

T  
519.535  
SAL



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

Instituto de Ciencias Matemáticas

Ingeniería en Estadística Informática

"Incidencia de la Prueba de Aptitud Académica tomada en el proceso de admisión, sobre el rendimiento académico dentro de la ESPOL"



**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de  
**INGENIERO EN ESTADISTICA INFORMATICA**



Presentada por:

*Dany Mauricio Salazar González*



**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**AÑO 2001**

## AGRADECIMIENTO

A Dios.

A mis padres Rosi y  
Londres, a mis tíos.

Al M.Sc. César F.  
Guerrero L., Director de  
Tesis por su valiosa  
ayuda.

## DEDICATORIA

A mis segundos padres

Paulina, José, Isaías.

A mis hermanos y

primos, sobrinos.

A mis amigos y al grupo

“Mal Panas”

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Luis Rodríguez  
SUBDIRECTOR DEL ICM



---

M.Sc. César Guerrero  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Soraya Solís  
VOCAL



---

Ing. Oswaldo Valle  
VOCAL



## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

*Dany Salazar G.*

Dany M. Salazar González

## RESUMEN

El presente trabajo analiza la incidencia que tiene las Pruebas de Aptitud Académica (PAA) en el rendimiento académico del estudiante dentro de la ESPOL, utilizando técnicas y métodos estadísticos.

A continuación se presentará un resumen de cada capítulo de esta tesis:

**Capítulo I:** Se presenta las generalidades de la PAA, conceptos, orígenes, introducción de esta prueba en la ESPOL diseño, estructura, aplicación y ponderación de las pruebas.

**Capítulo II:** Resume el marco teórico de este trabajo, describe la población, las variables de estudio y los conceptos de las técnicas y métodos estadísticos utilizado en el análisis.

**Capítulo III:** Análisis Univariado de los datos, describe la información obtenida por análisis descriptivos y de comportamiento individual, gráfico y analítico, de las variables de estudio.

**Capítulo IV:** Análisis Multivariado de los datos, describe la información obtenida el Análisis de Varianza y el Análisis de Factores, este último reflejará la información más importante de este estudio.

## INDICE GENERAL

	Pag.
AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	III
DECLARACIÓN EXPRESA .....	IV
RESUMEN .....	V
INDICE GENERAL .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
1. GENERALIDADES .....	2
1.1. Prueba de Aptitud Académica (PAA). Conceptos Básicos .....	2
1.1.1. Habilidad verbal .....	5
1.1.2. Habilidad matemática .....	8
1.2. Estructura de la PAA, tomada en la ESPOL .....	9
1.3. Breve historia de la Prueba de Aptitud Académica .....	12
1.3.1 Origen .....	12
1.3.2. Historia de los procesos de admisión en la ESPOL .....	13

1.3.3.	Adopción de la Prueba de Aptitud Académica en la ESPOL	16
1.3.4.	Proceso de evaluación de Pruebas de Aptitud Académica	18
2.	MARCO TEÓRICO	23
2.1.	Descripción de los datos	23
2.2.	Análisis Descriptivo	29
2.2.1	Conceptos Básicos	29
2.3.	Análisis de Varianza	37
2.4.	Análisis Factorial	40
2.4.1	Conceptos Básicos	40
2.4.2	Métodos Factoriales	43
3.	ANÁLISIS UNIVARIADO DE LOS DATOS	47
3.1.	Variables Demográficas	49
3.1.1.	Análisis Descriptivo	49
3.2.	Pruebas de Ingreso	52
3.2.1.	Métodos Descriptivos	52
3.2.2.	Pruebas de Hipótesis	
3.3.	Materias Básicas	
3.3.1.	Análisis Descriptivo	
3.3.2.	Pruebas de Hipótesis	
4.	Análisis Multivariado	75
4.1.	Análisis de Varianza (ANOVA)	76



4.2. Matriz de Correlación .....	83
4.3. Análisis de Factores. ....	86
4.4. Comportamiento de los factores de las pruebas de aptitud y en el tiempo.....	96

**Conclusiones**

**Recomendaciones**

## ABREVIATURAS

PAA	Prueba de Aptitud Académica
PAAV	Prueba de Aptitud Académica Verbal
PAAM	Prueba de Aptitud Académica Matemática
PCI: # ó CI#	Promedio de Cálculo I, # el número de vez tomada
PCII: # ó CII#	Promedio de Cálculo II, # el número de vez tomada
PFI:# ó FI#	Promedio de Física I, # el número de vez tomada
PFII:# ó FII#	Promedio de Física II, # el número de vez tomada
PA:# ó A#	Promedio de Álgebra Lineal, # el número de vez tomada
PQI:# ó QI#	Promedio de Química I, # el número de vez tomada
SC	Suma Cuadrática
MC	Media Cuadrática

## SIMBOLOGÍA

$\mu$	Media poblacional
$\sigma^2$	Varianza poblacional
$\sigma$	Desviación estándar poblacional
$\bar{X}$	Media muestral
$s^2$	Varianza muestral
$s$	Desviación estándar muestral
$\Sigma$	Matriz de varianzas y covarianzas
$S$	Matriz de varianzas y covarianzas muestral
$X \in R^p$	Vector aleatorio
$\bar{X} \in R^p$	Vector de medias

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I	Descripción de las variables de estudio.....	26
Tabla II	Estudiantes que ingresaron a la ESPOL en 1999.....	27
Tabla III	Tabla porcentual de Provincia.....	51
Tabla IV	Estadísticas Descriptivas de las Pruebas de Ingreso.....	54
Tabla V	Prueba de hipótesis para la mediana y la moda.....	59
Tabla VI	Tabla de la prueba de hipótesis de Kolmogorov - Smirnov (K-S).....	60
Tabla VII	Estadísticas Descriptivas Cálculo I y Cálculo II (1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> , 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> vez).....	62
Tabla VIII	Estadísticas Descriptivas de Física I y Física II (1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> , 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> vez) .....	65
Tabla IX	Estadísticas Descriptivas Álgebra Lineal y Química I (1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> , 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> vez) .....	68
Tabla XI	Prueba de hipótesis para la mediana y la moda	73
Tabla XII	Tabla de la prueba de hipótesis de Kolmogorov - Smirnov (K-S).....	75
Tabla XII	Tabla ANOVA para Prueba de Aptitud Académica Verbal...	77
Tabla XIV	Tabla ANOVA de prueba de Aptitud Académica Matemática.....	80
Tabla XV	Matriz de Correlación.....	85
Tabla XVI	Valores propios y % de explicación.....	89
Tabla XVII	Factores sin rotar.....	90
Tabla XVIII	Factores rotados.....	91
Tabla XIX	Coeficientes de los puntajes de los Factores Pruebas de Aptitud y Pruebas de Conocimiento.....	99



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico I	Diagramas de barra de la variable Sexo y tipo de colegio.....	52
Gráfico II	Histogramas de las Pruebas de Ingreso.....	57
Gráfico III	Histogramas de Cálculo I, Cálculo II (1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> , 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> vez).....	64
Gráfico IV	Histogramas de Física I, Física II (1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> , 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> vez)..	67
Gráfico V	Histogramas de Álgebra Lineal, Química I (1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> , 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> vez).....	70
Gráfico VI	Medias de los tratamientos del Factor la Pruebas de Aptitud Académica.....	82
Gráfico VII	Medias de los Tratamientos del Factor vs. la prueba de Aptitud Académica.....	83
Gráfico VIII	Gráfico de verificación del número de factores.....	88
Gráfico IX	Comportamiento del Factor Pruebas de Aptitud.....	101
Gráfico X	Comportamiento del Factor Pruebas de Conocimiento...	104

## **Introducción**

La elaboración de este estudio tuvo objetivo principal analizar la incidencia que tiene las Pruebas de Aptitud Académica (PAA) en el rendimiento académico del estudiante dentro de la ESPOL; es decir que se busca la existencia de una interrelación entre las calificaciones de las Pruebas de Aptitud Académica y las calificaciones de las materias básicas dentro de la ESPOL.

La utilización de técnicas y métodos estadísticos fué un excelente soporte para la obtención de una información de calidad en este estudio, especialmente el Análisis de Factores que ayudó a evidenciar la incidencia que tienen las PAA sobre las materias en el tiempo académico.

Este trabajo presta un gran aporte a la ESPOL ya que muestra un reflejo del impacto académico de las PAA y la importancia de su inclusión en el proceso académico dentro de la institución. Además presenta una oportunidad de incluir estos análisis como parte de métodos de mejoramiento continuo en la confiabilidad de estas pruebas.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

En este capítulo se explicará conceptos básicos sobre la prueba de aptitud académica (PAA), sus componentes y criterios de validación y confiabilidad. Así mismo, se presentará una reseña histórica de la Prueba de Aptitud Académica: sus inicios y desarrollo en algunos países del mundo, y su introducción en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

### 1.1. Prueba de Aptitud Académica (PAA). Conceptos Básicos

Se va a desglosar semánticamente el término Prueba de Aptitud Académica. Así tenemos que:

**Prueba:** Acción para demostrar algo, especialmente determinadas cualidades o la habilidad en cierto campo.

**Aptitud:** Es el conjunto de condiciones personales que permiten realizar bien algún tipo de trabajo o actividad.

Las aptitudes conciertan ciertas habilidades y rasgos personales, por ello se mencionará algunos puntos, que se deberán considerar en este concepto:

- a) Las condiciones deben desarrollarse, perfeccionarse mediante el entrenamiento y la ejercitación, debido a que son cualidades que constituyen sólo síntomas, indicios de una posible capacidad.
- b) Lo anterior implica que esos rasgos son perfeccionables, pueden mejorarse con el entrenamiento, unos más que otros. Las habilidades mentales básicas son de aquellos rasgos más estables y menos entrenables; aun así es posible aprender a utilizarlas con el máximo provecho dentro de sus límites.
- c) La capacidad, por su parte, es sólo potencialmente desarrollable hacia instantes futuros, y para alcanzarla es necesario mucho esfuerzo, estudio y perfeccionamiento de esas condiciones actuales.
- d) Por su parte, estas condiciones que permiten predecir el desempeño futuro son de varias clases: las habilidades mentales básicas, ciertas predisposiciones específicas (habilidad manual, buen oído, coordinación motriz, sensibilidad, etc.), rasgos

afectivos (interés, perseverancia, capacidad organizativa, etc) y otros rasgos conativos.

**Académica:** Se entiende por académico al saber superior, al estudio teórico y científico, al conocimiento de algunas cosas relevantes.

**Aptitud académica:** Son las condiciones intelectuales para desempeñar algún tipo de estudio superior.

Luego se tendría que: la **Prueba de Aptitud Académica (PAA)** es un instrumento para medir ciertos rasgos psicológicos. De esta forma la PAA permite seleccionar de mejor manera aquellas personas que desean ingresar a la universidad.

Las habilidades medidas a través de la PAA permiten predecir la aptitud frente a los estudios superiores, por considerar que este nivel de estudio, posee un elevado carácter teórico, conceptual y abstracto. Lo que la Universidad exige es tener capacidad de manejar teorías y abstracciones, tanto para comprenderlas como para aplicarlas; lo cual concierne al pensamiento racional, crítico, rigurosamente deductivo o penetrantemente inductivo. Si se posee

esos tipos de habilidades, adecuadas al manejo de contenidos semánticos, es probable que se tenga aptitud académica.

La capacidad para estudiar en un nivel superior (institutos, Universidades, etc.), esta dada en gran parte por dos tipos de habilidades en el lenguaje: *habilidad verbal* y *habilidad matemática*.

### **1.1.1. Habilidad verbal**

La habilidad verbal mide la capacidad para interpretar y razonar significados de oraciones y textos.

El lenguaje puede ser visto como un instrumento de comunicación y representación. La comunicación, consiste en un intercambio entre un hablante que transmite a un oyente un mensaje acerca de un referente. La representación del lenguaje, llamada también referencial, utiliza los signos verbales para hacer referencia a los distintos aspectos de la realidad. El lenguaje verbal es el medio de comunicación utilizado más comúnmente. Su naturaleza es sonora, pero se complementa con otro lenguaje de carácter visual, que utiliza signos gráficos: la escritura.

Los signos del lenguaje verbal expresan conceptos (ideas que nos hacemos de los objetos materiales e inmateriales) de la realidad. Mediante los conceptos, comprendemos, ordenamos los hechos de la realidad, y nos apoderamos de ella.

Un modelo relacionado con el lenguaje que sería importante conocer, es el modelo de la inteligencia de Guilford, el cual consiste en tres puntos: operaciones, contenidos y productos. Él dice que las habilidades deben estudiarse relacionándolas simultáneamente con tres aspectos de la información que recibimos:

a) Los contenidos de la información recibida por nuestro intelecto. Esos contenidos son de varias clases; los que a nosotros nos interesan son los contenidos semánticos, es decir, ese componente conceptual del lenguaje que ya se explicó en párrafos anteriores.

b) Las operaciones intelectuales que realizamos con esos contenidos. Estas operaciones, como se podrá suponer, son muchas; pero fundamentalmente pueden reducirse a cinco:

- El conocimiento o reconocimiento de los contenidos semánticos.
  - La memorización; es decir, el almacenamiento ordenado, claro y recuperable de la información en nuestro «depósito de memoria».
  - La inferencia libre de nuevas ideas a partir de la información que procesamos en nuestra mente; inferencia que tiene que ver con nuestra capacidad para asociar, inferir alternativas, en suma, sacarle provecho a la información para elaborar nueva información organizada por un mismo.
  - La elaboración de conclusiones lógicas a partir de la información procesada; es decir, el tradicional razonamiento deductivo.
  - La elaboración de juicios críticos acerca de la calidad de las propiedades de los objetos aportados por la información, de acuerdo con ciertos criterios (Evaluación).
- c) Los productos, o formas típicas que puede adoptar la información recibida: Estos productos pueden ser:
- Unidades de información. (Por ejemplo, los lexemas, que son unidades significativas del lenguaje).



- Clases. (Por ejemplo, los campos léxicos, o desde otro punto de vista, las llamadas partes de la oración: sustantivos, adjetivos, verbos, etc.)
- Relaciones. (Por ejemplo, las relaciones que se manifiestan entre las palabras de una oración, entre las oraciones de un texto, entre las ideas en un juicio, etc.)
- Sistemas: Conglomerados o conjuntos organizados de clases. (Por ejemplo, el léxico del idioma, o el sistema gramatical).
- Transformaciones: Los cambios que se operan en la información según las circunstancias.
- Implicaciones o consecuencias: Conexiones circunstanciales entre tipos cualesquiera de información. (Por ejemplo, una idea determinada tendrán diferente importancia y, por tanto, distintas consecuencias, según el contexto en que se exprese).

### **1.1.2. Habilidad matemática**

La habilidad matemática mide la capacidad para interpretar la realidad por medio de modelos matemáticos, es decir la capacidad de razonamiento a través de la resolución de problemas de Aritmética, Álgebra y Geometría Métrica.

La generalización o reconocimiento de la forma del problema dado es el primer paso crítico. Recordar el procedimiento (algoritmo) que se aplicó a problemas similares y la aplicación del procedimiento para llegar a la solución.

La resolución de problemas en los niveles más altos, sin embargo, es más compleja. El que resuelve un problema debe mantener en mente varias cosas al mismo tiempo: el problema tal como está dado, las diversas traducciones posibles de sus partes, el conocimiento que puede ser relevante a ellas, la relación de todo esto con la solución deseada, etc.

Para la medición de la habilidad matemática, se va ha tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Operatoria directa
- Razonamiento lógico-deductivo
- Interpretación simbólica
- Razonamiento analítico y
- Evaluación de suficiencia de datos.

## **1.2. Estructura de la PAA, tomada en la ESPOL.**

La estructura de la Prueba de Aptitud Académica, tomada en la ESPOL, consiste en tres unidades: Verbal, Matemática y Razonamiento Lógico, cada una posee un número determinado de preguntas y un tiempo límite. A continuación se procede a describir la composición de cada unidad.

### **I. Unidad Verbal (60 minutos)**

- A. Identificación del término diferente: Consiste en localizar cual de las palabras alternativas no se relaciona con la palabra propuesta en el numeral de la prueba.
- B. Uso Ilativos: Consiste en completar con una palabra (alternativas), una frase, realizando una relación entre sí. Para la exposición de una idea, es esencial obtener coherencia y claridad, estableciendo relaciones entre las partes de la oración u oraciones entre sí, haciendo que el contenido y desarrollo de la frase tenga un significado lógico.
- C. Lectura Comprensiva: Se consideran tres aspectos en la comprensión de la lectura, la interpretación del sentido, la elaboración de síntesis y la formulación de juicios, con

respecto al fragmento de la lectura que se encuentra en la prueba.

## **II. Unidad Matemática (45 minutos)**

- A. Aplicación de Símbolos: Símbolos básicos como por ej. : mayor que, menor que, unión intersección, etc.
- B. Relaciones Básicas: Entre estas tenemos relaciones geométricas (triángulo, circunferencia, etc.) y algebraicas

## **III. Unidad de Razonamiento Lógico (25 minutos)**

- A. Secuencia Lógica
- B. Relación de Datos

Las dos últimas unidades son consideradas en una sola prueba llamada prueba de aptitud matemática y la primera la prueba de aptitud verbal.

### **1.3. Breve historia de la Prueba de Aptitud Académica.**

#### **1.3.1. Origen**

La PAA se dió a comienzo en 1900, cuando un consorcio de ocho Colegios y Universidades conocidas de la Costa Este de los EEUU, llamado el colegio Ivy League formaron el Consejo para la admisión de los colegios o Consejo de colegios. El propósito de éste fue de simplificar el proceso de aplicación para estudiantes quienes requerían tomar un examen de ingreso diferente para cada colegio o universidad en la que ellos aplicaban. En 1901, Carl Brigham, un profesor de sicología en la Universidad de Princeton y formó parte de la elaboración del examen coeficiente intelectual (IQ). Brigham dividió un examen de ingreso estandarizado para el College Board a la que llamó la Prueba de Aptitud Académica (PAA).

En los años 20, hubo críticas sobre la inclusión de preguntas con temática cultural: estas preguntas hacia que las minorías, como emigrantes, de otras razas y culturas obtuvieran menos calificaciones, saliendo perjudicadas al tener menos oportunidades de ingresar a las universidades. La PAA fue administrada por el

College Board hasta los años 60 en que al Educational Testing Service (ETS), se le concedió la administración la Prueba de Aptitud Académica.

También en algunos países latinoamericanos se introdujeron estas pruebas en el proceso de admisión a la Universidad, tal es el caso de Costa Rica, Puerto Rico, Colombia y Chile. Este último tiene más de treinta años en adoptar este sistema, realizando mejoras continuas, considerando las nuevas condiciones y demandas sociales, profesionales y técnicas.

