

**Modelo de Ecuaciones Estructurales para el Estudio de la Percepción de los Estudiantes  
de Pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP.**

**Jennifer Natalia Buitrago Rodríguez**

**Laura María Tovar Sanchez**

**Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Industrial**

**Director:**

**Ph. D Henry Lamos Díaz**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas**

**Escuela de Estudios Industriales y Empresariales**

**Bucaramanga**

**2017**

### **AGRADECIMIENTOS**

*A nuestro estimado director, Henry Lamos, por su orientación y apoyo incondicional en la ejecución de este proyecto. Solo tenemos palabras de agradecimiento por el tiempo dedicado y los conocimientos compartidos para nuestra vida profesional.*

*A la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales por permitir el desarrollo de este trabajo y abrir los espacios para la realización del mismo.*

*A los compañeros del Grupo Opalo, por sus enseñanzas y consejos brindados para iniciar en este camino de la investigación. En especial a Leonardo Talero, quien siempre nos motivó diciéndonos que todo iba a estar bien y nos ayudó a ver la luz al final del camino.*

**DEDICATORIA**

*A Dios por permitirme cumplir un logro más en mi vida y llenarme de bendiciones  
día a día.*

*A mi mamá por todos los esfuerzos que diariamente hace para hacerme feliz, ser  
mi guía en todo momento y demostrarme que con perseverancia todo es posible.*

*A mis hermanas Ivonne y Vivi por estar pendientes de mí, su hermanita menor.*

*A mis abuelitos Daniel y Rosalba, por su apoyo incondicional y el amor con el  
que me acompañaron en este camino.*

*A mi tío Tyrone por sus consejos y apoyo que contribuyeron a mi formación  
profesional.*

*A Dieguito por su paciencia, comprensión y demostrarme que la distancia no es  
impedimento para acompañar mis sueños.*

*A la familia Tovar Sánchez por abrirme las puertas de su hogar y tratarme como  
una hija más.*

*Finalmente, a Lauris por ser mi amiga y compañera de este anhelado logro.*

*Gracias por motivarme cuando el camino se tornaba difícil.*

*Jennifer Natalia Buitrago Rodríguez.*

### **DEDICATORIA**

*Primeramente a Dios, por guiar mi camino y estar presente en todo momento  
de mi vida.*

*A mis padres, Fernando y Shirley por brindarme su apoyo incondicional,  
orientar mis pasos y ser mi inspiración para salir cada día adelante.*

*A mi hermana, Tatiana por ser mi amiga y confidente, cuidar de mí y darme  
consejos para mi crecimiento personal.*

*A mi hermano, Luis Ramón por ser mi ejemplo a seguir y demostrarme que con  
perseverancia los sueños se pueden alcanzar.*

*A Juan Camilo, por ser mi compañero fiel durante toda mi carrera universitaria  
y demostrarme que el amor todo lo puede.*

*A la familia Rodríguez por sus atenciones y compañía en el transcurso de la  
ejecución de este proyecto.*

*A mi amiga, Jennifer por luchar junto a mí para alcanzar este sueño y por  
enseñarme el verdadero significado del trabajo en equipo.*

*Laura Tovar Sanchez.*

## Tabla de contenido

Introducción.....	18
1. Planteamiento del Problema .....	21
2. Justificación del Proyecto .....	23
3. Objetivos.....	25
3.1 Objetivo general .....	25
3.2 Objetivos específicos.....	25
4. Revisión de la literatura.....	26
5. Marco Teórico.....	35
5.1 Percepción.....	36
5.2 Proyecto Educativo del Programa .....	37
5.2.1 Lineamientos del Proyecto Educativo del Programa .....	37
5.3 Calidad del servicio educativo .....	39
5.3.1 Consejo Nacional de Acreditación .....	40
5.3.1.1 Factor procesos académicos .....	40
5.4 Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales .....	43
5.4.1 Tipos de variables en el modelo de ecuaciones estructurales .....	43
5.4.2 Análisis factorial .....	44
5.4.2.1 Análisis Factorial Exploratorio (AFE).....	45

5.4.2.2 Análisis Factorial Confirmatorio (AFC).....	45
5.4.2.3 Diagrama de trayectoria (Path Diagram) .....	47
5.5 Modelos de ecuaciones estructurales .....	48
5.5.1 Antecedentes de los SEM .....	48
5.5.2 Modelo estructural.....	49
5.5.3 Modelo de medida .....	51
5.5.4 Pasos en el modelamiento SEM.....	53
5.5.4.1 Especificación del modelo .....	53
5.5.4.2 Identificación del modelo .....	54
5.5.4.3 Estimación de parámetros.....	56
5.5.4.4 Evaluación del ajuste .....	58
5.5.4.5 Reespecificación del modelo.....	60
5.5.4.4 Interpretación de resultados .....	60
6. Metodología .....	61
6.1 Diagrama de red .....	61
6.2 Técnica de muestreo y población objetivo .....	66
6.3 Diseño del instrumento.....	67
6.4 Validación del instrumento .....	68
6.5 Prueba piloto .....	69
6.6 Recopilación de la información .....	70

6.7 Consolidación de la base de datos.....	71
6.8 Análisis Univariado .....	71
6.8.1 Análisis descriptivo .....	72
6.9 Análisis multivariado .....	84
6.9.1 Viabilidad del análisis factorial.....	84
6.9.1.1 Alfa de Cronbach .....	84
6.9.1.2 Medida de adecuación muestral Kaiser, Meyer y Olkin (KMO) .....	85
6.9.1.3 Test de esfericidad de Barlett.....	86
6.10 Análisis factorial confirmatorio .....	86
7. Resultados.....	89
7.1 Especificación del modelo .....	89
7.2 Identificación del modelo .....	93
7.3 Estimación de parámetros.....	96
7.4 Bondad de ajuste del modelo estimado .....	99
7.5 Reespecificación del modelo .....	103
7.6 Interpretación de resultados .....	104
7.7 Framework.....	105
8. Conclusiones .....	108
9. Recomendaciones.....	111
Referencias bibliográficas .....	112

**Lista de tablas**

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos del proyecto.....	20
Tabla 2. Dimensiones estudiadas en las investigaciones revisadas de la educación superior.....	35
Tabla 3. Diferencias entre el AFE Y AFC .....	46
Tabla 4. Nomenclatura del componente estructural.....	50
Tabla 5. Nomenclatura del componente de medida.....	51
Tabla 6. Aspectos a evaluar por cada variable .....	65
Tabla 7. Estadísticas de fiabilidad .....	85
Tabla 8. Prueba de KMO y Test de esfericidad de Barlett.....	86
Tabla 9. Ecuaciones del componente de medida .....	89
Tabla 10. Notación de las variables latentes exógenas .....	90
Tabla 11. Ecuaciones del componente estructural.....	90
Tabla 12. Notación de las variables latentes endógenas .....	91
Tabla 13. Resultados estandarizados de los SEM.....	97
Tabla 14. Chi-cuadrado .....	99
Tabla 15. Medidas de bondad de ajuste .....	102
Tabla 16. Índices de modificación. ....	103

### Lista de figuras

Figura 1. Línea de tiempo de los modelos de evaluación empleados en la educación superior....	29
Figura 2. Comparación Análisis Factorial Exploratorio y Confirmatorio .....	46
Figura 3. Convenciones diagrama de trayectoria.....	48
Figura 4. Ejemplo del componente estructural: Modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de venta.....	50
Figura 5. Ejemplo del componente de medida: Modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de venta.....	52
Figura 6. Ejemplo de modelo de ecuaciones estructurales: Modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de venta .....	53
Figura 7. Modelo de medida y estructural de la percepción de los estudiantes con el PEP.....	63
Figura 8. Socialización del PEP.....	70
Figura 9. Histograma de créditos de idioma extranjero inglés planteado en el plan de estudios ..	73
Figura 10. Histograma de los conocimientos generales y particulares de la profesión .....	74
Figura 11. Histograma de las modificaciones realizadas al plan de estudios para atender las necesidades actuales de la profesión.....	76
Figura 12. Histograma del cumplimiento de las fechas estipuladas para la presentación de las actividades académicas .....	79
Figura 13. Histograma del estado actual de las instalaciones de la escuela para el desarrollo de las actividades académicas .....	81
Figura 14. Análisis factorial confirmatorio .....	88
Figura 15. Modelo teórico de la percepción de los estudiantes con el PEP .....	92
Figura 16. Identificación del modelo .....	95

Figura 17. Framework percepción de los estudiantes .....107

## Lista de Apéndices

Apéndice A. Género y nivel .....	67
Apéndice B. Versión inicial de la encuesta .....	68
Apéndice C. Versión final de la encuesta.....	69
Apéndice D. Correo electrónico carpintero .....	70
Apéndice E. Invitación a través de redes sociales .....	70
Apéndice F. Publicidad .....	70
Apéndice G. Nomenclatura de las variables en SPSS Statistics.....	71
Apéndice H. Tablas e histogramas de frecuencia .....	72
Apéndice I. Tablas de contingencia .....	82
Apéndice J. Código en R CFA y SEM.....	87
Apéndice K. Preguntas similares entre si.....	87
Apéndice L. Resultados estandarizados CFA.....	87
Apéndice M. Matriz de varianzas-covarianzas muestral .....	96
Apéndice N. Resultados estimados y estandarizadas del SEM .....	96
Apéndice O. Matriz de residuos estandarizados.....	103
Apéndice P. Satisfacción global del estudiante .....	105
Apéndice Q. Artículo de investigación, ver apéndice adjunto en el CD.	

## Resumen

**Título del proyecto:** Modelo de Ecuaciones Estructurales para el Estudio de la Percepción de los Estudiantes de Pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP\*

**Autores:** Jennifer Natalia Buitrago Rodríguez

Laura María Tovar Sanchez\*\*

**Palabras clave:** Modelo de ecuaciones estructurales, variables observadas, variables latentes, análisis multivariante, educación superior, satisfacción.

**Descripción:** Los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) es una técnica multivariable que se aplica en investigaciones de diversas disciplinas debido a su facilidad de explicar relaciones causales entre variables cualitativas y cuantitativas para contrastar modelos teóricos. El ámbito educativo no se encuentra exento de la aplicación de los SEM. Por esta razón, en el presente trabajo se planteó un modelo de ecuaciones estructurales que permitió analizar información de diversas variables que inciden en la percepción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con aspectos referentes del Proyecto Educativo del Programa-PEP. Inicialmente, se realiza la revisión de literatura con el fin de conocer los estudios realizados sobre el tema de investigación y se elabora el diagrama de red a partir de los constructos definidos en esta. Posteriormente, se diseña el instrumento para medir la percepción de los estudiantes y se analiza la información recolectada a través de análisis univariado y multivariado. Luego, se desarrolla la metodología de los SEM y el framework. Posteriormente, se plasman las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada. Mediante este trabajo se logró construir un instrumento fiable y válido que sirve como herramienta para el mejoramiento continuo e insumo para los procesos de autoevaluación en la educación superior. En este sentido, se resaltan los factores que afectan la satisfacción global del alumno.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: PhD. Henry Lamos Díaz.

## Abstract

**Project title:** Structural equation modeling for the study of perception of undergraduate students in industrial engineering at University Industrial Santander with the Educational Project of the Program-PEP\*

**Authors:** Jennifer Natalia Buitrago Rodríguez

Laura María Tovar Sanchez \*\*

**Keywords:** Structural equation modeling, multivariate analysis, observed variables, latent variables, higher education, satisfaction.

**Description:** The Structural Equation model (SEM) is a multivariable technique applied to research in a diverse kind of disciplines due to its ability to explain causal relationships between qualitative and quantitative variables. By this way, theoretical models can be contrasted to each other. The academic field is not exempted of SEM applications. For that reason, this project uses a SEM model to analyze several variables affecting the perception of undergraduate students in industrial engineering at UIS towards the Educational Project of the Program-EPP. At the beginning, a literature review is done in order to know the state of art of the research topic. Then, the network diagram is elaborated from the constructs defined before. Subsequently, the instrument is designed to measure the perception of students, and the collected data is analyzed through both univariate and multivariate analysis. Then, SEM methodology and the framework are developed. Finally, the conclusions and recommendations of the research are summarized. Through this work, a reliable and valid instrument that serves as a tool for continuous improvement and input for the self-evaluation processes in post-secondary education is developed. In this regard, factors affecting the overall satisfaction of the student are highlighted.

---

\* Degree project.

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. Industrial and Business School. Director: PhD. Henry Lamos Díaz.

## Introducción

La educación es un pilar fundamental para el progreso de las naciones a largo plazo. En el último siglo, la educación superior ha tomado mayor importancia debido al avance en la ciencia, los medios y las tecnologías de información; lograr mejores niveles de bienestar social y de crecimiento económico a través de la educación superior es el reto para los países. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2003) “nunca antes en la historia, el bienestar de las naciones ha estado tan estrechamente vinculado a la calidad y el alcance de sus sistemas e instituciones de enseñanza superior”.

A nivel global, se han realizado diversas investigaciones acerca de la calidad percibida de los servicios de educación superior. Duque y Diosa (2014) señalan que en países como Malasia, España, México, India, Turquía, entre otros, se han realizado investigaciones basándose en los modelos SERVQUAL (SQ) y SERVPERF propuesto por Parasuraman, Zeithaml & Berry (1988) y Cronin & Taylor (1992) respectivamente. Sin embargo, algunos autores han modificado estos modelos con el fin de identificar nuevas dimensiones o factores que inciden en la percepción de los grupos de interés del sistema educativo.

En Colombia el ente encargado de garantizar que las instituciones de educación superior (IES) cumplen con los más altos estándares de calidad es el Sistema Nacional de Acreditación (SNA). Uno de sus objetivos es la evaluación de la calidad de las IES por medio de la autoevaluación que realiza la propia institución, la evaluación externa llevada a cabo por pares académicos y la evaluación final elaborada por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA). Por su parte, el CNA es el organismo que reconoce, vela por el incremento y fomenta el desarrollo del sistema de acreditación voluntario de programas e instituciones.

En concordancia con lo anterior, la Universidad Industrial de Santander (UIS) en su plan de desarrollo institucional (2008-2018), establece como principio “fomentar una cultura de autoevaluación participativa y de mejoramiento continuo que permita velar por el cumplimiento de las responsabilidades académicas y administrativas” (p.13). Bajo la misma dirección, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales (EEIE) tiene el compromiso de garantizar la calidad académica a través de nuevos proyectos y estrategias que propicien la mejora continua de sus programas académicos.

Fundamentado en lo anterior, en el presente proyecto de grado se desarrolla un Modelo de Ecuaciones Estructurales para medir la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial sobre el Proyecto Educativo del Programa- PEP.

A continuación, se muestra la revisión de la literatura con el fin de conocer estudios realizados a nivel mundial sobre la situación actual del tema de investigación; seguidamente, se elabora el marco teórico basado en la literatura gris y las bases de datos de la UIS en aras de comprender los fundamentos teóricos empleados para la ejecución del proyecto. Luego, se desarrolla la metodología de los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) en lenguaje de programación R, que consiste en 6 pasos requeridos para la construcción del mismo, siendo estos especificación, identificación, estimación de parámetros, evaluación del ajuste, reespecificación del modelo y la interpretación de los resultados. Finalmente, se realiza un framework con el fin de establecer una guía para futuros estudios, las conclusiones y las recomendaciones del presente trabajo de investigación.

Tabla 1.

*Cumplimiento de objetivos del proyecto.*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Cumplimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una revisión bibliográfica de literatura sobre modelos de medición de la percepción en la educación superior.</li> </ul>	Capítulo 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar el diagrama de red a partir de los constructos definidos por la revisión.</li> </ul>	Numeral 6.1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar un instrumento para medir la percepción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP.</li> </ul>	Apéndice C
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar los parámetros del modelo estructural mediante el LISREL.</li> </ul>	Numeral 7.3
<ul style="list-style-type: none"> <li>Validar el modelo usando una muestra de estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.</li> </ul>	Numeral 7.4
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un artículo de carácter publicable en base al trabajo de investigación realizado.</li> </ul>	Apéndice Q

## 1. Planteamiento del Problema

El acelerado cambio que se vive en la era actual, obliga a las IES a reinventarse con el fin de responder ante los nuevos retos sociales, tecnológicos, económicos y científicos de la sociedad contemporánea. Hoy más que nunca, la búsqueda de la excelencia académica se da mediante el aseguramiento de la calidad de todas las partes involucradas en el sistema educativo que intenta garantizar una educación pertinente, beneficiosa para la sociedad e integral para el estudiante.

En este sentido, la evaluación de la calidad es necesaria para obtener información que permita conocer la realidad, el avance y los resultados de los procesos internos que se lleva a cabo en las universidades. De allí, radica la importancia de encontrar formas fiables de medición que posibilite a los miembros del sistema educativo tomar conciencia de los aspectos por mejorar en las instituciones; además de facilitar su comparación con el entorno regional, nacional e internacional.

Las universidades en Colombia son reconocidas como instituciones de alta calidad cuando el Ministerio de Educación Nacional (MEN) certifica mediante un acto administrativo que la institución cumple con los requisitos para la acreditación. Estos procesos toman fuerza hasta finales de la década de los noventa con la aparición de agencias acreditadoras de carácter público y privado que con el apoyo del gobierno acreditan al sector universitario. La acreditación es considerada como el “camino para el reconocimiento por parte del Estado de la calidad de las IES y de programas académicos, siendo una oportunidad para comparar la formación que se imparte, con la que reconocen como válida y deseable los pares académicos” (CNA, párr. 1).

En Colombia, actualmente se registran 1161 programas académicos de pregrado que han obtenido acreditación voluntaria mediante resolución del MEN. El programa de Ingeniería

Industrial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS mediante Resolución No. 16110 del 14 de Noviembre del 2013 recibió por segunda vez la renovación de Acreditación de Alta Calidad por un periodo de 6 años. En este reconocimiento, el MEN destacó las siguientes fortalezas:

La larga tradición del programa de más de medio siglo, desde su creación en 1958 con más de 3600 graduados que han y están contribuyendo al desarrollo científico-industrial del país, así como el posicionamiento del programa, el desempeño y reconocimiento de los egresados en el medio académico e industrial, tanto nacional como internacional. Así mismo, posee infraestructura adecuada a los requerimientos del programa y reconoce un plan curricular pertinente, integral, flexible e interdisciplinar que incorpora estrategias pedagógicas coherentes con los contenidos, que pretende la formación de ingenieros con bases científicas, tecnológicas y humanísticas suficientes para enfrentar y solucionar problemas relacionados con la producción industrial (CNA, 2013, párr. 4-12- 13).

A pesar de las fortalezas mencionadas anteriormente, la EEIE debe continuar su búsqueda de la excelencia y el reconocimiento académico por medio de la implementación de herramientas que permitan evaluar la calidad de la educación impartida desde diferentes perspectivas con el fin de retroalimentar el Proyecto Educativo del Programa. Por consiguiente, el problema abordado en este trabajo de investigación es desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales que permita recolectar información de diferentes variables que puedan incidir en la satisfacción de los estudiantes mediante la percepción que tiene cada individuo, es decir, a la experiencia vivida durante su proceso de formación académica.

## 2. Justificación del Proyecto

En la economía del conocimiento, la calidad de la educación superior permite el desarrollo económico, político, social, académico y cultural de la sociedad. La calidad constituye un pilar fundamental en el mundo globalizado debido a que el ambiente académico entre las IES se torna cada vez más competitivo. Sin embargo, esta no permanece constante en el tiempo y es considerada por Giraldo, Abad y Díaz (2007) como un concepto multidimensional ya que abarca todas sus funciones y actividades principales de aprendizaje, enseñanza, formación e investigación, que dependen del contexto propio de cada institución.

La multidimensionalidad hace de la evaluación de la calidad en la educación superior un proceso complejo, debido a que ésta depende de múltiples factores los cuales deben ser medidos desde diferentes escenarios. Según Ponce y Quiroz (2009) la calidad de la educación superior, principalmente la educación universitaria, requiere evaluación permanente, sistemática y continua para garantizarla (p.12). Es así que las instituciones deben determinar cómo abordar cada factor dependiendo de sus intereses y necesidades, ya que la realidad de cada IES es diferente y por lo tanto los factores que inciden en la calidad también lo son.

Existen diferentes métodos para evaluar la calidad en la educación superior, ya que la percepción puede variar dependiendo del grupo de interés al que se le pregunte. Para efectos del presente trabajo se seleccionaron a los estudiantes debido a que son ellos los destinatarios de la educación y su opinión es un referente que debe tenerse en cuenta (Pérez y Alfaro, 1997). Por lo tanto, descubrir la percepción que tienen sobre el servicio de educación permitirá a la EEIE conocer el grado de satisfacción de los alumnos e identificar fortalezas y debilidades que faciliten la toma

de decisiones en aras de formular planes de acción que ayuden a mejorar las debilidades encontradas y asegurar la calidad en el programa de Ingeniería Industrial.

Por tal motivo, se propone un modelo de medición de la satisfacción sobre aspectos del PEP mediante Ecuaciones Estructurales; que contempla técnicas y herramientas estadísticas como análisis factorial, regresión múltiple y diagrama de red, que van a facilitar el análisis de numerosas relaciones causales entre las variables observadas y latentes. Además los SEM, presentan una gran capacidad de síntesis en comparación a las mencionadas anteriormente lo cual es favorable ya que para el estudio de la satisfacción de los estudiantes se consideraron simultáneamente los lineamientos del PEP, el factor procesos académicos del CNA y nuevos factores extraídos de la revisión de la literatura.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales para medir la percepción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica de literatura sobre modelos de medición de la percepción en la educación superior.
- Elaborar el diagrama de red a partir de los constructos definidos por la revisión.
- Diseñar un instrumento para medir la percepción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP.
- Identificar los parámetros del modelo estructural mediante el LISREL.
- Validar el modelo usando una muestra de estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
- Realizar un artículo de carácter publicable en base al trabajo de investigación realizado.

#### 4. Revisión de la literatura

El ambiente competitivo del mundo globalizado ha hecho de la calidad en la educación superior un reto para las universidades. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2007) la calidad en la educación superior es un concepto multidimensional que relaciona los elementos contextuales de un modelo educacional, con la misión, fines institucionales y con estándares específicos dentro de un sistema, institución, programa o disciplina determinados. Es por esto, que se han realizado numerosas investigaciones con el fin de construir modelos de medición que permitan evaluar, desde diferentes perspectivas, diversos factores o indicadores que expliquen la realidad de las instituciones de educación superior (IES).

