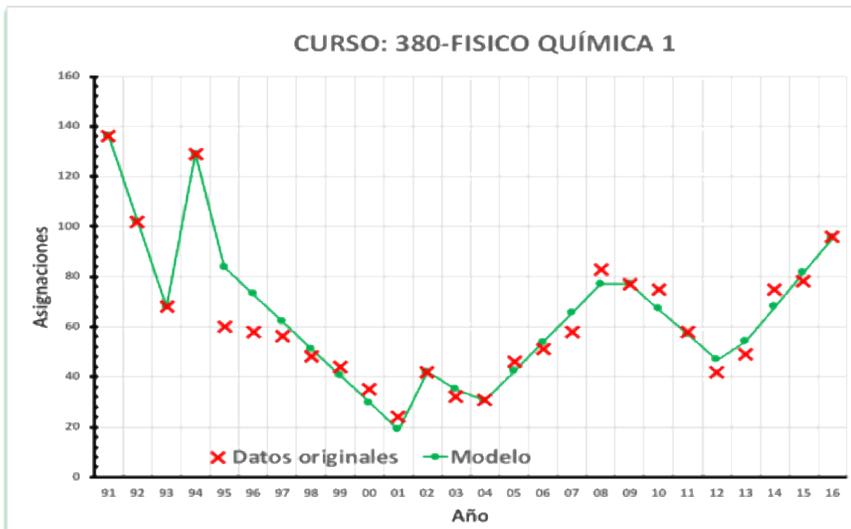
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 25. **Curso: 362-Análisis Cualitativo**



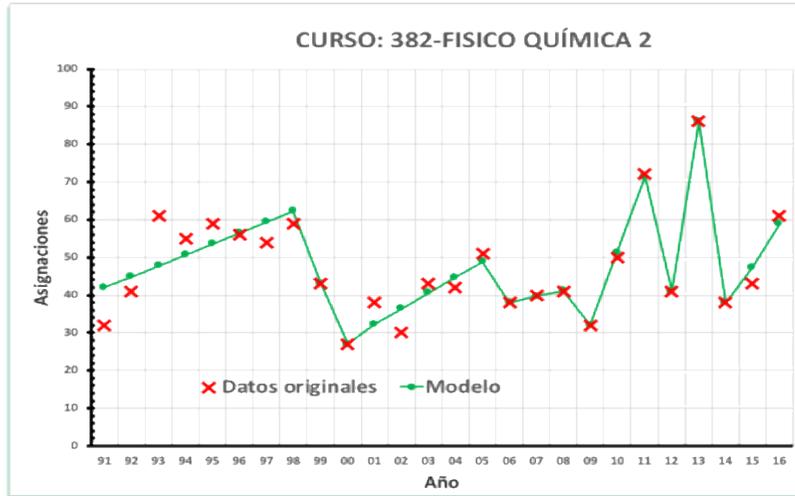
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 26. **Curso: 380-Fisico Química 1**



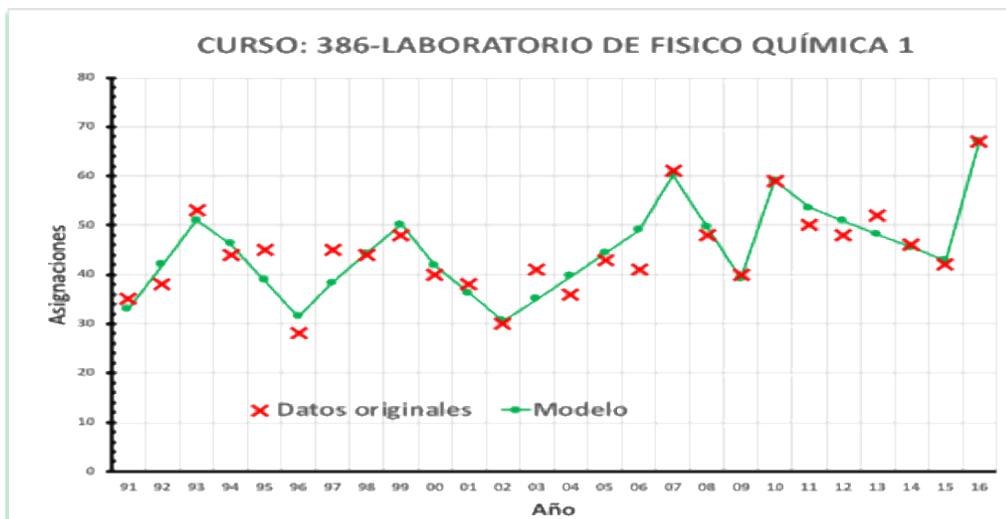
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 27. **Curso: 382-Físico Química 2**