Actualmente, en EE.UU., se realizan pruebas computarizadas, donde el estudiante, a medida que contesta la pregunta, el programa evalúa inmediatamente su resultado, si la respuesta es afirmativa, se presentará una nueva pregunta, con un mayor grado de dificultad que la anterior.

### **1.3.2. Historia de los procesos de admisión en la ESPOL**

Al iniciar ESPOL el proceso de admisión en 1958, el mismo consistía sólo en dar exámenes de ingreso, esto duró hasta 1970.

En 1971 se comenzó a dictar cursos nivelatorios (preuniversitarios), ya que el nivel académico de los colegios no era apto para lo que se requería para ser admitido en la ESPOL en aquella época. En este curso se debía aprobar 6 materias: álgebra, geometría analítica, geometría general, trigonometría, física y química; los conocimientos se medían en dos aportes parciales con una calificación de 2,5 cada uno y un aporte final acumulativo de 5 puntos; el curso se aprobaba obteniendo una calificación de 6 puntos sobre el total de 10 puntos.

El preuniversitario tuvo ciertas variaciones en el tipo de materias, ya que al pasar el tiempo la universidad fue creando nuevas carreras, y estas no necesitaban mutuamente el mismo nivel de conocimiento. A partir del año de 1974 se incrementaron las oportunidades de ingreso a la escuela, debido a la implementación de un segundo examen de ingreso que se tomaba después de haberse dictado el curso prepolitécnico, a partir de 1976 se dicta un segundo curso prepolitécnico y se implemento un tercer examen de ingreso.

En 1980 el sistema de calificación para los cursos prepolitécnicos de ingeniería consistía en dos aportes equivalía a 2 puntos y el

examen final a 6 puntos o se tenía la posibilidad de hacer el aporte final con una calificación sobre 10, en este mismo año se fusionaron las materias álgebra, trigonometría, geometría general y geometría analítica creando la materia de matemáticas. En 1992, se la creó el prepolitécnico de verano para ingeniería, sumándose a más adelante las demás carreras.

El 1999, se instituyó la prueba de aptitud académica como parte del sistema de evaluación del proceso de admisión, dándole un puntaje, dependiendo de la calificación de la PAA (dada por resolución MING-020-99 de la Comisión de Ingreso de la ESPOL), dada por la siguiente fórmula:

$$\text{promedio final} = X + \frac{A - 20}{5}$$

$A = \text{calificación de la PAA} , \quad A \geq 60$   
 $X = \text{promedio del prepolitécnico} , \quad X > 50$

Bajo las siguientes restricciones:

- Haber aprobado por lo menos una materia.
- Que el promedio de las materias en el Curso no sea menor a 50.
- Que ninguna de las materias reprobadas tenga una calificación menor a 50.



- Obtener en la PAA una calificación de mínimo de 60 puntos.

Es de anotar que en las pruebas tomada en el curso prepolitécnico de invierno de 1999, se consideró a las notas mayores iguales a 40 puntos, en las materias que no se habían aprobado.

### **1.3.3. Adopción de la Prueba de Aptitud Académica en la ESPOL**

La PAA en primera instancia se la implantó en la ESPOL en los años ochenta, pero no obtuvo el apoyo necesario continuar, El acometido de implantar estas pruebas fue llevado por el Ing. Guillermo Romero (actual director del Centro de Investigación y Servicios Educativos, CISE), él cual realizó una prueba piloto valiéndose de algunas informaciones proporcionados por universidades colombianas y chilenas, y organismos relacionadas con el tema.

Pero en 1998, el Ing. Carlos Monsalve, Sub-Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC), fue el responsable de crear la primera prueba oficial para el sistema de ingreso a la FIEC. El motivo que impulsó a la realización de esta prueba, fue la

experiencia que se tenía con aquellos estudiantes que deseaban ingresar a la Facultad, pero se veían impedidos de hacerlo por las restricciones académicas vigentes; la forma de selección para el ingreso solo tomaba en consideración el promedio y la eficiencia académica (razón entre número de materias aprobadas y el número total de materias tomadas).

La elaboración de esta primera PAA formal, consistió en la recopilación de información, la misma que se obtuvo de organizaciones y universidades con varios años de experiencia en el tema; además se consultó con varios profesores de la FIEC, como también a M.Sc. Nelson Paz Director de Bienestar Estudiantil; así mismo de organizaciones que otorgan becas, como el FUNDACYT donde el director era el Ing. Edgar Izquierdo (actual director de Asuntos Exteriores de la ESPOL); y además información recopilada en Internet.

La prueba constaba de dos partes: verbal y matemática, cada una tenía una misma cantidad de preguntas y tiempo para resolverlas. El puntaje otorgado para la evaluación era de un punto por pregunta.

En 1999 la ESPOL resolvió en Consejo Directivo, que la PAA formará parte del sistema de evaluación del proceso de admisión a la ESPOL, siendo el organismo encargado de la elaboración y ejecución de la prueba el Centro de Investigación y Servicios Educativos (CISE). Es de notar que el Ing. Guillermo Romero (Director del CISE) fue quien hizo posible que esta prueba fuese vinculada al sistema de ingreso.

Actualmente, se realizan estudios para el mejoramiento de las pruebas, realizándose un control estadístico de las preguntas; midiéndose su comportamiento, a través de su variabilidad; y descartándose las preguntas que pudieran estar fuera del contexto general del rendimiento de los estudiantes en dichas pruebas. Estos estudios ayudan a una mejora continua en la elaboración y estructuración de las pruebas.

#### **1.3.4. Proceso de evaluación de Pruebas de Aptitud Académica**

Los procesos de evaluación aparecen en los comienzos del siglo XX con la aplicación de pruebas mentales como proceso de

medición psicológica que desembocó en el campo educativo a través del uso de pruebas objetivas de rendimiento.

Para algunos autores, evaluar significa medir resultados, efectos o desempeños, utilizando algún tipo de instrumento formal que produce datos que pueden ser comparados en alguna forma de escala estandarizada. Algunos representantes típicos de este enfoque son Thorndike y Hagen (1969) y Ebel (1965)

Los supuestos básicos de este enfoque consideran que el objeto de la evaluación posee atributos significativos medibles y que es posible diseñar instrumentos que son capaces de medirlos.

La mala aplicación de las evaluaciones de desempeño y los fracasos resultantes pueden atribuirse a dos causas fundamentales:

- Que el fenómeno u objeto a ser evaluado no posea atributos significativos medibles.
- Que el diseño y/o la aplicación de instrumentos (tests, escalas, cuestionarios) no midan en forma eficiente el atributo que se desea medir.

Los valores de este enfoque se establecen con relación a escalas estandarizadas, o bien sobre la base de la comparabilidad de los resultados de aplicaciones múltiples del mismo instrumento a objetos o sujetos similares, bajo condiciones controladas. El uso del puntaje de la PAA, es un ejemplo del primer tipo y el número de títulos otorgados anualmente por la universidad como indicador del producto institucional es una ilustración del segundo tipo.

El diseño de la evaluación entendida como medición incluye las siguientes etapas:

- Identificar el o los atributos esenciales a medir.
- Diseñar y validar los instrumentos de medición
- Aplicar los instrumentos bajo condiciones controladas para asegurar la confiabilidad de las mediciones y,
- Comparar los resultados con un estándar

Dentro de la concepción de las evaluaciones deberá ser controlada por el evaluador, donde este sea un experto en la medición, responsable de seleccionar el instrumento apropiado y aplicarlo. La retroinformación al usuario puede consistir en un informe o simplemente en un conjunto de tablas con los resultados.



La metodología usada para evaluar es tan variable como los fenómenos y objetos que se pretenden medir, y se utilizan desde pruebas estandarizadas hasta los sistemas de información diseñadas por las oficinas de registro, las que acumulan datos acerca de los estudiantes. Estas últimas informaciones pueden haberse recogido sin pensar en que se trata de mediciones, pero muchas veces son utilizadas en la evaluación institucional.

El tipo de comunicación y retroinformación entre el evaluador y el "Cliente", en un proyecto evaluativo de este tipo se limita muchas veces a la discusión del objetivo de la medición. Por ejemplo, el objetivo puede consistir en evaluar las aptitudes de los docentes con respecto al sistema de calificación académica.

El resultado esperado de este tipo de evaluación es un conjunto de números que puede ser comparado o interpretado en función de una escala estándar.

Las ventajas de este enfoque son:

- El desarrollo adecuado de los instrumentos permite una alta comparabilidad y posibilita la replicación de los resultados.
- Posibilidad de generalización de los resultados.

- Los datos son susceptibles de tratamientos estadísticos complejos.

Sus principales desventajas son:

- Dificultad o imposibilidad para medir muchas variables
- Tentación de utilizar instrumentos ya disponibles en lugar de construirlos
- Atributos que se miden son muchas veces irrelevantes.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se introducirá el marco teórico que se utilizó en la investigación de la incidencia que tiene la Prueba de Aptitud Académica (PAA) en el rendimiento académico.

Es decir, esto corresponde a la descripción de la población estudiada, las variables con sus respectivas codificaciones y la teoría de las técnicas y métodos utilizados en este estudio.

### **2.1. Descripción de los datos**

Se ha considerado para el estudio de la incidencia de las pruebas de aptitud académica sobre el rendimiento académico, a la población de estudiantes que ingresaron a ingeniería de la ESPOL



en 1999, mediante aprobación del curso prepolitécnico y/o examen de ingreso.

Para la realización del estudio se requirió la información de las instituciones o departamentos de la ESPOL, encargadas de los registros de académicos de ingreso: Oficina de Ingresos y de los registros de las materias básicas: CRECE y CESERCOM.

Las variables tomadas en consideración están únicamente relacionadas con la identificación demográfica del estudiante y su rendimiento académico, el rendimiento académico esta basado en las calificaciones obtenidas en las pruebas de ingreso y en materias básicas dentro de la ESPOL. Estas variables serán distribuidas de la siguiente manera:

- **Variables Demográficas:** Son variables que identificarán demográficamente al estudiante: sexo, tipo de colegio de culminación de los estudios secundarios, especialidad, y ubicación geográfica del colegio.
- **Variables consideradas en el proceso de admisión a la ESPOL:** Son variables que medirán el rendimiento del estudiante en el

proceso de admisión a la ESPOL: pruebas de ingreso (Física, Matemática y Química) aprobadas por el estudiante, en cualquier período, antes de su ingreso en el año 1999; y las pruebas de aptitud (Verbal y Matemática), en cualquiera de los períodos, del año 1999.

- Variables consideradas dentro de la ESPOL, Materias Básicas: Son variables que medirán el rendimiento del estudiante en su transcurso académico por la Ingeniería Básica: Cálculo (I y II), Física (I y II), Álgebra Lineal y Química I.

Cada materia básica se analizará desdoblándola en cuatro variables, cada una representará la calificación que se obtuvo en la materia tomando en cuenta las repeticiones de la materia.

**TABLA I**  
**DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO**

<b>Tipo</b>	<b>Nombre de la Variable</b>	<b>Codificación/ Valor Numérico</b>
<b>D E M O G R Á F I C A S</b>	<b>Sexo</b>	Mujer 0 Hombre 1
	<b>Tipo de Colegio</b>	Fiscal 1 Particular (laico) 2 Particular (religioso) 3
	<b>Especialidad</b>	Físico matemático 1 Químico biológico 2 Informática 3 Eléctrica 4 Electrónica 5 Mecánica 6 Otros 7
	<b>Provincia</b>	Provincia de donde obtuvo su título, en su respectiva ciudad
	<b>P R U E B A S</b>	<b>Conocimiento</b>
Matemáticas		
Física Química		
<b>Aptitud</b>		Pruebas que han sido evaluadas de 0 (la mínima calificación) a 100 (la máxima calificación) puntos. Siendo números reales con dos decimales.
Matemática Verbal		
<b>M A T E R I A S</b>	<b>B Á S I C A S</b>	Cálculo I (PCI: 1,2,3,4) Cálculo II (PCII: 1,2,3,4) Física I (PFI: 1,2,3,4) Física II (PFII: 1,2,3,4) Álgebra (PA: 1,2,3,4) Química I (PQ I: 1,2,3,4)

Antes de realizar el análisis estadístico, se debe tomar en cuenta algunas consideraciones con respecto al tamaño de la población y a algunas de las variables de nuestro estudio.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de alumnos que ingresaron a las Ingenierías de la ESPOL en el año 1999, tomando en cuenta los períodos en los que ingresaron: invierno y verano.

**TABLA II**  
**ESTUDIANTES QUE INGRESARON A LA ESPOL EN 1999**

	<b>Invierno</b>	<b>Verano</b>	<b>Total</b>
<i>No están en la ESPOL.</i>	35 10.09%	7 2.02%	42 12.10%
<i>No están en ciclo básico de ingeniería ESPOL o no han sido de mayor aportación al estudio.</i>	37 10.66%	54 15.56%	91 26.22%
<i>Muestra del estudio.</i>	175 50.43%	39 11.24%	214 61.67%
<i>Total de alumnos que ingresaron 1999 en la ESPOL.</i>	247 71.18%	100 28.82%	347 100.00%

Es de mencionar que el estudio se basó en el seguimiento del 61,67 % del total de estudiantes que ingresaron en el año 1999, aceptándose como una muestra representativa para obtener una buena información estadística; así mismo es de mencionar que aunque el 12,10% no se encuentran registrados en la ESPOL, esto puede deberse a que aún no terminan el bachillerato o simplemente tomaron otra opción de estudio universitario.

Por lo general, con respecto a las materias básicas de Ingeniería, no todos los estudiantes aprueban las materias a la primera vez que la cursan, o en la segunda o tercera; por ello se tomó en consideración las notas que se obtuvo en cada vez que fue tomada la materia, es decir, aparecerán cuatro variables por cada materia, ya que en los reglamentos de la ESPOL, determina que una materia puede ser cursada hasta por una cuarta ocasión.

En la construcción de estas nuevas variables hay que evitar que se originen vacíos en los registros, por ej.: si un estudiante aprobó en la primera vez, las otras casillas (2da, 3era y 4ta vez) estarían vacías, si un estudiante tomo el curso pero no lo aprobó y no lo tomo de nuevo, también provocaría que haya datos faltantes.

Por está razón, para evitar datos faltantes se realizó una imputación de datos, la cual consistió en completar los datos con la nota máxima obtenida por el estudiante en la materia, ya sea que la haya aprobado o no.



## 2.2. Análisis Descriptivo

### 2.2.1. Conceptos Básicos

Para entender los términos estadísticos utilizados en análisis posteriores, se debe conocer algunos conceptos básicos citados a continuación.

El proceso que se realiza para obtener una observación o medición cualquiera es lo que se denomina **Experimento**. Un experimento está asociado a varios eventos elementales o también denominados resultados posibles.

El conjunto de todos los resultados posibles de un experimento se llama **espacio muestral**, denotado por  $\Omega$ . A todo subconjunto  $A \subset \Omega$  es llamado evento;  $\Omega$  es un evento cierto,  $\emptyset$  un evento imposible. Si  $\omega \in \Omega$  entonces  $\omega$  es llamado un evento simple. Una clase  $A$  de subconjunto  $\Omega$  es llamada álgebra de subconjuntos de  $\Omega$ , si satisface las siguientes propiedades:

1.  $\Omega \in A$
2. Si  $A \in A$  entonces  $A^c \in A$
3. Si  $A \in A$  y  $B \in A$  entonces  $A \cup B \in A$

Además si cumple que:

4. Si  $A_n \in A$  para  $n=1,2,3,\dots$ , entonces  $\prod_{n=1}^{\infty} A_n \in A$

Es llamada una  $\sigma$ -álgebra de subconjuntos de  $\Omega$ .

Una función  $P$  definida en una  $\sigma$ -álgebra  $A$  es llamada medida de probabilidad en  $A$  o simplemente probabilidad en  $A$  si cumple que:

1.  $P(A) \geq 0$
2.  $P(\Omega) = 1$
3. Si  $A_1, \dots, A_n$  son disjuntos (2 a 2) entonces

$$P\left(\bigcup_{k=1}^n A_k\right) = \sum_{k=1}^n P(A_k)$$

(dos eventos son disjuntos 2 a 2, si son mutuamente excluyentes. i.e.  $A_i \cap A_j = \emptyset$ ,  $i \neq j$ ).

Una **variable aleatoria**  $X$  en un espacio de probabilidad  $(\Omega, S, P)$  es una función definida en  $\Omega$  tal que  $[X \leq x] = \{\omega \in \Omega / X(\omega) \leq x\}$  es un evento aleatorio para todo  $x \in \mathbb{R}$ ; i.e.,  $X: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ , es una variable aleatoria si  $[X \leq x] \in S \quad \forall x \in \mathbb{R}$ .

La función de distribución para una variable aleatoria  $X$  se define por:

$$F_X(x) = P(X \leq x)$$

La variable aleatoria  $X$  puede ser **discreta** si y sólo si le otorgan valores finito o infinito contable  $\{x_1, x_2, \dots\} \subset \mathbb{R}$  tal que  $X(\omega) \in \{x_1, x_2, \dots\} \forall \omega \in \Omega$ . La función de probabilidad de una variable aleatoria discreta es:

$$F_X(x) = P(X \leq x) = \sum_{t \leq x} p(t)$$

Una variable aleatoria es (absolutamente) continua si existe una función  $f(x) \geq 0$  tal que:

$$F_X(x) = \int_{-\infty}^x f(t) \, dt, \forall x \in \mathbb{R}$$

En este caso decimos que  $f$  es una función de probabilidad de  $X$  o simplemente la densidad de  $X$ .

Parte de esta investigación consistirá en el estudio de las observaciones y sus características que estas poseen, así pues tenemos que el conjunto total de observaciones correspondientes a una característica de interés se llama **Población**, a la cual se le extrae un subconjunto de la población que contiene las observaciones obtenidas mediante una selección a la cual se le llama **Muestra** de la población.



Una forma estadística de describir las características de la población es por medio de ciertos valores llamados **Parámetros**, en general estos parámetros no son fáciles de encontrar, por ello se utilizan ciertas variables aleatorias para estimarlos, las cuales son denominadas **Estimadores**, en general los estimadores se basan en los datos de una muestra.