La medición de la calidad en la educación superior se ha realizado a través de la adaptación de los modelos de la calidad del servicio. La escuela nórdica aportó el Modelo de la Imagen propuesto por Grönroos (1982) que relaciona la imagen corporativa con la calidad del servicio, la cual se compone de dos dimensiones, la calidad técnica que se basa en el *qué* esperan los clientes y la calidad funcional, que se refiere al *cómo* se ofrece el servicio. En cuanto a la escuela americana, su principal aporte fue realizado por Parasuraman, Zeithaml & Berry (1988) quienes crearon la escala SERVQUAL (SQ), para medir las percepciones del cliente con respecto a la calidad del servicio. Las dimensiones evaluadas son la empatía, fiabilidad, responsabilidad, capacidad de respuesta y tangibilidad, en un instrumento compuesto por 22 ítems que miden la expectativa y otros 22 similares que miden la percepción del cliente. La calidad del servicio será el resultado de las diferencias entre las puntuaciones anteriores respectivamente.

Sin embargo, autores como Buttle (1996) han sido críticos de la escala SQ debido a problemas de redundancia e interpretación por parte de los encuestados, señalando las siguientes limitaciones. En primer lugar, la dimensionalidad del constructo “calidad del servicio” puede no ser tan universal como sus autores predicen. En segundo lugar, la validez de la utilización de las expectativas puede verse cuestionada cuando los consumidores no tienen bien formadas las mismas (Carman, 1990; Teas, 1993). Como resultado de lo anterior, se realizaron modificaciones a la escala original dando lugar a nuevos instrumentos, como SERVPERF propuesto por Cronin & Taylor (1994), el cual se basa en las mismas dimensiones, pero valora exclusivamente la percepción, siendo éste el único factor determinante para evaluar la calidad del servicio.

A través de los años, autores como Faganel (2010), Vergara y Quesada (2011), Duque y Chaparro (2012), han señalado que los motivantes que inciden para investigar la calidad percibida del servicio en la educación superior son: la satisfacción del estudiante, identificación de factores que afectan la percepción de la calidad del servicio, las obligaciones constitucionales y legales de cada país, la medición como fuente de ventaja competitiva y las nuevas formas de educación superior apoyadas en las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Las primeras investigaciones en la educación superior se remontan al trabajo de investigación de Hill (1995) quien empleó la escala SQ para realizar un estudio en una universidad británica donde preguntó acerca de los factores académicos y no académicos. La conclusión de esta investigación arrojó que las expectativas de los estudiantes, sobre todo en los factores académicos, son estables a través del tiempo ya que éstas probablemente se forman antes de llegar a la universidad. Por el mismo año, Franklin & Shemwell emplearon la escala SQ para la medición de la satisfacción del estudiante a través de una única variable (satisfacción global) donde

concluyeron que la satisfacción resulta de un proceso de desconfirmación que mide la calidad percibida de la experiencia educativa.

Si bien los modelos SQ y SERVPERF han sido los comúnmente utilizados según la revisión de la literatura, desde 1997 algunos autores han añadido y/o eliminado dimensiones creando así sus propias escalas con el propósito de medir la percepción de la calidad en la educación superior. A partir del trabajo de investigación titulado “Evolución conceptual de los modelos de medición de la percepción de calidad del servicio: una mirada desde la educación superior” realizado por Duque y Diosa (2014) se construye la línea de tiempo de los diferentes modelos empleados en el periodo comprendido entre (1997-2017), destacando nuevos modelos como HEdPERF (Higher Education PERFORMANCE-only) propuesto por Firdaus (2005), SERVQUALing creado por Mejías (2005), HiEdQual (Higher Education Quality) desarrollado por Annamdevula & Shekhar (2012), e-SERVQUAL propuesto por Martínez -Argüelles, Blanco y Castán (2013), entre otros.



Figura 1. Línea de tiempo de los modelos de evaluación empleados en la educación superior. Modificado de Duque y Diosa (2014).

En la actualidad, la percepción de los estudiantes universitarios acerca de los programas académicos y servicios educativos ha sido objeto de estudio para las IES. Obtener esta información les permite conocer el grado de satisfacción y la experiencia educativa del alumno en aras de emprender acciones para el mejoramiento continuo. Por tal motivo, se deben medir las percepciones de una manera continua y adecuada para conocer la interacción entre las instituciones y los estudiantes.

Por ejemplo, Gento y Vivas (2003) crearon un instrumento de recolección de información denominado SEUE, para conocer la satisfacción de los estudiantes universitarios por los resultados y experiencias asociadas con su educación en la Universidad de los Andes, Táchira, Venezuela. El instrumento consta de 93 ítems, distribuidos en 10 dimensiones: servicios, necesidades básicas, seguridad, seguridad económica, seguridad emocional, pertenencia a la institución o grupo de alumnos, sistema de trabajo, progreso del éxito personal, reconocimiento del éxito y autorrealización personal. Estos autores concluyen que el instrumento evalúa sistemáticamente la información y dependiendo del contexto de la investigación podría utilizarse en otras realidades siempre y cuando se estime que su fiabilidad sea aceptable.

De forma similar, la Vicerrectoría Académica de la Universidad Industrial de Santander a través de la experiencia adquirida en el desarrollo de los procesos de autoevaluación durante los años 1997 a 2009, crea en el 2010 el Sistema para la Autoevaluación de Programas Académicos (SIAPAD), el cual es un modelo de evaluación construido bajo los lineamientos para la acreditación de programas académicos establecidos por el CNA donde se definen los instrumentos y las fuentes de recolección de información. Este modelo “focaliza el trabajo de la comunidad académica en el análisis, la reflexión y la toma de decisiones con base en los resultados obtenidos para asegurar la calidad y la mejora permanente de los programas” (SIAPAD, p. 7).

El SIAPAD está configurado por un modelo de evaluación, metodología para el desarrollo del proceso de autoevaluación, taller de ponderación, encuesta a estudiantes, profesores, directivos, personal administrativo, graduados y empleadores; taller de evaluación de indicadores, análisis documental, taller de análisis e interpretación de los resultados y guía para la elaboración del informe de autoevaluación. Entre sus propósitos se plantea una eficiente distribución del tiempo de trabajo en el proceso de autoevaluación, que permita la mejora continua de los programas académicos y la comparación de los resultados de los procesos al interior de la universidad.

Bajo la misma dirección, Vizcaíno (2009) afirma que “la evaluación de la calidad de un programa de educación superior es un modelo que permite diagnosticar la calidad otorgada a la institución, a su personal, a los procesos académicos y administrativos, en función de lo que le significó al estudiante su proceso formativo” (p.7). En concordancia con lo anterior, años más tarde, junto a Alcaraz y Mendoza (2013) llevan a cabo el estudio de la calidad educativa del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara, México desde la percepción de los estudiantes de la licenciatura en negocios internacionales respecto a los indicadores académicos, administrativos, soporte técnico y de infraestructura. Esta investigación dejó como resultado un instrumento que favorece una cultura de evaluación en las instituciones.

Igualmente, Vega (2014) tomó una muestra de 170 estudiantes de pregrado de los últimos tres semestres académicos debido a que consideró que el tiempo de permanencia en la institución, permite poseer juicios más sólidos del programa educativo. En su trabajo de investigación realizó la medición de la percepción de la calidad del servicio de educación en las universidades privadas de la ciudad de Tunja: caso Fundación Universitaria Juan de castellanos, donde combinó la escala SERVQUAL y 5Qs para evaluar la calidad de los servicios académicos y administrativos, permitiéndole identificar los niveles de insatisfacción en los estudiantes de pregrado.

Así mismo, Corona (2014) realizó el artículo titulado “Programas educativos de buena calidad, valoración de estudiantes vs. expectativa de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en México” en donde determinó la percepción y satisfacción de los estudiantes respecto a la calidad de sus programas educativos. El instrumento de 86 ítems se aplicó a 293 estudiantes donde se evidenció una brecha entre la opinión estudiantil y los resultados de acreditaciones y evaluaciones de los organismos evaluadores externos.

Por otra parte, los modelos de ecuaciones estructurales (SEM) son una técnica multivariable que se aplica en investigaciones de diversas disciplinas debido a su facilidad de explicar relaciones causales entre variables cualitativas y cuantitativas para contrastar modelos teóricos. El ámbito educativo no se encuentra exento de la aplicación de los SEM, Vergara y Quesada (2011) afirman que “se han utilizado ampliamente para el análisis de la calidad del servicio en diversas entidades, demostrando su adaptabilidad y eficacia a la hora de determinar las variables que afectan la satisfacción del cliente” (p.1). En efecto, realizaron un diagnóstico general de las variables que mayor influencia ejercen sobre la satisfacción del estudiante y su motivación a recomendar la institución a otras personas. Para ello, aplicaron un modelo de ecuaciones estructurales a partir de la combinación de los modelos de Parasuraman *et al.* (1988) y Oh (1999) cuyo fin fue generar un análisis sobre la calidad del servicio ofrecido por la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena.

De la misma forma, Pérez, Orlandoni y Ramoni (2014) se basaron en el Modelo de Gestión de las universidades públicas colombianas el cual evalúa las relaciones de causalidad entre los insumos con los que cuenta la universidad, medidos a través de un conjunto de indicadores que representan la capacidad total de la misma. En su trabajo de investigación presentaron un análisis de los indicadores de gestión aplicando los SEM, donde caracterizaron la evolución en el tiempo

y determinaron la dinámica creciente o decreciente de los indicadores durante el periodo 2003-2008. Además, comprobaron la gran capacidad de síntesis que tienen los SEM, permitiéndoles considerar simultáneamente todos los elementos del estudio y obtener gráficamente las interrelaciones entre ellos.

Paralelamente, Dlacić, Arslanagic, Kadic-Maglajlic, Markovic & Raspor (2014) desarrollaron la investigación “Exploring perceived service quality, perceived value, and repurchase intention in higher education using structural equation modelling” aplicado a 735 estudiantes de pregrado en Bosnia, Herzegovina y Croacia; en donde propusieron y probaron un modelo conceptual que integra las dimensiones mencionadas anteriormente. Para el análisis de los datos utilizaron programas computacionales como SPSS 20.0 y LISREL 8.80, permitiendo concluir que la percepción de la calidad del servicio y el valor percibido tienen un impacto positivo en el contexto educativo.

Alvarado, Luyando, Cuevas y Picazzo (2015) realizaron un análisis de percepción de la calidad de la educación superior privada en Monterrey, México aplicando la escala SERVPERF para la obtención de los datos y el modelo de ecuaciones estructurales para el análisis de los mismos. Como resultado de la investigación, se identificó que el factor componentes físicos necesarios para la formación académica de los alumnos, la cualificación y el interés que debe tener la planta docente con la labor de formación integral del estudiante y el desarrollo o habilidades por parte del profesor explican la dimensión calidad educativa. Además, se concluyó que los estudiantes valoran que las universidades posean instalaciones y equipos tecnológicos adecuados y modernos que faciliten las actividades académicas.

Recientemente, Alzate y Mejía (2017) desarrollaron un trabajo de investigación con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes de Licenciatura en Educación Física y Deportes de la Universidad de San Buenaventura de la ciudad de Medellín, Colombia acerca de su proceso de formación y el bienestar institucional. Para esto, emplearon una metodología cuantitativa, no experimental, con un enfoque descriptivo, en donde concluyeron que para aumentar el nivel de satisfacción de los estudiantes la universidad debe centrar sus esfuerzos en mejorar los procesos de formación a través de su currículo y la cualificación de sus docentes, en aras de crear una ventaja competitiva para la universidad que contribuya al proceso de acreditación de alta calidad.

En general, la revisión de la literatura arrojó que existen alrededor del mundo numerosos estudios acerca de la percepción que tienen los estudiantes en diferentes ámbitos del sector educativo, lo que permitió conocer cómo ha evolucionado el tema de investigación a través del periodo comprendido entre (1995-2017). A manera de síntesis, se presenta en la *tabla 2* los autores, la ubicación geográfica del estudio, el modelo aplicado y las dimensiones estudiadas que varían dependiendo del modelo empleado, el contexto y las necesidades de cada institución. Cabe resaltar que no se ha unificado ningún instrumento que permita medir la percepción en la educación superior, aunque se evidencia que el proceso de llevar a cabo este tipo de investigación se realiza de una forma similar, en donde los investigadores crean su propia escala o adaptan las ya existentes en la literatura y luego procesan los datos a través de análisis estadísticos. El procesamiento de estos datos proporciona información valiosa acerca de la realidad de las IES que puede ser tomada como punto de partida para el proceso de autoevaluación y criterio para la toma de decisiones.

Tabla 2.

*Dimensiones estudiadas en las investigaciones revisadas de la educación superior.*

Nombre autor/ Ubicación geográfica del estudio	Modelo Aplicado	Dimensiones estudiadas
Hill. (1995) Reino Unido	Adaptado de SERVQUAL	Factores académicos (calidad de la enseñanza, contenido del curso, métodos de enseñanza y feedback) y no académicos.
Webb & Jagun. (1997) Reino Unido	Modelo de Ecuaciones Estructurales.	Atención al cliente, satisfacción del cliente, valor percibido, lealtad y comportamiento de queja.
Diaz. (2005) Perú	SERVQUAL	Empatía, fiabilidad, responsabilidad, capacidad de respuesta y tangibilidad.
Mejías, Teixeira, Rodríguez y Arzola. (2010) Venezuela	SERVQUALing	Elementos tangibles, confiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad y empatía. Factores no académicos: capacidad del servicio, eficiencia del servicio.
Vergara y Quesada. (2011) Colombia	SERVQUAL- Modelo de Ecuaciones Estructurales	Precio actual de la matrícula, precio percibido de la matrícula, calidad del servicio académico percibido, percepciones, valor percibido por el estudiante, intención de seguir estudiando, intención de recomendar a la universidad.
Annamdevula,& Shekhar. (2012) India	HiEdQUAL	La enseñanza y el contenido de los cursos, servicios administrativos, instalaciones académicas, la infraestructura del campus y servicios de apoyo de calidad de servicio en el sector de la educación superior.
Martínez-Argüelles, Blanco y Castán. (2013) España	e-SERVQUAL	Servicio esencial (docencia), servicios facilitadores, servicios de apoyo e interfaz del usuario.
Ahmed & Mehedi. (2014) Malasia	HedPERF	Servicio administrativo, tangibles, programas académicos, personal académico, la entrega de la enseñanza, la garantía y la empatía.
Alvarado, Luyando y Picazzo. (2015) México	SERVPERF	Empatía, fiabilidad, responsabilidad, capacidad de respuesta y tangibilidad.

*Nota:* Dimensiones estudiadas en las investigaciones revisadas de la educación superior. Adaptado de Alves y Raposo (2004) y Duque y Diosa (2014).

## 5. Marco Teórico

## 5.1 Percepción

Mayo & Jarvis (1981) definen la percepción como el “proceso mediante el cual un individuo recibe, selecciona, organiza e interpreta información para crearse una imagen significativa del mundo” (p.281). Este proceso inicia en la selección cuando el sujeto percibe de acuerdo a sus intereses, luego organiza la información, la analiza y clasifica según el tipo de estímulos percibidos y por último interpreta de acuerdo a sus experiencias.

Según Neisser (como se citó en la Universidad de Murcia, 2007) la percepción es subjetiva, selectiva y temporal (p.1). Es subjetiva, ya que las reacciones a un mismo estímulo varían de un individuo a otro; es selectiva porque la persona no puede percibir todo al mismo tiempo, sino que selecciona en función de lo que desea percibir y por último es temporal ya que es un fenómeno a corto plazo y las experiencias varían de acuerdo a sus necesidades. Cada una de las personas percibe cosas distintas a pesar de que los estímulos sensoriales a los que se exponen sean los mismos, lo que conlleva a entender la percepción de dos formas distintas. En primer lugar, a sensaciones originadas por un estímulo físico que proviene del medio externo. En segundo lugar, los provenientes de las necesidades, motivaciones y experiencias propias de cada individuo.

Para el desarrollo de este trabajo se considerará la percepción de los estudiantes de pregrado de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales sobre los lineamientos del Proyecto Educativo del Programa y los factores académicos establecidos por el Consejo Nacional de Acreditación con el fin de recolectar, analizar e interpretar formal y sistemáticamente la información pertinente en aras de conocer la realidad y facilitar los procesos de toma de decisiones.

## 5.2 Proyecto Educativo del Programa

El Proyecto Educativo del Programa (PEP) de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander orienta sus esfuerzos al alcance de los requerimientos institucionales y de la sociedad en general. En él se señalan los objetivos, valores, principios, lineamientos, políticas de acción y estrategias encaminadas a dar cumplimiento del mismo. Su principal objetivo se basa en proporcionar oportunidades de aprendizaje teórico y práctico a sus estudiantes con el fin de mejorar los sistemas productivos y administrativos en una organización. El PEP surge de la unión de experiencias y opiniones de los grupos de interés como lo son estudiantes, docentes, egresados, directivos y la comunidad en general que se ve involucrada directa e indirectamente con el programa.

El Proyecto Educativo del Programa no se encuentra exento de modificaciones debido a los constantes cambios en las necesidades y requerimientos de la sociedad. Es por esto que desde su creación se han realizado reformas con el fin de actualizar su contenido y para el presente trabajo se toma como base la reforma curricular del programa de ingeniería industrial del año 2006.

**5.2.1 Lineamientos del Proyecto Educativo del Programa.** Los lineamientos mencionados a continuación se tomaron de la reforma curricular del 2006:

- **Formalización:** Consiste en documentar formalmente las modificaciones realizadas al interior de cada una de las asignaturas.
- **Fundamentalidad:** Dada la restricción temporal de los diez semestres de duración del programa y reconociendo el proceso de formación como inacabado, la escuela determina clasificar los contenidos en fundamentales y útiles y solo los primeros formarán parte del

plan de estudio, los demás serán temática de las actividades y estrategias de apoyo curricular.

- **Secuencialidad:** Se plantea la connotación estratégica de abordar el conocimiento con una secuencia de lo general a lo particular en relación a todas las asignaturas y al interior de cada una de ellas.
- **Vigencia:** Las actuales condiciones de acceso a la información de los estudiantes, exigen nuevas formas de desarrollo de conocimiento. Los contenidos deben responder a fundamentos universales que permitan una mejor asimilación y comprensión de la avalancha de información que ofrece al medio.
- **Coherencia:** Con respecto a las competencias y demás lineamientos definidos, es decir, con el propósito.
- **Interdisciplinariedad:** Los espacios como el ciclo básico permitirán el enriquecimiento de la formación de ciudadanos competentes y la integración disciplinaria de los docentes de las diferentes facultades.
- **Movilidad:** El PEP considera los estándares nacionales de formación en Ingeniería definidos por ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería), facilitando al estudiante el proceso de movilidad académica a través de la homologación.
- **Pertinencia:** Considerando los elementos identificados por áreas del saber se involucran aspectos como la evolución de los servicios y la inclusión del análisis de procesos continuos propios de la región.
- **Teórica-práctica:** La Escuela reconoce como necesaria la simultaneidad temporal del desarrollo teórico y práctico como complementos en la construcción del conocimiento.

- Flexibilidad: Las asignaturas electivas y de contexto constituyen un componente flexible del plan de estudios.

### **5.3 Calidad del servicio educativo**

La calidad nace como ciencia de la gestión en los años 1920. Inicialmente se enfocó en la producción de bienes y luego en la prestación de servicios, incluyendo el ámbito educativo. Sverdlick (2012) señala que cuando se habla de calidad en la educación se debe tener en cuenta la finalidad, el sentido y las funciones de la misma con el fin de abarcar el sistema educativo en su conjunto.

La preocupación por la calidad de la educación que están mostrando las universidades, se ha pronunciado en el nuevo milenio (Capelleras y Veciana, 2004; Ferrer, 2005). Es por esto que las Instituciones de Educación Superior (IES) en Colombia realizan innumerables esfuerzos para alcanzar un nivel de calidad que cumpla con los estándares determinados por el Sistema Nacional de Acreditación (SNA), llevando a cabo procesos de autoevaluación que realiza la propia institución, de evaluación externa llevada a cabo por pares académicos y la evaluación final realizada por el Consejo Nacional de Acreditación.

Tumino y Poitevin (2013) afirman que la evaluación de la calidad en la educación superior está orientada a medir la percepción de los estudiantes aunque esto resulte complejo debido a la subjetividad y al juicio que cada individuo percibe sobre los diferentes servicios brindados por la institución.

**5.3.1 Consejo Nacional de Acreditación.** El Consejo Nacional de Acreditación (CNA) es el organismo encargado de coordinar y supervisar el sistema de acreditación voluntario de programas e instituciones. Para esto define los siguientes factores:

- Factor misión, proyecto institucional y de programa.
- Factor estudiantes.
- Factor profesores.
- Factor procesos académicos.
- Factor visibilidad nacional e internacional.
- Factor investigación, innovación y creación artística y cultural.
- Factor bienestar institucional.
- Factor organización, administración y gestión.
- Factor impacto de los egresados en el medio.
- Factor recursos físicos y financieros.

Para efectos de este trabajo únicamente se evaluará el factor procesos académicos debido a que la población objetivo serán estudiantes de pregrado de ingeniería industrial quienes pueden emitir fácilmente un juicio acerca de las características que componen a este factor.

*5.3.1.1 Factor procesos académicos.* Según el CNA (2013) “un programa de alta calidad se reconoce por la capacidad que tiene de ofrecer una formación integral, flexible, actualizada e interdisciplinar, acorde con las tendencias contemporáneas del área disciplinar o profesional que le ocupa” (p.16). Las características que definen para este factor son las siguientes:

- **Integralidad del currículo:** El currículo contribuye a la formación en competencias generales y específicas, valores, actitudes, aptitudes, conocimientos, métodos, capacidades y habilidades de acuerdo con el estado del arte de la disciplina, profesión, ocupación u oficio, y busca la formación integral del estudiante, en coherencia con la misión institucional y los objetivos del programa.

- **Flexibilidad del currículo:** El currículo es lo suficientemente flexible para mantenerse actualizado y pertinente, y para optimizar el tránsito de los estudiantes por el programa y por la institución, a través de opciones que el estudiante tiene de construir, dentro de ciertos límites, su propia trayectoria de formación a partir de sus aspiraciones e intereses.

- **Interdisciplinariedad:** El programa reconoce y promueve la interdisciplinariedad y estimula la interacción de estudiantes y profesores de distintos programas y de otras áreas de conocimiento.

- **Estrategias de enseñanza y aprendizaje:** Los métodos pedagógicos empleados para el desarrollo de los contenidos del plan de estudios son coherentes con la naturaleza de los saberes, las necesidades y los objetivos del programa, las competencias, tales como las actitudes, los conocimientos, las capacidades y las habilidades que se espera desarrollar y el número de estudiantes que participa en cada actividad formación.

- **Sistema de evaluación de estudiantes:** El sistema de evaluación de estudiantes se basa en políticas y reglas claras, universales y transparentes. Dicho sistema debe permitir la identificación de las competencias, especialmente las actitudes, los conocimientos, las capacidades y las habilidades adquiridas de acuerdo con el plan curricular y debe ser aplicado teniendo en cuenta la naturaleza de las características de cada actividad académica.