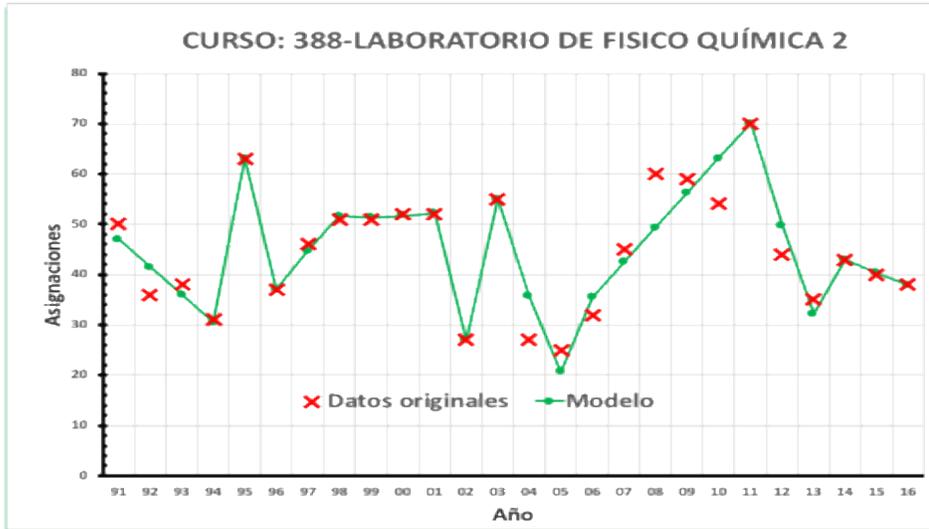
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 28. **Curso: 386-Laboratorio de Físico Química 1**



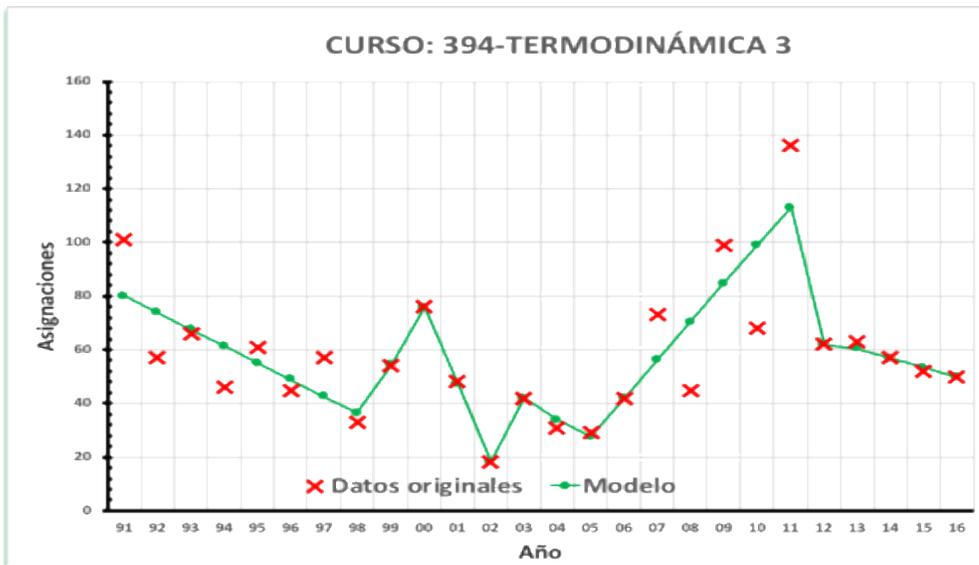
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 29. **Curso: 388-Laboratorio de Físico Química 2**



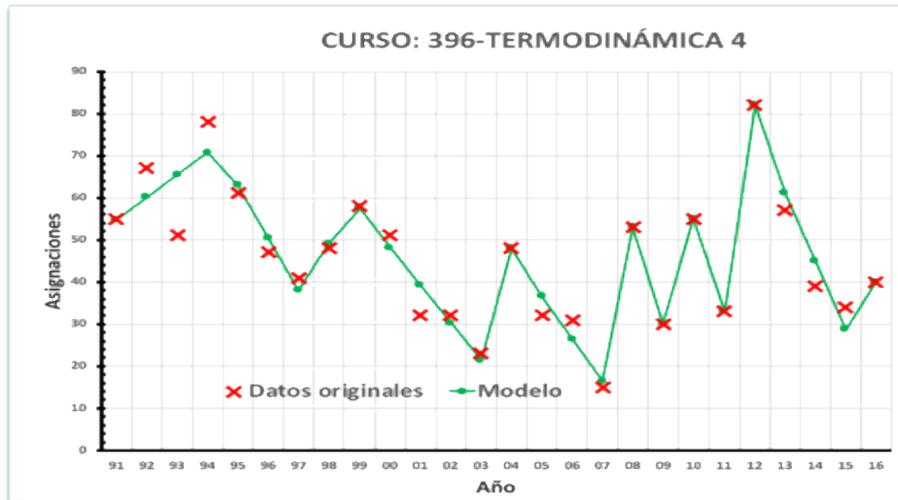
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 30. **Curso: 394-Termodinámica 3**