Si  $X$  es una variable aleatoria discreta,  $f(x)$  es el valor de la función de probabilidad en  $x$  y  $g(x)$  es una función de  $x$ , se define el **valor esperado** de  $g(x)$  como una transformación de  $E$  sobre  $g(x)$ , tal que:

$$E[g(x)] = \sum_x f(x) \cdot g(x) dx$$

Si  $X$  una variable aleatoria continua con densidad de probabilidad  $f(x)$ , y  $g(x)$  una función de  $x$ , el valor esperado de  $g(x)$  es la transformación de  $E$  sobre  $g(x)$ , tal que:

$$E[g(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot g(x) dx$$

El **r-ésimo momento con respecto al origen** de la variable aleatoria  $X$  es el valor esperado de  $x^r$ , representado por  $\mu'_r$ , así pues se tiene para  $X$  discreta:

$$\mu'_r = E(x^r) = \sum_x x^r \cdot f(x) \quad , r = 0, 1, 2, \dots$$

para  $X$  continua

$$\mu'_r = E(x^r) = \int_{-\infty}^{\infty} x^r \cdot f(x) dx$$

El **r-ésimo momento con respecto a la media** de la variable aleatoria  $X$  es el valor esperado de  $(x-\mu)^r$ , representado por  $\mu_r$ , se tiene para  $X$  discreta:

$$\mu_r = E[(x-\mu)^r] = \sum_x (x-\mu)^r \cdot f(x) \quad , r = 0, 1, 2, \dots$$

para  $X$  continua:

$$\mu_r = E[(x-\mu)^r] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu)^r \cdot f(x) dx$$

Entre los principales parámetros poblacionales tenemos a la **Media poblacional** que se define como:

$$\mu = \sum_{-\infty}^{\infty} x \cdot P(X = x) \quad , X \text{ una variable aleatoria discreta}$$

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx \quad , X \text{ es una variable aleatoria continua}$$

El estimador más usado de la media poblacional es la **media aritmética** que es el promedio de  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ,  $n$  observaciones de una muestra de la población:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Otro parámetro poblacional es la **Mediana** que se define de la siguiente manera: Cuando  $X$  es una variable aleatoria continua es el valor central  $X_{1/2}$  de una distribución:

$$\int_{-\infty}^{X_{1/2}} f(x) dx = 1/2$$

donde  $f(x)$  es la función de densidad de la variable aleatoria  $X$ .

Donde el estimador de la mediana es el valor que posee  $X_{(n/2)}$ , donde  $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n/2)}, \dots, X_{(n)}$ ,  $n$  observaciones ordenadas de una muestra, si  $n$  es impar se toma el promedio de las dos observaciones de la mitad.

La **varianza poblacional** ( $\sigma^2$ ) Medida de variabilidad que se define como la media del cuadrado de las diferencias de las observaciones con respecto a la media poblacional;

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2]$$

Una medida de dispersión de las observaciones alrededor de la media poblacional es la **Desviación Estándar**, definiéndose como la raíz cuadrada positiva de la varianza poblacional:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Se define la **covarianza** entre  $X$  y  $Y$  como:

$$\text{Cov}(X, Y) = E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]$$

Una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias  $X$  y  $Y$  es el **Coefficiente de correlación**, definido por :

$$\rho = \frac{\text{Cov}[X, Y]}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Otro parámetro poblacional es el **Sesgo** que mide la simetría de la distribución de los datos de una población alrededor de la media.

El sesgo se calcula como:  $\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$

Si el **Sesgo es positivo** quiere decir que los datos se sesgan hacia la derecha, si el **Sesgo es negativo** los datos se sesgan hacia la izquierda y si el **Sesgo es cero**: Se dice que los datos tienen distribución simétrica, entonces la media, la mediana y la moda son iguales.

La **Kurtosis** mide la picudez de la distribución de los datos de una población.

La Kurtosis se calcula como:  $\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4}$

Si la distribución de los datos posee la forma de una distribución normal se denomina **Mesocúrtica**, si la distribución es achatada con respecto a una normal se denomina **Platicúrtica**, y **Leptocúrtica** si la distribución es más puntiaguda que una normal.

**Prueba de hipótesis:** Se utiliza para comprobar si las conjeturas con respecto a la distribución o los parámetros de una población son ciertas o no. La conjetura que se busca aceptar o rechazar se denomina **hipótesis nula ( $H_0$ )**, y la conjetura que se constatará se denomina **hipótesis alterna ( $H_1$ )**.

La región o área que se utiliza para realizar esta inferencia se llama **región crítica de la prueba**, que representa un subconjunto  $R^n$ , tal que:

$$C = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n / \text{rechaza } H_0\}$$

Para reconocer si una prueba es rechazada o no se utiliza el **Valor p** que es el mínimo nivel de significancia de la prueba.

Una prueba estadística de hipótesis que se aplica cuando se quiere verificar si la distribución de una población es la **Prueba de Kolmogorov-Smirnov**, cuyo estadístico de prueba es:

$$D = \max |\hat{F}(X_i) - F_0(X_i)|$$

donde  $F_0(X_i)$  es la distribución acumulada propuesta en  $H_0$  y

$\hat{F}(X_i)$  es la distribución empírica que se define de la siguiente

manera:

$$\hat{F}(X) = \begin{cases} 0 & X < X_{(1)} \\ k/n & X_{(k)} \leq X < X_{(k+1)} \\ 1 & X_{(n)} \leq X \end{cases}$$

donde  $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$  es la notación de la serie de datos ordenados.

### 2.3. Análisis de Varianza

El método de Análisis de Varianza trata de analizar la variación de una respuesta y de asignar porciones de esta variación a cada de las variables de un conjunto de variables independientes.

El modelo a aplicar es Análisis de Varianza de un Factor y se denomina así porque solo se considera el efecto de un factor sobre variable a ser explicada.

El procedimiento de este análisis consiste en la extracción de una muestra aleatoria  $n$ , a la cual esta siendo afectada por  $k$  niveles o tratamientos del factor, este procedimiento cumple el siguiente modelo:

Sea  $y_{ij}$  variables aleatorias independientes (muestra aleatoria) proveniente de una población normal con media  $\mu_i$  y varianza  $\sigma^2$ , siendo  $i=1,2, \dots, k$  ( $k$  número de niveles o tratamientos del factor);  $j=1,2, \dots, n$  ( $n$  es el número de la muestra), entonces tenemos que:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde  $y_{ij}$  es la  $(ij)$ -ésima observación,  $\mu$  es un parámetro común a todos los tratamientos denominado media global,  $\tau_i$  es el efecto del nivel o tratamiento  $i$ -ésimo y  $\varepsilon_{ij}$  es la componente aleatoria del error, bajo el supuesto de que a media de  $\varepsilon_{ij}$  es igual 0 y la varianza igual a  $\sigma^2$ .

Lo que se desea es probar hipótesis de que hay o no algún efecto de los tratamientos del factor sobre la variable explicada  $y_{ij}$ , es decir:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$$

vs

$$H_1 : \neg H_0$$

La tabla donde se muestran los resultados se denomina *Tabla ANOVA* la cual contiene las sumas cuadráticas (SC) y medias cuadráticas (MC) y grados de libertad, para los tratamientos del Factor y el Error producido por el modelo; el estadístico de la prueba, F con distribución de Fisher, y el nivel de significancia, con el 95 % de confianza. A continuación se presenta en el siguiente cuadro:

Fuente Variación	Suma Cuadrática	Grados de Libertad	Media Cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	SCTr	$k-1$	$SCT/(k-1)$	SCTr/ SCE	Valor de significancia con el 95% de confianza
Error	SCE	$n-k$	$SCE/n-1$		
Total	SCT	$n-1$			

Donde,

$$SCT = \sum_i^k \sum_j^n (y_{ij} - \bar{y})^2$$

$$SCTr = \sum_i^k \sum_j^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$

$$SCE = \sum_i^k \sum_j^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$\bar{y}_i = \sum_j^n \left( \frac{y_{ij}}{n} \right)$$



## 2.4. Análisis Factorial

### 2.4.1. Conceptos Básicos

#### Vector aleatorio

Sean  $X_1, X_2, \dots, X_p$ ,  $p$  variables aleatorias de un estudio. Se define un vector  $p$  variado  $\mathbf{X} \in R^p$ , como aquel que está compuesto por  $p$  variables aleatorias:

$$\mathbf{X}^t = [X_1 \ X_2 \ \wedge \ X_p]$$

#### Matriz de datos

Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  es una muestra tomada de una población de tamaño  $n$  que tiene  $p$  variables o características de interés.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{2n} \\ \cdot & & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & \cdot \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{pn} \end{bmatrix} = [\mathbf{X}_1 \ \mathbf{X}_2 \ \wedge \ \mathbf{X}_n], \quad \mathbf{X}_i \in R^p$$

### Vector de medias

Sea:  $X$  un vector  $p$  variado, es decir, compuesto por  $p$  variables aleatorias, se define a su vector de medias como:

$$\mu = E[X] = \begin{bmatrix} E[X_1] \\ E[X_2] \\ \vdots \\ E[X_p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_p \end{bmatrix}$$

### Matriz de varianzas y covarianzas

Sea un  $X$  vector  $p$  variado, se define para éste la matriz de varianzas y covarianzas como:

$$\Sigma = E[(X - \mu)(X - \mu)^t]$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \text{cov}(X_1, X_1) & \text{cov}(X_1, X_2) & \dots & \dots & \text{cov}(X_1, X_p) \\ \text{cov}(X_2, X_1) & \text{cov}(X_2, X_2) & \dots & \dots & \text{cov}(X_2, X_p) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{cov}(X_p, X_1) & \text{cov}(X_p, X_2) & \dots & \dots & \text{cov}(X_p, X_p) \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \dots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & \dots & \sigma_p^2 \end{bmatrix}$$

donde  $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ , por lo tanto,  $\Sigma$  es simétrica y por tanto diagonalizable ortogonalmente definida positivamente.

### Matriz de correlación

Sea  $\Sigma$  la matriz de varianzas y covarianzas de un vector aleatorio

$X \in \mathbb{R}^p$ , defínase  $V^{1/2}$  como la matriz de desviaciones estándar de  $X$ , como sigue:

$$V^{1/2} = \begin{bmatrix} \sqrt{\sigma_{11}} & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & \sqrt{\sigma_{22}} & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \sqrt{\sigma_{pp}} \end{bmatrix}$$

donde:  $\sqrt{\sigma_{ii}}$  es la desviación estándar de la variable aleatoria  $x_i$ ,

entonces se puede deducir que:

$$\rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \rho_{1p} \\ \rho_{21} & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \rho_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \rho_{p1} & \rho_{p2} & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix} = (V^{1/2})^{-1} \Sigma (V^{1/2})^{-1}$$

donde:  $\rho_{ij}$  es el coeficiente de correlación entre la variable  $X_i$   $i=1,2,\dots,p$  y  $X_j$ ,  $j=1,2,\dots,p$ .

#### 2.4.2. Métodos Factoriales

Es una técnica estadística que tiene como por objetivo general reducir la información obtenida por un número de variables originales en un pequeño grupo de nuevas variables construidas con una pérdida mínima de información.

##### El Modelo Ortogonal de Factores

Sea un vector aleatorio  $X$  de  $p$  variables con un vector de medias  $\mu$  y matriz de varianzas y covarianzas  $\Sigma$ .

El modelo de factores postula que  $X$  es linealmente dependiente sobre un grupo de variables no observables  $F_1, F_2, \dots, F_m$ , llamados factores y  $p$  fuentes de variación,  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ , llamados errores o factores específicos



$$\begin{aligned} \text{Var}(X_i) &= \lambda_{i1}^2 + \Lambda + \lambda_{im}^2 + \psi_i \\ \text{Cov}(X_i, X_j) &= \lambda_{i1}\lambda_{j1} + \Lambda + \lambda_{im}\lambda_{jm} \end{aligned}$$

$$2. \quad \text{Cov}(X, F) = L, \text{ ó}$$

$$\text{Cov}(X_i, F_j) = \lambda_{ij}$$

### Método de Componentes Principales

Es un método multivariado que tiene por objetivo la reducción de datos. En este estudio se lo utilizará como método de estimación de los parámetros  $L$  (matriz de cargas) y  $\Psi$  (varianza específica), de la ecuación que representa la estructura de la matriz de varianzas y covarianzas del modelo de factor ortogonal.

Sea matriz  $\Sigma$  de varianzas y covarianzas o  $\rho$  la matriz de correlación, y sea  $\lambda$  y  $e$  su valor y vector propio respectivamente con  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ , donde  $m < p$  es el número de factores. Entonces la matriz cargas de Los factores esta dad por:

$$\tilde{L} = \left[ \sqrt{\tilde{\lambda}_1} e_1, \sqrt{\tilde{\lambda}_2} e_2, \dots, \sqrt{\tilde{\lambda}_m} e_m \right]$$

La matriz de varianzas específicas está provista por Los elementos diagonales de la matriz  $R-LL$ ,  $R$  es la matriz estimada de correlación.

$$\tilde{\Psi} = \begin{bmatrix} \tilde{\Psi}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \tilde{\Psi}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \tilde{\Psi}_m \end{bmatrix} \quad \text{con} \quad \tilde{\Psi}_i = r_{ii} - \sum_{j=1}^m \tilde{l}_{ij}^2$$

### Rotación de Factores por Varimax

La rotación de factores tiene por objetivo redistribuir la varianza en factores, para un mejor entendimiento de estos. Teóricamente la matriz de carga multiplicada por la una matriz ortogonal representa una matriz rotada.

Se utilizó para este estudio el método de rotación Varimax que maximiza la suma de varianzas de las cargas requeridas en la matriz de factores, por medio de la rotación de los factores teniendo como finalidad en acercamiento de entre altas cargas (+1 o -1) y de algunas cargas cercanas a cero.

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS UNIVARIADO DE LOS DATOS

Una vez realizada la recopilación de los datos, el siguiente paso fue realizar un análisis univariado. Este análisis nos permite de una manera simple la examinación y descripción del comportamiento y la naturaleza de los datos, lo cual permite un mejor desarrollo en la aplicación subsiguiente de algunos métodos y técnicas multivariadas.

La identificación individual de las variables y sobre todo en las pruebas de aptitud que exige criterios de validez, uno de ellos es la normalidad de sus calificaciones.

Dentro de este análisis univariado utilizaremos las siguientes herramientas gráficas:

- Histogramas



- Diagramas de barras.

y las siguientes herramientas analíticas:

- Tablas Porcentuales.
- Tablas de estadísticas descriptivas de las variables:
  - Medidas de Tendencia Central: media, mediana y moda.
  - Medidas de Dispersión: varianza, desviación estándar y rango.
- Prueba de hipótesis para la mediana y moda;
- Prueba de Bondad de Ajuste: Prueba de Kolmogorov - Smirnov (K-S).

Debido a la naturaleza de los datos se han efectuado por separado el análisis univariado correspondiente, así pues tenemos que las variables:

- Demográficas: Análisis descriptivo
- Pruebas de Ingreso y Materias Básicas: Análisis descriptivo y pruebas de hipótesis.

### **3.1. Variables Demográficas**

#### **3.1.1. Análisis Descriptivo**

En esta subsección, se utilizarán como herramientas descriptivas tablas porcentuales y diagramas de barras, ya que las variables: Sexo, Tipo de Colegio y Especialidad fueron descritas como variables nominales.

Una variable que presenta información relevante es la variable provincia, ya que representa el lugar donde el estudiante obtuvo el título de bachiller. En la Tabla III, se ha descrito porcentualmente esta variable con respecto al número de estudiantes, tomando en cuenta la provincia y el cantón.

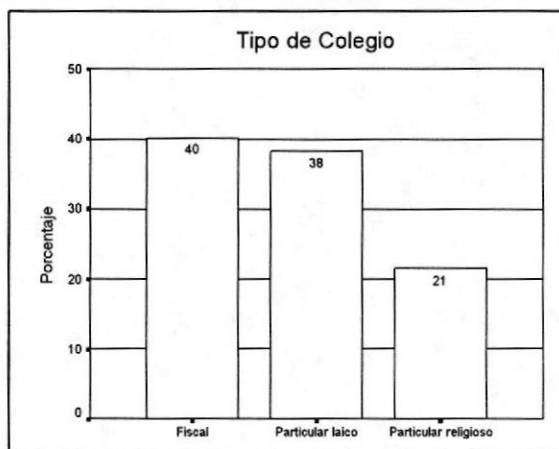
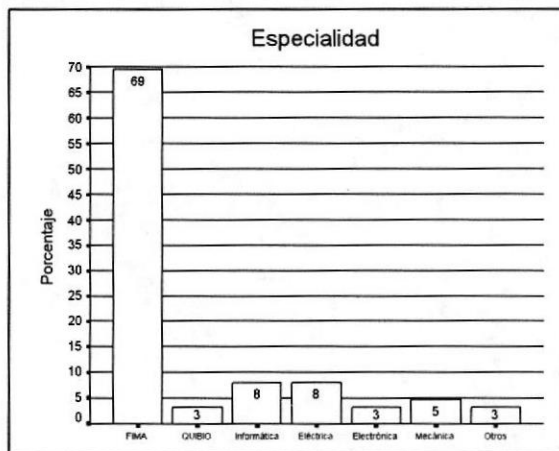
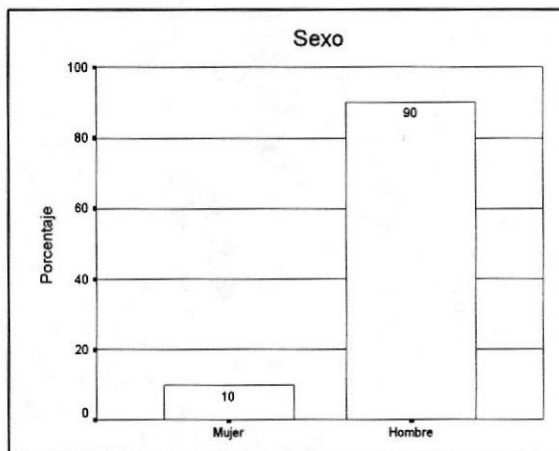
**TABLA III**  
**TABLA PORCENTUAL DE PROVINCIA**

PROVINCIA	CANTÓN	% DE ESTUDIANTES	% DE ESTUDIANTES EXCLUYENDO GUAYAS	PROVINCIA	CANTÓN	% DE ESTUDIANTES	% DE ESTUDIANTES EXCLUYENDO GUAYAS
GUAYAS (85.05%)	GUAYAQUIL	79.44%	-	ESMERALDAS (1.40%)	ESMERALDAS	1.40%	9.38%
	MILAGRO	2.34%	-	CANAR (0.93%)	LA TRONCAL	0.93%	6.25%
	SALINAS	2.34%	-	MANABÍ (1.40%)	CHONE	0.47%	3.13%
	ANCÓN	0.47%	-		MANTA	0.47%	3.13%
	DAULE	0.47%	-		PORTOVIEJO	0.47%	3.13%
EL ORO (5.61%)	MACHALA	4.21%	28.13%	LOJA (1.40%)	LOJA	0.93%	6.25%
	PASAJE	0.93%	6.25%		MACARÁ	0.47%	3.13%
	ZARUMA	0.47%	3.13%	PICHINCHA (0.47%)	SANTO DOMINGO	0.47%	3.13%
LOS RÍOS (2.80%)	BABAHOYO	2.80%	18.75%	OTROS (0.94%)	ALAUSÍ	0.47%	3.13%
					GALÁPAGOS	0.47%	3.13%

Como era de esperarse el área de influencia directa con respecto al ingreso de la ESPOL esta centrada en la provincia del Guayas (85.5%), principalmente en donde se encuentra ubicada las carreras de ingenierías de la ESPOL: Guayaquil (79,44). Las áreas de influencia secundaria fueron otras provincias del Litoral siendo la más representativa la provincia de El Oro con el 37,5% fuera del área de influencia directa, ubicándose como la segunda provincia que posee una cantidad significativa de alumnos ingresados.