- **Trabajos de los estudiantes:** Los trabajos realizados por los estudiantes en las diferentes etapas del plan de estudios favorecen el logro de los objetivos del programa y el desarrollo de las

competencias, tales como las actitudes, los conocimientos, las capacidades y las habilidades, según las exigencias de calidad de la comunidad académica y el tipo y metodología del programa.

- Evaluación y autorregulación del programa: Existencia de una cultura de la calidad que aplique criterios y procedimientos claros para la evaluación periódica de los objetivos, procesos y logros del programa, con miras a su mejoramiento continuo y a la innovación. Se cuenta para ello con la participación de profesores, estudiantes, egresados y empleadores, considerando la pertinencia y relevancia social del programa.

- Extensión o proyección social: En el campo de acción del programa, este ejerce una influencia positiva sobre su entorno, en desarrollo de políticas definidas y en correspondencia con su naturaleza y su situación específica; esta influencia es objeto de análisis sistemático. El programa ha definido mecanismos para enfrentar académicamente problemas y oportunidades del entorno, para evaluar su pertinencia, promover el vínculo con los distintos sectores de la sociedad, el sector productivo, el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Sistema Nacional de Formación para el Trabajo e incorpora en el plan de estudios el resultado de estas experiencias.

- Recursos bibliográficos: El programa cuenta con recursos bibliográficos adecuados y suficientes en cantidad y calidad, actualizados y accesibles a los miembros de la comunidad académica, y promueve el contacto del estudiante con los textos y materiales fundamentales y con aquellos que recogen los desarrollos más recientes relacionados con el área de conocimiento del programa.

- Recursos informáticos y de comunicación: El programa, de acuerdo con su naturaleza, cuenta con las plataformas informáticas y los equipos computacionales y de telecomunicaciones suficientes (hardware y software), actualizados y adecuados para el diseño y la producción de

contenidos, la implementación de estrategias pedagógicas pertinentes y el continuo apoyo y seguimiento de las actividades académicas de los estudiantes.

- Recursos de apoyo docente: El programa, de acuerdo con su naturaleza y con el número de estudiantes, cuenta con recursos de apoyo para la implementación del currículo, tales como: talleres, laboratorios, equipos, medios audiovisuales, sitios de práctica, estaciones y granjas experimentales, escenarios de simulación virtual, entre otros, los cuales son suficientes, actualizados y adecuados.

## **5.4 Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales**

### **5.4.1 Tipos de variables en el modelo de ecuaciones estructurales**

- Variables observadas o indicadores: son aquellas que pueden ser observadas o medidas de manera directa (Bentler, 1995; Byrne, 1994). Dijkstra (1983) afirma “una variable puede ser llamada observable si y sólo si su valor es obtenido por medio de un experimento muestral real” (p.283).
- Las variables latentes o factores: Son aquellas que se infieren a partir de las variables observadas y no pueden medirse directamente (Wittingslow & Markham, 1999). Las variables latentes se clasifican en tres tipos:
  - Variable latente exógena: Variable que tiene efecto sobre otras variables pero no recibe efecto por parte de ninguna de ellas. Las variables independientes son exógenas.
  - Variable latente endógena: Variable que recibe efecto de otra variable. Las variables dependientes son endógenas. Toda variable endógena debe ir acompañada de un error.

- Variable error: Contempla todas las fuentes de variación asociadas a la medición de las variables. Se clasifican como variables latentes al no ser observables directamente.

**5.4.2 Análisis factorial.** El análisis factorial es una técnica multivariada que tiene como objetivo el resumen y la reducción de datos (variables), analizando la estructura de correlaciones entre las variables definiendo una serie de dimensiones subyacentes comunes conocidas como factores (Hair, Anderson, Tatham & Black, 1999)

El principal objetivo del análisis factorial es definir el número y la naturaleza de las variables latentes o factores que explican la varianza y covarianza entre un conjunto de variables observadas.

El modelo general del análisis factorial está definido por la siguiente expresión:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + e_i \quad (1)$$

Donde:

$X_i$ : Es la  $i$ -ésima puntuación de la prueba  $i$  con media cero y varianza uno.

$a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$ : Son las cargas de los factores para la  $i$ -ésima prueba.

$F_1, F_2, \dots, F_m$ : Son los  $m$  factores comunes no correlacionados, cada uno con media cero y varianza uno.

$e_i$ : Es el único factor específico a la  $i$ -ésima prueba que no está correlacionado con ningún factor común y tiene media cero y varianza uno.

Existen dos tipos de análisis factorial: Análisis Factorial Exploratorio (AFE) y el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC).

**5.4.2.1 Análisis Factorial Exploratorio (AFE).** Es una técnica de aproximación inductiva o exploratoria en la cual se establecen relaciones entre las variables observadas, empleando las mediciones empíricas para la definición del constructo. El AFE no requiere hipótesis sobre cómo están relacionados los indicadores de un factor determinado, e incluso el número de factores. Por ejemplo, todos los indicadores están típicamente permitidos para correlacionarse con cualquier factor (Kline, 2004, p.71).

**5.4.2.2 Análisis Factorial Confirmatorio (AFC).** Es una técnica de aproximación deductiva o confirmatoria en el cual el constructo está ya preestablecido e insertado en una teoría específica sobre los comportamientos que serían indicadores del constructo (Bollen, 1989; Brown, 2006; Lévy, Varela y Abad, 2005).

Lévy y Varela (2006) establecen seis pasos para el desarrollo del AFC en los cuales no se entrará en detalle debido a que estos son equivalentes a los de modelos de ecuaciones estructurales explicados en el numeral 5.5.4.

Tanto el AFE como el AFC son métodos de análisis multivariante y casos particulares de modelos de ecuaciones estructurales, además trabajan con variables latentes, constructos o factores. Su principal diferencia radica en el número y la naturaleza de las especificaciones a priori y restricciones hechas en el modelo de factores.

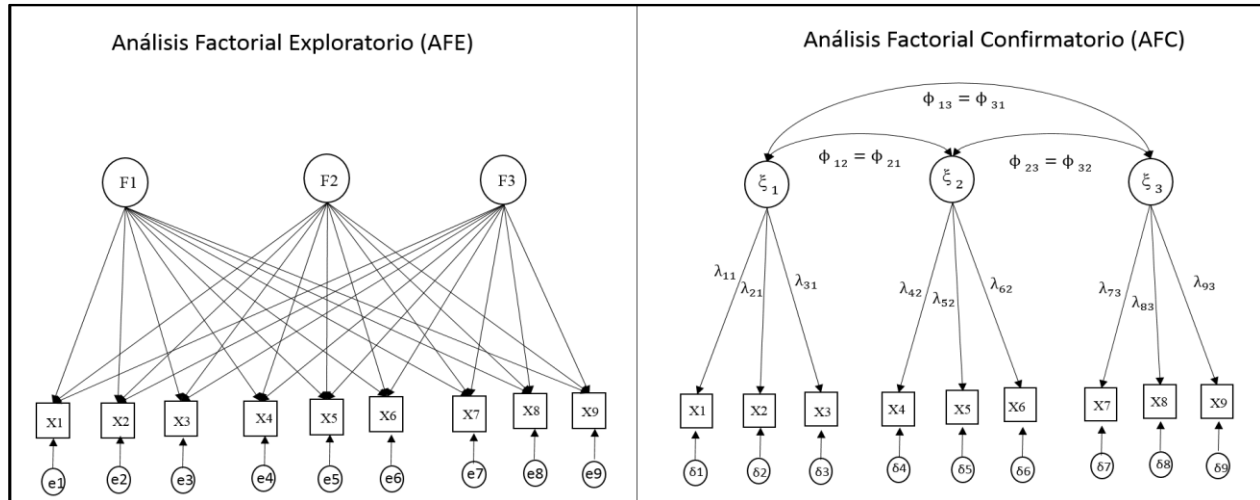


Figura 2. Comparación Análisis Factorial Exploratorio y Confirmatorio. Modificado de Levy y Varela (2006).

En la *tabla 3* se presenta un resumen de las principales diferencias entre el AFE y el AFC.

Tabla 3.

*Diferencias entre el AFE Y AFC.*

Análisis Factorial Exploratorio (AFE)	Análisis Factorial Confirmatorio (AFC)
Aproximación inductiva o exploratoria.	Aproximación deductiva o confirmatoria.
Desde las mediciones empíricas hacia la definición del constructo.	Constructo preestablecido desde la teoría.
No hay hipótesis a contrastar.	Hipótesis teórica a contrastar.
Todos los factores están correlacionados o no existe correlación entre ellos.	El investigador determina qué variables están relacionadas.
Se estandarizan completamente las variables latentes y observadas para el análisis.	La mayor parte del análisis no requiere la estandarización de las variables observadas ni latentes.
La solución es rotada para maximizar la magnitud de las cargas primarias y minimizar la magnitud de las cargas cruzadas.	No aplica rotación factorial.
Todas las variables observadas están afectadas por un término error.	Las variables observadas tienen asociadas un error de medida.

*Nota:* Diferencias entre el AFE Y AFC. Adaptado de Burgos (2011).

**5.4.2.3 Diagrama de trayectoria (Path Diagram).** En el AFC el modelo se representa mediante ecuaciones matemáticas o diagrama de trayectoria. El diagrama de trayectoria es una herramienta que permite visualizar gráficamente las relaciones entre las variables que son postuladas por el modelo teórico debido que para muchos investigadores, es más fácil entender la problemática a través de los diagramas que sólo analizando las ecuaciones (Bollen, 1989; Brown, 2006).

Para comprender los diagramas de trayectoria es necesario conocer las siguientes convenciones:

- Variables observadas o indicadores: Su representación es a través de cuadrados o rectángulos. En general se les asignan las letras X y Y.
- Las variables latentes o factores: Se representan mediante círculos o elipses. En general se determinan con las letras griegas  $\xi$  y  $\eta$  según el tipo de variable a representar.
- Las relaciones entre variables se simbolizan con flechas, el origen de la flecha indica la causa y la punta señala el efecto. Las flechas unidireccionales representan la hipótesis de un efecto directo de una variable sobre otra.
- Las variables pueden tener relaciones recíprocas, la cual se representa con dos flechas.
- La covarianza entre variables se representa con curvas bidireccionales con una flecha en cada extremo.
- La ausencia de flecha entre dos variables indica que no están directamente relacionadas.

Para clarificar las convenciones mencionadas anteriormente se elabora la *figura 3*.

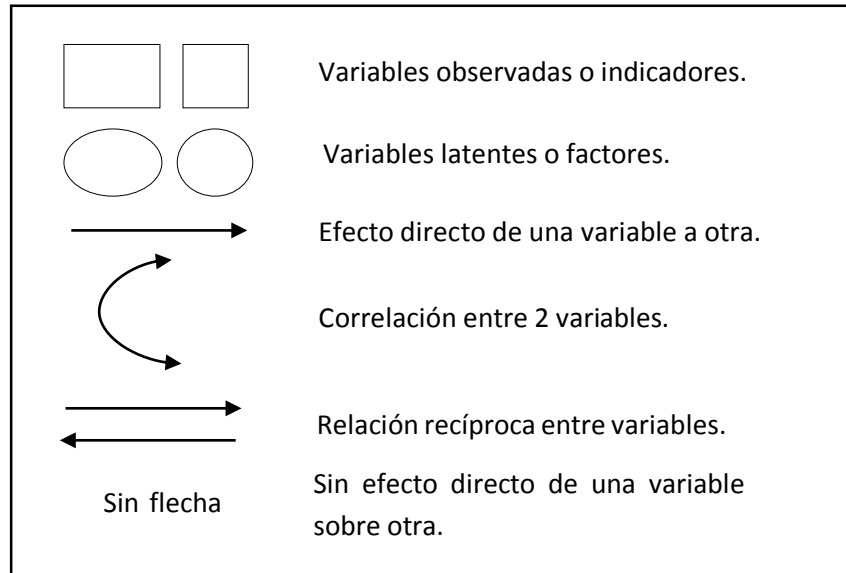


Figura 3. Convenciones diagrama de trayectoria.

## 5.5 Modelos de ecuaciones estructurales

**5.5.1 Antecedentes de los SEM.** Los Modelos de Ecuaciones Estructurales aparecen por primera vez en 1921 con el aporte de Sewall Wright en el campo de la genética y el medio ambiente. Durante los siguientes años los investigadores aportaron conocimiento para el origen de dichos modelos, sin embargo hasta el año 1970 este término se popularizó gracias al estadístico Goldberger, quien propuso la generalidad del modelo y la aplicabilidad en otras disciplinas como las ciencias sociales (Batista y Coenders, 2000).

El principal aporte que realiza los SEM es que permite a los investigadores evaluar o testear modelos teóricos, convirtiéndose en una de las herramientas más potentes para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal (Kerlinger y Lee, 2002).

En 1974 Jöreskog presenta la primera formulación del análisis de la estructura de covarianzas conocido como LISREL (linear structural relations). Jöreskog & Sörbom (1978) definen LISREL

como un modelo general que estima los coeficientes desconocidos de un conjunto de ecuaciones estructurales lineales, a través del diseño de un programa computacional que permite estimar los errores de medición y las relaciones libres de error entre las variables para contrastar empíricamente los modelos teóricos y probar la razonabilidad del modelo en términos generales. La sintaxis de LISREL utiliza el análisis factorial confirmatorio y la regresión para estimar la relación entre las variables.

El tratamiento que se le ha dado a los SEM con el fin de simplificar los métodos y técnicas multivariadas ha sido a través de programas computacionales especializados como por ejemplo, LISREL, AMOS, EQS y programación en R que permiten un análisis más detallado y riguroso del modelo teórico a contrastar. Para el desarrollo del presente trabajo se utiliza lenguaje de programación en R con el fin de identificar los parámetros del modelo y los índices de bondad de ajuste.

El modelo de ecuaciones estructurales, definido por Jöreskog (1974) está compuesto por dos submodelos que se exponen a continuación.

**5.5.2 Modelo estructural.** Representa las relaciones causales entre las variables latentes mediante diagrama de trayectoria y análisis de regresión. Estos modelos se formalizan matemáticamente con la siguiente ecuación (2):

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (2)$$

Tabla 4.  
Nomenclatura del componente estructural.

Símbolo	Nombre	Descripción
$\eta$	eta	Vector rx1 de variables latentes endógenas.
$\beta$	beta	Matriz rxr de coeficientes que relaciona las variables latentes endógenas entre sí.
$\Gamma$	gamma	Matriz rxs de coeficientes que relaciona las r variables latentes endógenas con las s variables latentes exógenas.
$\gamma$	coeficientes gama	Son coeficientes que miden el efecto directo de las variables latentes exógenas ( $\xi$ ) sobre las variables latentes endógenas ( $\eta$ ).
$\xi$	xi	Vector sx1 de variables latentes exógenas.
$\zeta$	zeta	Vector rx1 de errores asociados con las variables latentes endógenas.
$\Psi$	psi	Matriz de varianza-covarianza entre los términos error de las variables endógenas.
$\Phi$	phi	Matriz de varianza-covarianza de las variables exógenas.

Nota: Adaptado de Aldás y Uriel (2006). Análisis Multivariante Aplicado et Thomson-Paraninfo, p.494.

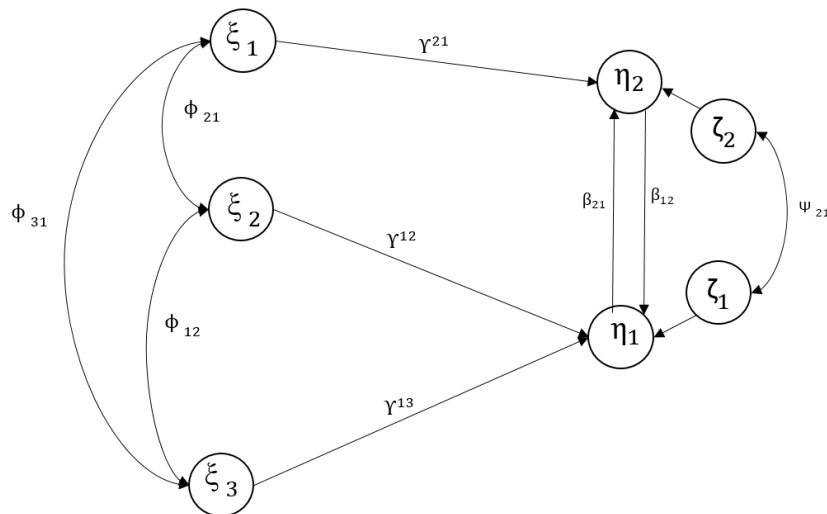


Figura 4. Ejemplo del componente estructural: Modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de venta. Modificado de Bagozzi (1980).

**5.5.3 Modelo de medida.** Representa las relaciones de las variables latentes o factores con las variables observadas o indicadores por medio del Análisis Factorial Confirmatorio. El principal objetivo de este modelo es comprobar la idoneidad de las variables observadas seleccionadas en la medición de las variables latentes.

Se debe construir un modelo de medida tanto para las variables endógenas como para las variables exógenas, en los cuales se debe contemplar los errores de medición para cada uno de estos.

Las ecuaciones matemáticas que representan el modelo de medida de las variables endógenas y exógenas son respectivamente:

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (3)$$

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (4)$$

Tabla 5.

*Nomenclatura del componente de medida.*

Símbolo	Nombre	Descripción
$y$	$y$	Vector $p \times 1$ de variables observadas que miden las variables dependientes de $\eta$ .
$x$	$x$	Vector $q \times 1$ que contiene las variables observadas que miden las variables independientes de $\xi$ .
$\Lambda_y$	lambda-y	Matriz $p \times r$ que contiene los coeficientes de regresión que relacionan variables observadas ( $y$ ) con variables latentes endógenas ( $\eta$ ).
$\Lambda_x$	lambda-x	Matriz $q \times s$ de coeficientes de regresión que relacionan variables observadas ( $x$ ) con variables latentes exógenas ( $\xi$ ).
$\eta$	eta	Vector $r \times 1$ de variables latentes endógenas.
$\xi$	xi	Vector $s \times 1$ de variables latentes exógenas.
$\varepsilon$	coeficientes épsilon	Vector $p \times 1$ de errores asociados a las variables observables ( $y$ ) de una variable latente endógena. Se agrupan en la matriz THETA-épsilon ( $\Theta\varepsilon$ ).

*Nota:* Adaptado de Aldás y Uriel (2006). Análisis Multivariante Aplicado et Thomson-Paraninfo, p.496.

Continuación tabla 5. *Nomenclatura del componente de medida.*

Símbolo	Nombre	Descripción
$\delta$	coeficientes deltas	Vector $q \times 1$ de errores asociados a las variables observadas (x) de una variable latente exógena. Se agrupan en una matriz denominada THETA-delta ( $\Theta\delta$ ).
$\Theta\epsilon$	tetha-épsilon	Matriz de varianza-covarianza de errores de medición de las variables observadas (y).
$\Theta\delta$	tetha-delta	Matriz de varianza-covarianza de errores de medición de las variables observadas (x)

Nota: Adaptado de Aldás y Uriel (2006). Análisis Multivariante Aplicado et Thomson-Paraninfo, p.496.

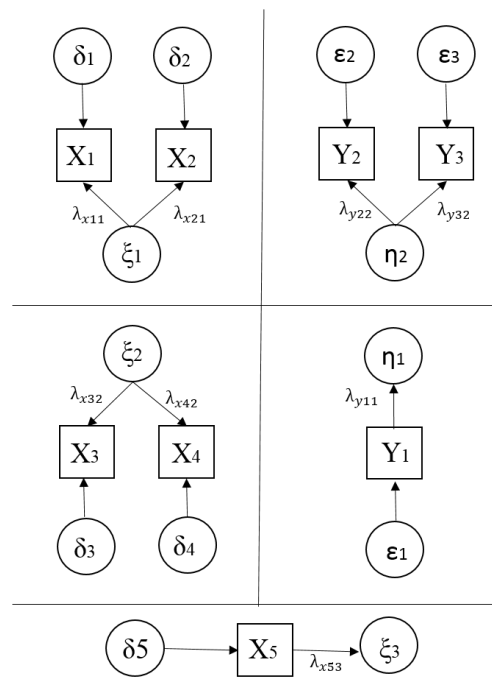


Figura 5. Ejemplo del componente de medida: Modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de venta. Modificado de Bagozzi (1980).

Finalmente, en la figura 6. Se presenta el modelo de ecuaciones estructurales producto de la integración del componente estructural y de medida del ejemplo del modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de ventas de Bagozzi (1980).

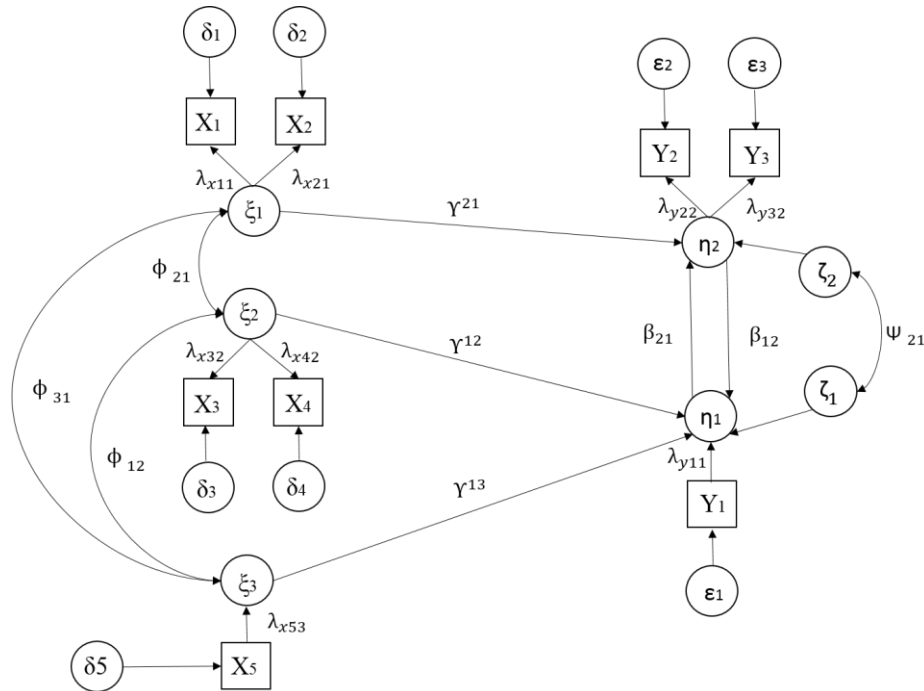


Figura 6. Ejemplo de modelo de ecuaciones estructurales: Modelo de desempeño y satisfacción de la fuerza de venta. Modificado de Bagozzi (1980).

**5.5.4 Pasos en el modelamiento SEM.** Kaplan (2000) & Kline (2004) proponen 6 pasos para desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales.