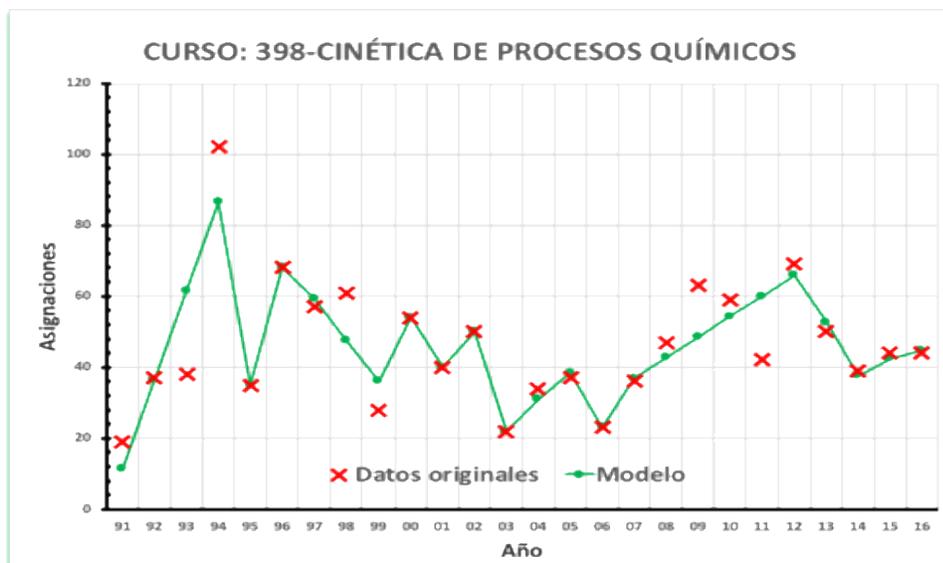
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 31. **Curso: 396-Termodinámica 4**



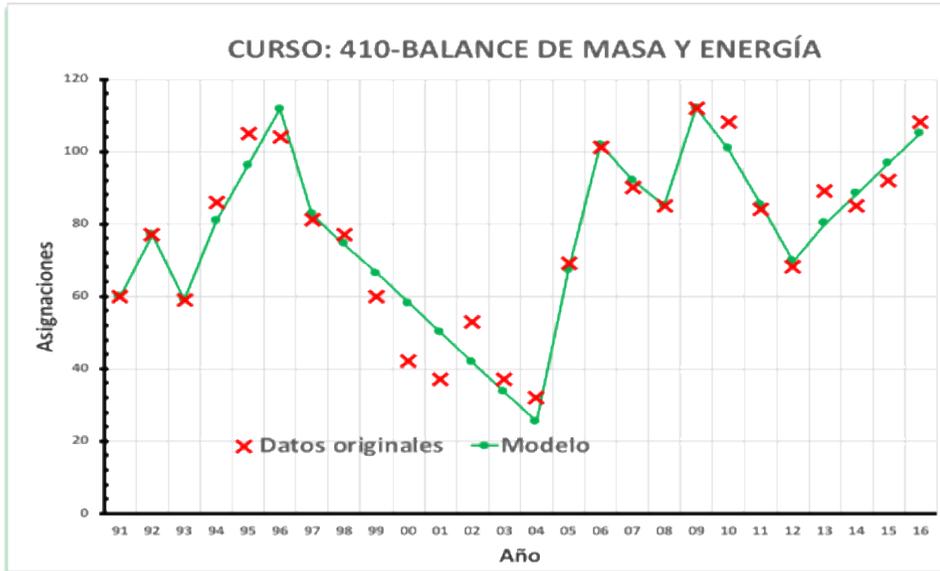
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 32. **Curso: 398-Cinética de Procesos Químicos**



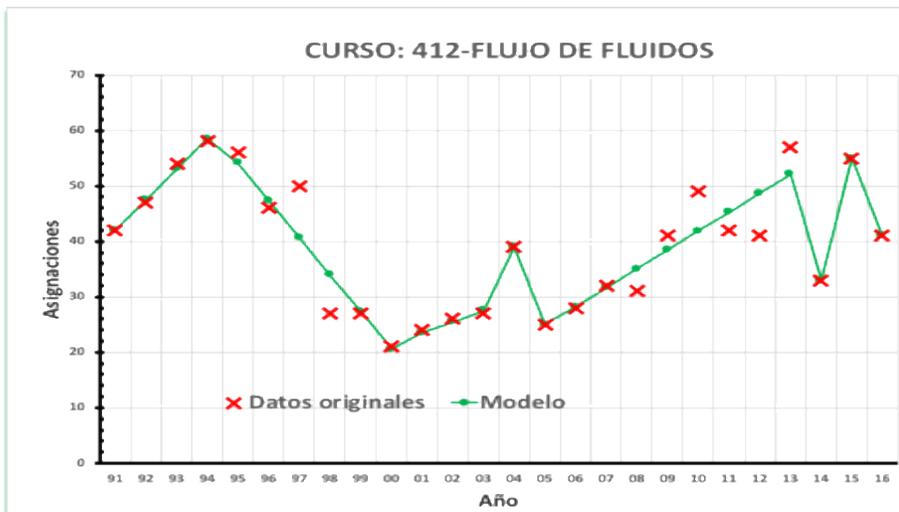
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 33. **Curso: 410-Balance de Masa y Energía**