Respecto a las otras variables se puede decir que: la participación de las mujeres en el ingreso a las carreras de ingeniería es baja (10%); no existe una diferencia marcada entre la procedencia de colegios particulares (60%) y fiscales (40%).

**GRÁFICO I**  
**DIAGRAMAS DE BARRA DE LA VARIABLE SEXO Y TIPO DE COLEGIO**



## 3.2. Pruebas de Ingreso

### 3.2.1. Métodos Descriptivos

En esta subsección, se utilizarán como herramientas descriptivas tablas de estadísticas descriptivas e histogramas de frecuencia ya que fueron descritas como variables cuantitativas siendo estas las calificaciones de las pruebas de conocimiento y las pruebas de aptitud.

En la Tabla IV se presentan un resumen de los resultados de las estadísticas descriptivas para las variables de ingreso considerando las medidas de tendencia y de dispersión se muestran en forma conjunta en la siguiente tabla:

**TABLA IV**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS PRUEBAS DE INGRESO**

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	MATEMÁTICAS	FÍSICA	QUÍMICA	PAAV	PAAM
<b>MEDIA</b>	65.182	62.266	63.056	57.145	59.034
<b>MEDIANA</b>	64.000	61.000	62.000	58.651	60.000
<b>MODA</b>	60.000	60.000	61.000	66.667	66.667
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	8.619	11.253	8.107	14.549	16.332
<b>VARIANZA</b>	74.281	126.628	65.725	211.667	266.744
<b>SESGO</b>	0.163	0.407	0.116	-0.244	0.141
<b>KURTOSIS</b>	0.622	-0.280	1.016	-0.444	-0.274
<b>RANGO</b>	50.000	55.000	49.000	65.873	81.111

De acuerdo a la tabla se puede observar que para las variables de las pruebas de ingreso se tiene lo siguiente:

### **Matemáticas**

Se observa que la mediana (64) de esta variable esta cercana a la media aritmética (65,182), la moda (60 puntos) coincide con el requerimiento mínimo de aprobación de la materia. La curva de distribución tiene un leve sesgo (0,163) hacia las notas más altas y cierto grado de picudez (kurtosis 0,622); esto es debido a que la mayoría de los estudiantes seguidos en este estudio cumplieron los requerimientos mínimos de la materia.

### **Física**

Se observa que la mediana (61) de esta variable esta cercana a la media aritmética (62.266), la moda (60 puntos) coincide con el requerimiento mínimo de aprobación de la materia. La curva de distribución tiene un leve sesgo (0,407) hacia las notas mas altas y dando un cierta forma acampanada (kurtosis -0,280); esto es debido a que la mayoría de los estudiantes seguidos en este estudio más que cumplir los requerimientos mínimos de la materia lo que tuvo más influencia fué la ponderación que obtuvieron de acuerdo a la calificación de las pruebas de aptitud.

### **Química**

Se observa que la mediana (62) de esta variable esta cercana a la media aritmética (63,056), la moda (61 puntos) es mayor al requerimiento mínimo de aprobación de la materia. La curva de distribución tiene un leve sesgo (0,116) hacia las notas más altas y cierto grado de picudez (kurtosis 1,016), esto es debido a que la mayoría de los estudiantes seguidos en este estudio estuvo repartida en forma mas equilibrada la influencia de los requerimientos mínimos de la materia y de la ponderación que obtuvieron de acuerdo a la calificación de las pruebas de aptitud.

### **Prueba de Aptitud Verbal**

Se observa que la mediana (58,651) de esta variable esta cercana a la media aritmética (57,145). Es de notar que la dispersión de las notas es alta (desviación estándar 14,549) debido a que se estaban evaluando aptitudes. La curva de distribución tiene un leve sesgo (-0,244) hacia las notas mas bajas y cierto grado de aplanamiento (Kurtosis -0,444); esto es debido a que las notas reflejan que la aptitud verbal se distribuye con mayor normalidad.

### **Prueba de Aptitud Matemática**

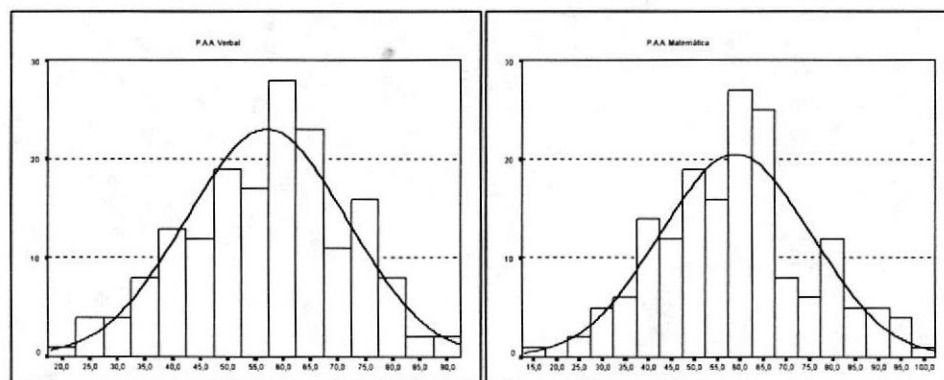
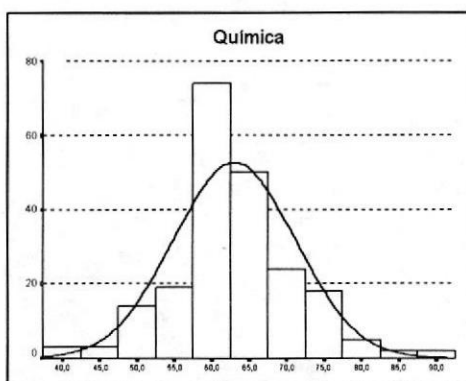
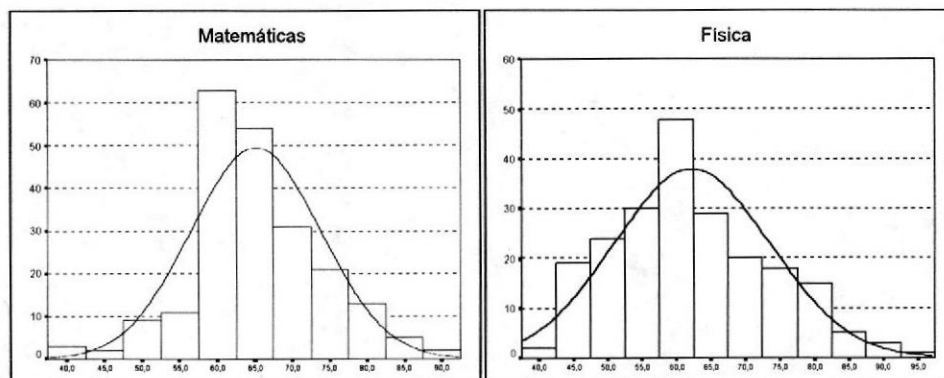
Se observa que la mediana (60) de esta variable esta cercana a la media aritmética (59,034). Es de notar que la dispersión de las notas es alta (desviación estándar 16,332) debido a que se estaban evaluando aptitudes. La curva de distribución tiene un leve sesgo (0,141) hacia las notas mas bajas y cierto grado de aplanamiento (kurtosis -0,274); esto es debido a que las notas reflejan que la aptitud matemática se distribuye con mayor normalidad.

Se observó algunas calificaciones de las pruebas de conocimiento que obtuvieron notas menores a la mínima de aprobación, esto ocurre ya que a estos estudiantes se les sumó al promedio de las materias de conocimiento los puntos obtenidos por la prueba de aptitud, bajo su ponderación y restricciones mencionadas en el Capítulo 1, subsección 1.3.2.

En el Gráfico II se presenta una comparación gráfica entre las variables de ingreso utilizando histogramas de frecuencia.



## GRÁFICO II HISTOGRAMAS DE LAS PRUEBAS DE INGRESO



### 3.2.2. Pruebas de Hipótesis

Del análisis efectuado en la subsección anterior es de resaltar en este grupo de variables, que la mediana se acerca a la media en todas las variables lo mismo se observa en menor grado para la moda.

Además se observa en los histogramas de frecuencia presentado en el Gráfico II, que las variables representadas por las pruebas de aptitud poseen una distribución acampanada, pudiendo concluir, a priori, que poseen una distribución normal.

Estas conjeturas acerca de la distribución de estos parámetros se las va tratar de una manera más formal mediante pruebas de hipótesis.

Se realizarán dos pruebas de hipótesis, la primera concerniente a la comparación de la moda y mediana con respecto a la media mediante pruebas de hipótesis simple; y la segunda es concerniente a la normalidad de la distribución.

### Pruebas de Hipótesis para la Mediana y la Moda

El tipo de prueba de hipótesis utilizada es simple, donde la hipótesis nula que se plantea es que si los estimadores: Mediana y Moda posee un valor significativamente igual a la media contra la hipótesis alterna de que no lo es.

En la Tabla V se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis efectuadas considerando el estadístico de prueba t de Student, los grados de libertad, valor p y la diferencia entre el estimador (mediana o moda) y la media.

**TABLA V**  
**PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA MEDIANA Y LA MODA**

VARIABLE	NOMBRE DEL ESTIMADOR	VALOR DEL ESTIMADOR	MEDIA	t	GRADOS DE LIBERTAD	VALOR P	DIFERENCIA
MATEMÁTICAS	Moda	60	65.182	8.796	213	0.000	5.20
	Mediana	64		2.007	213	0.046	1.20
FISICA	Moda	60	62.266	2.946	213	0.004	2.30
	Mediana	61		1.646	213	0.101	1.30
QUÍMICA	Moda	61	63.056	3.710	213	0.000	2.10
	Mediana	62		1.906	213	0.058	1.10
PAAV	Moda	66.67	57.145	-8.488	167	0.000	-9.525
	Mediana	58.65		-1.342	167	0.182	-1.506
PAAM	Moda	66.67	59.034	-6.060	167	0.000	-7.636
	Mediana	60		-0.767	167	0.444	-0.966

Las pruebas de hipótesis presentadas indican que la mediana es un buen estimador de tendencia central en las pruebas de *Física* ( $p=0,101$ ) y las de *aptitud verbal*, *PAAV* ( $p=0,182$ ) y *matemática*, *PAAM* ( $p= 0,444$ ).

La moda no es buen estimador de tendencia central ( $p \neq 0$ ), esto es debido a que la mayoría de los estudiantes seguidos en este estudio tuvieron que cumplir requerimientos mínimos de aprobación.

### Prueba de Bondad de Ajuste

Estas pruebas de hipótesis son aplicadas para verificar si la distribución de las variables de estudio se puede ajustar a una distribución conocida, para este caso utilizaremos como distribución de ajuste a la distribución normal y para los parámetros (media y varianza) utilizaremos los estimadores de cada variable obtenidos en la Tabla IV. El método utilizado para este análisis es la Prueba de Kolmogorov Smirnov (K-S).

En la Tabla VI se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis efectuadas considerando el estadístico de prueba Z (K-S), la media, desviación estándar.

**TABLA VI**

**TABLA DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS DE KOLMOGOROV SMIRNOV (K-S)**

VARIABLE	N	ESTIMADORES NORMALES		Z (k-s)	VALOR P (2-COLAS)
		MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
Matemáticas	214	65.18224	8.61865	1.95497	0.00096
Física	214	62.26635	11.25292	1.03186	<b>0.19614</b>
Química	214	63.05608	8.10707	2.02091	0.00057
PAAV	169	58.80661	15.15685	0.90441	<b>0.38667</b>
PAAM	169	58.68425	16.90494	0.98528	<b>0.28612</b>

Las pruebas de bondad de ajuste presentadas confirman lo que gráficamente se había apreciado: las variables que más parecen provenir de distribuciones normales son Física ( $p=0,19614$ ), la prueba de aptitud académica verbal ( $p=0.38667$ ) y aptitud académica matemática ( $p=0.28612$ ).

En Matemáticas y Química se ve realmente afectado por los requerimientos mínimos de la materia.

### **3.3. Materias Básicas**

#### **3.3.1. Análisis Descriptivo**

En esta subsección, se utilizarán como herramientas descriptivas tablas de estadísticas descriptivas e histogramas de frecuencia ya que fueron descritas como variables cuantitativas tomando valores reales de 1 a 100 puntos. Se tomó en consideración como materias básicas de ingeniería de la ESPOL a: Cálculo I y II, Física I y II, Álgebra Lineal y Química I.

En la Tabla VII se presentan un resumen de los resultados de las estadísticas descriptivas para las variables que representan las

materias de Cálculo I y II considerando el desdoblamiento de la materia.

**TABLA VII**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS CÁLCULO I Y CÁLCULO II (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> Y 4<sup>ta</sup> VEZ)**

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	PCIM1	PCIM2	PCIM3	PCIM4	PCIIM1	PCIIM2	PCIIM3	PCIIM4
<b>MEDIA</b>	63.077	67.277	67.862	68.251	44.960	59.483	61.889	62.010
<b>MEDIANA</b>	63.500	66.000	66.500	66.500	46.000	62.250	63.000	63.000
<b>MODA</b>	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	12.324	8.421	7.663	7.015	17.487	17.786	16.167	15.820
<b>VARIANZA</b>	151.884	70.918	58.722	49.216	305.809	315.620	261.364	250.279
<b>SESGO</b>	-0.552	0.004	0.325	0.990	-0.226	-1.196	-1.425	-1.338
<b>KURTOSIS</b>	0.843	1.260	1.692	0.467	-0.150	2.101	3.275	2.983
<b>RANGO</b>	76.000	55.000	58.500	34.500	95.000	97.500	97.500	93.500
<b># DE ESTUDIANTES QUE CURSARON</b>	213				202			
<b># (%) DE ESTUDIANTES QUE APROBARON</b>	213 (100%)				161 (79,7%)			
<b>PORCENTAJE DE APROBACIÓN DE LA MATERIA X VEZ TOMADA</b>	70.4%	23.5%	4.2%	1.9%	25.7%	44.6%	9.4%	0.0%

De acuerdo a la tabla se puede observar lo siguiente referente a estas materias:

### **Cálculo I (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> vez)**

La mayor parte de las personas estudiadas aprobaron máximo a la segunda vez (93,9%), siendo alto el grado de aprobación en la primera vez (70,4%). Hay una disminución importante de la dispersión de las notas de la primera vez (desviación estándar 12,324) a la segunda vez (desviación estándar 8,421).

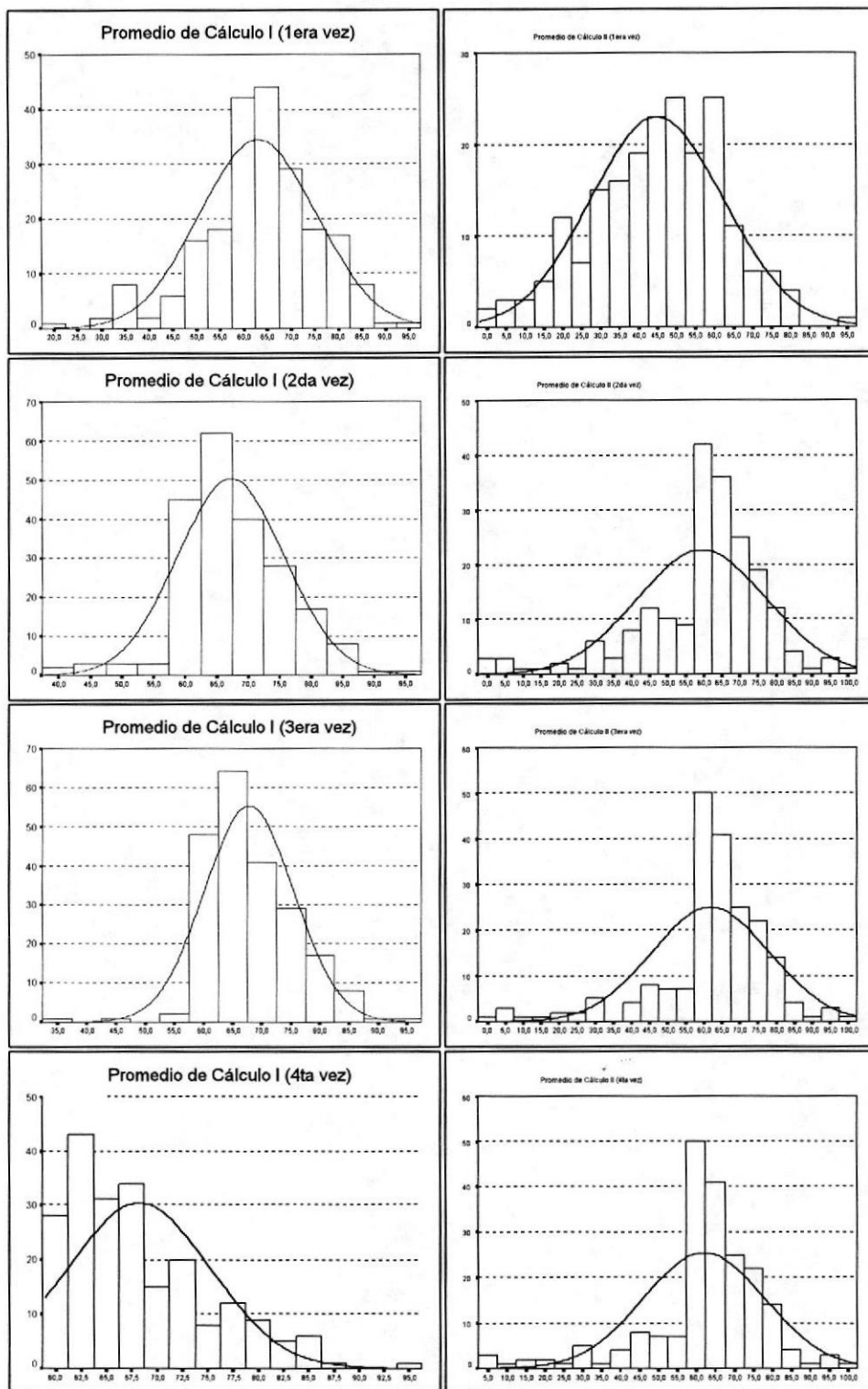
### **Cálculo II (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> vez)**

La mayor parte de las personas estudiadas aprobaron máximo a la segunda vez (70,3%), siendo alto el grado de aprobación en la segunda vez (44,6%). Hay un aumento de la media de la primera vez (44,96) a la segunda vez (59.483), sin embargo no se redujo la dispersión de los datos (desviación estándar de 17,487 a 17,766); esto puede ser por la inclusión de valores aberrantes o valores extremos, ya que lo lógico sería que la dispersión se reduciría a medida de que se vaya tomando nuevamente la materia, asimismo el sesgo se vuelve más negativo (-0.226 a -1.196), cuando lo lógico sería que a medida de que se va tomando la materia de nuevo las notas tiende a aumentar, esto induce la sospecha de que existen valores extremos menores que la media.