**5.5.4.1 Especificación del modelo.** En este paso se establece formalmente un modelo que propone las relaciones hipotéticas entre las variables latentes medibles por medio de las variables observadas basándose en los conocimientos teóricos. Es importante poseer fuentes confiables del tema que respalden las hipótesis planteadas por el investigador con el fin de obtener un buen modelamiento con ecuaciones estructurales.

Es recomendable iniciar formulando el modelo de manera gráfica a través del diagrama de red explicado. De esta forma se facilita la comprensión de las hipótesis que subyacen del modelo y la interpretación de los resultados.

Diamantopoulo & Siguaw (2000) señalan que el error más crítico en la modelación con fundamentos teóricos es la omisión de variables endógenas y/o exógenas importantes en el modelo, conocido como “error de especificación”, con lo cual al omitir una variable significativa implica que el modelo no es representativo de la población y de las variables en estudio.

Luego que se desarrolla la especificación del modelo teórico y se plasma gráficamente mediante el diagrama de red, se procede a la formulación matemática del modelo que se basa en las ecuaciones del componente estructural y de medida.

**5.5.4.2 Identificación del modelo.** Este paso consiste en garantizar que se puedan estimar los parámetros del modelo. La identificación del modelo se hace mediante la regla de los grados de libertad la cual se obtiene a través de la diferencia entre el número de varianzas y covarianzas, y el de parámetros a estimar.

El número de varianzas y covarianzas muestrales (5) y el número de parámetros a estimar inicialmente (6) se obtienen de las siguientes ecuaciones:

$$q(q + 1)/2 \quad (5) \qquad qs + \left[ \frac{s(s+1)}{2} \right] + \left[ \frac{q(q+1)}{2} \right] \quad (6)$$

Donde:

q: número de variables observadas

s: número de variables latentes

Es necesario aclarar que el modelo estará sin identificar si no se imponen al menos  $qs + [s(s+1)/2]$  restricciones que hagan posible la existencia de grados de libertad.

Según Byrne (1998, p. 29) los modelos se pueden clasificar en:

- Modelo subidentificado: Es cuando el número de varianzas y covarianzas muestrales es menor que el número de parámetros a estimar, lo que implica que los grados de libertad son negativos ( $gl < 0$ ). El modelo tiene infinitas soluciones impidiendo la estimación del mismo. Long (1983) señala que si se intenta estimar un modelo que está subidentificado, los resultados que se obtendrán serán estimaciones arbitrarias de los parámetros, lo que desembocará en interpretaciones carentes de sentido.
- Modelo identificado: Ocurre cuando el número de varianzas y covarianzas muestrales y parámetros a estimar poseen una relación uno a uno lo que implica que los grados de libertad son iguales a cero ( $gl = 0$ ). Por ende, el modelo tiene una única solución y no es generalizable.
- Modelo sobreidentificado: Se da cuando el número de varianzas y covarianzas muestrales es mayor que el número de parámetros a estimar y por lo tanto los grados de libertad son positivos ( $gl > 0$ ) lo que hace que el modelo sea lo suficientemente generalizable cumpliendo así con el objetivo de los SEM.

Hatcher (1994) & Ullman (1996) establecen las siguientes condiciones necesarias para que el modelo esté sobreidentificado:

- El número de datos (varianzas-covarianzas muestrales) debe ser siempre superior al número de parámetros a estimar.
- Debe establecer la escala de las variables dependientes e independientes. Esto se logra fijando a 1 la carga factorial asociada a una de las variables observadas o fijando a 1 la varianza de un factor.
- Hay que asegurar la identificabilidad del componente de medida. Si solo hay un factor, el modelo estará identificado si el factor tiene al menos tres variables observadas que carguen

sobre él. Si hay dos o más factores hay que fijarse en cuantas variables cargan sobre cada uno. Si hay tres o más el modelo estará identificado si los errores asociados con los indicadores no están correlacionados, cada variable carga sólo sobre un factor y los factores pueden covariar entre ellos. Si sólo hay dos indicadores por factor, el modelo puede estar identificado si los errores asociados con cada indicador no están correlacionados, cada indicador carga sólo sobre un factor y ninguna de las covarianzas entre los factores está fijada a cero. Si sólo hay un indicador, las varianzas de los términos de error del indicador se han de fijar a cero.

- Los parámetros del coeficiente de regresión de la variable observada sobre el término error se fijan arbitrariamente a 1).

**5.5.4.3 Estimación de parámetros.** En este paso se desea minimizar la diferencia entre la matriz de varianzas-covarianzas muestrales  $S$  y la matriz de varianzas-covarianzas predicha  $\hat{\Sigma}$ . La matriz de varianzas covarianzas  $\Sigma$  se deriva de los componentes estructural y de medida. Siguiendo la notación de Long (1983), y dado que las variables están medidas en desviaciones respecto a sus medias, la matriz de varianzas covarianzas poblacional  $\Sigma$  vendrá dada por (7):

$$\Sigma = E \begin{bmatrix} yy' & | & yx' \\ \hline & & xx' \end{bmatrix} \quad (7)$$

Donde:

$E(yy')$ : Representa la varianza de (y).

$E(xx')$ : Representa la varianza de (x).

$E(yx')$ : Representa la covarianza (x, y).

$E(xy')$ : Representa la covarianza de (x, y).

Existen diferentes métodos de estimación de parámetros, por ejemplo, máxima verosimilitud (ML), mínimos cuadrados generalizados (GLS) y mínimos cuadrados no ponderados (ULS).

- Máxima verosimilitud (ML): Este método es el comúnmente utilizado para la estimación de parámetros en los SEM ya que proporciona resultados consistentes y no sesgados. Para emplearlo se requiere cumplir los supuestos de normalidad, especificación correcta del modelo y tamaño de muestra grande, al menos 200 casos (Boomsma, 1987), ya que a medida que el tamaño de la muestra aumenta la distribución de las estimaciones tiende a una distribución normal.

Al utilizar el método de máxima verosimilitud se genera el estadístico chi-cuadrado que permite contrastar la bondad del modelo para explicar la matriz de correlaciones.

- Mínimos cuadrados generalizados (GLS): Este método guarda relación con el método de máxima verosimilitud ya que se debe cumplir los mismos criterios y se puede emplear bajo las mismas condiciones para proporcionar resultados insesgados, óptimos y consistentes. Sin embargo, cuando el modelo aumenta de tamaño resulta complejo e inapropiado.

El método de estimación de mínimos cuadrados generalizados genera un estadístico de bondad de ajuste chi-cuadrado que permite contrastar la hipótesis nula de que la matriz residual es una matriz nula.

- Estimación por mínimos cuadrados no ponderados (ULS): Es un método de estimación de parámetros que no requiere ningún tipo de distribución teórica de las variables observadas y produce resultados asintóticamente válidos para tamaño de muestra grandes. Long (1983) y Ullman (1996) señalan que este método tiene dos limitaciones que hacen que no sea muy utilizado. La primera de ellas es que no existen contrastes estadísticos asociados

a este tipo de estimación y la segunda, es que los estimadores dependen de la escala de medida de las variables observadas.

Para emplear este método de estimación se debe tomar como datos de partida la matriz de varianzas covarianzas estandarizadas o matriz de correlaciones para arreglar el problema de la dependencia de las unidades de medida.

Finalmente, cabe destacar que programas computacionales como LISREL y lenguaje de programación R permiten determinar más fácilmente los problemas de estimación de parámetros en los modelos de ecuaciones estructurales ya que resulta bastante complejo estimarlos sin uso de ellos.

**5.5.4.4 Evaluación del ajuste.** La evaluación o bondad de ajuste hace referencia a la exactitud de los supuestos del modelo propuesto para determinar si el modelo es correcto y sirve como aproximación al fenómeno real. En esta etapa se compara el modelo teórico con el modelo independiente o también llamado modelo base o nulo. El modelo independiente es aquel que asume que no existen relaciones entre las variables y se distingue por tener tantos grados de libertad como la diferencia entre el número de parámetros y las varianzas estimadas. Para comparar en qué medida mejora la bondad de ajuste de un modelo independiente se lleva a cabo la evaluación de los índices de medida absoluta, incremental y de parsimonia.

Las medidas de ajuste global del modelo pueden ser de tres tipos:

- **Medidas absolutas del ajuste:** Evalúan el grado en que el modelo estructural y de medida predice la matriz de datos inicial. El más empleado es el chi-cuadrado el cual es la única medida estadística (Kline, 2004). Según Ruíz, Pardo y San Martín (2010) el modelo tiene un ajuste aceptable si el valor de Chi-cuadrado/gl es menor que 3. El Error de

Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA), representa el ajuste anticipado con el valor total de la población y no con el de la muestra (Levy, Varela y Abad, 2005). El RMSEA incorpora una medida que penaliza la falta de parsimonia en el modelo, es sensible al número de parámetros a estimar y es relativamente insensible al tamaño de la muestra (Brown, 2006). Si RMSEA es menor a 0,05 indica buen ajuste del modelo (Browne & Cudeck, 1993).

- Medidas del ajuste incremental: Comparan el modelo propuesto con otros modelos especificados por el investigador. El índice normado de ajuste (NFI), compara el modelo propuesto y el modelo nulo considerando un valor aceptable si es cercano a 1. El índice No normalizado de ajuste (NNFI), o índice Tucker Lewis, supera las limitaciones del NFI al considerar los grados de libertad del modelo teórico, siempre y cuando su relación sea débil con el tamaño muestral. El rango de este va entre 0 y 1, siendo recomendables los valores superiores o iguales a 0,9 (Levy y Varela, 2006). En cuanto al CFI compara la diferencia entre la estructura de covarianza del modelo de medición contra una situación hipotética donde no existe relación entre las variables observadas (González y Backhoff, 2010). Valores próximos a 1 indican un ajuste perfecto entre el modelo teórico y los datos recogidos (Ayoub, 2011). Así mismo, el Índice de Ajuste Incremental (IFI) compara el ajuste de dos o más modelos donde valores superiores a 0,9 indican un ajuste aceptable (Hu & Bentler, 1999).
- Medidas del ajuste de parsimonia: Ajustan los índices para ofrecer una comparación entre modelos con diferentes números de coeficientes estimados. El Criterio de información de Akaike (AIC) es una medida comparativa entre modelos con diferente número de factores.

Los valores cercanos a 0 indican un mejor ajuste y una mayor parsimonia, teniendo que el modelo es mejor por ser una medida comparativa (Akaike, 1987).

**5.5.4.5 Reespecificación del modelo.** Ullman (1996) señala que existen básicamente dos motivos para especificar un modelo ya sea para mejorar su ajuste o contrastar alguna hipótesis teórica. Esto consiste en añadir o eliminar parámetros al modelo original, sin embargo, para hacer las modificaciones se debe tener soporte teórico que justifique los cambios y luego realizar las estimaciones con otros conjuntos de datos para obtener un modelo que finalmente sea válido.

Para esto se emplean los residuos estandarizados o también llamados normalizados, los cuales permiten detectar problemas en el ajuste global del modelo. Para que un residuo sea significativo al nivel de 0,05 éste debe tomar un valor mayor que  $\pm 2,58$  (González, 2008), lo cual significará que existe un error de predicción entre dos variables observadas siendo necesario la adición o eliminación de relaciones con el fin de mejorar el ajuste global del modelo.

Además, se deben examinar los índices de modificación para realizar la reespecificación del modelo. El valor obtenido hace referencia a la reducción en el chi-cuadrado que se produciría si el coeficiente fuera estimado al contemplarse en el modelo una nueva relación entre dos variables. Un valor de 3,84 o superior sugiere que se obtiene una reducción estadísticamente significativa (Hair et al., 1999),

**5.5.4.4 Interpretación de resultados.** Luego de realizar la estimación de parámetros, bondad de ajuste y la reespecificación del modelo si es necesario, se determina qué parámetros estimados han resultado ser significativos y relevantes para el mismo. Finalmente se procede a la interpretación de los parámetros obtenidos y al contraste de las hipótesis planteadas a lo largo de la investigación.

## 6. Metodología

En el presente capítulo, se presenta las diferentes actividades que se realizaron para determinar el grado de satisfacción que tienen los estudiantes sobre aspectos referentes al PEP. Para esto se define inicialmente el diagrama de red, la técnica de muestreo, población objetivo, el diseño del instrumento y la validación del mismo; posteriormente se realiza un análisis univariante y multivariante con el propósito de interpretar la información que subyace de los datos. Finalmente, se desarrolla el SEM a través de los 6 pasos propuestos por Kaplan (2000) & Kline (2004).

### 6.1 Diagrama de red

Para la construcción del modelo teórico se tuvieron en cuenta los lineamientos para la acreditación de programas de pregrado propuesto por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA), en donde se establece el factor procesos académicos como el indicado para ser evaluado por los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial debido a que éstos pueden emitir fácilmente un juicio acerca de las características que componen el factor. Además, los lineamientos establecidos por la EEIE con el PEP en su última reforma del año 2006 son indispensables para el estudio de la percepción de los estudiantes con el mismo. De igual manera, la revisión de la literatura permite considerar nuevos factores adoptados a partir de modelos de evaluación de la calidad en la educación superior que contribuyen al objeto de estudio de la investigación.

En la *figura 7*, se muestra el modelo teórico mediante un diagrama de red, la satisfacción de los estudiantes con el actual PEP de la EEIE es considerada como una variable latente endógena y se entiende por esta, como la percepción que tiene el alumno de los resultados y experiencias

asociadas con su educación. Cuando una persona expresa estar satisfecha o no con respecto a algo, está emitiendo un juicio de valor a partir de un proceso de evaluación (Gento y Vivas, 2003).



En la *tabla 6*, se explican cada una de las variables del modelo conceptual propuesto; la fundamentalidad, secuencialidad y coherencia, explican la integralidad del programa, que contribuyen a la formación en competencias generales y específicas. En este sentido se espera conocer la percepción que tienen los estudiantes frente a la formación integral y determinar si es coherente con el propósito del PEP.

En cuanto a la interdisciplinariedad se desea evaluar la integración de los estudiantes con otras áreas del conocimiento propias del ciclo básico de ingenierías, además los espacios curriculares y extracurriculares (sociales y culturales) brindados por la EEIE que desarrollan las competencias y fomentan la formación interdisciplinar del estudiante.

Con las variables latentes vigencia, formalización y movilidad se explica la flexibilidad del programa. Los ítems enmarcados en esta categoría permitirán evaluar la facilidad de movilidad académica a través de intercambios universitarios y convenios con empresas del sector público y privado. Así mismo, se desea evaluar si el programa se mantiene actualizado y pertinente respecto al contexto actual de la profesión.

En cuarto lugar, los elementos teóricos-prácticos y el trabajo de los estudiantes componen las estrategias de enseñanza y aprendizaje. En este sentido se espera determinar la percepción que tienen los alumnos respecto a los métodos de enseñanza empleados para el desarrollo de los contenidos del plan de estudios y el acompañamiento que reciben por parte del docente en las distintas actividades académicas.

En quinto lugar, se consideran los mecanismos de evaluación compuestos por el sistema de evaluación de estudiantes y, la evaluación y autorregulación del programa. En estos ítems se evaluará los espacios que ofrece la escuela para obtener información que permita el mejoramiento

de la calidad del programa y la participación de los alumnos en dichos espacios. Así mismo se desea conocer la apreciación de los estudiantes en temas referentes a la asignación de notas y el sistema de evaluación académico.

En sexto lugar, se evaluará la pertinencia del programa en relación a la participación de los estudiantes en proyectos de extensión y/o proyección social. Igualmente se espera conocer la opinión de los alumnos respecto a los espacios que brinda la escuela para la discusión de temas que contribuyan a la resolución de problemas de la sociedad.

Finalmente, se consideran los elementos tangibles compuestos por la infraestructura, recursos informáticos, recursos bibliográficos y recursos de apoyo docente disponibles para la labor educativa. Además se evalúan otros servicios complementarios que no están relacionados directamente con el proceso académico tales como baños, casilleros y zonas verdes, ya que los estudiantes interaccionan diariamente con estos.

Tabla 6.

*Aspectos a evaluar por cada factor.*

<b>Factor</b>	<b>Aspectos a evaluar</b>
Fundamentalidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenidos de las asignaturas.</li> <li>• Créditos académicos del programa.</li> <li>• Aprendizaje de idioma extranjero (inglés).</li> <li>• Desarrollo de competencias de la profesión.</li> </ul>
Secuencialidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos para cursar las asignaturas.</li> <li>• La secuencia en los contenidos de las asignaturas.</li> <li>• Conocimientos adquiridos durante el programa académico.</li> </ul>
Coherencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento del perfil profesional y ocupacional.</li> <li>• Propósito del programa.</li> <li>• Formación integral del estudiante.</li> </ul>
Interdisciplinariedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración de las asignaturas con otras áreas del conocimiento.</li> <li>• Ciclo básico de ingenierías.</li> </ul>
Vigencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización del currículo.</li> <li>• Espacios para la participación de estudiantes en los cambios de los contenidos de las asignaturas.</li> </ul>

Continuación tabla 6. *Aspectos a evaluar por cada factor.*

<b>Factor</b>	<b>Aspectos a evaluar</b>
Formalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenios con el sector público y privado.</li> <li>• Documentación de los programas en las asignaturas.</li> </ul>
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambios académicos con otras instituciones.</li> <li>• Homologación de las asignaturas.</li> </ul>
Teórico-Práctico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de los contenidos previstos en las asignaturas.</li> <li>• Mecanismos de seguimiento y acompañamiento al estudiante.</li> <li>• Estrategias de enseñanza y aprendizaje.</li> </ul>
Trabajo de los estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivación a participar en los semilleros de investigación.</li> <li>• Trabajo independiente de los estudiantes.</li> </ul>
Sistema de evaluación de estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilidad del sistema de evaluación académico.</li> <li>• Criterios de evaluación académica.</li> </ul>
Evaluación y autorregulación del programa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los estudiantes en los procesos de autoevaluación.</li> </ul>
Pertinencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos de extensión social.</li> <li>• Espacios para la resolución de problemas de la sociedad.</li> </ul>
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de las instalaciones físicas.</li> <li>• Cantidad y disponibilidad de muebles y enseres.</li> <li>• Aseo de las instalaciones físicas.</li> <li>• Servicios complementarios.</li> </ul>
Recursos bibliográficos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de recursos bibliográficos.</li> <li>• Actualización de recursos bibliográficos.</li> </ul>
Recursos informáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad y estado de los equipos.</li> <li>• Acceso a recursos informáticos.</li> <li>• Accesibilidad a redes de internet.</li> <li>• Página web de la escuela.</li> </ul>
Recursos de apoyo docente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de plataformas interactivas.</li> <li>• Utilización de recursos de apoyo docente.</li> </ul>

## 6.2 Técnica de muestreo y población objetivo

Para la recopilación de los datos de este proyecto se emplea la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia a juicio debido a la dificultad de contactar a los estudiantes y los tiempos que se tenían en el presente estudio. Se seleccionaron estudiantes de todos los niveles del programa de Ingeniería Industrial con mayor participación los de últimos niveles, debido a que autores como Duque y Chaparro (2012) afirman que los alumnos que llevan mayor tiempo de

permanencia dentro de la universidad poseen elementos de juicios sólidos para expresar una opinión más certera sobre el objeto de investigación.

La muestra constó de 278 alumnos quienes representan más del 20% de la población de estudiantes de pregrado de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales del campus central, matriculados en el primer periodo del 2017 (Apéndice A).

### **6.3 Diseño del instrumento**

En primera instancia se efectúa el diseño del instrumento para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes, se emplea una escala tipo Likert de 7 categorías donde 1 es muy insatisfecho y 7 muy satisfecho, además se incluye la opción no sabe para aquellos estudiantes que desconocen los ítems evaluados. Long (1983) señala que cada factor debe ser descrito como mínimo por tres variables observadas, con el fin de no tener problema de identificación de los coeficientes. A continuación se detallan las preguntas que componen a cada factor:

- Pregunta 1-5 relacionadas con la fundamentalidad del programa.
- Pregunta 6-8 relacionadas con la secuencialidad del programa.
- Pregunta 9-11 relacionadas con la coherencia del programa.
- Pregunta 12-14 relacionadas con la interdisciplinariedad.
- Pregunta 15-17 relacionadas con la vigencia.
- Pregunta 18-20 relacionadas con la formalización.
- Pregunta 21- 23 relacionadas con la movilidad.
- Pregunta 24-27 relacionadas con el componente teórico-práctico.
- Pregunta 28-30 relacionadas con el trabajo de los estudiantes.
- Pregunta 31-33 relacionadas con el sistema de evaluación de estudiantes.

- Pregunta 34-36 relacionadas con la evaluación y autorregulación del programa.
- Pregunta 37-39 relacionada con la pertinencia del programa.
- Pregunta 40-43 relacionada con la infraestructura.
- Pregunta 44-46 relacionada con recursos bibliográficos.
- Pregunta 47-50 relacionada con recursos informáticos.
- Pregunta 51-53 relacionada con recursos de apoyo docente.

#### **6.4 Validación del instrumento**

Con el objetivo de evaluar la fiabilidad y validez del instrumento empleado para la recolección de datos; donde la validez hace referencia al grado en que realmente el instrumento está midiendo el atributo objeto de estudio (Hogan, 2004). Por ello, se realiza la validez del contenido que se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de lo que se mide (Corral, 2008). Este tipo de validez se verificó a través de la revisión de la literatura y el juicio de expertos una vez terminada la primera versión de la encuesta (Apéndice B), la cual fue revisada por el director de proyecto de grado quien sugiere las siguientes correcciones: ampliar la escala de Likert de 5 a 7 categorías de respuestas y corregir la redacción de preguntas en aras de facilitar la comprensión de las mismas haciendo uso de palabras comunes.

Luego, se realiza el método de agregados individuales donde se pide personalmente a cada experto que de una opinión de las preguntas del instrumento. El grupo de expertos estuvo conformado por los docentes de la EEIE, Néstor Raúl Ortiz, Piedad Arenas Díaz, Martha Liliana Torres y la profesional de calidad Laura Liceth Pérez, quienes revisaron detalladamente el cuestionario y recomendaron las siguientes modificaciones: separar la pregunta asociada a las habilidades y conocimientos que le proporciona el currículo del programa para atender las

necesidades nacionales e internacionales, debido a que los estudiantes pueden estar satisfechos en el ámbito nacional pero no internacional. Además, sugieren eliminar preguntas innecesarias y reducir la extensión de las mismas. De igual manera, se realiza la validez del constructo que consiste en verificar si las variables están explicando realmente el modelo teórico propuesto. Para esto se hace uso de técnicas de análisis multivariante como el análisis factorial (Ver numeral 6.9).