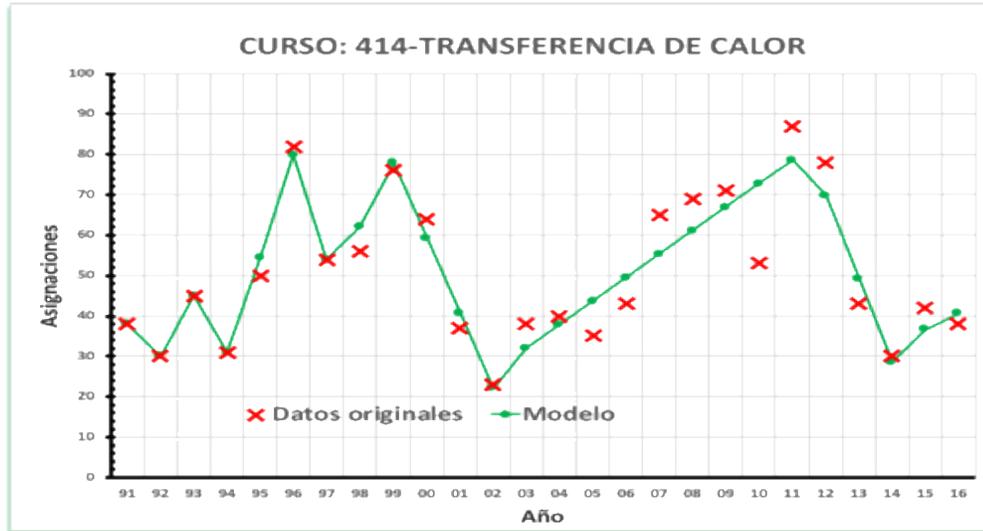
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 34. **Curso: 412-Flujo de Fluidos**



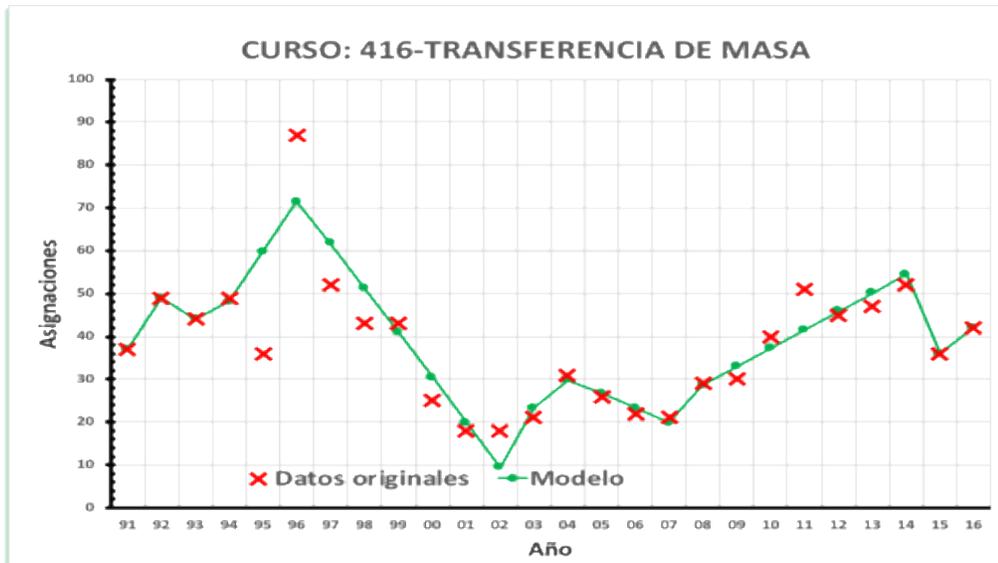
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 35. **Curso: 414-Transferencia de Calor**



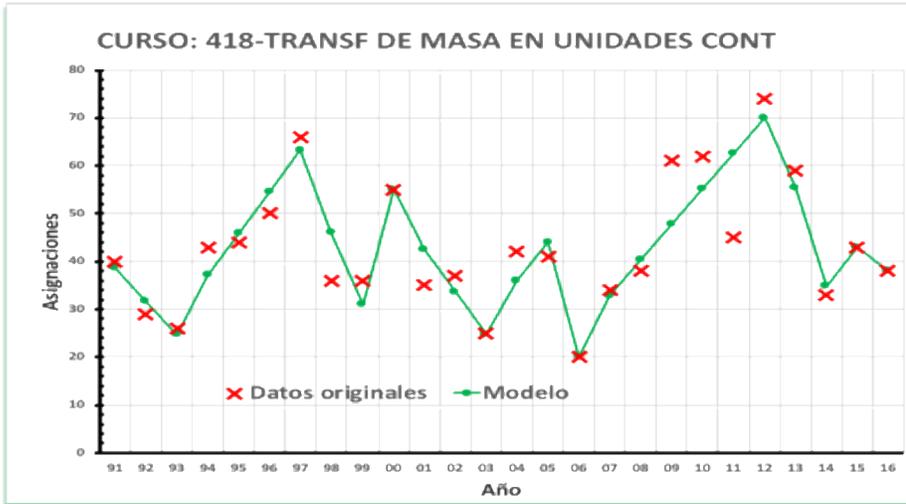
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 36. **Curso: 416-Transferencia de Masa**