Se esperaría un mejor rendimiento en Cálculo II, considerando que en Cálculo I, el porcentaje de aprobación en la primera vez fue alto y se obtuvo una gran concentración de notas entre 60 y 75 puntos. Esto induce a sospechar de una cierta influencia de los conocimientos de otras materias en Cálculo II.

En el Gráfico III se presenta una comparación grafica entre las variables que representan las materias de Cálculo I y II.

**GRÁFICO III**  
**HISTOGRAMAS DE CÁLCULO I Y CÁLCULO II (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> Y 4<sup>ta</sup> VEZ)**





En la Tabla VIII se presentan un resumen de los resultados de las estadísticas descriptivas para las variables que representan las materias de Física I y II considerando el desdoblamiento de la materia.

**TABLA VIII**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE FÍSICA I Y FÍSICA II (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> Y 4<sup>ta</sup> VEZ)**

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	PFIM1	PFIM2	PFIM3	PFIM4	PFIM1	PFIM2	PFIM3	PFIM4
MEDIA	60.888	65.710	67.215	67.526	58.900	64.018	64.761	64.761
MEDIANA	62.500	65.000	65.500	65.500	62.000	63.500	64.000	64.000
MODA	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	13.838	9.628	7.723	7.816	14.013	11.447	11.368	11.368
VARIANZA	191.504	92.664	59.644	58.003	196.360	131.027	129.224	129.224
SESGO	-0.713	-0.319	0.870	0.961	-0.681	-1.009	-1.078	-1.078
KURTOSIS	1.143	2.040	1.082	1.011	0.224	2.952	3.355	3.355
RANGO	79.500	61.000	48.000	48.000	73.000	76.500	76.500	76.500
# DE ESTUDIANTES QUE CURSARON	214				190			
# (%) DE ESTUDIANTES QUE APROBARON	212 (99,1%)				164 (86,3%)			
PORCENTAJE DE APROBACIÓN DE LA MATERIA X VEZ TOMADA	68.7%	22.0%	7.0%	1.4%	65.8%	17.9%	2.6%	0.0%

De acuerdo a la tabla se puede observar en estas variables se tiene lo siguiente:

### Física I (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> vez)

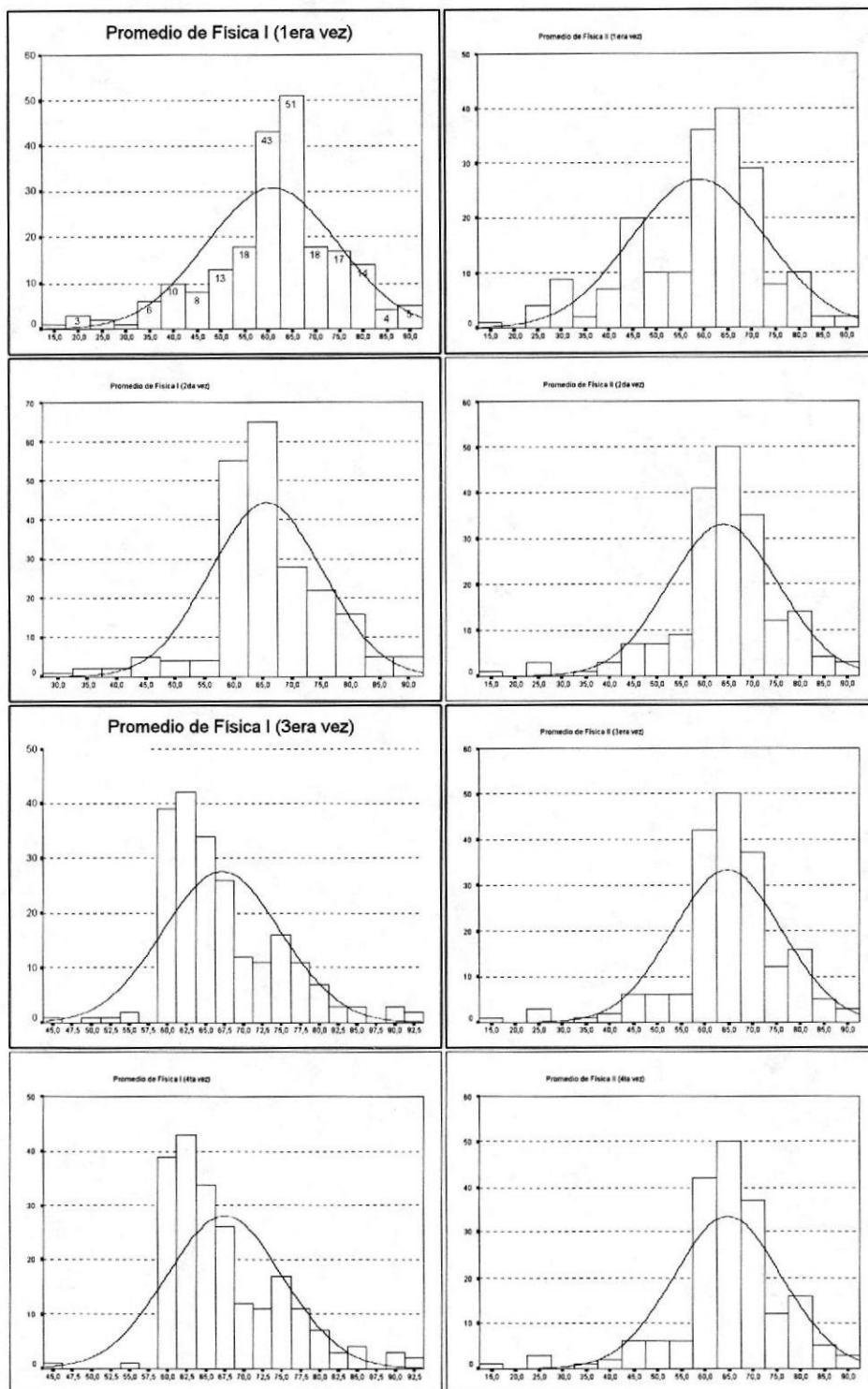
La mayor parte de las personas estudiadas aprobaron máximo a la segunda vez (90,7%), siendo alto el grado de aprobación en la primera vez (68,7%). Hay una disminución en la dispersión de las notas de la primera a la segunda vez (desviación estándar 13,838 a

9,626), aumentando la media de 60,888 a 65,710 puntos, donde el nivel de aprobación mejora de cierta manera en el segundo grupo de estudiantes comprobándose en la disminución del sesgo (de  $-0,713$  a  $-0,319$ ). Cabe resaltar que el rango en la 3era vez existe un aumento considerable en el rendimiento inclusive aumentando la media el sesgo se vuelve positivo es decir que los estudiantes que tomaron por tercera vez obtuvieron muy buenas notas, como representa el 7% de los estudiantes puede considerarse como valores extremos o aberrantes.

### **Física II (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> vez)**

La mayor parte de las personas estudiadas aprobaron máximo a la segunda vez (83.7%), siendo alto el grado de aprobación en la primera vez (65,8%). Hay un aumento significativo en la media de la primera vez (58,9) a la segunda vez (64,018), reduciéndose la dispersión de los datos (desviación estándar de 14,013 a 11,447); pese a la mejora de notas entre 60 y 70 puntos confirmado por la kurtosis (2,952) en la segunda vez, se detecta ciertas notas muy bajas con relación a la media detectada por el sesgo negativo ( $-1,009$ ) esto puede ser por la inclusión de valores aberrantes o valores extremos.

## GRÁFICO IV

HISTOGRAMAS DE FÍSICA I, FÍSICA II (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> VEZ)

En la Tabla IX se presentan un resumen de los resultados de las estadísticas descriptivas para las variables que representan las materias de Álgebra Lineal y Química I considerando el desdoblamiento de las materias.

**TABLA IX**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS ÁLGEBRA LINEAL Y QUÍMICA I (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> Y 4<sup>ta</sup> VEZ)**

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	PAM1	PAM2	PAM3	PAM4	PQIM1	PQIM2	PQIM3	PQIM4
MEDIA	46.205	60.867	63.131	63.290	64.741	67.565	69.180	69.806
MEDIANA	48.750	62.500	63.500	63.500	65.500	68.250	69.000	69.000
MODA	60.500	60.000	60.000	60.000	60.500	60.500	60.500	60.500
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	19.161	13.703	11.792	11.335	12.772	14.184	11.036	9.016
VARIANZA	367.128	187.778	139.046	128.473	163.121	201.181	121.786	81.297
SESGO	-0.447	-1.540	-1.664	-1.515	-0.442	-2.145	-1.561	0.344
KURTOSIS	-0.660	3.950	5.925	5.337	1.352	8.450	10.167	2.023
RANGO	85.000	92.000	82.000	80.000	78.000	97.500	97.500	65.500
# DE ESTUDIANTES QUE CURSARON	210				214			
# (%) DE ESTUDIANTES QUE APROBARON	176 (83,8%)				209 (97,7%)			
PORCENTAJE DE APROBACIÓN DE LA MATERIA X VEZ TOMADA	35.2%	39.5%	9.0%	0.0%	72.9%	19.2%	4.7%	0.9%

De acuerdo a la tabla se puede observar en estas variables se tiene lo siguiente:

### Álgebra Lineal (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> vez)

Existe un bajo rendimiento en la primera vez de Álgebra Lineal con el 35,2 % de aprobación, el cual aumenta substancialmente en la segunda a un 39.5% (es de notar que este aumento es alto al considerarse una repetición) esto se puede notar al pasar la media de 46,205 a 60,667 y la desviación estándar al bajar de 19 a 13,7;

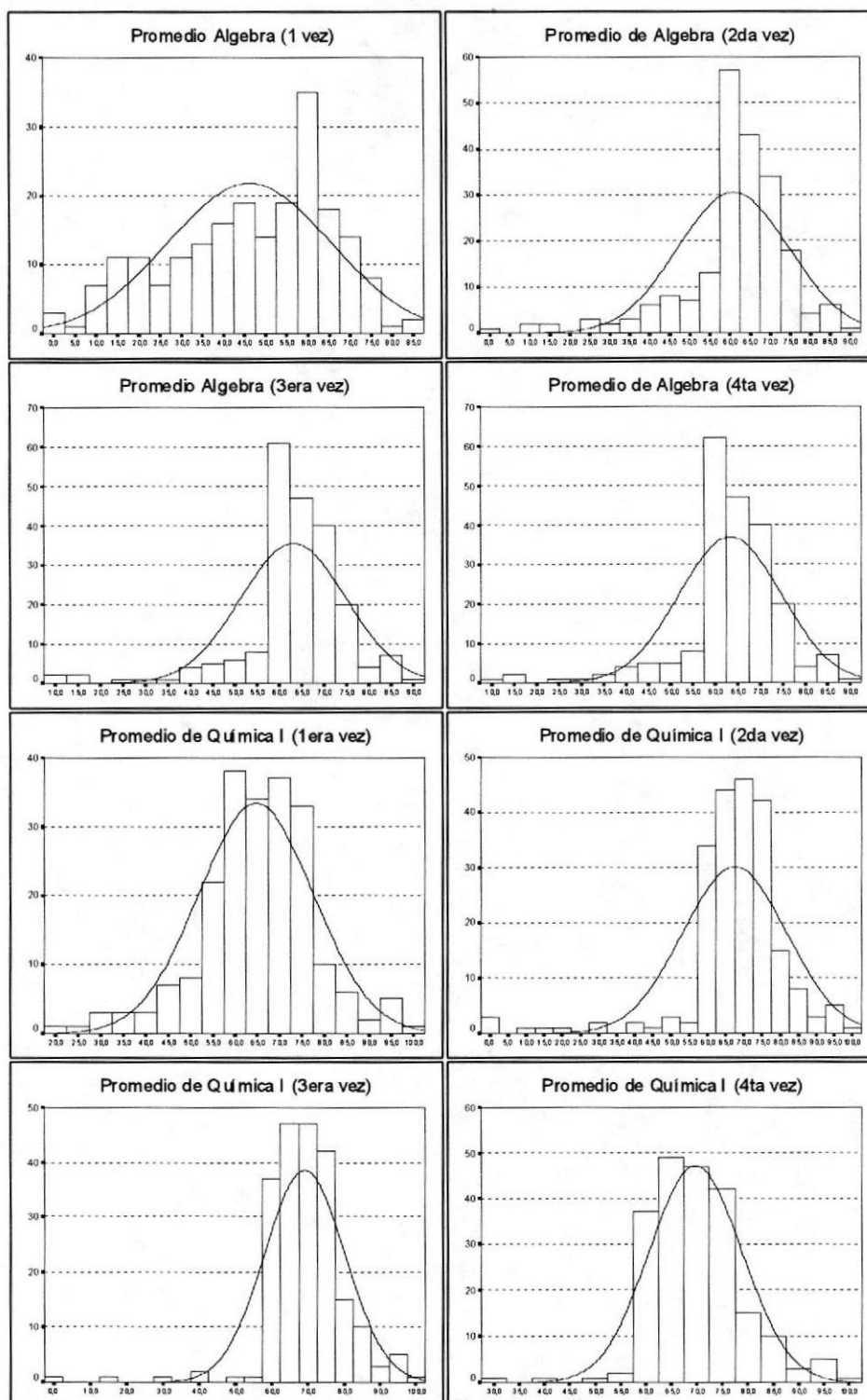
es de observar que el sesgo se vuelve más negativo de -0,447 a -1,540 lo cual se puede atribuir a la aparición de valores aberrantes y extremos constatado por su rango de 92 puntos. En la tercera vez continua su aumento la media, pero se reduce los valores extremos, dado que su rango bajo 10 puntos.

### **Química I (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> vez)**

Química I en la primera vez tomada, se ubica como la materia con mayor índice porcentual de aprobación con el 72,9%, con media de 64,7 puntos y una desviación estándar de 12,772, con sesgo negativo y kurtosis positivo. Lo que notamos en esta materia en las veces tomadas subsiguientes, es una posible contaminación en los datos con datos extremos, corroborado por el rango y el inestable valor que tiene el sesgo y la kurtosis.

En el Gráfico V se presenta una visualización gráfica de las variables que representan las materias de Álgebra y Química I

## GRÁFICO V

HISTOGRAMAS DE ÁLGEBRA LINEAL, QUÍMICA I (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup>, 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> VEZ)

Comparando todas las materias básicas, lo que se resalta es que la mayoría de los estudiantes aprueban entre la primera y segunda vez, siendo Álgebra y Cálculo II las materias que se sitúan entre de menor porcentaje de aprobación en la primera vez y Química I la materia con mayor porcentaje en la primera vez.

### **3.3.2. Pruebas de Hipótesis**

Como vimos en la subsección anterior, la mediana poseía valores cercanos a la media, vista de esta manera, a priori se puede decir que la mediana resultaría un buen estimador de la media, además dado los casos de la existencia de valores aberrantes o valores extremos en las materias se puede decir que la mediana posee características de robustez.

Los histogramas de frecuencia de las variables que representan las materias básicas y vistas en los Gráficos III, IV y V, se puede decir, a priori, que las únicas distribuciones que tienden a ser normales son aquellas variables representada por Cálculo II y Química I en la primera vez y de cierta manera Cálculo I.



Estas conclusiones a priori se confirmarán de una manera técnica por medio de pruebas de hipótesis simple de comparación de la media con respecto a la moda y mediana, y la prueba de bondad de ajuste a una distribución normal.

### **Pruebas de Hipótesis para la mediana y la moda**

En la Tabla X se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis efectuadas considerando el estadístico de prueba  $t$  de Student, los grados de libertad, valor  $p$  y la diferencia entre el estimador (mediana o moda) y la media.

Las pruebas de hipótesis presentadas en la Tabla X indican que la mediana ha sido en la mayoría de las variables un buen estimador (valores sombreados) y en algunos casos robusto.

En cambio la moda sólo en dos casos fue un estimador aceptable, en Física I y II en la primera vez, Álgebra y Cálculo II ambas en la segunda vez que la tomaron.



**TABLA X**  
**PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA MEDIANA Y LA MODA**

VARIABLE	NOMBRE DEL ESTIMADOR	VALOR DEL ESTIMADOR	MEDIA	t	GRADOS DE LIBERTAD	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	DIFERENCIA
A 1	Moda	80,5	46,205	-10,812	209	0,000	-14,295
	Mediana	48,75		-1,925	209	0,056	-2,545
A2	Moda	60	60,867	0,917	209	0,360	8,7E-01
	Mediana	62,5		-1,727	209	0,088	-1,633
A3	Moda	60	63,131	3,848	209	0,000	3,131
	Mediana	63,5		-0,454	209	0,651	-0,369
A4	Moda	80	63,290	4,207	209	0,000	3,290
	Mediana	63,5		-0,268	209	0,789	-0,210
CI1	Moda	60	63,077	3,644	212	0,000	3,077
	Mediana	63,5		-0,500	212	0,617	-0,423
CI2	Moda	60	67,277	12,611	212	0,000	7,277
	Mediana	68		2,213	212	0,028	1,277
CI3	Moda	60	67,862	14,972	212	0,000	7,862
	Mediana	66,5		2,593	212	0,010	1,362
CI4	Moda	60	68,251	17,165	212	0,000	8,251
	Mediana	66,5		3,643	212	0,000	1,751
CII1	Moda	60	44,960	-12,223	201	0,000	-15,040
	Mediana	46		-0,845	201	0,399	-1,040
CII2	Moda	60	59,483	-0,414	201	0,679	-0,517
	Mediana	62,25		-2,214	201	0,028	-2,767
CII3	Moda	60	61,889	1,660	201	0,098	1,889
	Mediana	63		-0,977	201	0,330	-1,111
CII4	Moda	60	62,010	1,806	201	0,072	2,010
	Mediana	63		-0,889	201	0,375	-0,990
FI1	Moda	60	60,868	0,939	213	0,349	0,868
	Mediana	62,5		-1,704	213	0,090	-1,612
FI2	Moda	60	65,710	8,678	213	0,000	5,710
	Mediana	65		1,079	213	0,282	0,710
FI3	Moda	60	67,215	13,667	213	0,000	7,215
	Mediana	65,5		3,248	213	0,001	1,715
FI4	Moda	60	67,526	14,455	213	0,000	7,526
	Mediana	65,5		3,891	213	0,000	2,026
FII1	Moda	60	58,900	-1,082	189	0,281	-1,100
	Mediana	62		-3,049	189	0,003	-3,100
FII2	Moda	60	64,018	4,839	189	0,000	4,018
	Mediana	63,5		0,624	189	0,533	0,518
FII3	Moda	60	64,761	5,772	189	0,000	4,761
	Mediana	64		0,922	189	0,358	0,761
FII4	Moda	60,5	64,761	5,772	189	0,000	4,761
	Mediana	64		0,922	189	0,358	0,761
QI1	Moda	60,5	64,741	4,857	213	0,000	4,241
	Mediana	65,5		-0,670	213	0,385	-0,759
QI2	Moda	60,5	67,565	7,287	213	0,000	7,065
	Mediana	68,25		-0,706	213	0,481	-0,685
QI3	Moda	60,5	69,180	11,506	213	0,000	8,680
	Mediana	69		0,238	213	0,812	0,180
QI4	Moda	60,5	69,808	15,099	213	0,000	9,306
	Mediana	69		1,308	213	0,192	0,806

Se presentaron algunas excepciones de considerar a la mediana y la moda como estimadores aceptables de la media, esto es dado por su bajo nivel de significancia cercana a cero fueron Cálculo I: 2da, 3era y 4ta vez, Física I: 3era y 4ta vez dada por la inclusión de valores extremos entre los datos. Otro caso es la materia Álgebra Lineal en la primera vez, que como vimos en los

resultados descriptivos, no tiene una tendencia central muy definida confirmándose en el bajo valor  $p$  en las pruebas.