Finalmente, la fiabilidad según Babbie (2010) se refiere a que un objeto de estudio medido repetidamente con el mismo instrumento siempre dará los mismos resultados. Para ello se emplea el alfa de Cronbach que mide la consistencia interna de una escala, es decir, evalúa la magnitud en que los ítems de un instrumento están correlacionados (Cortina, 1993) (Ver numeral 6.9.1.1).

## **6.5 Prueba piloto**

Una vez culminado el diseño del cuestionario en donde se define el número de preguntas para cada una de las variables, el contenido de las mismas, la escala de medición y las modificaciones sugeridas por los docentes, se procede a realizar la prueba piloto. Esta se realizó el día 17 de julio de 2017 con un grupo de estudiantes matriculados en la asignatura estadística III donde se verificó el contenido, la redacción de las preguntas, la asimilación de la escala y el tiempo promedio de respuesta de la encuesta. De allí se determina que la palabra internacionalización empleada en la pregunta número tres, no es comprendida correctamente por los estudiantes por lo que es necesario sustituirla por el término mundo globalizado para la versión final de la encuesta (Apéndice C). Finalmente, se estima que el tiempo promedio de diligenciamiento de los estudiantes es de 14 minutos.

## 6.6 Recopilación de la información

En aras de incentivar la participación de los estudiantes en el proceso de autoevaluación, se difunde la invitación a través del correo: [carpintero@comunidaduis.co](mailto:carpintero@comunidaduis.co) (Apéndice D) y la página web oficial de la EEIE: [industrial.uis.edu.co](http://industrial.uis.edu.co) con el fin de transmitir confianza y seriedad del proceso. Simultáneamente, por medio de redes sociales diversos perfiles institucionales de Facebook como Escuela de Estudios Industriales y Empresariales-UIS, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas-UIS y usuarios de Twitter (Apéndice E) como @EEIE\_UIS, @UIS, @FifmeUIS, entre otros, comparten la invitación. Así mismo, se ubica un punto de información (*figura 8*) en la entrada de las instalaciones del edificio de Ingeniería Industrial para socializar contenidos del PEP y se hace entrega tanto en medio físico y digital, con el propósito que los estudiantes utilicen el voz a voz y ayuden a transmitir la información (Apéndice F).



*Figura 8.* Socialización del PEP.

Paralelamente, la recolección de datos se logra a partir de la aplicación de una encuesta física a los estudiantes, las cuales son aplicadas en diversas instalaciones del campus central como biblioteca, cafeterías, Asociación de Centros de Estudios de Ingeniería Industrial (ACEII) y en el punto de información. De igual manera y gracias al apoyo brindado por los docentes de la EEIE es posible realizar las encuestas en los horarios de clase para facilitar la recolección de los datos.

## **6.7 Consolidación de la base de datos.**

Una vez realizadas las encuestas se efectúa una depuración de datos la cual consiste en eliminar aquellas que se encuentran incompletas y las que contienen más de una respuesta en la misma pregunta. Posteriormente, se crea la nomenclatura de las variables (Apéndice G) para tabular los datos y así crear una base de datos en Excel la cual se importa al software SSPS Statistics donde se realiza un análisis descriptivo de las variables, luego se lleva a cabo un análisis factorial exploratorio de las variables definidas para la medición de los factores propuestos, teniendo en cuenta que la opción no sabe se trata como valor perdido.

## **6.8 Análisis Univariado**

Luego de consolidar la base de datos se realiza un estudio de la información que subyace de los mismos a través de las diferentes técnicas estadísticas que pueden ser unidimensionales y multidimensionales. El calificativo de unidimensionalidad significa que se observa exclusivamente una sola variable de cada elemento de una población, mientras que el de multidimensionalidad se observan múltiples variables (Uriel y Muñiz, 1988). Las medidas de distribución de frecuencias para el análisis unidimensional se pueden clasificar en medidas de posición (medidas de tendencia central), de dispersión y de forma (Malhotra, 2004).

- Medidas de posición: estas medidas permiten ubicar una distribución. Las más empleadas son las medidas de tendencia central debido a que suministran un valor representativo del conjunto de datos.
- Medidas de dispersión: miden el grado de variabilidad de los datos, las cuales describen si están muy cercanos o alejados de la media. La medida de dispersión más utilizada es la

desviación estándar (Uriel y Muñiz, 1988) en donde valores pequeños indican que existe gran concentración de datos alrededor de la media.

- Medidas de forma: permiten visualizar más fácilmente la variación de un conjunto de datos a través de los histogramas o distribuciones gráficas (Anderson, Sweeney y Williams, 2008).

**6.8.1 Análisis descriptivo.** Con el objetivo de describir y analizar los datos obtenidos se procede a realizar un análisis descriptivo a través del software SPSS Statistics, donde las medidas estudiadas son la media, la desviación estándar y los histogramas (Apéndice H). Así mismo, para realizar el análisis se procede a agrupar las categorías (1= muy insatisfecho, 2=insatisfecho y 3=poco insatisfecho) a una sola categoría denominada insatisfecho y las categorías (5= poco satisfecho, 6= satisfecho y 7= muy satisfecho) a una denominada satisfecho. El nivel 4 hace referencia a los estudiantes que no se encuentran ni satisfechos ni insatisfechos.

Las preguntas presentadas a continuación conforman el constructo fundamentalidad. Respecto al número de créditos de las asignaturas electivas para la formación como ingeniero industrial, el 61,15% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,466. En cuanto a las habilidades y conocimientos que proporciona el currículo del programa para responder a los desafíos de las empresas e instituciones de la región y el país, el 67,99% de los estudiantes se sienten satisfechos con una desviación estándar de 1,316. Con relación a las habilidades y conocimientos que le proporciona el currículo para responder a los desafíos del mundo globalizado el 51,08% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,387. No obstante, sólo 29,50% se siente satisfecho con el número de créditos de idioma extranjero (inglés) para la formación profesional con una desviación estándar de 1,771 lo cual representa un aspecto por mejorar en el actual plan de estudios (*Figura 9*). Así mismo, el 47,48% se siente satisfecho

con el número de créditos de las asignaturas de contexto para la formación integral con una desviación estándar de 1,689.

El número de créditos de idioma extranjero (inglés) planteado en el plan de estudios para su formación profesional.

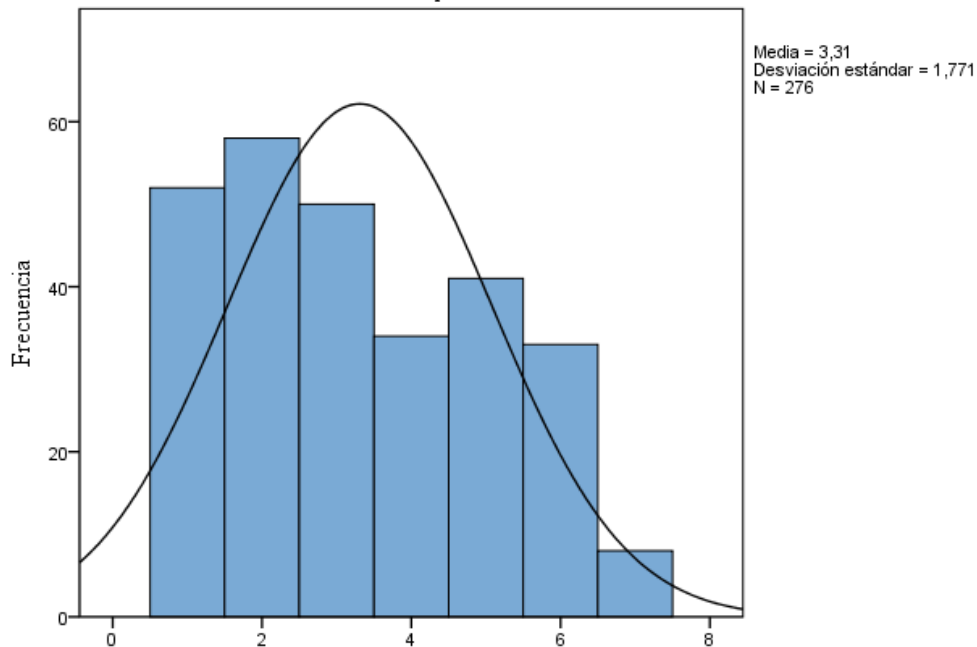


Figura 9. Histograma de créditos de idioma extranjero inglés planteado en el plan de estudios. Obtenido de Software SPSS Statistics.

Por su parte, las preguntas asociadas al factor secuencialidad como, el sentido de los requisitos entre asignaturas definidos en el actual plan de estudios presenta el 52,24% de estudiantes satisfechos con una desviación estándar de 1,67. En cuanto a la connotación estratégica del PEP de abordar el conocimiento de lo general a lo particular durante el programa académico, el 73,74% de los estudiantes se sienten satisfechos (*Figura 10*) con una desviación estándar de 1,177. Además, el 70,14% de los estudiantes se encuentran satisfechos con la secuencia de las asignaturas del plan de estudios con una desviación estándar de 1,337.

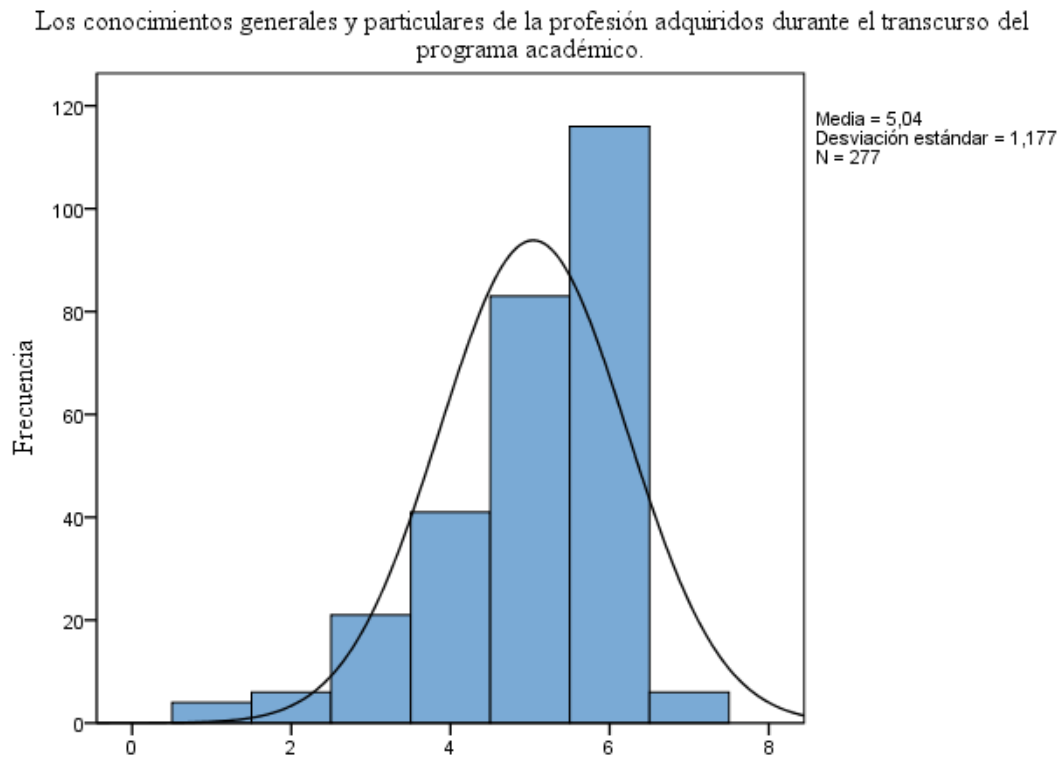


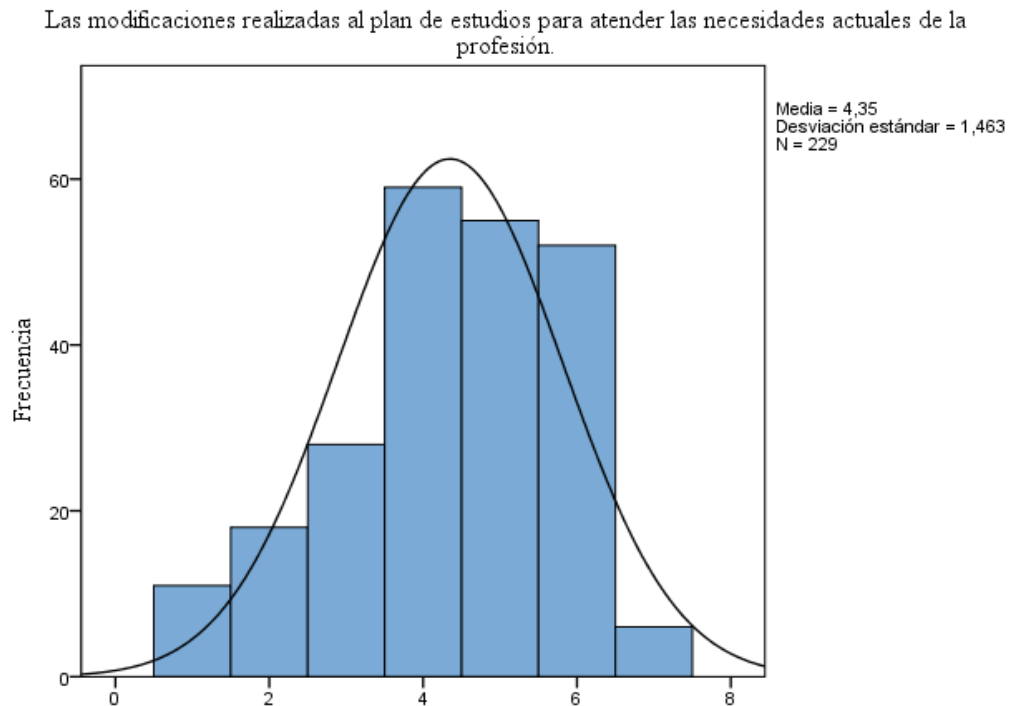
Figura 10. Histograma de los conocimientos generales y particulares de la profesión. Obtenido de Software SPSS Statistics.

Con relación a las preguntas del factor coherencia, el 68,35% de los estudiantes se encuentran satisfechos con la congruencia entre el propósito y la información que divulga la escuela sobre los campos de acción y el perfil profesional del egresado con una desviación estándar de 1,273. El 67,99% de los estudiantes se siente satisfecho con los espacios sociales y culturales para la formación integral con una desviación estándar de 1,573. Así mismo, el 62,95% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,325 con la orientación hacia el objetivo del programa de ingeniería industrial que consiste en diseñar, emprender, direccionar, gestionar y mejorar los sistemas generadores de bienes y servicios.

A cerca de la interdisciplinariedad del programa, el 69,78% de los estudiantes se sienten satisfechos con las competencias adquiridas en las asignaturas que conforman el ciclo básico de ingenierías para la formación interdisciplinar con una desviación estándar de 1,424. Así mismo, el

62,23% de los alumnos se encuentran satisfechos con las experiencias de trabajo interdisciplinario realizado durante el programa, las cuales promueven el enriquecimiento de conocimientos, habilidades y valores con una desviación estándar de 1,373. Igualmente, el 59,35% se encuentra satisfecho con la integración de las asignaturas que conforman el plan de estudios las cuales permiten la interacción con otras áreas del conocimiento con una desviación estándar de 1,355.

En cuanto a la vigencia del programa, sólo el 40,65% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,463 con las modificaciones realizadas al plan de estudios para atender las necesidades actuales de la profesión (*Figura 11*) y el 17,63% de los estudiantes desconocen las modificaciones realizadas. Igualmente, sólo el 41,01% de los estudiantes se sienten satisfechos con los espacios que brinda la EEIE para que participen en la organización y actualización de los contenidos del plan de estudios con una desviación estándar de 1,646, siendo éste un aspecto por mejorar ya que los estudiantes son los destinatarios de la educación y su opinión proporciona un referente que debe tenerse en cuenta (Pérez y Alfaro, 1997). Finalmente, el 66,91% se encuentra satisfecho con la relación de las asignaturas electivas y el contexto laboral actual con una desviación estándar de 1,361.



*Figura 11.* Histograma de las modificaciones realizadas al plan de estudios para atender las necesidades actuales de la profesión. Obtenido de Software SPSS Statistics.

Por otra parte, en las preguntas asociadas a la formalización, el 50% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,435 con la documentación actualizada de los programas de las asignaturas el cual contiene tanto las estrategias pedagógicas, el sistema de evaluación y bibliografía. Además el 55,4 % se siente satisfecho con la divulgación sobre los convenios vigentes con las empresas del sector público y privado para la realización de visitas técnicas y prácticas empresariales con una desviación estándar de 1,655 y el 66,19% de los estudiantes se encuentran satisfechos con la disponibilidad de información existente sobre contenidos de las asignaturas con una desviación estándar de 1,375.

En lo que respecta a las preguntas de movilidad, el 60,07% de los estudiantes se encuentran satisfechos con la promoción que se realiza para los intercambios universitarios nacionales e

internacionales con una desviación estándar de 1,655. Sin embargo, sólo el 35,61% de los estudiantes se sienten satisfechos con una desviación estándar de 1,45 con la flexibilidad en la homologación de asignaturas siendo éste un aspecto crítico ya que el 39,93% de los estudiantes desconocen la información pues al no tener una experiencia personal o cercana respecto a intercambios académicos, no es posible poseer juicios respecto a esta pregunta. De igual manera, sólo el 36,69% de los estudiantes se encuentran satisfechos con las relaciones de cooperación académica entre el programa y otras instituciones con una desviación estándar de 1,358 y el 32,37% de los estudiantes desconocen dichas relaciones. En términos generales, las tres preguntas mencionadas anteriormente son las más desconocidas por los estudiantes lo cual indica que es un aspecto con objeto de mejora ya que al no conocer dicha información los alumnos no acceden a los convenios con los que cuenta la Universidad.

Con relación al grado de satisfacción de los estudiantes con las preguntas referentes al constructo teórico-práctico, el 73,38% se siente satisfecho con el cumplimiento de los contenidos de las asignaturas durante el semestre académico con una desviación estándar de 1,34. Por otro lado, el 50,36% de los estudiantes se consideran satisfechos con las estrategias de enseñanzas y aprendizaje empleadas para el desarrollo de los contenidos de las asignaturas con una desviación estándar de 1,588; además, el 47,48% se siente satisfecho con la retroalimentación de las evaluaciones brindadas por los docentes siendo esta pregunta un aspecto por mejorar ya que la retroalimentación es un proceso que mejora el desempeño y fomenta el aprendizaje (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2002). Finalmente, el 53,6% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,56 con la utilización de medios de enseñanza tecnológicos (uso de software, prácticas en el ordenador y aulas virtuales de aprendizaje) para el desarrollo de las clases.

En lo referente al constructo trabajo de los estudiantes, el 71,58% de los alumnos se sienten satisfechos con el trabajo independiente que realizan para la consecución de los objetivos del programa en las distintas asignaturas con una desviación estándar de 1,110. Igualmente, el 58,27% de los estudiantes se sienten satisfechos con las actividades que realizan en las diferentes etapas del plan de estudio para el desarrollo de conocimientos, capacidades y habilidades propias de la profesión. No obstante, el 37,77% de los estudiantes se sienten satisfechos con la motivación que reciben para participar en los semilleros de los grupos de investigación adscritos a la EEIE con una desviación estándar de 1,702, siendo necesario fortalecer y consolidar este aspecto para crear una cultura de investigación acorde a los ejes misionales de la UIS.

En cuanto al factor sistema de evaluación a estudiantes se puede afirmar que el 74,10% de los alumnos se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,413 con el cumplimiento de las fechas estipuladas para la presentación de actividades académicas (*Figura 12*). Por su parte, el 63,31% de los estudiantes se sienten satisfechos con los criterios de objetividad de los profesores para la evaluación y asignación de notas las cuales se basan en políticas claras, universales y transparentes. Por otro lado, el 55,04% de los estudiantes se siente satisfecho con los métodos de evaluación académica empleados con una desviación estándar de 1,366.

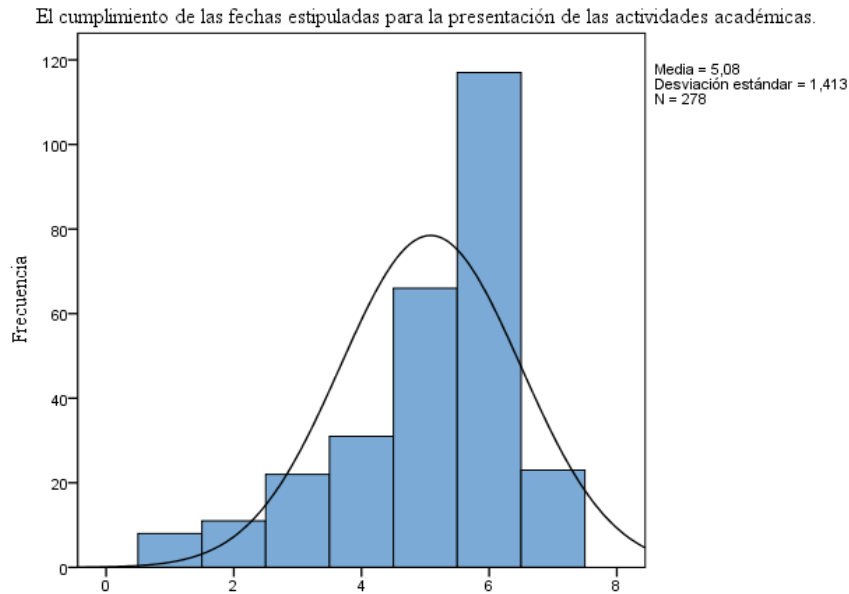


Figura 12. Histograma del cumplimiento de las fechas estipuladas para la presentación de las actividades académicas. Obtenido de Software SPSS Statistics.