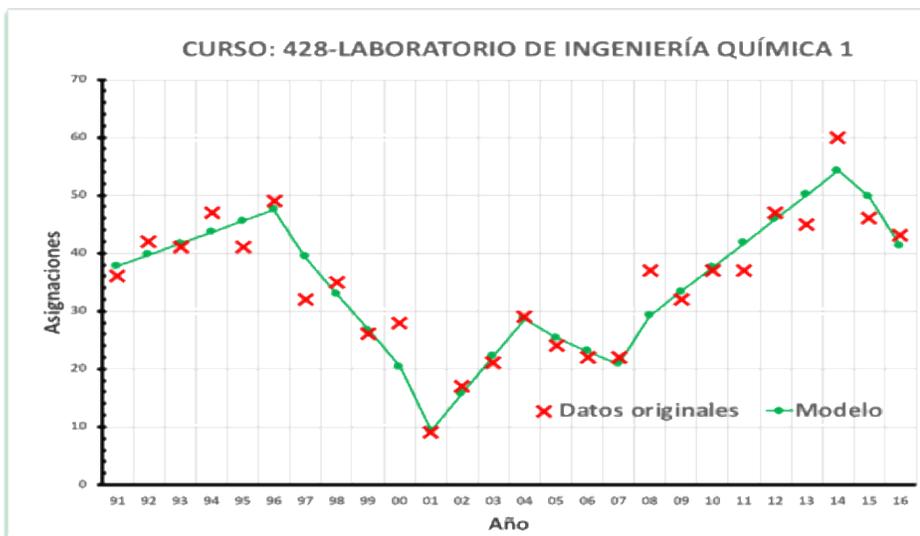
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 37. **Curso: 418-Transf de Masa en Unidades Cont.**



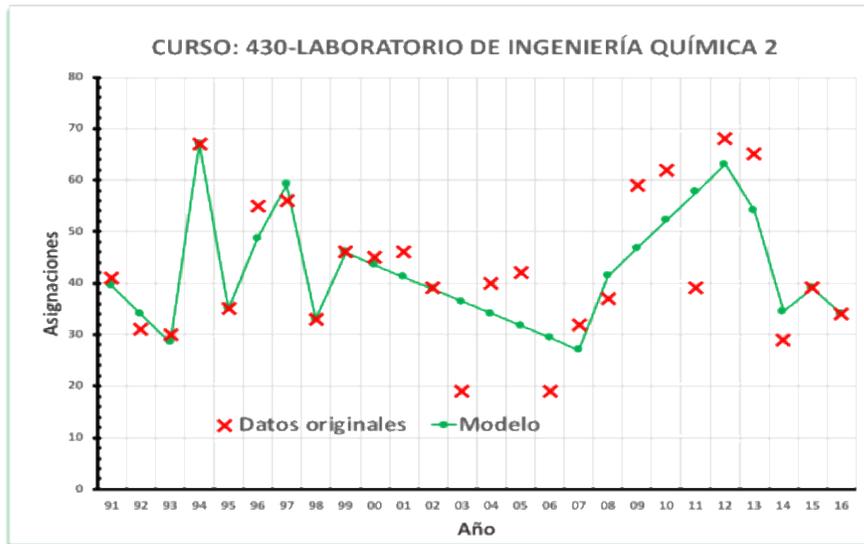
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 38. **Curso: 428-Laboratorio de Ingeniería Química 1**



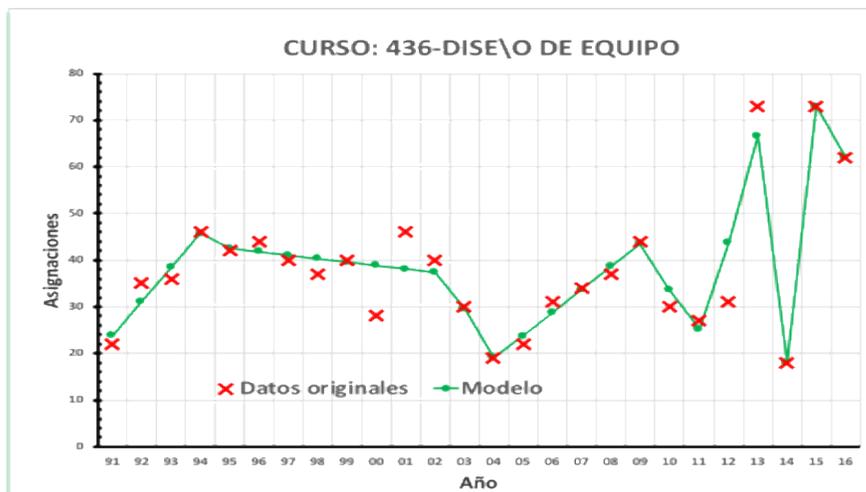
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 39. **Curso: 430-Laboratorio de Ingeniería Química 2**