### **Bondad de Ajuste**

En este análisis comprobaremos la posible distribución normal que tenga nuestras variables de estudio, utilizaremos par tal efecto la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S), que utilizará estimadores de la muestra. A continuación se presentará la Tabla XI que exhibirá el nombre de la variable, número de la muestra (N), media desviación estándar, el Estadístico de la Prueba (Z) y el nivel de significancia de dos colas.

En la Tabla XI se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis efectuadas considerando el estadístico de prueba Z (K-S), la media, desviación estándar.

Las pruebas de bondad de ajuste presentadas indican que sólo las variables que representan la primera vez de Calculo II ( $p = 0,408$ ) y Química I ( $p = 0,096$ ) tienen su distribución aproximadamente normal, las cuales están sombreadas para una mejor visualización.

Debido a este resultado, para posibles estudios posteriores se debería transformar los datos a fin de estos presenten normalidad. En nuestro caso se utilizarán el criterio otorgado por el teorema del límite central que indica que nuestra población converge en Ley a una distribución normal, resaltando que es lenta la convergencia en algunas variables.

**TABLA XI**

**TABLA DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS DE KOLMOGOROV SMIRNOV (K-S)**

VARIABLE	VEZ	N	ESTIMADORES NORMALES		Z (k-s)	NIVEL DE SIGNIFICACIA (2-COLAS)
			MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
Cálculo I	1	213	63.07747	12.32413	1.54163	0.01725
Cálculo I	2	213	67.27699	8.42129	1.93711	0.00110
Cálculo I	3	213	67.86150	7.66306	1.95115	0.00099
Cálculo I	4	213	68.25117	7.01542	1.81484	0.00276
Cálculo II	1	202	44.96040	17.48741	0.88883	<b>0.40833</b>
Cálculo II	2	202	59.48267	17.76571	3.04983	0.00000
Cálculo II	3	202	61.88861	16.16677	3.56071	0.00000
Cálculo II	4	202	62.00990	15.82019	3.50316	0.00000
Física I	1	214	60.88785	13.83849	2.36017	0.00003
Física I	2	214	65.71028	9.62624	2.67802	0.00000
Física I	3	214	67.21495	7.72293	2.21961	0.00011
Física I	4	214	67.52570	7.61596	2.22641	0.00010
Física II	1	190	58.90000	14.01286	2.60766	0.00000
Física II	2	190	64.01842	11.44672	2.75152	0.00000
Física II	3	190	64.76053	11.36768	2.76849	0.00000
Física II	4	190	64.76053	11.36768	2.76849	0.00000
Álgebra Lineal	1	210	46.20476	19.16058	1.68967	0.00662
Álgebra Lineal	2	210	60.86666	13.70315	3.22295	0.00000
Álgebra Lineal	3	210	62.87381	12.55589	3.58771	0.00000
Álgebra Lineal	4	210	63.29048	11.33458	3.24443	0.00000
Química I	1	214	64.74065	12.77190	1.23209	<b>0.09603</b>
Química I	2	214	67.56542	14.18383	3.18094	0.00000
Química I	3	214	69.17991	11.03565	2.48746	0.00001
Química I	4	214	69.80608	9.01647	1.68270	0.00694

# CAPÍTULO 4

## 4 ANÁLISIS MULTIVARIADO

En el capítulo anterior se realizó un análisis del comportamiento individual de las variables; pero en general las variables interactúan y se relacionan entre sí. Para poder obtener información de su interdependencia, se utilizarán métodos del Análisis Multivariado, entre ellos están el Análisis de Varianza (ANOVA) y el Análisis de Factores.

Se ha escogido al Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA) de un Factor, como el método de estudio para estas variables, siendo la variable explicada las pruebas de aptitud académica individualmente, y cada una de las variables nominales representarán el factor de explicación.

El Análisis de Factores se lo utilizó como un método que ayuda a condensar la información de los datos presentada por las variables originales (pruebas de ingreso y las materias básicas), por medio de la interdependencia de las mismas, en un menor número de variables llamadas *factores* construidas.

#### **4.1 Análisis de Varianza (ANOVA)**

Se escogió el método de Análisis de Varianza de un Factor para identificar de manera individual las variables que interactúan y afectan a las calificaciones de las pruebas de aptitud académica (verbal y matemática) antes de ingresar a la ESPOL.

Entre las variables consideradas en este análisis están las demográficas: sexo, tipo de colegio, especialización, provincia, además se consideró otros factores como el tipo de ingreso en las pruebas de conocimiento (Matemáticas, Física y Química).

Se procederá a realizar el ANOVA de un Factor, iniciando análisis de la variable prueba de aptitud verbal (variable a ser explicada) con cada variable o factor de, mencionado en el párrafo anterior

(variables de explicación), seguida del análisis para la prueba de aptitud matemática.

En la Tabla XII se mostrará la información extraída del ANOVA para las pruebas de aptitud académica verbal, la misma que contiene las sumas y medias cuadráticas y grados de libertad, para los tratamientos del Factor y el Error producido por el modelo; el estadístico de la prueba, F con distribución de Fisher, y el nivel de significancia, con el 95 % de confianza.

**TABLA XII**

**TABLA ANOVA PARA PRUEBA DE APTITUD ACADÉMICA VERBAL**

Fuente Variación	Suma Cuadrática	Grados de Libertad	Media Cuadrática	F	Valor p
<b>T. Sexo</b>	3.163	1	3.163	0.015	0.903
<b>Error</b>	35345.287	166	212.923		
<b>Total</b>	35348.450	167			
<b>T. Tipo de colegio</b>	1893.204	2	946.602	4.669	0.011
<b>Error</b>	33455.246	165	202.759		
<b>Total</b>	35348.450	167			
<b>T. Provincia</b>	1650.538	8	206.317	0.973	0.459
<b>Error</b>	33697.912	159	211.937		
<b>Total</b>	35348.450	167			
<b>T. Especialización</b>	592.314	6	98.719	0.458	0.838
<b>Error</b>	34476.759	160	215.480		
<b>Total</b>	35069.072	166			
<b>T. Matemáticas</b>	2189.461	4	547.365	2.691	0.033
<b>Error</b>	33158.989	163	203.429		
<b>Total</b>	35348.450	167			
<b>T. Física</b>	3221.298	4	805.325	4.086	0.003
<b>Error</b>	32127.152	163	197.099		
<b>Total</b>	35348.450	167			
<b>T. Química</b>	4670.482	4	1167.621	6.204	0.000
<b>Error</b>	30677.968	163	188.208		
<b>Total</b>	35348.450	167			

En esta tabla reporta que las variables sexo, la provincia y especialización obtienen un alto nivel de significancia, lo que sugiere, que se acepte la hipótesis de que sus medias son iguales en comparación a las medias de los tratamientos sean significativamente iguales, o dichas en otras palabras, los efectos del factor son aproximadamente cero.

El tipo de colegio es significativamente un factor que influye en el resultado de la prueba de aptitud verbal (PAAV), dado por su bajo nivel de significancia, lo que con lleva a diferenciar el nivel de estudios y su habilidad con el lenguaje verbal, entre los colegios particulares y fiscales. El tipo de ingreso en las pruebas de conocimiento se reportó también como factor que inciden en la calificación de la PAAV.

Al igual que la Tabla XII la siguiente tabla mostrará la información extraída del análisis de varianza para las pruebas de aptitud académica matemática:



**TABLA XIII**  
**TABLA ANOVA DE PRUEBA DE APTITUD ACADÉMICA MATEMÁTICA**

	Suma Cuadrática	Grados de Libertad	Media Cuadrática	F	Valor p
<b>T. Sexo</b>	346.256	1	346.256	1.300	0.256
<b>Error</b>	44199.938	166	266.265		
<b>Total</b>	44546.194	167			
<b>T. Tipo de colegio</b>	9311.182	2	4655.591	21.801	0.000
<b>Error</b>	35235.012	165	213.546		
<b>Total</b>	44546.194	167			
<b>T. Provincia</b>	1692.551	8	211.569	0.785	0.617
<b>Error</b>	42853.643	159	269.520		
<b>Total</b>	44546.194	167			
<b>T. Especialización</b>	4856.854	6	809.476	3.419	0.003
<b>Error</b>	37883.638	160	236.773		
<b>Total</b>	42740.492	166			
<b>T. Matemáticas</b>	946.474	4	236.618	0.885	0.475
<b>Error</b>	43599.720	163	267.483		
<b>Total</b>	44546.194	167			
<b>T. Física</b>	2381.845	4	595.461	2.302	0.061
<b>Error</b>	42164.350	163	258.677		
<b>Total</b>	44546.194	167			
<b>T. Química</b>	3514.387	4	878.597	3.490	0.009
<b>Error</b>	41031.807	163	251.729		
<b>Total</b>	44546.194	167			

Al igual que la prueba de aptitud verbal, el sexo, la provincia del estudiante no representan significativamente un factor que pueda influir en la calificación de la prueba de aptitud matemática (PAAM). Pero a su vez, se denota, que el tipo de colegio y la especialización del estudiante, si influye en la calificación de la prueba de aptitud matemática dada por su bajo nivel de significancia.

En el Gráfico VI, se visualizará la información antes mencionada, siendo el colegio Fiscal, él más bajo promedio con 49,45 puntos, distanciándose por los colegios particulares que obtuvieron un



puntaje mayor que 60 puntos, y mecánica fue la especialización de más bajo promedio con 45.93 puntos.

Con lo referente al tipo de ingreso, en matemáticas no influyó en la calificación de PAAM, pero sí Física con un promedio bajo de los estudiantes que la aprobaron en invierno del 1998 en y Química con promedios bajos en el 1998 y prepolitécnico de verano 1999 de aproximadamente 52 puntos, alejándose del promedio de los que aprobaron en 1er examen de ingreso y el prepolitécnico invierno del 1999.

GRÁFICO VI

MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR VS. LA PRUEBAS DE APTITUD ACADÉMICA

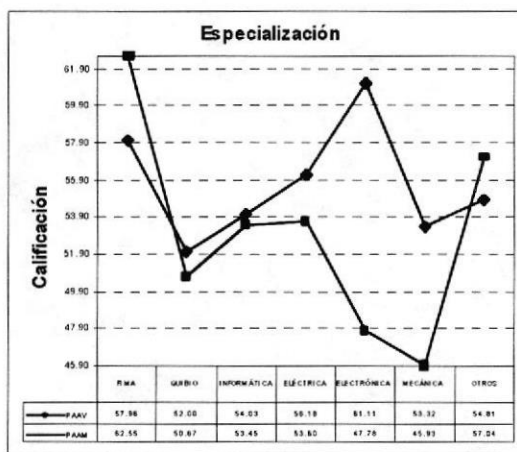
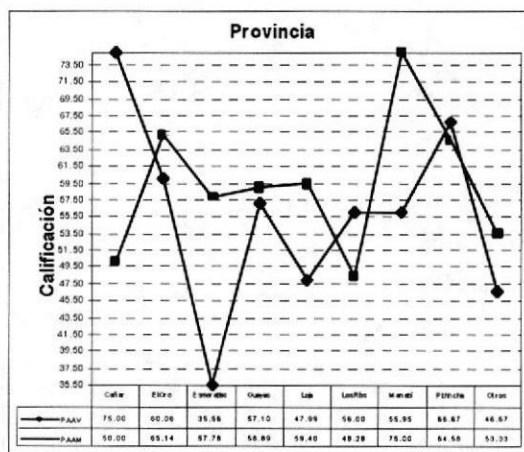
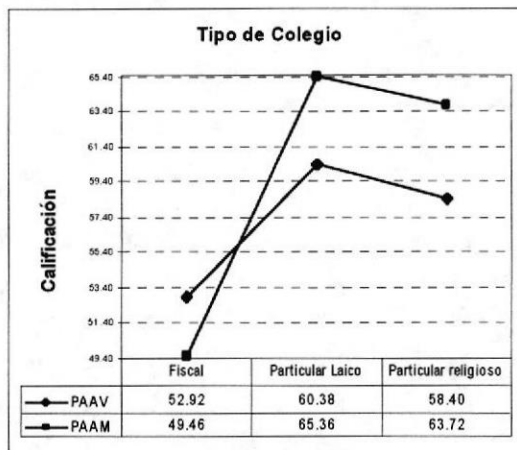
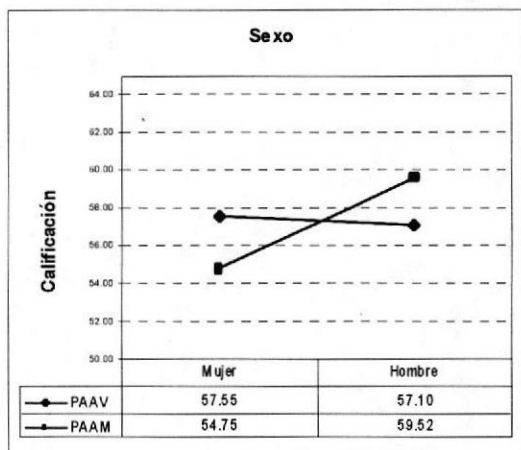
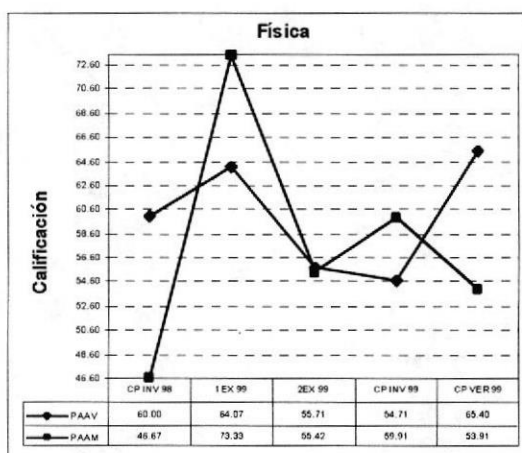
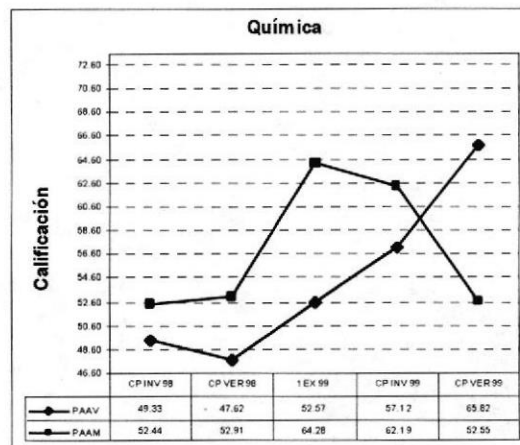
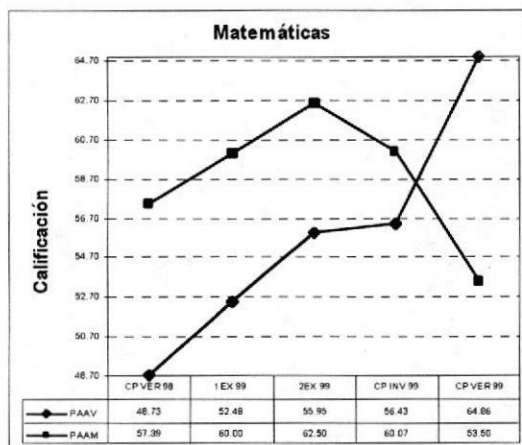


GRÁFICO VII

**MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR  
VS. LA PRUEBA DE APTITUD ACADÉMICA**



## 4.2 Matriz de Correlación

Por medio de la matriz de correlación se puede cuantificar las interrelaciones lineales entre las variables del estudio. Cada elemento de la matriz representa la correlación entre dos variables, deducida por el cociente entre la covarianza o varianza dividida para el producto de las sus desviaciones estándar.

Su utilización es recomendable cuando se tienen variables de diferentes escalas, debido a que los valores de las correlaciones oscilan entre  $-1$  y  $+1$ .

En esta sección se limitará a resaltar las correlaciones que tienen las pruebas de aptitud académica con las demás variables y a las más representativas.