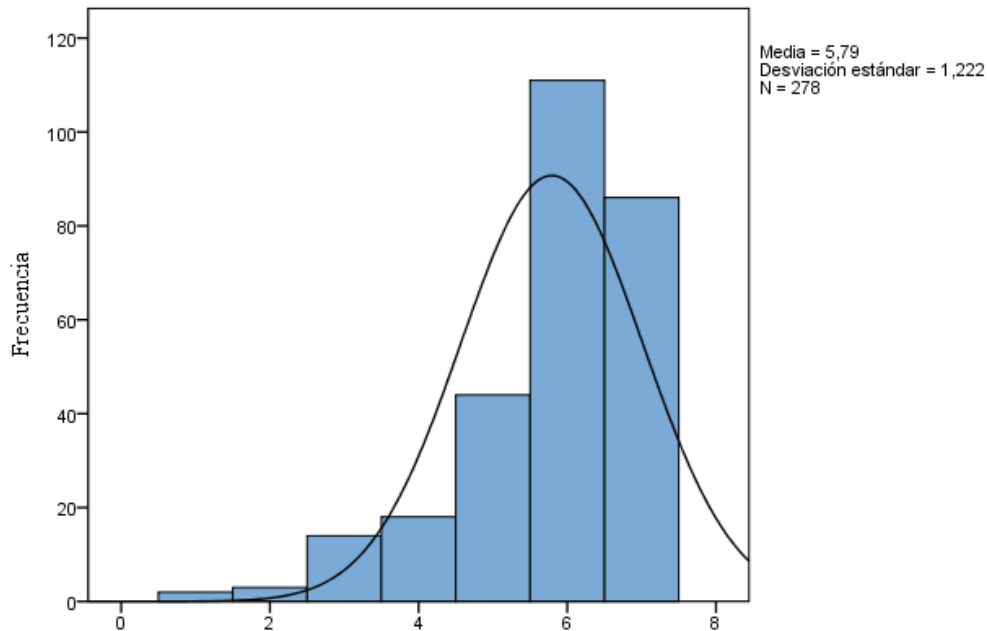
A cerca de la evaluación y autorregulación del programa, se puede decir que el 42,09% de los estudiantes se siente satisfecho con el seguimiento a los procesos de evaluación docente con una desviación estándar de 1,643. De igual manera, sólo el 35,61% se siente satisfecho con la participación en los procesos de autoevaluación y reformas curriculares con una desviación estándar de 1,589 y en cuanto a la importancia que se les da a sus opiniones para el mejoramiento de la calidad del programa el 33,81% se siente satisfecho. En términos generales, este factor es un aspecto por mejorar ya que el 26,98%, 36,33% y el 39,57% de los estudiantes se encuentran insatisfechos respectivamente con las preguntas mencionadas con anterioridad lo cual indica que es necesario prestar especial atención a la opinión de los estudiantes con el fin de identificar las fortalezas y debilidades del programa y así lograr la mejora continua del mismo.

Con relación a la pertinencia del programa se puede decir que el 35,97% de los estudiantes se siente satisfecho con su participación en proyectos de extensión social desarrollados por la EEIE con una desviación estándar 1,423. Sin embargo, el 26,26% de la muestra desconoce dichos

proyectos. Igualmente, el 41,99% se encuentra satisfecho con el compromiso de la EEIE para atender las necesidades locales, regionales y nacionales con una desviación estándar de 1,490. Finalmente, sólo el 38,39% de los estudiantes se sienten satisfechos con los espacios brindados para la discusión de temas que contribuyan a la resolución de problemas de la sociedad, además el 20,57% desconoce estos espacios. En general, el 22,06% de los estudiantes carecen de información acerca de la pertinencia del programa de Ingeniería Industrial, siendo est factor donde se presenta menos satisfacción por parte de los estudiantes.

Respecto al factor infraestructura, el 86,69% de los estudiantes se sienten satisfechos con el estado actual de las instalaciones de la EEIE, tales como edificios, salones, laboratorios y auditorios para el desarrollo de actividades académicas (*Figura 13*). Igualmente, el 80,94% se encuentra satisfecho con la distribución en número y espacio de muebles y enseres que ofrece la escuela para el desarrollo de actividades académicas con una desviación estándar de 1,27. Por otro lado, el 79,14% de los alumnos se siente satisfecho con una desviación estándar de 1,576 con el aseo de las instalaciones físicas; y finalmente el 79,50% se siente satisfecho con la infraestructura de servicios complementarios a la formación académica como baños, casilleros, zonas verdes y centro de estudios con una desviación estándar de 1,405. En términos generales, el 81,56% de los estudiantes se encuentran satisfechos con la infraestructura, siendo este factor el que presenta mayores niveles de satisfacción.

El estado actual de las instalaciones de la escuela (edificios, salones, laboratorios y auditorios) para el desarrollo de las actividades académicas.



*Figura 13.* Histograma del estado actual de las instalaciones de la escuela para el desarrollo de las actividades académicas. Obtenido de Software SPSS Statistics

En lo referente a los recursos bibliográficos, el 69,78% de los estudiantes se sienten satisfechos con la cantidad de recursos bibliográficos (libros, revistas especializadas y bases de datos) para la realización de sus trabajos académicos con una desviación estándar de 1,373. Además el 58,27% se siente satisfecho con una desviación estándar de 1,36 con la actualización del material bibliográfico. Igualmente el 67,63% de los alumnos se sienten satisfechos con la accesibilidad al material bibliográfico para atender sus necesidades de consulta con una desviación estándar de 1,250.

En cuanto a los recursos informáticos, el 80,94% de los estudiantes se sienten satisfechos con el estado de los equipos en las salas de cómputo para el desarrollo de actividades académicas con una desviación estándar de 1,283. En relación con el acceso a recursos informáticos como software especializado para el apoyo de actividades académicas se puede afirmar que el 69,42% se siente

satisfecho con una desviación estándar de 1,512. Sin embargo el 63,31% se siente insatisfecho con la accesibilidad a redes inalámbricas de internet (WiFi) al interior de la escuela, lo cual es un aspecto crítico por mejorar ya que el internet facilita el acceso a la información y es un apoyo indispensable para la realización de actividades académicas. Finalmente el 60,07% de los estudiantes se sienten satisfechos con la información y el contenido de la página web de la EEIE con una desviación estándar de 1,501.

Por último, se presenta el análisis de las variables observadas del factor recursos de apoyo docente, donde el 61,15% de los estudiantes se encuentran satisfechos con una desviación estándar de 1,584 con los recursos tales como laboratorios, equipos y medios audiovisuales para el desarrollo de las clases. En cuanto a la dotación de laboratorios y talleres de práctica empleados para el desarrollo de las actividades académicas solo el 44,96% de los alumnos se sienten satisfechos con una desviación estándar de 1,608. Por otro lado, el 61,51% se siente satisfecho con las plataformas interactivas que emplean los docentes para facilitar el acceso a la información y la comunicación con una desviación estándar de 1,474.

Posteriormente, se emplean las tablas de contingencia (Apéndice I) para estudiar la distribución conjunta entre dos variables. Al cruzar el nivel y el número de créditos de idioma extranjero (inglés) planteado en el plan de estudios se observa que, todos los estudiantes pertenecientes al primer nivel se sienten poco satisfechos respecto a este ítem, mientras que todos los alumnos del cuarto nivel solo sienten niveles de insatisfacción. Así mismo, la mayoría de los alumnos que conforman el séptimo, octavo, noveno y décimo nivel se sienten insatisfechos respecto al mismo por lo cual se puede afirmar que esta percepción se mantiene a lo largo de la carrera. Al realizar el cruce de variables entre el nivel y la retroalimentación de las evaluaciones que realizan los profesores como complemento para la apropiación del conocimiento, se evidencia que los

estudiantes de segundo nivel no están satisfechos respecto a este ítem, por otro lado el 50% de los estudiantes de séptimo nivel son los que mayor expresan insatisfacción en este aspecto. En cuanto a la motivación que reciben los estudiantes para participar en los semilleros de los grupos de investigación (INNOTEC, OPALO & FINANCE AND MANAGEMENT), se puede afirmar que el 100% los estudiantes de segundo nivel se sienten insatisfechos respecto a este ítem e igualmente los de cuarto nivel presentan algún nivel de insatisfacción por lo cual se puede inferir que la información sobre estos espacios no está llegando a los estudiantes de primeros niveles.

Por otra parte al estudiar la satisfacción de los estudiantes en los diferentes niveles con la dotación de los laboratorios y talleres de práctica para el desarrollo de las actividades académicas, se puede observar que los alumnos pertenecientes al segundo nivel no se encuentran satisfechos con el ítem. Así mismo, se puede afirmar que el 28,6% de los estudiantes de quinto nivel se encuentran satisfechos aunque los estudiantes que conforman el sexto, octavo, noveno y décimo nivel se encuentran poco satisfechos con este ítem.

Finalmente, al realizar el cruce de variables entre la participación de estudiantes en proyectos de extensión social desarrollados por la escuela con los espacios brindados para la discusión de temas que contribuyan a la resolución de problemas de la sociedad, el 75% de los estudiantes que se sienten muy insatisfechos con los espacios brindados también presentan algún nivel de insatisfacción con la participación en dichos proyectos. Así mismo, el 52,2% de los estudiantes que se sienten muy insatisfechos con la importancia que le da la escuela a sus opiniones para el mejoramiento de la calidad del programa también se sienten muy insatisfechos con el seguimiento a los procesos de evaluación docente que realiza la EEIE. Finalmente, se puede afirmar que el 70% de los estudiantes que expresó sentirse muy satisfecho con la promoción de intercambios

universitarios nacionales e internacionales que ofrece la universidad también indico algún nivel de satisfacción con las relaciones de cooperación académica entre el programa y otras instituciones.

## **6.9 Análisis multivariado**

El análisis multivariante (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos (Cuadras, 2014). Para Peña (2002) el AM persigue los siguientes objetivos: En primer lugar, resumir el conjunto de variables en unas pocas nuevas variables con la mínima pérdida de información. En segundo lugar, encontrar grupos en los datos si existen. En tercer lugar, clasificar nuevas observaciones en grupos definidos, y por último, relacionar dos conjuntos de variables.

**6.9.1 Viabilidad del análisis factorial exploratorio.** Antes de realizar el análisis factorial exploratorio es necesario determinar la fiabilidad del instrumento y conocer si las variables se encuentran correlacionadas entre sí. Si las correlaciones entre todas las variables son bajas, no es apropiado realizar el análisis factorial. A continuación se presentan los indicadores empleados para conocer el grado de asociación entre las variables.

**6.9.1.1 Alfa de Cronbach.** Una vez importado los datos a SPSS Statistics se aplica el Alfa de Cronbach para estimar la fiabilidad del instrumento de medida. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa de Cronbach a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. Como criterio general George & Mallery (2003) sugieren las siguientes recomendaciones para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach:

- Coeficiente de alfa  $> 0.9$  es excelente
- Coeficiente de alfa  $> 0.8$  es bueno

- Coeficiente de alfa  $> 0.7$  es aceptable
- Coeficiente de alfa  $> 0.6$  es cuestionable
- Coeficiente de alfa  $> 0.5$  es pobre
- Coeficiente de alfa  $< 0.5$  es inaceptable

En la *tabla 7* se evidencia que el Alfa de Cronbach obtenido del presente trabajo de investigación es de 0,945 lo cual permite inferir que la fiabilidad del instrumento es excelente.

Tabla 7.  
*Estadísticas de fiabilidad.*

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,945	53

*Nota:* Adaptado de Software SPSS Statistics.

**6.9.1.2 Medida de adecuación muestral Kaiser, Meyer y Olkin (KMO).** El test KMO sirve para comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con respecto a las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial. El índice está comprendido entre valores de 0 y 1, donde los valores cercanos a 1 indican que la relación entre las variables es alta, y por ende es factible llevar a cabo el análisis factorial. Kaiser, Meyer y Olkin (1974) sugieren que si  $KMO \geq 0,75$  es bueno realizar un análisis factorial, si  $0,75 > KMO \geq 0,5$  es aceptable y si  $KMO < 0,5$  es inaceptable (Ver *Tabla 8*).

**6.9.1.3 Test de esfericidad de Barlett.** El test de esfericidad de Barlett contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones observada es una matriz identidad. Esta prueba contrasta las hipótesis:

Ho:  $|R| = 1$ , correlaciones entre las variables son todas igual a cero (es una matriz identidad), no tiene sentido aplicar análisis factorial.

H1:  $|R| \neq 1$ , la matriz de correlaciones es distinta a la matriz identidad, si tiene sentido aplicar análisis factorial.

Donde  $|R|$  es el determinante de la matriz de correlaciones.

Tabla 8.  
*Prueba de KMO y Test de esfericidad de Barlett.*

	<b>Medida</b>	<b>valor</b>
Medida de KMO		0,741
Prueba de esfericidad de Barlett	Aprox. Chi cuadrado	3273,034
	GI	1378
	Significancia	0,000

*Nota:* Adaptado de Software SPSS Statistics.

Los valores obtenidos se muestran en la *tabla 8*, se puede observar que el KMO es mayor a 0,5 lo cual indica que existe una alta relación entre las variables observadas. Por su parte, en el test de esfericidad de Bartlett se rechaza la hipótesis nula dado que la significancia es menor que 0,05 y por lo tanto la matriz de coeficientes de correlación observada no es una matriz identidad. En conclusión la medida de adecuación muestral KMO y el test de esfericidad de Barlett señalan que es factible aplicar análisis factorial.

## **6.10 Análisis factorial confirmatorio**

Para realizar el AFC se emplea el lenguaje de programación R y la librería Lavaan donde, los valores perdidos son eliminados, las preguntas p7\_2, p7\_3, p12\_1 y p12\_2 se eliminan debido a

que la moda es 9 lo que imposibilita el AFC, por falta de información. Por lo anterior, se eliminan los factores movilidad y pertinencia ya que al estar explicados por solo una pregunta (p7\_1 y p12\_3 respectivamente) éstos no son muy representativos para la totalidad de las variables observadas. Además se plantean las siguientes hipótesis las cuales serán contrastadas a través del AFC:

*Ho*: Los factores pueden covariar entre sí y todos son explicados por las variables observadas propuestas.

*H1*: Los factores pueden covariar entre sí y al menos un factor no es explicado por sus variables observadas.

Luego, se procede a escribir y ejecutar el código en R (Apéndice J) sin embargo, se eliminan las preguntas que conforman los factores evaluación y autorregulación, y formalización del programa debido a que estos no permiten que el modelo converja ya que la matriz de covarianza de las variables latentes no es definida positiva dado que las preguntas que conforman estos factores son similares entre sí (Apéndice K).

En términos generales, los coeficientes de regresión logran explicar a partir de las variables observadas los factores propuestos en el modelo teórico con una carga factorial entre 0,240 y 0,985, siendo los factores infraestructura, recursos bibliográficos, apoyo docente, teórico práctico, sistema de evaluación e informáticos los que mejor son explicados por las variables observadas (Apéndice L). Sin embargo, la pregunta p1\_5 se elimina debido a que se rechaza la hipótesis nula con un  $p$  - valor de 0,303. Finalmente el modelo propuesto es conformado por 40 variables observadas, 12 variables latentes exógenas y 3 covarianzas entre factores independientes (*Figura 14*).

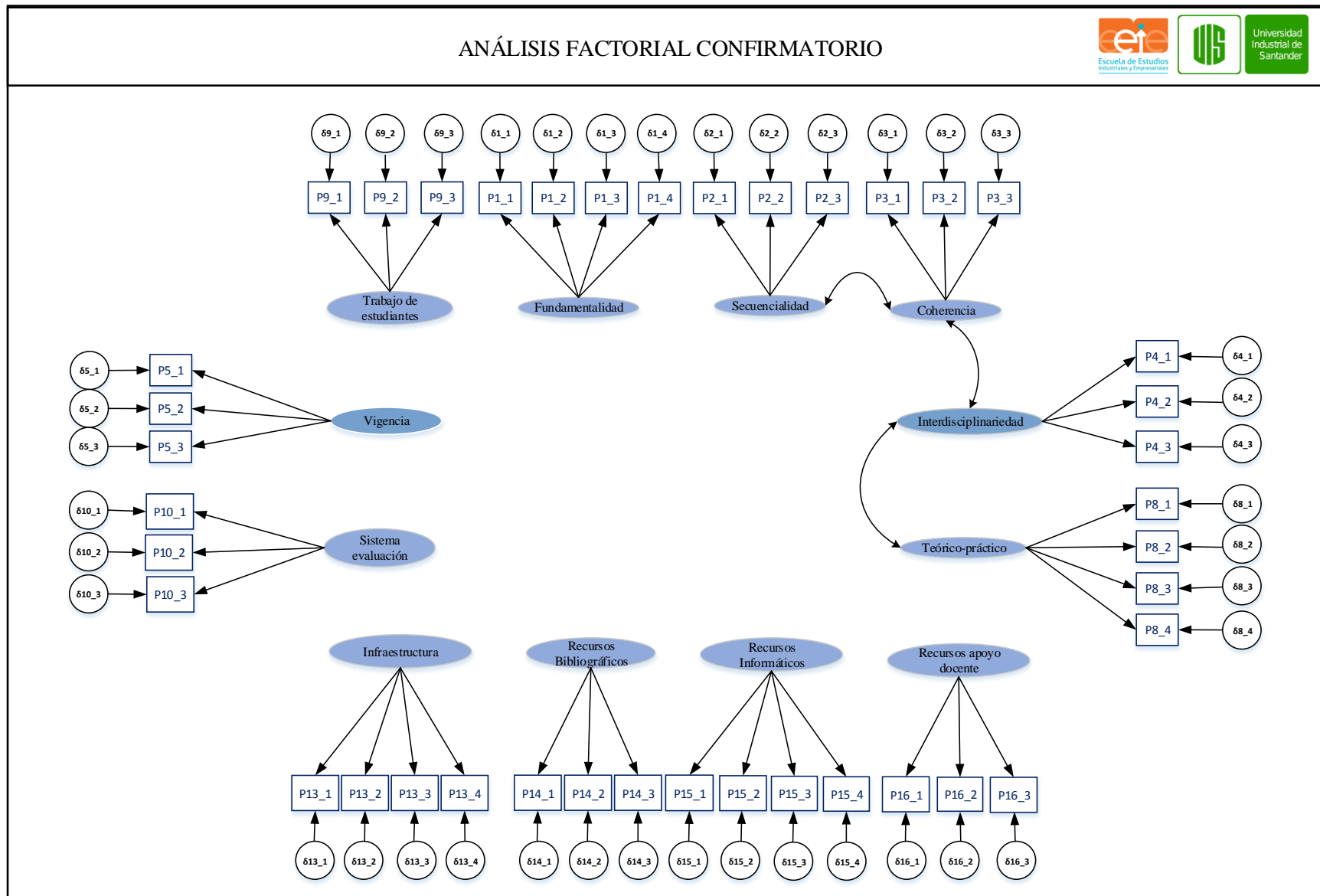


Figura 14. Análisis factorial confirmatorio. Obtenido de Microsoft Visio.

## 7. Resultados

Como ya se mencionó anteriormente, se emplean los 6 pasos propuestos por Kaplan (2000) y Kline (2004) como metodología para desarrollar, interpretar y analizar un modelo de ecuaciones estructurales.

### 7.1 Especificación del modelo

En primer lugar, se parte del modelo teórico resultante del AFC donde se establecieron las relaciones causales entre las variables observables y variables latentes. Dichas relaciones se representan de manera gráfica a través del diagrama de red (*Figura 15*) con el fin de facilitar la comprensión del modelo. Luego, se realiza la formalización matemática del modelo de medida y estructural siguiendo la notación de Jöreskog & Sörbom (1989).

- Modelo de medida: La relación entre las variables observadas y las latentes exógenas se pueden expresar de la siguiente manera:

Tabla 9.

*Ecuaciones del componente de medida.*

Formalización matemática	
$p1\_1 = \lambda_{1,1,1}\xi_1 + \delta_{1,1}$	$p9\_1 = \lambda_{9,1,9}\xi_9 + \delta_{9,1}$
$p1\_2 = \lambda_{1,2,1}\xi_1 + \delta_{1,2}$	$p9\_2 = \lambda_{9,2,9}\xi_9 + \delta_{9,2}$
$p1\_3 = \lambda_{1,3,1}\xi_1 + \delta_{1,3}$	$p9\_3 = \lambda_{9,3,9}\xi_9 + \delta_{9,3}$
$p1\_4 = \lambda_{1,4,1}\xi_1 + \delta_{1,4}$	$p10\_1 = \lambda_{10,1,10}\xi_{10} + \delta_{10,1}$
$p2\_1 = \lambda_{2,1,2}\xi_2 + \delta_{2,1}$	$p10\_2 = \lambda_{10,2,10}\xi_{10} + \delta_{10,2}$
$p2\_2 = \lambda_{2,2,2}\xi_2 + \delta_{2,2}$	$p10\_3 = \lambda_{10,3,10}\xi_{10} + \delta_{10,3}$
$p2\_3 = \lambda_{2,3,2}\xi_2 + \delta_{2,3}$	$p13\_1 = \lambda_{13,1,13}\xi_{13} + \delta_{13,1}$
$p3\_1 = \lambda_{3,1,3}\xi_3 + \delta_{3,1}$	$p13\_2 = \lambda_{13,2,13}\xi_{13} + \delta_{13,2}$
$p3\_2 = \lambda_{3,2,3}\xi_3 + \delta_{3,2}$	$p13\_3 = \lambda_{13,3,13}\xi_{13} + \delta_{13,3}$
$p3\_3 = \lambda_{3,3,3}\xi_3 + \delta_{3,3}$	$p14\_1 = \lambda_{14,1,14}\xi_{14} + \delta_{14,1}$
$p4\_1 = \lambda_{4,1,4}\xi_4 + \delta_{4,1}$	$p14\_2 = \lambda_{14,2,14}\xi_{14} + \delta_{14,2}$
$p4\_2 = \lambda_{4,2,4}\xi_4 + \delta_{4,2}$	$p14\_3 = \lambda_{14,3,14}\xi_{14} + \delta_{14,3}$
$p4\_3 = \lambda_{4,3,4}\xi_4 + \delta_{4,3}$	$p15\_1 = \lambda_{15,1,15}\xi_{15} + \delta_{15,1}$
$p5\_1 = \lambda_{5,1,5}\xi_5 + \delta_{5,1}$	$p15\_2 = \lambda_{15,2,15}\xi_{15} + \delta_{15,2}$
$p5\_2 = \lambda_{5,2,5}\xi_5 + \delta_{5,2}$	$p15\_3 = \lambda_{15,3,15}\xi_{15} + \delta_{15,3}$
$p5\_3 = \lambda_{5,3,5}\xi_5 + \delta_{5,3}$	$p15\_4 = \lambda_{15,4,15}\xi_{15} + \delta_{15,4}$

Continuación tabla 9. *Ecuaciones del componente de medida*

Formalización matemática	
$p8\_1 = \lambda_{8\_1,8}\xi_8 + \delta_{8\_1}$	$p16\_1 = \lambda_{16\_1,16}\xi_{16} + \delta_{16\_1}$
$p8\_2 = \lambda_{8\_2,8}\xi_8 + \delta_{8\_2}$	$p16\_2 = \lambda_{16\_2,16}\xi_{16} + \delta_{16\_2}$
$p8\_3 = \lambda_{8\_3,8}\xi_8 + \delta_{8\_3}$	$p16\_3 = \lambda_{16\_3,16}\xi_{16} + \delta_{16\_3}$
$p8\_4 = \lambda_{8\_4,8}\xi_8 + \delta_{8\_4}$	

Donde,

Tabla 10.