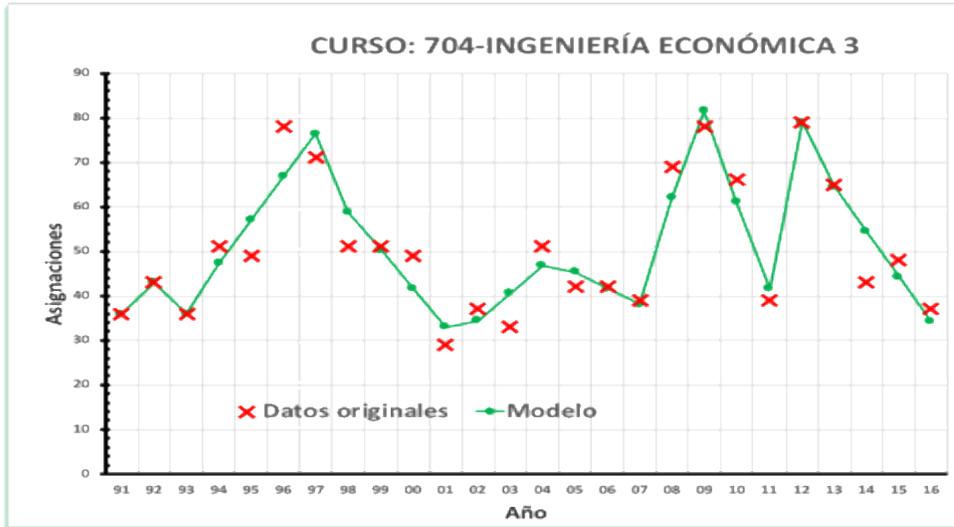
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 40. **Curso: 436-Diseño de Equipo**



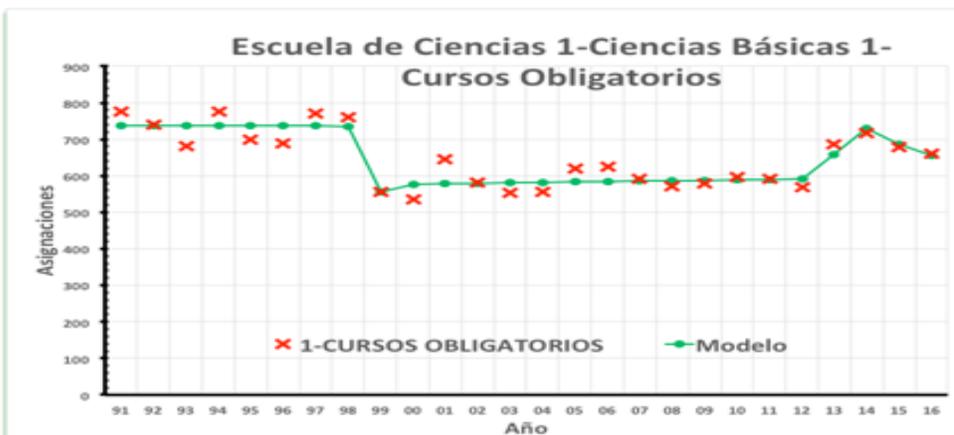
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 41. **Curso: 704-Ingeniería Económica 3**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 42. **Escuela de ciencias 1-Ciencias Básicas 1 Cursos Obligatorios**



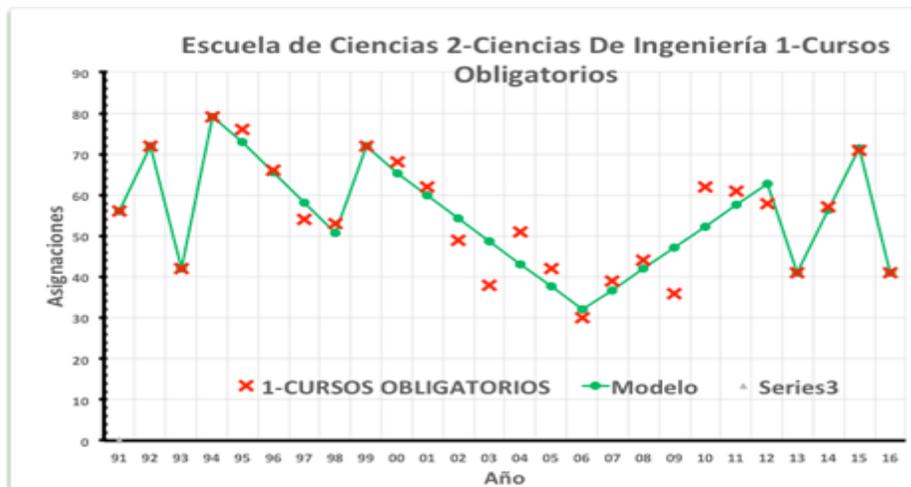
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 43. **Escuelas de ciencias 1-Ciencias Básicas 2-Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 44. **Escuelas de ciencias 2-Ciencias de Ingeniería 1 Cursos Obligatorios**