TABLA XIV  
MATRIZ DE CORRELACIÓN

	MAT	FISICA	QUÍMICA	PAAV	PAAM	PA1	PA2	PA3	PCI1	PCI2	PCI3	PCII1	PCII2	PCII3	PF1	PF2	PF3	PFI1	PFI2	PFI3	PQ1	PQ2	PQ3
MAT	1																						
FISICA	0.456	1																					
QUÍMICA	0.324	0.402	1																				
PAAV100	0.146	0.237	0.224	1																			
PAAM100	0.362	0.125	0.145	0.315	1																		
PA1	0.200	0.119	0.165	0.204	0.200	1																	
PA2	0.236	0.098	0.113	-0.011	0.067	0.426	1																
PA3	0.313	0.212	0.138	0.038	0.143	0.264	0.722	1															
PCI1	0.442	0.449	0.242	0.207	0.334	0.222	0.274	0.284	1														
PCI2	0.357	0.378	0.209	0.062	0.258	0.166	0.246	0.242	0.700	1													
PCI3	0.363	0.355	0.230	0.055	0.252	0.164	0.300	0.281	0.684	0.905	1												
PCII1	0.163	0.169	0.255	0.045	0.147	0.187	0.213	0.156	0.270	0.325	0.419	1											
PCII2	0.247	0.348	0.283	0.281	0.214	0.356	0.435	0.477	0.459	0.314	0.328	0.431	1										
PCII3	0.299	0.320	0.302	0.313	0.275	0.360	0.428	0.490	0.521	0.308	0.304	0.381	0.868	1									
PF1	0.315	0.436	0.371	0.318	0.330	0.198	0.198	0.133	0.617	0.378	0.367	0.338	0.402	0.432	1								
PF2	0.246	0.450	0.309	0.360	0.318	0.144	0.125	0.144	0.416	0.312	0.296	0.291	0.330	0.331	0.729	1							
PF3	0.228	0.369	0.287	0.257	0.277	0.114	0.166	0.174	0.317	0.345	0.340	0.293	0.329	0.289	0.571	0.780	1						
PFI1	0.317	0.327	0.246	0.096	0.208	0.210	0.085	0.209	0.354	0.334	0.320	0.076	0.282	0.287	0.189	0.198	0.230	1					
PFI2	0.202	0.302	0.244	0.132	0.194	0.211	0.091	0.237	0.250	0.292	0.219	0.105	0.292	0.277	0.257	0.344	0.313	0.601	1				
PFI3	0.209	0.341	0.233	0.157	0.198	0.202	0.103	0.239	0.245	0.259	0.176	0.036	0.252	0.279	0.261	0.323	0.276	0.547	0.922	1			
PQ1	0.285	0.230	0.323	0.132	0.234	0.194	0.117	0.081	0.386	0.341	0.361	0.187	0.261	0.286	0.211	0.203	0.248	0.297	0.161	0.140	1		
PQ2	0.108	0.092	0.032	-0.051	0.157	0.228	0.158	0.083	0.232	0.311	0.290	0.101	0.109	0.131	0.145	0.132	0.191	0.151	0.040	0.027	0.589	1	
PQ3	0.209	0.226	0.165	0.086	0.218	0.205	0.169	0.143	0.211	0.265	0.270	0.132	0.128	0.137	0.187	0.223	0.285	0.189	0.230	0.208	0.547	0.754	1

De los datos de la matriz de correlación (Tabla XIV), se puede decir que existe una baja dependencia directa de las pruebas de aptitud académica con respecto a las demás variables, las correlaciones no llegan a sobrepasar el valor 0,4.

Respecto a la prueba de aptitud matemática, la dependencia más representativa se da en materias nuevas que están relacionadas con la parte operativa de las matemáticas: Cálculo I (PCI1) primera vez, con correlación 0,334, y Física I (PFI1) primera vez, con correlación 0,330. Respecto a la prueba de aptitud verbal, la dependencia más representativa se da en una materia que organiza el mundo natural por medio de principios y conceptos: Física I (PFI1) primera vez, con correlación 0,318 y Física I (PFI2) segunda vez, con correlación 0,360.

En las pruebas de conocimiento también se puede decir que existe una baja dependencia directa de las pruebas de aptitud académica con respecto a las demás variables, las correlaciones no llegan a sobrepasar el valor 0,45.

Como era de esperarse existe una alta dependencia directa entre las repeticiones de las materias, por ejemplo: Cálculo I entre la

1era y 2da vez tienen una correlación de 0,722 y entre la 2da y 3era vez tienen una correlación de 0,905; Física I entre la 1era y 2da vez tienen una correlación de 0.729 y entre la 2da y 3era vez tienen una correlación de 0.780.

### **4.3 Análisis de Factores.**

El Análisis de Factores es una clase genérica de los métodos multivariados de interdependencia, donde su propósito es definir una menor estructura en la matriz de datos, es decir, un grupo grande variables pueden convertirse en un grupo menor, a las que se denominan *factores*.

Los métodos de análisis de factores se respaldan en las interrelaciones (correlaciones) que tienen las variables originales.

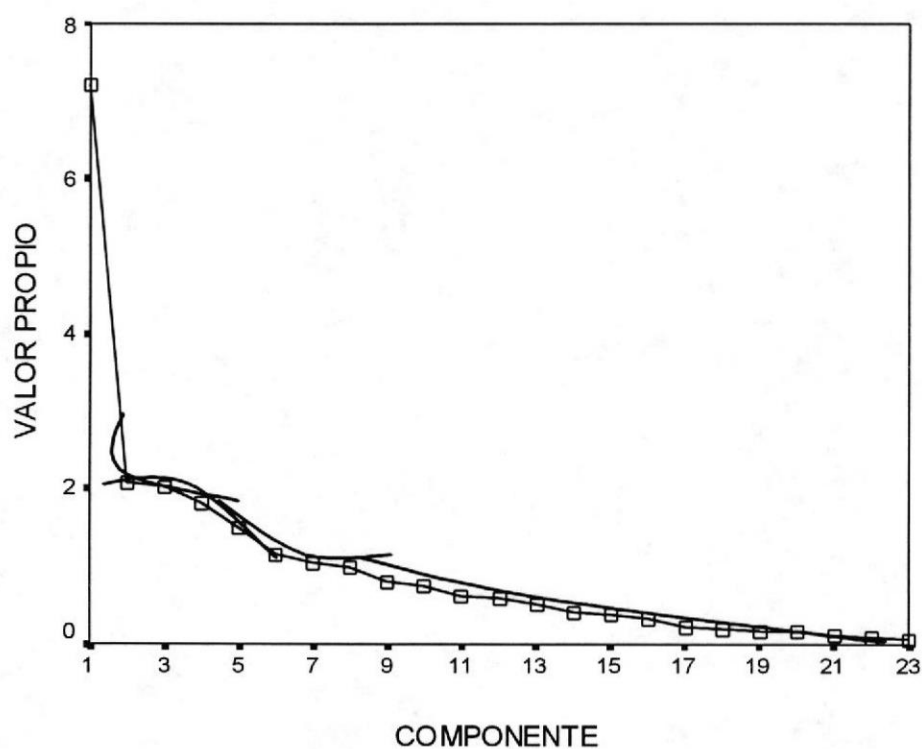
El primer paso del análisis de factores está dado por la elección de los datos, si estos van a ser los originales o estandarizados, en nuestro caso se escogió los últimos, ya que nos permitirán trabajar con la matriz de correlación, eliminando así la diferencia de los datos entre las variables.

Una vez obtenida la matriz de datos, se procedió a aplicar el método de reducción de factores, utilizando para ello el paquete estadístico SPSS.

Para determinar a cuantos factores se va a reducir, en el Gráfico VIII, se ordena los valores propios de la matriz de correlación, ordenados de mayor a menor de acuerdo a su magnitud.

**GRÁFICO VIII**

**GRÁFICO DE VERIFICACIÓN DEL NÚMERO DE FACTORES**





El número de factores que se escoge esta de acuerdo con un criterio gráfico de conservación de la suavidad, en este caso se escogió 8 factores, debido a una transición de suavidad en el octavo valor propio.

En la Tabla XV se muestra los valores propios o varianzas de explicación, de la matriz de correlación junto a su porcentaje de explicación y su acumulado.

**TABLA XV**  
**VALORES PROPIOS Y % DE EXPLICACIÓN**

Factor	Valores propios Iniciales		
	Total	% de Varianza	% Acumulado
1	7.1964	31.2886	31.288
2	2.0684	8.9932	40.281
3	2.0033	8.7099	48.991
4	1.7983	7.8187	56.810
5	1.4774	6.4234	63.233
6	1.1331	4.9263	68.160
7	1.0200	4.4350	72.595
8	0.9883	4.2971	76.892
9	0.7925	3.4456	80.337
10	0.7349	3.1952	83.532
11	0.6137	2.6683	86.201
12	0.5728	2.4904	88.691
13	0.5150	2.2390	90.930
14	0.4085	1.7759	92.706
15	0.3787	1.6463	94.352
16	0.3285	1.4281	95.780
17	0.2194	0.9537	96.734
18	0.1950	0.8479	97.582
19	0.1544	0.6712	98.253
20	0.1475	0.6415	98.895
21	0.1157	0.5030	99.398
22	0.0782	0.3402	99.738
23	0.0601	0.2614	100.000

Los ocho primeros factores explican en un 76,89 % las interrelaciones entre las 23 variables, lográndose una gran reducción del número de variables.

En la Tabla XVI se muestra a cada uno de los factores y su relación con las variables originales.

**TABLA XVI**  
**FACTORES SIN ROTAR**

Variables	Vez	Factores sin Rotar							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Cálculo I	3	0.6781	0.3309	0.0319	-0.0985	-0.5338	-0.0403	0.0841	-0.1087
Cálculo I	2	0.6827	0.2773	0.0980	-0.0462	-0.5388	-0.0377	0.1325	-0.1156
Cálculo I	1	0.7526	0.1213	-0.0121	-0.1653	-0.3296	0.1545	0.1365	-0.0853
Física II	2	0.5414	-0.4493	0.2189	0.5749	-0.0418	-0.1892	0.0279	-0.1246
Física II	3	0.5183	-0.4735	0.2117	0.5762	-0.0241	-0.1430	0.0518	-0.0610
Física II	1	0.5306	-0.1910	0.1910	0.4997	-0.1616	0.1253	-0.0545	-0.1297
Física I	2	0.6487	-0.2979	0.2420	-0.3837	0.1735	-0.3221	0.1199	0.1515
Física I	3	0.6179	-0.1722	0.2367	-0.3029	0.1578	-0.4122	0.0850	0.1695
Física I	1	0.6870	-0.1945	0.1088	-0.4286	0.0560	-0.1338	0.0712	0.0549
Química I	2	0.3628	0.7086	0.3084	0.1635	0.3046	-0.1252	0.0184	-0.0106
Química I	3	0.4510	0.5115	0.3720	0.2224	0.3727	-0.1135	-0.0240	0.1218
Química I	1	0.5187	0.4682	0.2995	0.0972	0.2164	0.1868	-0.2360	-0.1052
Álgebra Lineal	2	0.4396	0.2261	-0.6515	0.1611	0.0774	-0.1942	0.1166	0.3054
Álgebra Lineal	3	0.4794	0.0523	-0.6029	0.2719	0.0041	-0.0979	0.1079	0.3549
Álgebra Lineal	1	0.4211	0.0972	-0.3036	0.2087	0.3450	0.1048	0.1245	-0.1219
Cálculo II	2	0.6765	-0.0884	-0.4766	-0.0403	0.1587	-0.0024	-0.1708	-0.2703
Cálculo II	3	0.6906	-0.0847	-0.4626	-0.0324	0.1811	0.0923	-0.1139	-0.2525
Cálculo II	1	0.4556	0.1124	-0.2001	-0.3016	-0.0766	-0.2501	-0.2869	-0.3586
Química		0.4871	-0.1680	0.0867	-0.0982	0.0867	0.2199	-0.5727	0.1546
Física		0.6038	-0.1949	0.1563	-0.0817	-0.1395	0.1398	-0.2908	0.3372
Matemáticas		0.5554	0.0243	-0.0029	0.0130	-0.1617	0.4655	0.0106	0.4149
PAAM		0.4580	-0.0247	0.1308	-0.1106	0.1616	0.3586	0.5279	-0.0988
PAAV		0.3458	-0.3275	0.0563	-0.2697	0.4003	0.3697	0.1746	-0.1420
Varianza de explicación (Valores Propios)		7.1964	2.0684	2.0033	1.7983	1.4774	1.1331	1.0200	0.9883
Varianza de explicación (%)		31.2886	8.9932	8.7099	7.8187	6.4234	4.9263	4.4350	4.2971
Acumulado de la Varianza de explicación (%)		31.2886	40.2817	48.9916	56.8103	63.2338	68.1601	72.5951	76.8921

En la tabla se nota que el primer factor posee las mayores cargas en las variables de estudio, esto es debido a que el primer factor posee un alto grado de explicación (31,28%). No se puede tener una buena lectura de la información provista por los factores, ya que es difícil discernir las posibles interrelaciones que existiesen

entre las variables originales y los factores. Una solución para esta dificultad es la rotación de los factores; por medio del método Varimax se procederá a rotar los factores de tal manera que las cargas de cada variable se proyecten sobre el factor que más explique su interrelación. (Vea la sección 2.3.2)

En la tabla XVII se muestra a cada uno de estos factores rotados y su relación con las variables originales; resaltándose las mayores cargas o correlaciones entre las variables y los factores.

**TABLA XVII**  
**FACTORES ROTADOS**

Variables	Veza	Factores Rotados							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Cálculo I	3	0.8766	0.0917	0.1505	0.1789	0.1204	0.1708	0.0991	-0.0220
Cálculo I	2	0.8731	0.1755	0.1621	0.1733	0.0879	0.1175	0.0802	0.0091
Cálculo I	1	0.7160	0.1152	0.2074	0.0924	0.1491	0.2160	0.2215	0.2676
Física II	2	0.0730	0.9296	0.1997	0.0461	0.0756	0.0783	0.0547	0.0338
Física II	3	0.0397	0.9140	0.1912	0.0223	0.1013	0.0212	0.0877	0.0689
Física II	1	0.2575	0.7124	-0.0615	0.1353	0.0343	0.0826	0.2248	0.1068
Física I	2	0.1234	0.1527	0.8771	0.0657	0.0360	0.1146	0.1527	0.1913
Física I	3	0.1342	0.1478	0.8328	0.1639	0.0800	0.0964	0.1003	0.0631
Física I	1	0.2790	0.0553	0.6928	0.0296	0.0541	0.2358	0.2242	0.2528
Química I	2	0.1651	-0.0195	0.0689	0.9048	0.0852	0.0094	-0.0776	0.0018
Química I	3	0.0561	0.1324	0.1833	0.8625	0.1132	-0.0472	0.0747	0.0367
Química I	1	0.2099	0.0811	-0.0153	0.7302	-0.0603	0.2176	0.2876	0.1353
Álgebra Lineal	2	0.1296	-0.0265	0.0829	0.0972	0.8815	0.1791	0.0046	-0.0496
Álgebra Lineal	3	0.1298	0.1483	0.0515	-0.0068	0.8656	0.1062	0.1224	-0.0067
Álgebra Lineal	1	-0.0281	0.1668	-0.0414	0.2505	0.4200	0.3126	-0.0304	0.3387
Cálculo II	2	0.1420	0.1711	0.1446	0.0214	0.3879	0.7316	0.1579	0.2008
Cálculo II	3	0.1495	0.1683	0.1129	0.0341	0.3966	0.6876	0.1822	0.2991
Cálculo II	1	0.3074	-0.0642	0.2509	0.0728	0.0130	0.6668	0.0250	-0.1350
Química		-0.0143	0.1299	0.1730	0.1158	-0.0348	0.3090	0.7302	0.0032
Física		0.2364	0.2150	0.3267	0.0379	0.0824	0.0399	0.6720	0.0243
Matemáticas		0.3611	0.0790	0.0303	0.0786	0.2985	-0.1514	0.6136	0.3034
PAAM		0.2647	0.0997	0.1678	0.1382	0.0607	-0.0486	-0.0201	0.7411
PAAV		-0.1237	0.0483	0.2469	-0.0344	-0.0793	0.2113	0.1806	0.6978
Varianza de explicación (Valores Propios)		2.7454	2.5259	2.4880	2.3397	2.2137	1.9914	1.7735	1.6076
Varianza de explicación (%)		11.9363	10.9822	10.8175	10.1728	9.6248	8.6581	7.7110	6.9894
Acumulado de la Varianza de explicación (%)		11.9363	22.9185	33.7360	43.9088	53.5336	62.1917	69.9027	76.8921

Una vez que se rotaron los factores se observa una mejor lectura de la información provista por los factores, ya que existe una mejor distribución del grado de explicación de los factores.

Ahora se procederá a nominar y a describir cada factor en función de las variables originales.

### **Primer Factor: Cálculo I**

Se denominó Cálculo I, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma la materia Cálculo I: primera vez 0,7160, segunda vez 0,8731 y la tercera vez 0,8766. Es notar una mejor explicación a medida que se repite la materia.

Entre las pruebas de ingreso que afectan directamente a este factor Cálculo I están las que miden directamente capacidades matemáticas: Matemáticas (0,3611), la Prueba de Aptitud Matemática (0,2647) y Física (0,2364).

El factor Cálculo I tiene cierta incidencia en la primera vez que se toman las materias básicas de Cálculo II (0,3074), Física I (0,2790), Física II (0,2575), y Química I (0,2099), esto puede ser debido a que se requiere el conocimiento básico de ciertas teorías

fundamentales para rendir de mejor manera estos cursos como por Ej. : la aplicación de derivadas e integrales en situaciones físicas o alguna ecuación química compleja.

### **Segundo Factor: Física II**

Se denominó Física II, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma la materia Física II: primera vez 0,7124, segunda vez 0,9296 y la tercera vez 0,9140. El factor Física II explica de mejor manera la materia en la segunda vez que se la cursó.

Entre las pruebas de ingreso que afectan directamente a este factor Física II están las que miden directamente capacidades matemáticas: Física (0,2150); es de resaltar que Física posee una mayor carga que Física I (en todas las veces tomada).

### **Tercer Factor: Física I**

Se denominó Física I, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma la materia Física I: primera vez 0,6928 segunda vez 0,8771 y la tercera vez 0,8328. El factor Física I explica de mejor manera la materia en la segunda vez que se la cursó.

Entre las pruebas de ingreso que afectan directamente a este factor Física I, están las que miden directamente capacidades relacionadas con la organización del mundo natural en principios y conceptos: Física (0,3267) y prueba de aptitud verbal (0,246), esto declara una cierta capacidad de entendimiento a la hora de estudiar este tipo de teorías.

El factor Física I es afectado por la primera vez que se toma Cálculo I (0,2074) e incide más en Cálculo II (0,2509) que en Física II (segunda vez 0,1997 y tercera vez 0,1912) lo cual se puede explicar por los conocimientos básicos en campos vectoriales.

#### **Cuarto Factor: Química I**

Se denominó Química I, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma la materia Química I: primera vez 0,7302, segunda vez 0,9048 y la tercera vez 0,8625. El factor Química I explica de mejor manera la materia en la segunda vez que se la cursó.

Es de resaltar que tanto Química como las otras pruebas de ingreso no afectan directamente a este factor Química I.



El factor Química I es afectado por las repeticiones de Cálculo I: segunda vez (0,1789) y tercera vez (0,1733).

#### **Quinto Factor: Álgebra Lineal**

Se denominó Álgebra Lineal, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma la materia Álgebra Lineal: primera vez 0,4200, segunda vez 0,8815 y la tercera vez 0,8656.

El factor Álgebra Lineal explica de mejor manera la materia en la segunda vez que se la cursó.