*Notación de las variables latentes exógenas.*

Notación	Factor	Notación	Factor
$\xi_1$	Fundamentalidad	$\xi_9$	Trabajo de estudiantes
$\xi_2$	Secuencialidad	$\xi_{10}$	Sistema de evaluación
$\xi_3$	Coherencia	$\xi_{13}$	Infraestructura
$\xi_4$	Interdisciplinarietàad	$\xi_{14}$	Recursos bibliográficos
$\xi_5$	Vigencia	$\xi_{15}$	Recursos informáticos
$\xi_8$	Teórico-práctico	$\xi_{16}$	Recursos de apoyo docente

- Modelo estructural: Una vez definido el modelo de medida se procede a realizar el modelo estructural donde se consideran las relaciones causales entre las variables latentes:

Tabla 11.

*Ecuaciones del componente estructural.*

Formalización matemática
$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \gamma_{13}\xi_3 + \zeta_1$
$\eta_2 = \gamma_{21}\xi_8 + \gamma_{22}\xi_9 + \zeta_2$
$\eta_3 = \gamma_{31}\xi_{13} + \gamma_{32}\xi_{14} + \gamma_{33}\xi_{15} + \gamma_{34}\xi_{16} + \zeta_3$
$\eta_4 = \gamma_{41}\xi_5 + \gamma_{42}\xi_{10} + \gamma_{43}\xi_4 + \beta_{41}\eta_1 + \beta_{42}\eta_2 + \beta_{43}\eta_3 + \zeta_4$

Donde,

Tabla 12.  
*Notación de las variables latentes endógenas.*

<b>Notación</b>	<b>Factor</b>
$\eta_1$	Integralidad
$\eta_2$	Estrategias de enseñanza y aprendizaje
$\eta_3$	Elementos tangibles
$\eta_4$	Satisfacción



## 7.2 Identificación del modelo

Siguiendo las recomendaciones hechas por Hatcher (1994) y Ullman (1996) se adoptan los siguientes supuestos o restricciones los cuales se representan en la *figura 16* para garantizar que se puedan estimar los parámetros del modelo:

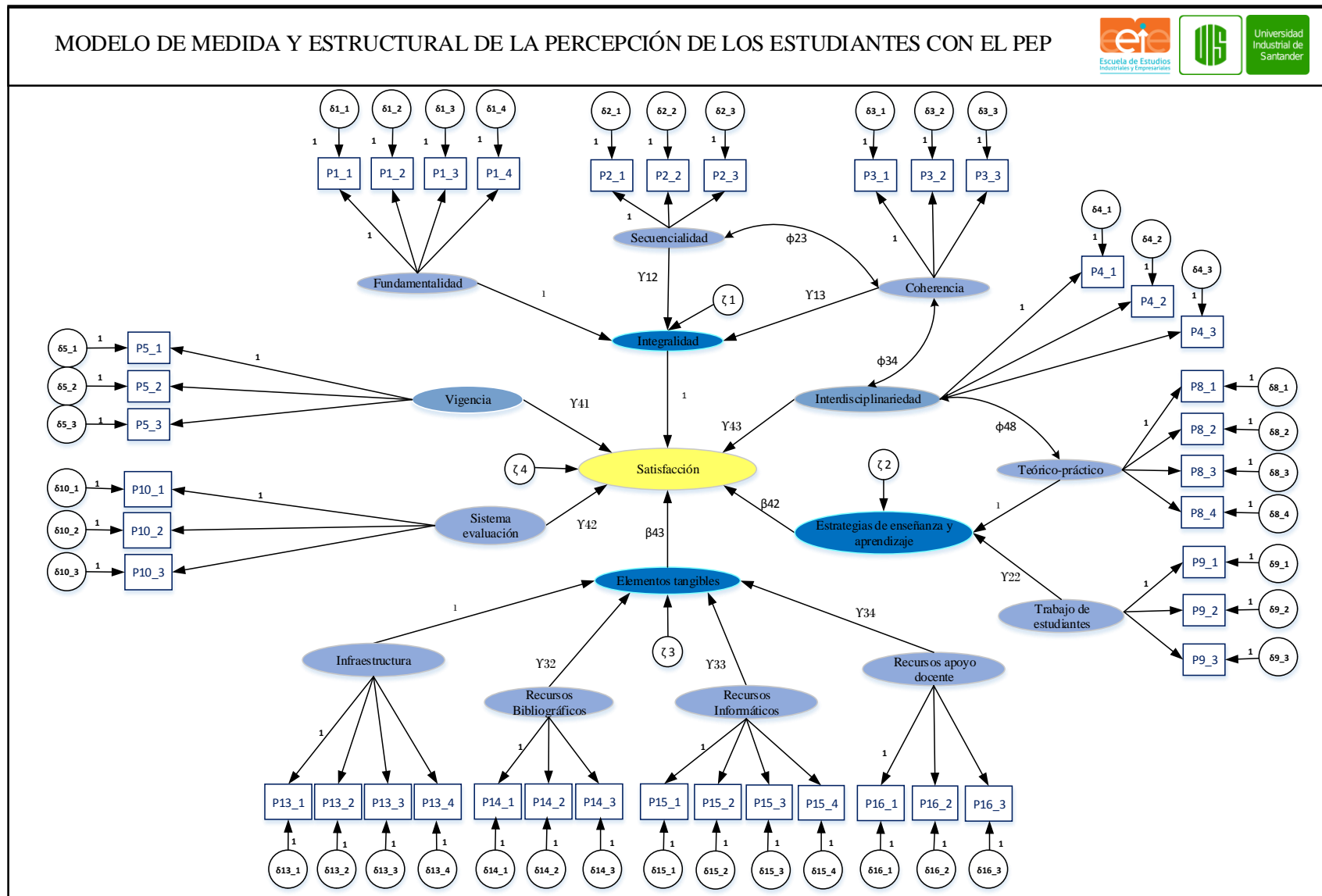
- Se fija el coeficiente de regresión de una de las variables observadas que cargan sobre cada factor a 1, como por ejemplo la carga de la variable p1\_1 y el primer factor denominado fundamentalidad y así sucesivamente con la primera variable observada de cada factor.
- Los errores asociados con cada indicador  $\delta$  no están correlacionados entre sí, cada indicador carga sólo sobre un factor y los factores pueden covariar entre ellos.
- El coeficiente de regresión de la variable observada sobre el término error se fijan arbitrariamente a 1.

Sin embargo, se comprueba que el modelo está sobreidentificado a través de la regla de los grados de libertad, lo que no ocurriría si no se introdujeran los supuestos o restricciones mencionadas anteriormente, ya que el número de parámetros a estimar sería mayor a el número de datos (varianzas-covarianzas muestrales), y este debe ser siempre superior. El modelo propuesto presenta 40 variables observadas, es decir se cuenta con  $40(40+1)/2 = 820$  varianzas-covarianzas muestrales y los parámetros a estimar son:

- 40 coeficientes de regresión entre las variables observadas y los factores independientes (28 en realidad, porque 12 se han fijado a 1, como ya se mencionó).
- 12 coeficientes de regresión entre los factores independientes y los dependientes (9 en realidad, porque 3 se han fijado a 1).

- 3 coeficientes de regresión entre factores dependientes (2 en realidad porque 1 se ha fijado a 1).
- 40 varianzas de los términos de error de las variables observadas.
- 4 varianzas de los términos de error de los factores dependientes.
- 3 covarianzas entre los factores independientes.
- 12 varianzas de los factores independientes.

Es decir, en total se deben estimar 98 parámetros, con lo que se obtienen 722 grados de libertad, cumpliendo el objetivo de los SEM ya que el modelo está sobreidentificado.



.Figura 16. Identificación del modelo. Obtenido de Microsoft Visio.

### 7.3 Estimación de parámetros

Después de identificar el modelo, se procede a realizar la estimación de los parámetros del mismo a partir de la matriz de varianzas-covarianzas muestral (Apéndice M). Para ello, se selecciona el proceso de estimación por Máxima Verosimilitud (ML) debido a que es el método más empleado en el ajuste de SEM y los resultados son consistentes y no sesgados cuando se viola el supuesto de normalidad multivariante de los datos (García, 2011). Así mismo, Boomsma (1987) establece que a medida que el tamaño de la muestra aumenta, la distribución de los parámetros se aproxima a una distribución normal.

El criterio más utilizado para determinar la relación lineal entre dos variables es el coeficiente de determinación  $R^2$ , valores cercanos a 1 indican que todas las observaciones se encuentran en la línea de regresión y valores cercanos a cero indican que no existe relación lineal entre las variables independientes y dependientes. Es decir, a medida que el valor de  $R^2$  aumenta, el ajuste de los datos es mejor y por lo tanto, la varianza explicada es mayor. Al analizar el valor de  $R^2$  en el modelo estructural se evidencia que la variable endógena estrategias de enseñanza y aprendizaje es la que mejor ajuste de datos presenta respecto a sus variables independientes, trabajo de estudiantes y teórico práctico, con valores de 0,898 y 0,909 respectivamente. Estos valores de  $R^2$  junto con los coeficientes de regresión estimados y la varianza se pueden visualizar en el apéndice N. A manera de resumen en la *tabla 13* se muestran los resultados del modelo de medida y estructural estandarizados del presente trabajo de investigación:

Tabla 13.  
Resultados estandarizados de los SEM.

Matriz	Parámetro	Estimación estandarizada
$\Lambda_x$	$\lambda_{1\_1,1}$	0.304
	$\lambda_{1\_2,1}$	0.785
	$\lambda_{1\_3,1}$	0.765
	$\lambda_{1\_4,1}$	0.264
	$\lambda_{2\_1,2}$	0.441
	$\lambda_{2\_2,2}$	0.793
	$\lambda_{2\_3,2}$	0.651
	$\lambda_{3\_1,3}$	0.662
	$\lambda_{3\_2,3}$	0.528
	$\lambda_{3\_3,3}$	0.768
	$\lambda_{4\_1,4}$	0.690
	$\lambda_{4\_2,4}$	0.425
	$\lambda_{4\_3,4}$	0.691
	$\lambda_{5\_1,5}$	0.626
	$\lambda_{5\_2,5}$	0.475
	$\lambda_{5\_3,5}$	0.419
	$\lambda_{8\_1,8}$	0.657
	$\lambda_{8\_2,8}$	0.663
	$\lambda_{8\_3,8}$	0.579
	$\lambda_{8\_4,8}$	0.590
	$\lambda_{9\_1,9}$	0.403
	$\lambda_{9\_2,9}$	0.686
	$\lambda_{9\_3,9}$	0.605
	$\lambda_{10\_1,10}$	0.665
	$\lambda_{10\_2,10}$	0.776
	$\lambda_{10\_3,10}$	0.553
	$\lambda_{13\_1,13}$	0.666
	$\lambda_{13\_2,13}$	0.663
	$\lambda_{13\_3,13}$	0.815
	$\lambda_{13\_4,13}$	0.759
	$\lambda_{14\_1,14}$	0.845
	$\lambda_{14\_2,14}$	0.886
	$\lambda_{14\_3,14}$	0.661
	$\lambda_{15\_1,15}$	0.644
	$\lambda_{15\_2,15}$	0.715
	$\lambda_{15\_3,15}$	0.562
	$\lambda_{15\_4,15}$	0.557
	$\lambda_{16\_1,16}$	0.840
	$\lambda_{16\_2,16}$	0.851
	$\lambda_{16\_3,16}$	0.671

Nota: Obtenido de Lenguaje de programación en R.

Continuación tabla 13. *Resultados estandarizados de los SEM.*

Matriz	Parámetro	Estimación estandarizada	
$\beta$	$\beta_{41}$	0,928	
	$\beta_{42}$	0,978	
	$\beta_{43}$	0,755	
$\gamma$	$\gamma_{11}$	0,766	
	$\gamma_{12}$	0,967	
	$\gamma_{13}$	0,944	
	$\gamma_{21}$	0,954	
	$\gamma_{22}$	0,948	
	$\gamma_{31}$	0,672	
	$\gamma_{32}$	0,641	
	$\gamma_{33}$	0,947	
	$\gamma_{34}$	0,785	
	$\gamma_{41}$	0,877	
	$\gamma_{42}$	0,787	
	$\gamma_{43}$	0,949	
	$\Phi$	$\phi_{23}$	-0,773
		$\phi_{34}$	0,434
$\phi_{48}$		-0,393	
$\Theta\delta$	$\delta_{1\_1}$	0.061	
	$\delta_{1\_2}$	0.037	
	$\delta_{1\_3}$	0.037	
	$\delta_{1\_4}$	0.063	
	$\delta_{2\_1}$	0.054	
	$\delta_{2\_2}$	0.034	
	$\delta_{2\_3}$	0.041	
	$\delta_{3\_1}$	0.041	
	$\delta_{3\_2}$	0.049	
	$\delta_{3\_3}$	0.035	
	$\delta_{4\_1}$	0.040	
	$\delta_{4\_2}$	0.055	
	$\delta_{4\_3}$	0.040	
	$\delta_{5\_1}$	0.054	
	$\delta_{5\_2}$	0.058	
	$\delta_{5\_3}$	0.060	
	$\delta_{8\_1}$	0.041	
	$\delta_{8\_2}$	0.040	
	$\delta_{8\_3}$	0.046	
$\delta_{8\_4}$	0.045		
$\delta_{9\_1}$	0.057		
$\delta_{9\_2}$	0.043		

Nota: Obtenido de Lenguaje de programación en R.

Continuación tabla 13. Resultados estandarizados de los SEM.

Matriz	Parámetro	Estimación estandarizada
$\Theta\delta$	$\delta_{9\_3}$	0.047
	$\delta_{10\_1}$	0.043
	$\delta_{10\_2}$	0.038
	$\delta_{10\_3}$	0.050
	$\delta_{13\_1}$	0.040
	$\delta_{13\_2}$	0.040
	$\delta_{13\_3}$	0.030
	$\delta_{13\_4}$	0.033
	$\delta_{14\_1}$	0.027
	$\delta_{14\_2}$	0.025
	$\delta_{14\_3}$	0.039
	$\delta_{15\_1}$	0.043
	$\delta_{15\_2}$	0.038
	$\delta_{15\_3}$	0.048
	$\delta_{15\_4}$	0.048
	$\delta_{16\_1}$	0.026
	$\delta_{16\_2}$	0.026
	$\delta_{16\_3}$	0.038

Nota: Obtenido de Lenguaje de programación en R.

#### 7.4 Bondad de ajuste del modelo estimado

Una vez obtenidas las estimaciones de los parámetros que se definieron en el modelo, es necesario evaluar la bondad de ajuste del mismo antes de interpretar los resultados. Para analizar los indicadores de bondad de ajuste se procede a comparar el modelo teórico con el modelo independiente (tabla 14) en aras de determinar hasta qué punto el modelo se ajusta a los datos muestrales.

Tabla 14.

*Chi cuadrado*

Modelo teórico		Modelo independiente	
Chi-cuadrado	gl	Chi-cuadrado	gl
1185,612	722	4965,855	780

Nota: adaptado de software R

Las medidas absolutas del ajuste analizadas son el estadístico chi-cuadrado y el Error de Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA). El estadístico chi-cuadrado refleja si el modelo se

ajusta a los datos, por lo cual se esperaría un *valor*  $p > 0,05$  que contraste la hipótesis nula de que todos los errores del modelo son nulos. Sin embargo, el  $p$  valor obtenido en el modelo teórico es 0,000 lo cual era de esperarse debido a que este estadístico es sensible a tamaños muestrales superiores a 200 observaciones (Boomsma, 1987). Por tal motivo al aumentar el  $N$ , es probable que el  $p$ - valor sea significativo lo que conlleve a rechazar un modelo que sí presenta un buen ajuste de los datos (Hu & Bentler, 1995). En relación con lo anterior, diversos autores como Ruíz *et.al* (2010) y López (2012) afirman que se deben considerar otros índices para determinar la bondad de ajuste del modelo. Es por esto que se emplea el indicador RMSEA desarrollado por Steiger (1990), el cual no es sensible al tamaño muestral e indica si el ajuste del modelo es bueno al realizar la estimación con la población en lugar de la muestra. Valores inferiores a 0,05 (Browne & Cudeck, 1993) indican buen ajuste como sucede con el modelo teórico al obtener un  $RMSEA=0,048$ .

Por su parte, las medidas de ajuste incremental empleadas son el NFI, NNFI, IFI y CFI. El índice NFI mide la reducción proporcional del estadístico chi-cuadrado cuando se pasa del modelo independiente al modelo teórico (Bentler & Bonett, 1980), es decir, indica si el modelo teórico es mejor que el modelo independiente, lo cual es aceptable en el presente trabajo ya que el  $NFI=0,7612$  alcanzando valores cercanos a 1. Por otro lado, el NNFI permite comparar el ajuste del modelo considerando los grados de libertad del modelo independiente con el modelo teórico, el valor obtenido es de 0,880 lo que indica un buen ajuste ya que el valor es próximo a 0,9. En cuanto al CFI el valor es de 0,889 lo que indica un ajuste razonable debido a que su valor es cercano a 1. Así mismo, el Índice de Ajuste Incremental (IFI) compara el ajuste de dos o más modelos. Para este caso en particular, sólo se compara el modelo independiente con el modelo teórico, siendo este último el de mejor ajuste ya que el  $IFI=0,903$  indicando un ajuste aceptable del mismo (Hu & Bentler, 1999).

Finalmente, la medida de ajuste parsimonia empleada es el Criterio de Información de Akaike (AIC), el cual ajusta el valor de chi-cuadrado al número de grados de libertad del modelo. El valor AIC obtenido para el modelo teórico fue menor al independiente, indicando que el modelo es ajustado en relación a su complejidad.

A continuación se indican las ecuaciones para hallar algunos índices mencionados anteriormente y en la *tabla 15* un resumen de los índices de bondad de ajuste:

- Índice NFI

$$NFI = \frac{\lambda^2_{\text{independiente}} - \lambda^2_{\text{teórico}}}{\lambda^2_{\text{independiente}}} \quad (8)$$

$$NFI = \frac{4965,855 - 1185,612}{4965,855} = 0,7612$$

- Índice NNFI

$$NNFI = \frac{\lambda^2_{\text{independiente}} - \frac{gl_{\text{independiente}}}{gl_{\text{teórico}}} * \lambda^2_{\text{teórico}}}{\lambda^2_{\text{independiente}} - gl_{\text{independiente}}} \quad (9)$$

$$NNFI = \frac{4965,855 - \frac{780}{722} (1185,612)}{4965,855 - 780} = 0,88$$

- Índice CFI

$$CFI = \frac{(\lambda^2_{\text{independiente}} - gl_{\text{independiente}}) - (\lambda^2_{\text{teórico}} - gl_{\text{teórico}})}{\lambda^2_{\text{independiente}} - gl_{\text{teórico}}} \quad (10)$$

$$CFI = \frac{(4965,855 - 780) - (1185,612 - 722)}{(4965,855 - 722)} = 0,889$$

- Índice IFI

$$IFI = \frac{\lambda^2_{\text{independiente}} - \lambda^2_{\text{teórico}}}{\lambda^2_{\text{independiente}} - gl_{\text{teórico}}} \quad (11)$$

$$IFI = \frac{(4965,855 - 1185,612)}{(4965,855 - 780)} = 0,903$$

- Índice AIC

$$AIC = \lambda^2_{teórico} - 2gl_{teórico} \quad (12)$$

$$AIC_{teórico} = 1185,612 - (2 \cdot 722) = -258,388$$

$$AIC_{independiente} = 4965,855 - (2 \cdot 780) = 3405,855$$

Tabla 15.

*Medidas de bondad de ajuste*

Medida de bondad de ajuste	Abreviatura	Niveles de ajuste aceptable	Aceptabilidad obtenida
<b>Medidas de ajuste absoluto</b>			
Chi-cuadrado	$x^2$		1185,612
Chi-cuadrado (p-valor)	p-valor	significancia > 0,05	0,000
Razón Chi-cuadrado / grados de libertad	$x^2 / gl$	menor que 3	1,642
Error de aproximación cuadrático medio	RMSEA	< 0,05	0,06
<b>Medidas de ajuste incremental</b>			
Índice normado de ajuste	NFI	valor cercano a 1	0,7612
Índice No normalizado de ajuste ó Tucker Lewis	NNFI/ TLI	>0,9	0,880
Índice de bondad de ajuste comparativo	CFI	valor cercano a 1	0,889
Índice de Ajuste Incremental	IFI	>0,9	0,903
<b>Medidas de ajuste de parsimonia</b>			
Criterio de información de Akaike	AIC	valor pequeño indica parsimonia	-258,388

Nota: adaptado de Lenguaje de programación en R.

### 7.5 Reespecificación del modelo

En esta fase se procede a verificar si al añadir nuevas relaciones o eliminar las ya existentes el modelo teórico logra mejorar su ajuste. Estas decisiones deben ser coherentes, es decir, no deben realizarse reespecificaciones que no puedan sustentarse a nivel teórico (Medrano y Navarro, 2016). Para llevar a cabo la reespecificación del modelo se analizan los residuos estandarizados y los índices de modificación.

El lenguaje de programación en R permite calcular los residuos estandarizados del modelo teórico, los cuales se pueden apreciar en el apéndice O. De estos resultados, son tomados como significativos valores  $\pm 2,58$  donde, sólo 8 logran serlo de un total de 820, lo que equivale al 0,9756% siendo este valor bastante inferior al 5% (41 residuos) el cual es el mínimo requerido para llevar a cabo la reespecificación (González, 2008). Por lo anterior, se decide no realizar modificaciones ya que los resultados obtenidos no logran ser sustancialmente significativos respecto al modelo teórico.

En cuanto a los índices de modificación estos representan la reducción del chi-cuadrado que se obtendría si el coeficiente fuera estimado, valores mayores o iguales a 3,84 indican una reducción significativa del mismo (Hair et al., 1999). En la *tabla 16* se visualizan las relaciones significativas del estudio, obtenidos de la estimación del modelo.

Tabla 16.  
*Índices de modificación.*

<b>Relación</b>	<b>Mi</b>
Sistemaevaluación ~~ Informáticos	6.569
Secuencialidad ~~ Teóricopráctico	5.438
Sistemaevaluación ~~ Apoyodocente	4.494
Fundamentalidad ~~ Teóricopráctico	4.284
Secuencialidad ~~ Infraestructura	4.037
Sistemaevaluación ~~ Bibliográficos	3.922

Nota: adaptado de Lenguaje de programación en R.

Ahora bien, se analiza si estas relaciones deben ser o no incluidas en el modelo original, ya que no basta con el valor del índice para decidir, debido a que es importante que exista un fundamento teórico que respalde dichas relaciones. En este caso, no se consideran apropiadas las relaciones entre los factores indicadas en la *tabla 16* dado que son de pobre validez teórica y por tal motivo, se puede decir que el modelo teórico original sigue siendo la mejor aproximación del fenómeno real en estudio.

### **7.6 Interpretación de resultados**

Luego de presentar los resultados de las etapas anteriores, se puede evidenciar que el modelo teórico es significativamente mejor que el modelo independiente tal y como se observó en el numeral 7.4, donde el RMSEA, los índices de medida de ajuste incremental y de parsimonia alcanzan o superan los valores de ajuste aceptados, a pesar de que se rechaza la hipótesis del estadístico chi cuadrado.