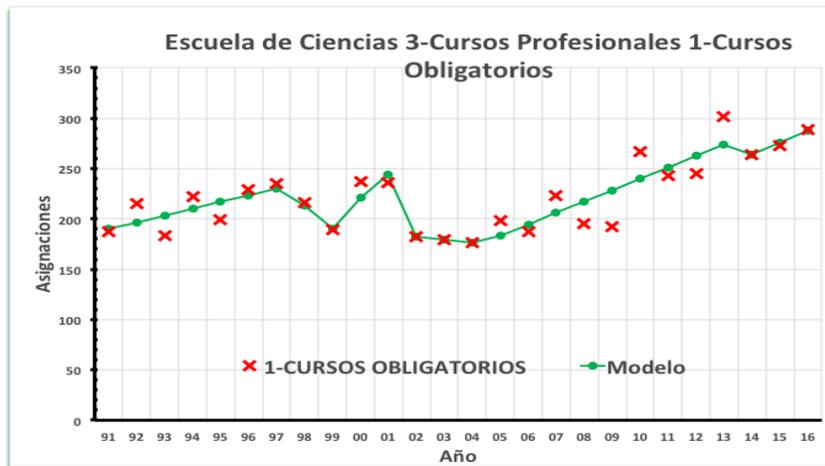
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 45. **Escuela de ciencias 2-Ciencias de Ingeniería 2-Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 46. **Escuela de ciencias 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 47. **Escuela de ciencias 3-Cursos Profesionales 1-Cursos Obligatorios**



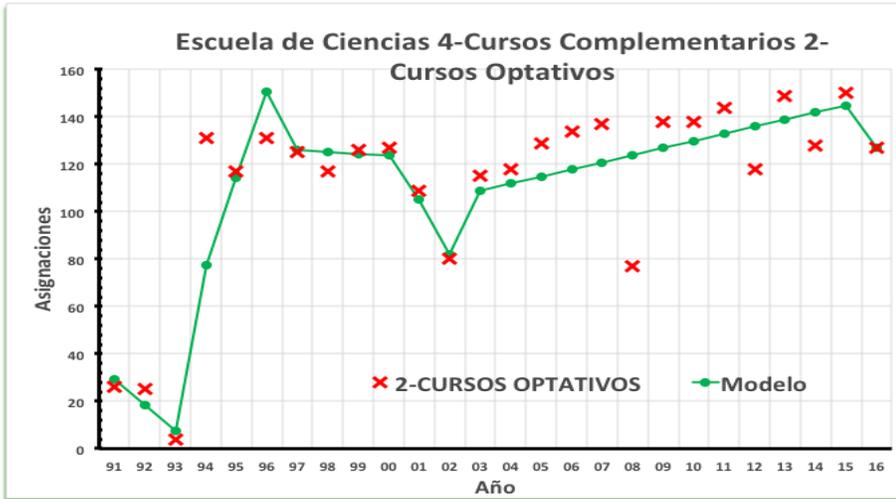
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 48. **Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 1-Cursos Obligatorios**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 49. **Escuela de Ciencias 4-Cursos Complementarios 2-Cursos Optativos**



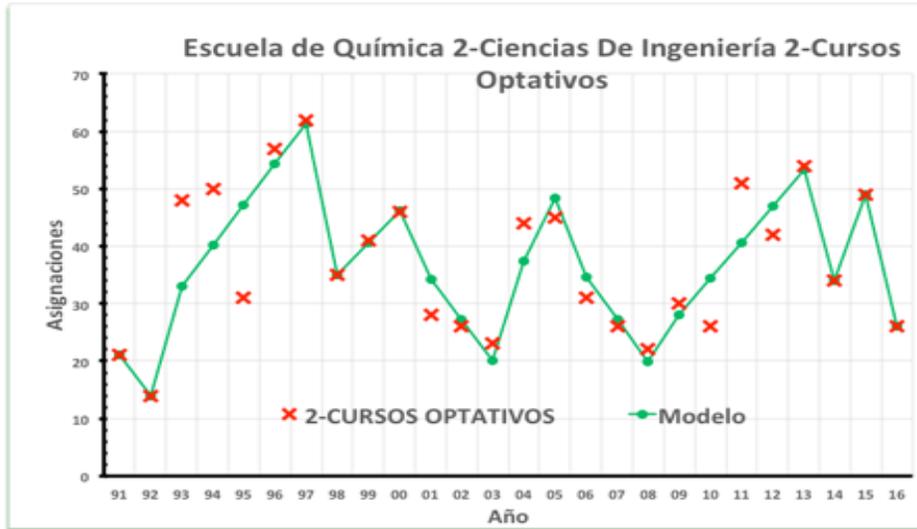
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 50. **Escuela de química 2-Ciencias de Ingeniería 1-Cursos Obligatorios**