Entre las pruebas de ingreso que afectan directamente a este factor Álgebra Lineal está Matemáticas (0,2985).

El factor Álgebra Lineal incide en las repeticiones de Cálculo II, segunda vez (0,3879) y tercera vez (0,3966), esto se puede explicar al mejor dominio en el manejo de vectores, matrices y transformaciones lineales.

#### **Sexto Factor: Cálculo II**

Se denominó Cálculo II, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma la materia Cálculo II: primera vez 0,6668,



segunda vez 0,7316 y la tercera vez 0,6876. El factor Cálculo II explica de mejor manera la materia en la segunda vez que se la cursó.

Es de resaltar que las pruebas de ingreso no afectan directamente a este factor Cálculo II.

El factor Cálculo II es afectado por la primera vez que se cursa Álgebra Lineal (0,3126) confirmando la información dada por el quinto factor. Así también es afectado por la primera vez que se toma Cálculo I (0,2160), Física I (0,2358), Química I (0,2176).

### **Séptimo Factor: Pruebas de Conocimiento**

Se denominó Pruebas de Conocimiento, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma las pruebas de conocimiento tomadas en el proceso de admisión: Química (0,7302), Física (0,6876) y Matemáticas (0,6668).

Como era de esperar el factor Pruebas de Conocimiento incide en las materias que se toman por primera vez en ingeniería básica: Cálculo I (0,2215), Física I (0,2358) y Química I (0,2176).



### **Octavo Factor: Pruebas de Aptitud**

Se denominó Pruebas de Aptitud, ya que este factor explica principalmente y de una buena forma las pruebas de aptitud tomadas en el proceso de admisión: aptitud matemática (0,7411) y aptitud verbal (0,6978).

El factor pruebas de aptitud incide dentro del en el proceso de admisión con la prueba de conocimiento en Matemáticas (0,3034). Asimismo, el factor Pruebas de Aptitud incide en ciertas variables principales del factor Álgebra Lineal: Álgebra Lineal primera vez (0,3387), Cálculo I (0,2676), Cálculo II segunda vez (0,2008) y tercera vez (0,2991); se puede decir que esto es debido al aporte de la prueba de aptitud matemática al factor prueba de aptitud. Además el factor Pruebas de Aptitud incide en la primera vez de Física I (0,2528), debido al aporte de la prueba de aptitud verbal, confirmando la información dada en el factor Física I.

#### **4.4 Comportamiento de los factores de las pruebas de aptitud y en el tiempo.**

En esta sección se tratará de reflejar el comportamiento que tiene las pruebas de aptitud en el tiempo correspondiente a los términos

académicos del año 1999 y 2000, además se lo comparó con lo acontecido en las pruebas de conocimiento.

Para la realización de este análisis se utilizó los factores que representan a las pruebas de aptitud y las pruebas de conocimiento, obtenidos por el análisis de factores vista en la sección anterior, ya que reúne las características propias de las pruebas y sus interrelaciones con las variables del estudio.

El comportamiento de estos factores se lo explicará por medio de la varianza relacionada con los scores de cada factor considerando el término en que se tomaron las materias básicas.

En la Tabla XVIII se muestran los scores de las variables de materias básicas en los factores pruebas de aptitud y pruebas de conocimiento.

**TABLA XVIII**  
**COEFICIENTES DE LOS PUNTAJES DE LOS FACTORES PRUEBAS DE**  
**APTITUD Y PRUEBAS DE CONOCIMIENTO**

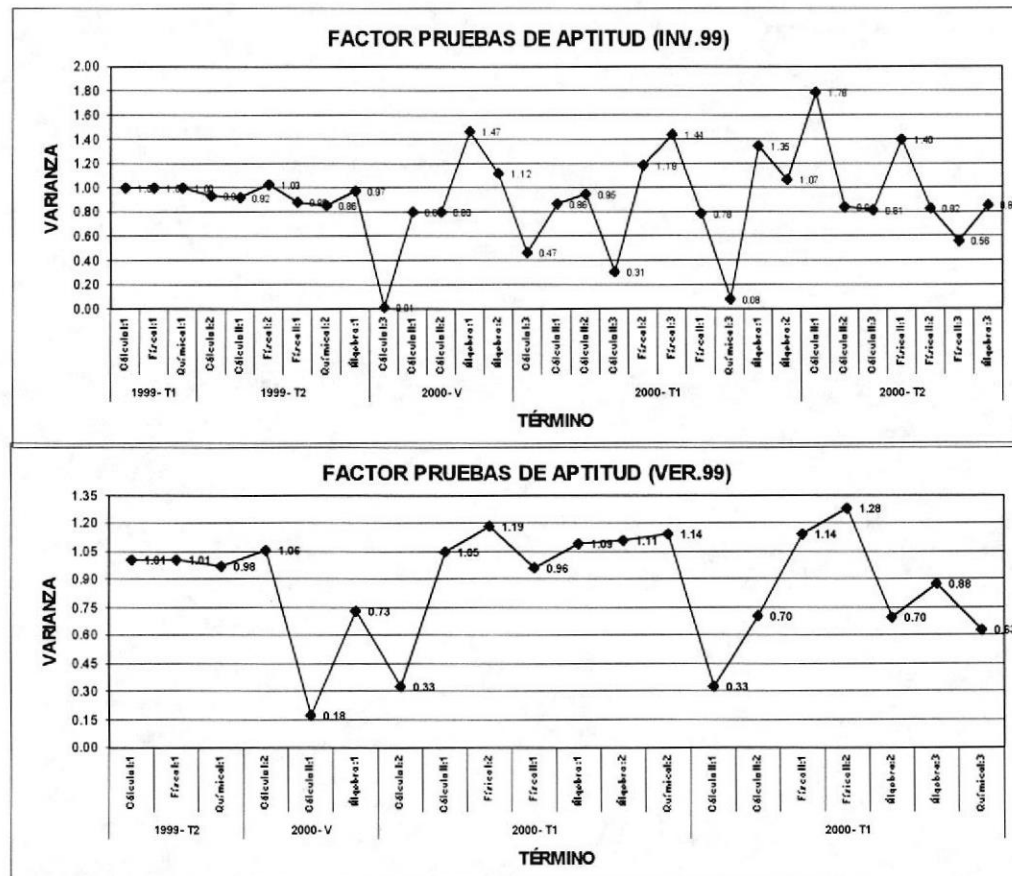
<b>Variables</b>	<b>Ve</b>	<b>Pruebas de Conocimiento</b>	<b>Pruebas de Aptitud</b>
Cálculo I	1	-0.00590	0.12350
Cálculo I	2	-0.10843	-0.05826
Cálculo I	3	-0.08280	-0.08644
Física II	1	0.05517	0.01492
Física II	2	-0.11600	-0.07059
Física II	3	-0.07958	-0.03811
Física I	1	-0.00219	0.04983
Física I	2	-0.06139	-0.01162
Física I	3	-0.08633	-0.10682
Química I	1	0.15750	0.02554
Química I	2	-0.11682	-0.03711
Química I	3	-0.00605	-0.04520
Álgebra Lineal	1	-0.11713	0.22014
Álgebra Lineal	2	-0.04755	-0.10633
Álgebra Lineal	3	0.03930	-0.07865
Cálculo II	1	-0.09144	-0.21584
Cálculo II	2	-0.02157	0.02603
Cálculo II	3	-0.00564	0.11149
<b>Química</b>		0.55121	-0.15109
<b>Física</b>		0.45839	-0.12849
<b>Matemáticas</b>		0.42864	0.16503
<b>PAAM</b>		-0.17624	0.57394
<b>PAAV</b>		0.02877	0.49263

En el Gráfico IX se muestra el comportamiento en orden cronológico de la varianza relacionada a los scores de las materias básicas, respecto al factor pruebas de aptitud académicas.

Considerando la época de ingreso de los estudiantes se formó dos grupos: los estudiantes que ingresaron en invierno de 1999 (I término 1999) y los estudiantes que ingresaron en verano 1999 (II término 1999).

Además para una mejor comprensión visual, se ha codificado cronológicamente en términos académicos, es así que el 1er término de 1999 es representado por 1999 – T1, 2do término de 1999 es 1999 – T2, vacaciones del 2000 es 2000 - V, 1er término del 2000 es 2000 – T1 y el 2do término del 2000 es 2000 – T2.

**GRÁFICO IX**  
**COMPORTAMIENTO DEL FACTOR PRUEBAS DE APTITUD**



En el Gráfico IX, se puede observar una mínima variación en el factor de las *pruebas de aptitud académica* durante los dos primeros términos correspondiente al año 1999 para Los estudiantes que ingresaron en invierno de 1999 y para aquellos que ingresaron en Verano de 1999, el 2do término de 1999 y el 1er término del 2000, es decir, que el este factor incide en el rendimiento académico en el primer año de estudio, sin importar el número de veces que cursaron la materia.

Las materias tomadas en el término 1, los estudiantes que ingresaron en invierno de 1999 obtiene una varianza bastante similar, es decir, que la variación es despreciable, por lo que muestra claramente la influencia que ejerce este factor. En el término 2, vemos que sufre una leve variación que no sobrepasa el valor de  $\pm 0,2$ . Vemos que además de afectar a los primeros términos niveles, este factor incide más en las materias de Cálculo I, Física I, Química I y Álgebra Lineal, en la primera intervención, obteniendo una variación de aproximación cero.

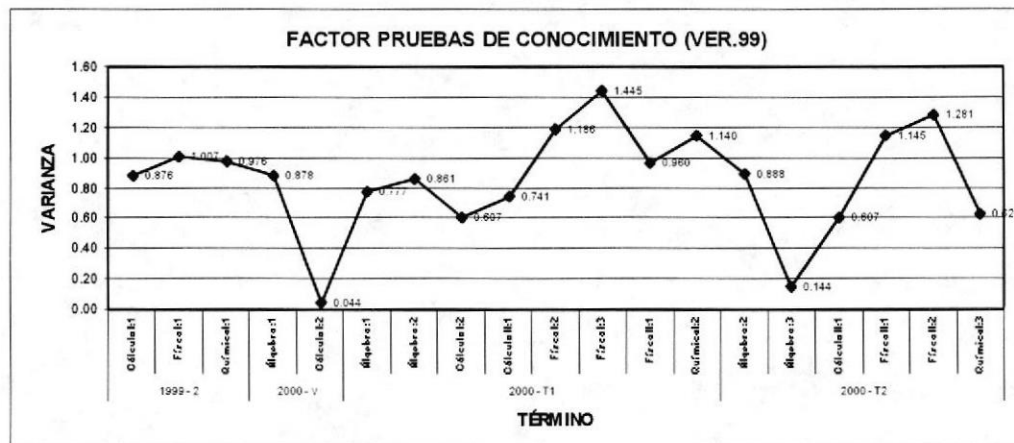
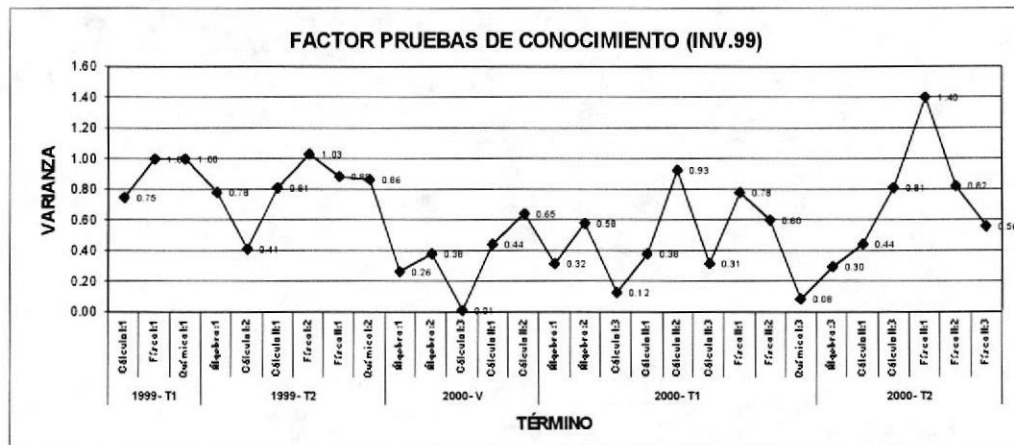
Para los estudiantes que ingresaron en Verano de 1999, en su primer término de estudio (término 2), la variación es aproximadamente cero, al entrar en el término 4, se mantiene

dentro de una variación de  $\pm 0,2$ , excepto Cálculo I en la segunda vez de ser cursada, que toma un valor muy bajo, sospechando la posible intervención de algún factor que afecto al estudiante en el lapso de las vacaciones de invierno.

En el Gráfico X se muestra el comportamiento en orden cronológico de la varianza relacionada a los scores de las materias básicas, respecto al factor pruebas de conocimiento. Al igual que el gráfico anterior para una mejor comprensión visual, se ha codificado cronológicamente en términos académicos.

GRÁFICO X

COMPORTAMIENTO DEL FACTOR PRUEBAS DE CONOCIMIENTO





El factor pruebas de conocimiento incide en las materias del primer año académico, de manera similar a la incidencia del factor pruebas de aptitud en el mismo periodo académico, sin embargo, la diferencia radica en que el factor pruebas de aptitud posee una variación aproximadamente de cero, es decir, hay una fuerte incidencia en las materias, sin sospechar la intervención de otras variables o factores, mientras que el factor pruebas de conocimiento posee una variación irregular, indicando una posible influencia de otros factores.

El factor que representa a las pruebas conocimiento, tiene una incidencia en las primeras intervenciones de las materias de Cálculo I y II, Física I y II, Química I, Álgebra Lineal y en la segunda vez de Física I y Química I, hasta los 2 primeros términos, sufriendo variaciones irregulares entre  $\pm 0,2$  en el grupo de los estudiantes de invierno de 1999 y  $\pm 0,4$  en el grupo de verano de 1999.

# CONCLUSIONES

Las conclusiones que se llegaron en esta tesis van a ser descritas de forma ordenada de acuerdo a la relevancia de su información.

## **Análisis de Factores**

1. El factor pruebas de aptitud académica tiene una mínima participación con respecto a los demás factores que representan el resto de las variables originales: 6,98% de la varianza de explicación de un acumulado del 76,89% de todos los factores rotados.
2. La incidencia del factor pruebas de aptitud académica se extiende hasta el primer año académico del estudiante, independientemente de que haya ingresado en invierno o en verano de 1999 que corresponde al I o II término dentro de la Espol respectivamente, debido a que este factor se proyecta con una mínima variación cercana a cero.

3. El factor pruebas de aptitud académica, no se ve influenciada por la segunda incursión de la materia, siempre y cuando esta se encuentre dentro del primer año académico.
4. El factor pruebas de conocimiento tiene una mínima participación con respecto a los demás factores: 7,71% de la varianza de explicación de un acumulado del 69,90% de todos los factores rotados.
5. La incidencia del factor pruebas de conocimiento se extiende en el primer año académico del estudiante, independientemente de que haya ingresado en el invierno o verano de 1999 correspondiente al I o II término dentro de la Espol respectivamente, debido a que este factor se proyecta con una mínima variación. Pero en comparación con el factor pruebas de aptitud académica, en ciertas materias estas variaciones son más perceptibles.
6. A partir del 2do año académico, las proyecciones de los factores pruebas de aptitud académica y pruebas de conocimiento sufren altas variaciones en sus varianzas, poniendo en evidencia la influencia de otros factores, pudiendo ser la experiencia académica adquirida por los conocimientos de las materias dictadas dentro de la Espol.

### **Matriz de Correlación**

7. Las pruebas de aptitud académica tienen una baja explicación hacia las demás variables: correlación menor a 0,36. Es decir, que las notas de las materias tienen un bajo comportamiento proporcional con las notas obtenidas en las pruebas de aptitud académica.
  
8. La prueba de aptitud matemática pudo explicar con mejor resultado a algunas materias básicas en su primera incursión, dada por su correlación: Cálculo I (0,334), Física I (0,330).
  
9. La prueba de aptitud verbal pudo explicar con mejor resultado a la primera y segunda incursión de Física I, por tener correlaciones de 0,318 y 0.360 respectivamente.

### **Análisis de varianza**

10. La nota obtenida en la prueba de aptitud verbal se ve influenciada significativamente por el tipo de colegio, evidenciando una diferencia en la habilidad verbal entre los colegios particulares y fiscales, dada por sus respectivas medias: fiscal (52,92 puntos), particular laico (60,37 puntos), particular (58,39 puntos).

11. La nota obtenida en la prueba de aptitud verbal se ve influenciada por la forma de haber aprobado las pruebas de conocimientos, dada por sus diferencias significativas.

Matemáticas: prepolitécnico verano del 98 (48,73), prepolitécnico verano del 99 (64,86). Física: prepolitécnico invierno del 99 (54,71), prepolitécnico verano del 99 (65,40). Química prepolitécnico verano del 98 (47,62), prepolitécnico verano del 99 (65,82).

12. El tipo de colegio y la especialización del estudiante, si influye en la calificación de la prueba de aptitud matemática, siendo el colegio Fiscal, él de más bajo promedio con 49,46 puntos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se expanda el estudio incluyendo a otras variables cuantitativas por ejemplo otras materias básicas o de especialización.
2. Se recomienda extender el estudio tomando en consideración la discriminación de los estudiantes que ingresaron a la ESPOL por medio de la Prueba de Aptitud Académica (PAA) y por medio de Examen de ingreso o Prepolitécnico.
3. Se recomienda encontrar la mejor ley de normalidad para las variables consideradas en nuestro estudio, ya sea por medio de transformaciones lineales u otro medio matemático.
4. Se recomienda continuar el estudio para los años posteriores a fin de encontrar el grado de confiabilidad de las pruebas de aptitud.

5. Se recomienda promover el mejoramiento continuo en la elaboración, aplicación, desarrollo e impacto ambiental de la PAA en la ESPOL realizando estudios estadísticos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amitava Mitra, (1993) Fundamentals of Quality Control and Improvement, Editorial Prentice Hall, 2da Edición, New Jersey, EE.UU..
2. Barry R. James, (1996) Probabilidade: um curso em nível intermediario, Instituto de Matemática Pura y Aplicada, 2da Edición , Río de Janeiro, Brasil.
3. Batista, J., Martínez, M. (1989) Análisis Multivariante, Editorial Hispano, Europa, España.
4. Jonson, R. Wichern, D., (1998) Applied Multivariate Statistical Analysis, Editorial Prentice Hall, cuarta Edición, New Jersey, EE.UU.
5. Mendenhall W., Wackerly D., Scheaffer R., (1994) Estadística Matemática con Aplicaciones, Editorial Iberoamérica, segunda Edición, México D.F., México.
6. Montgomery, D, Diseño y Análisis de Experimentos, Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F., México.