Ahora bien, se procede a interpretar los parámetros estimados como los coeficientes de regresión estandarizados en los cuales se evidencia que la mayoría de las variables observadas tienen un peso mayor a 0,5 sobre cada factor a excepción de las preguntas p1\_1, p1\_4, p4\_2, p5\_2, p9\_1, sin embargo, estas logran ser significativas ya que el p-valor es menor a 0,05. Además, las covarianzas propuestas entre los factores secuencialidad ~ coherencia e interdisciplinariedad ~ teórico-práctico arrojan valores negativos lo que indica que a medida que aumenta la satisfacción en un factor disminuye respecto al otro; contrario a la covarianza entre coherencia ~ interdisciplinariedad en donde la satisfacción aumenta simultáneamente. Por otro lado, existe una alta relación lineal entre las variables latentes exógenas y endógenas ya que las cargas factoriales

toman valores entre 0,641 y 0,967 lo cual corrobora las relaciones hipotéticas planteadas en el modelo teórico.

Por otra parte, para calcular el valor de la satisfacción global del estudiante se emplea la siguiente ecuación de Fornell:

$$\overline{\text{Latente}} = \frac{\lambda_{v1}(\overline{v1}) + \lambda_{v2}(\overline{v2}) + \lambda_{v3}(\overline{v3}) + \lambda_{vi}(\overline{vi})}{\lambda_{v1} + \lambda_{v2} + \lambda_{v3} + \dots + \lambda_{vi}} \quad (13)$$

Donde  $\overline{vi}$  = Es el factor que incide en la variable latente en estudio.

Luego de emplear la ecuación (13) se obtiene que en una escala de 1 a 7 los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial califican la satisfacción global en 5, lo que indica un grado de satisfacción medianamente alto. Además, se puede decir que los estudiantes que se encuentran menos satisfechos son los de segundo nivel ya que califican la satisfacción en 4, lo que indica un grado de satisfacción medio y por último, que ningún nivel de estudiantes califican la satisfacción global menor a 4 lo que indica que no existe un grado de satisfacción bajo en ningún nivel académico (Apéndice P).

## 7.7 Framework

Se realiza el framework con el fin de plasmar las etapas llevadas a cabo para la ejecución de este proyecto y así dejar una guía para que la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales continúe evaluando la calidad del programa de manera fiable y continua a través de la percepción de los estudiantes. Este se compone de cinco etapas las cuales son: el diseño del instrumento, recopilación y análisis de la información, metodología y generación de estrategias, que pueden ser empleadas en diferentes programas académicos en donde se requiera llevar a cabo un proceso de autoevaluación.

A partir de los resultados obtenidos del estudio de la percepción de los estudiantes se proponen las siguientes estrategias:

- Realizar un nuevo estudio cada vez que se implementen reformas o modificaciones al interior del programa para determinar si la satisfacción de los estudiantes está siendo afectada positiva o negativamente por dichos cambios.
- Crear espacios para la socialización del Proyecto Educativo del Programa y promocionar el proceso de autoevaluación con el fin de incentivar la participación de los estudiantes de todos los niveles del programa de Ingeniería Industrial.

# PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES



Figura 17. Framework percepción de los estudiantes.

## 8. Conclusiones

- En base a la revisión de literatura, se puede afirmar que la percepción sobre la calidad percibida en la educación superior ha despertado el interés de diversos autores a través de los años. A pesar de que no exista un consenso sobre la definición de los factores determinantes que inciden en la satisfacción de la misma, los autores han planteado instrumentos de acuerdo al contexto propio de cada institución.
- El modelo teórico conformado por dos niveles no siempre converge y por consiguiente en algunos casos debe ser revisado por el investigador, quien es el encargado de realizar los cambios correspondientes de acuerdo a la revisión de la literatura.
- La aplicación del instrumento de medición a los estudiantes permite en el futuro tener una herramienta para la evaluación del proceso de autoevaluación de la EEIE, dado que se comprobó que el instrumento es fiable y válido; pues al presentar una buena consistencia interna de la escala este permite medir la percepción del estudiante con aspectos referentes al PEP. Así mismo, con la información obtenida se identificaron fortalezas y debilidades desde la perspectiva de los alumnos, siendo estas un punto de partida para que la EEIE tome decisiones encaminadas al mejoramiento continuo del programa de Ingeniería Industrial.
- El análisis evidenció la falta de información por parte de los estudiantes en aspectos referentes a la movilidad académica y a la pertinencia del programa. Si bien, relaciones exteriores es el encargado de impulsar los intercambios académicos, es necesario el

acompañamiento por parte de la EEIE con el fin de facilitar la realización de estancias que enriquezcan la formación académica y contribuyan al desarrollo de competencias. Por su parte, desconocer la pertinencia del programa implica que el vínculo con otros sectores se vea afectado al carecer de la participación de los estudiantes en proyectos para la resolución de problemas de la sociedad.

- Los niveles más altos de insatisfacción son los que tienen que ver con el número de créditos de idioma extranjero inglés para la formación profesional y la accesibilidad a las redes WiFi al interior de la escuela. El mundo globalizado exige el dominio de una segunda lengua como estrategia para alcanzar el éxito laboral (Ministerio de Educación, 2010) por este motivo, es necesario re plantear la carga académica asignada para responder a las actuales exigencias profesionales. De igual manera, se requiere mejorar las redes WiFi debido a que este insumo facilita el acceso a la información y es de vital importancia para llevar a cabo las actividades académicas.
- El modelo de Ecuaciones Estructurales permitió conocer la percepción de los estudiantes a través de 15 variables latentes medidas por 40 variables observadas. Así mismo, se corrobora que las relaciones hipotéticas planteadas en el modelo teórico influyen significativamente en la satisfacción global de los alumnos.
- Al interpretar los índices de bondad de ajuste del modelo teórico, se puede afirmar que este representa un buen ajuste de los datos en comparación al modelo independiente. A pesar de que el valor chi-cuadrado muestre diferencias significativas entre la matriz de varianza

covarianza muestral y poblacional el modelo sigue siendo una buena aproximación de la realidad.

- La satisfacción global de los estudiantes con aspectos referentes al PEP es causada principalmente por las estrategias de enseñanza y aprendizaje, la interdisciplinariedad y la integralidad del currículo, ya que los coeficientes estandarizados alcanzan valores de 0,978; 0,949; 0,928 respectivamente. En menor medida, pero con un valor representativo los factores vigencia, sistema de evaluación y elementos tangibles explican la satisfacción global con una carga de 0, 877; 0,787 y 0,755 respectivamente.
- La metodología planteada, demuestra ser replicable debido a que los factores de otras escalas y las características del factor procesos académicos del CNA demuestran ser aplicables para otros programas académicos de pregrado que busquen la certificación de alta calidad.
- Finalmente, la importancia de este trabajo radica en que fue posible identificar los factores que desde la perspectiva de los estudiantes inciden en la satisfacción, siendo esto un referente que debe ser tenido en cuenta ya que al conocer su realidad se pueden tomar decisiones por parte de los directivos del sistema educativo encaminadas al proceso de mejora continua de los programas académicos.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda a la EEIE, socializar el Proyecto Educativo del Programa ya que al estar en contacto con los estudiantes de todos los niveles académicos, fue evidente el desconocimiento de aspectos fundamentales como el perfil profesional, el objetivo del programa, los campos de acción y el contenido del mismo.
- Se recomienda a la EEIE replantear las definiciones de vigencia, coherencia y pertinencia establecidas en los lineamientos del actual PEP, dado que son ambiguas y dificultan su comprensión.
- A partir de los resultados positivos del presente trabajo de investigación se recomienda implementar la metodología de los modelos de ecuaciones estructurales con el fin de validar modelos conceptuales que se realizan en la escuela, como por ejemplo el seguimiento a egresados.
- En cuanto a la metodología, se recomienda utilizar simultáneamente varios métodos de estimación de parámetros con el fin de contrastar los resultados e identificar el que mejor ajuste del modelo presente.

### Referencias bibliográficas

- Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika* 52(3), 317-332.
- Alcaraz, A., Vizcaino, A., y Mendoza, J. (2013). La calidad educativa del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara desde la percepción de los estudiantes de la licenciatura de negocios internacionales. *InterSciencePlace* 1(1), 1-21.
- Aldás, J., y Uriel, E. (2006). *Análisis Multivariante Aplicado*. Thomson-Paraninfo.
- Alvarado, E., Luyando, J., Cuevas, E., y Picazzo, P. (2014). Percepción de los estudiantes sobre la calidad de las universidades privadas en Monterrey. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 58-76.
- Alves, H., y Raposo, M. (2004). La medición de la satisfacción en la enseñanza universitaria: El ejemplo de la Universidad de Beira interior. *Revista Internacional de Marketing Público y No Lucrativo* (1), 73-88.
- Alzate, N., y Mejía, J. (2017). *Percepción de los estudiantes de Licenciatura en Educación Física de la Universidad de San Buenaventura acerca de su proceso de formación y el Bienestar Institucional ( Tesis de pregrado)*. Medellín, Colombia: Universidad de San Buenaventura.
- Anderson, D., Sweeney, D., y Williams, T. (2008). *Estadística para administración y economía 10*. México: Cengage Learning Editores, S.A. Obtenido de <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-13-Estadistica-para-administracion-y-economia.pdf>
- Annamdevula, S., & Shekhar, R. (2012). Development of HiEdQUAL for measuring service quality in Indian higher education sector. *International Journal of Innovation, Managment and Technology* (3), 412-416.

- Ayoub, J. (2011). *Estilos de liderazgo y su eficacia en la administración pública mexicana. Metodología y resultados de una investigación empírica. (Tesis doctoral)*. México.
- Babbie, E. (2010). *The Practice of Social Research*. USA: Wadsworth. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=k-aza3qSULoC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=k-aza3qSULoC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Bagozzi, R. (1980). Evaluating structural equations models with unobservable variables and measurement error: a comment. *Journal of Marketing Research* (18), 375-381.
- Batista, J., y Coenders, G. (2000). *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. Madrid: La Muralla.
- Bentler, P. (1995). EQS Structural Equations Program Manual. *Encino: Multivariate Software*.
- Bentler, P., & Bonett, D. (1980). Significance test and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, 588-606.
- Bollen, K. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: Wiley.
- Boomsma, A. (1987). *The robustness of maximum likelihood estimation in structural equation models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brown, T. (2006). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*. New York: Guildford Press.
- Browne, N., & Cudeck, R. (1993). Alternative Ways of Assessing Model Fit. *Sage Publications, Newbury Park, CA.*, 136-162.

- Burgos, J. (2011). *Validación de constructo del cuestionario CopSoq (ISTAS 21): Una aplicación del Análisis Factorial Confirmatorio usando Modelos de Ecuaciones Estructurales*. Chile: Tesis de pregrado.
- Buttle, F. (1996). SERVQUAL: Review, critique, research agenda. *European Journal of Marketing* 30(1), 8-25.
- Byrne, B. (1994). *Structural Equation Modeling with EQS/Windows*. Thousand Oaks: Sage Publications Inc.
- Byrne, B. (1998). *Structural Equation Modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic Concepts, Applications, and Programming*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Capelleras, J., y Veciana, J. (2004). Calidad de servicio en la enseñanza universitaria: Desarrollo y validación de una escala de medida. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa* (13), 55-72.
- Carman, J. (1990). Consumer perception of service quality: an assessment of the SERVQUAL dimensions. *Journal of Retailing* 69, 33-55.
- Casalins, L. (2010). Ser bilingüe, el requisito para alcanzar el éxito laboral. *El Heraldo de Barranquilla*. Obtenido de <http://www.mineduccion.gov.co/observatorio/1722/article-227645.html>
- Consejo Nacional de Acreditación. (2013). <http://www.cna.gov.co>. Obtenido de [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359\\_pregrado\\_2013.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf)
- Consejo Nacional de Acreditación-CNA-. (s.f.). *Ministerio de Educación Nacional*. Obtenido de <http://saces.mineduccion.gov.co/cna/Buscador/BuscadorProgramas.php?Mostrar=Si>

Consejo Nacional de Acreditación-CNA-. (s.f.). *Ministerio de Educación Nacional*. Obtenido de <http://saces.mineduacion.gov.co/cna/Buscador/FortalezasProg.php?Id=700>

Consejo Nacional de Acreditación-CNA-. (s.f.). *Ministerio de Educación Nacional*. Obtenido de <http://www.mineduacion.gov.co/CNA/1741/article-186377.html>

Corona, J. (2014). Programas educativos de buena calidad. Valoración de estudiantes Vs expectativa de la benemérita Universidad Autónoma de Puebla . *Actualidades Investigativas en Educación*, 1-19.

Corral, Y. (2008). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Ciencias de la educación* 19(33), 228-247. Obtenido de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>

Cortina, J. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied psychology* 78(1), 98-104.

Cronin, J., & Taylor, A. (1992). Measuring service quality: A reexamination and extension. *Journal of Marketing* (56), p.55-68. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1252296?uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104101562097>

Cronin, J., & Taylor, A. (1994). SERVPERF Versus SERVQUAL: Reconciling Performance-Based and Perceptions-Minus-Expectations Measurement of Service Quality. *Journal of Marketing* (58), 125-131.

Cuadras, C. (2014). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. España: CMC Editions.

Diamantopoulos, A., & Siguaw, J. (2000). *Introducing LSREL* . London: Sage Publications.

Dijkstra, T. (1983). Some comments on maximum likelihood and partial least squares methods. *Journal of Econometrics* (22), 67-90.

Dlacić, J., Arslanagić, M., Kadić-Maglajić, S., & Marković, S. (2014). Exploring perceived service quality, perceived value, and repurchase intention in higher education using structural equation modelling. *Total Quality Management* (25), 141-157.

Duque, E., y Chaparro, C. (2012). Medición de la percepción de la calidad del servicio de educación por parte de los estudiantes de la UPTC Duitama. *Criterio Libre*, 10(16), 159-192. Obtenido de <http://criteriolibre.unilibre.edu.co/index.php/clubre/article/view/94>

Duque, E., y Diosa, Y. (2014). *Evolución conceptual de los modelos de medición de la percepción de calidad del servicio: una mirada desde la educación superior*. ELSEVIER. doi:10.1016/j.neucir.2013.12.001

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. (2006). *Reforma curricular para el programa de Ingeniería Industrial*. Bucaramanga.

Faganel, A. (2010). Quality perception gap inside the higher education institution. *International Journal of Academic Research* (2), 213-216.

Ferrer, S. (2005). La percepción del cliente de los elementos determinantes de la calidad del servicio universitario: características del servicio y habilidades profesionales. *Papeles del Psicólogo* (90), 1-9.

Firdaus, A. (2005). HEdPERF versus SERVPERF: The quest for ideal measuring instrument of service quality in higher education sector. *Quality Assurance in Education* (13), 305-328. doi:10.1108/09684880510626584

- Franklin, K. (1995). Disconfirmation Theory: An Approach to Student Satisfaction Assessment in Higher Education. *Annual Meeting of The Mid-South Educational Research Association Conference*. Biloxi.
- García, M. (2011). *Análisis causal con ecuaciones estructurales de las satisfacción ciudadana con los servicios municipales*. Tesis de maestría. Obtenido de [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto\\_610.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_610.pdf)
- Gento, S., y Vivas, M. (2003). EL SEUE: Un instrumento para conocer la satisfacción de los estudiantes universitarios con su educación. *Acción pedagógica* 12(2), 16-27.
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for windows step by step: A simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.
- Giraldo, U., Abad, D., y Díaz, E. (2007). Bases para una política de calidad de la educación superior en Colombia. Obtenido de [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186502\\_doc\\_academico10.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186502_doc_academico10.pdf)
- González, F. (2008). Estudio de la calidad de servicio y patrones de comportamiento transaccional de los clientes de una institución financiera mediante modelo de ecuaciones estructurales. *Universidad de Chile: Tesis de pregrado*.
- González, M., y Backhoff, E. (2010). Validación de un cuestionario de contexto para evaluar sistemas educativos con Modelos de Ecuaciones Estructurales. *RELIEVE* 16(2), 1-17.
- Grönroos, C. (1982). *Strategic Management and Marketing in the Service Sector*, Helsinki: Swedish School of Economics and Business Administration. *Marketing Science Institute*.

- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., y Black, W. (1999). *Análisis multivariante* (5 ed.). Nueva York: Prentice Hall.
- Hatcher, L. (1994). *A Step-by-Step Approach to Using the SAS system for Factor Analysis and Structural Equation Modelling*. Cary,NC: Sas Institute Inc.
- Hill, F. (1995). Managing service quality in higher education: the role of the student as primary consumer. *Quality assurance in education* (3), 10-21.
- Hogan, T. (2004). *Pruebas Psicológicas: Una introducción práctica*. México: Manual Moderno. Obtenido de <https://www.casadellibro.com/libro-pruebas-psicologicas-una-introduccion-practica/9789707290877/959292>
- Hu, L., & Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling* 6, 1-55.
- Joreskog, K. (1974). *Analyzing psychological data by structural analysis of covariance matrices*. New York: Academic Press.
- Joreskog, K., & Sorbom, D. (1978). *LISREL V: Analysis of Linear Structural Relationship by the Method of Maximum Likelihood*. Chicago: International Educational Services.
- Kaplan, D. (2000). *Structural equation modeling: Foundations and extensions*. Newbury Park: Sage.
- Kerlinger, F., y Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento*. México: McGraw Hill.
- Kline, R. (2004). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (2 ed.). New York: The Guilford Press.

- Levy, J., y Varela, J. (2006). *Modelación con estructuras de covarianzas en ciencias sociales*. Madrid: Netbiblo.
- Levy, J., Varela, J., y Abad, J. (2005). *Análisis multivariable para las ciencias sociales*. Madrid : Prentice Hall.
- Long, J. (1983). *Confirmatory factor analysis a preface to LISREL*. Newbury Park: Sage Publications.
- López, V. (2012). *Modelo de Ecuaciones Estructurales para la evaluación de la calidad de una vacuna bobina (tesis de magister)*. Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Malhotra, N. (2004). *Investigación de mercados. Un enfoque aplicado 4*. México: Pearson Prentice Hall.
- Martinez-Argüelles, M., Blanco, M., y Castán, J. (2013). Las dimensiones de la calidad del servicio percibida en entornos virtuales de formación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* 10(1), 89-106.
- Mayo, J., & Jarvis. (1981). *The Psychology of Leisure Travel*. Boston: CBI. Boston,USA.
- Medrano, L., y Navarro, R. (2016). Aproximación concepetual y práctica a los Modelos de Ecuaciones Estructurales. *Revista digital de investigación en docencia universitaria* 11(1), 1-21.
- Mejías, A. (2005). Modelo para medir la Calidad del Servicio en los Estudios Univeristarios de Postgrado. *Revista Universidad Ciencia y Tecnología* 4(34), 81-85.
- Mejías, A., y Martinez, D. (2009). Desarrollo de un Instrumento para medir la Satisfacción Estudiantil en Educación Superior. *Docencia universitaria* 10(2), 1-19.

- Oh, A. (1999). Service quality, customer satisfaction and customer value: A holistic perspective. *Hospitality Management* (18), 67-82. doi:10.1016/S0278-4319(98)00047-4.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V., & Berry, L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing* 64, 12-40.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. Barcelona: Ed. McGraw.
- Pérez, A., y Alfaro, I. (1997). La evaluación de la docencia en la Universidad de Valencia, España. *Ponencia Congreso Pedagogía 97*. La Habana. Cuba.
- Pérez, M., Orlandoni, G., y Ramoni, J. (2014). Evaluación de indicadores de gestión en las universidades públicas colombianas: una aplicación de modelos de ecuaciones estructurales. *Innovaciencia* (2), 4-16.
- Ponce, E., y Quiroz, A. (2009). Desafíos en la educación superior en la economía del conocimiento. *Ingeniare* 18 (1), 8-14. Obtenido de <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v18n1/art02.pdf>.
- Ruíz, M., Pardo, A., y San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo* 31 (1), 34-35.
- Sistema Nacional de Acreditación-Consejo Nacional de Acreditación-CNA-. (2013). *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado*. Bogotá, D.C. Obtenido de [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359\\_pregrado\\_2013.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf)
- Steiger, J. (1990). Structural model evaluation and modification: An interval estimation approach. *Multivariate Behavioral Research* 25(2), 173-180.
- Sverdlick, I. (2012). *¿Qué hay de nuevo en evaluación educativa?* Buenos Aires: Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico.

Teas, K. (1993). Expectations, performance evaluation and consumer's perceptions of quality. *Journal of Marketing* 57, 18-34.

Tumino, C., y Poitevin, R. (2013). Evaluación de la calidad de servicio universitario desde la percepción de estudiantes y docentes. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* (12), 63-84.

Ullman, J. (1996). Structural equation modeling. En B. Tabachnick, & L. Fidell, *Using multivariable statistics* 709-780. New York: HarperCollins.

UNESCO. (2003). Conferencia Mundial Sobre la Educación Superior. París.

Universidad de Murcia. (2007). *Percepción*. Obtenido de <http://www.um.es/http://www.um.es/docencia/pguardio/documentos/percepcion.pdf>

Universidad Industrial de Santander. Vicerrectoría académica. (2010). *Sistema de Autoevaluación de Programas Académicos SIAPAD*. Bucaramanga.

Universidad Industrial de Santander-UIS. (2007). Plan de Desarrollo Institucional 2008-2018. Acuerdo No. 080 de diciembre 17 de 2007., 12-13 Bucaramanga.

Uriel, E., y Muñoz, M. (1988). *Estadística económica y empresarial*. Madrid: AC.

Vega, L. (2014). *Medición de la percepción de la calidad del servicio de educación en las universidades privadas de la ciudad de Tunja: caso Fundación Universitaria Juan de Castellanos*. Tesis de maestría. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/47213/>

Vergara, J., y Quesada, V. (2011). Análisis de la calidad en el servicio y satisfacción de los estudiantes de Ciencias Economicas de la Universidad de Cartagena mediante un modelo de ecuaciones estructurales. *Revista electrónica de Investigación Educativa* (13), 108-122.

- Vizcaíno, A. (2009). *La competitividad, basada en la calidad que otorgan los estudiantes y egresados de las Licenciaturas en Mercadotecnia y Negocios Internacionales, a las Instituciones de Educación Superior Públicas y Privadas del estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco: U. Guadalajara, México.*
- Vlasceanu, L., Grunberg, L., & Parlea, D. (2007). *Quality Assurance and Accreditation: A Glossary of Basic terms and Definitions.* Bucharest: UNESCO. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001346/134621e.pdf>
- Wittingslow, G., & Markham, S. (1999). Customer-Driven Modeling of Satisfaction Behaviour . *Australasian Journal of Market Research* (7), 29-38.