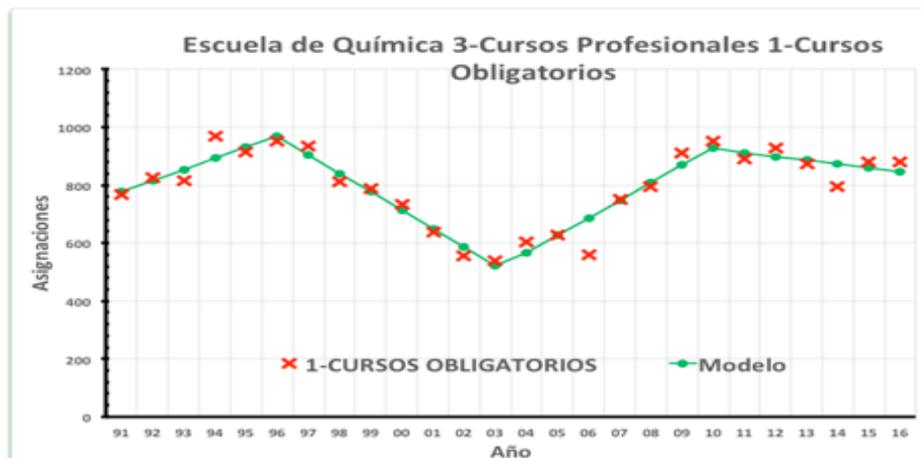
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 51. **2-Escuela de Química, Ciencias de Ingeniería
Cursos Optativos**



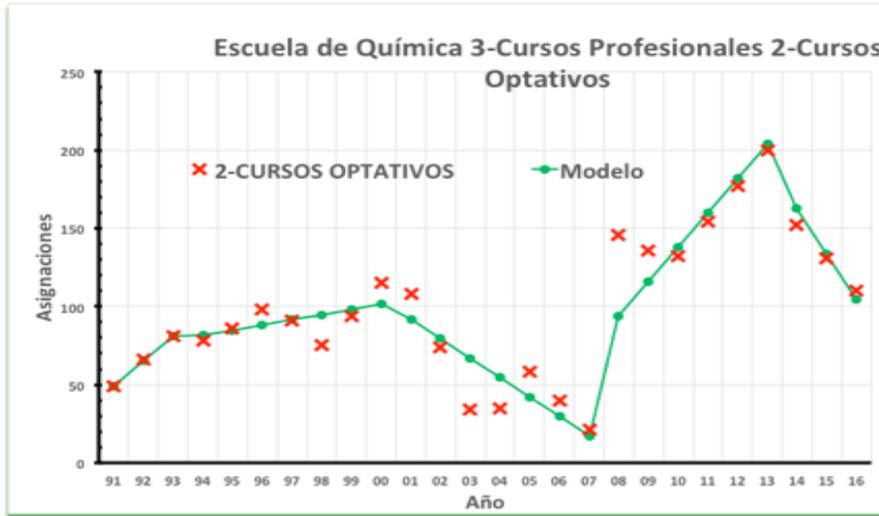
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 52. **Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 1
Cursos Obligatorios**



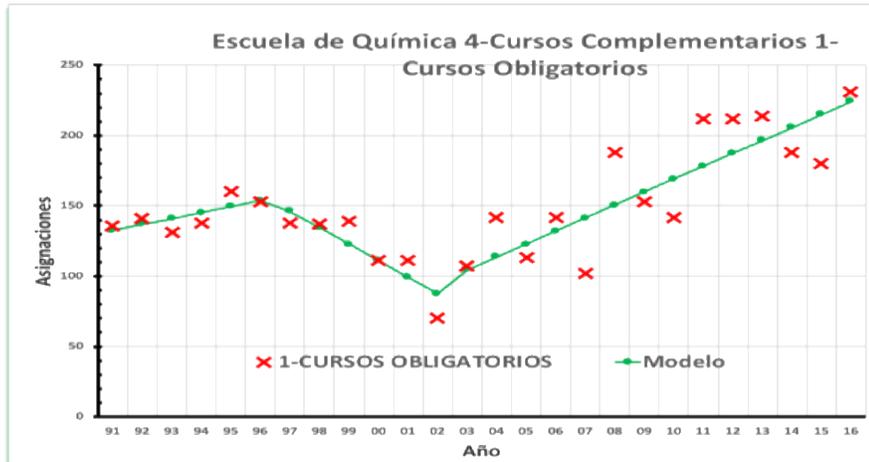
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 53. **Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 1
Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Apéndice 54. **Escuela de Química 3-Cursos Profesionales 2-
Cursos Optativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.