



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Calidad

El gemba educativo en ingeniería: Un modelo de mejoramiento aplicado al proceso de enseñanza aprendizaje en la Maestría en Ingeniería de Calidad de la Facultad de Ingeniería de la UAQ.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Ingeniería de Calidad

Presenta:

Eric Leonardo Huerta Manzanilla

Dirigido por:

Dr. Roberto de la Llata Gómez

SINODALES

Dr. Roberto de la Llata Gómez

Presidente

M. en C. Andrés Guerra Alvarez

Secretario

M. en C. Rocío Minerva Hidalgo Flores

Vocal

M. en C. Guillermo Hiyane Nashiro

Suplente

M. en C. Ana Elsa Hinojosa Herrera

Suplente

Dr. Gilberto Herrera Ruiz

Director de la Facultad

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval

Director de Inv. y Posgrado

Centro Universitario

Querétaro, Qro.

Noviembre de 2010.

RESUMEN

La significancia estadística de estilos de aprendizaje de los alumnos y de los factores del proceso de enseñanza en los enfoques de aprendizaje, fue investigada usando regresión y análisis de varianza. El modelo y metodología propuestos fueron aplicados en el caso de un programa de Maestría en una Universidad Mexicana. La literatura fenomenográfica sobre “enfoques de aprendizaje” propone que los estudiantes cambian sus enfoques para aprender de acuerdo a factores intrínsecos y contextuales combinados en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje, tal selección conducirá a resultados efectivos o ineficaces, por lo que estas variables fueron seleccionadas como respuestas del modelo. Los estilos de aprendizaje son parte de los factores intrínsecos que afectan la selección de un enfoque particular para aprender y fueron incluidos en el modelo. La literatura sobre educación en ingeniería y estadística ha propuesto un amplio conjunto de “mejores prácticas” para enseñar y para diseñar el ambiente de aprendizaje, veintiocho de estos factores fueron encontrados en la literatura revisada y nueve fueron incluidos en el modelo como factores contextuales. Este trabajo amplía estos hallazgos y evalúa la significancia estadística de los factores en la selección de enfoques de aprendizaje para desarrollar una comprensión de su influencia y para estimar un modelo empírico de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje para el caso investigado. El cuestionario de Biggs de “enfoques de aprendizaje” y el cuestionario de estilos de aprendizaje de Silverman fueron usados como base para desarrollar una evaluación en Español y adaptada a la cultura cuyos reactivos fueron validados con $\alpha_{Cronbach} > 70\%$. La evaluación fue aplicada a cincuenta alumnos de la Maestría en Ingeniería de Calidad ofrecida por la Universidad Autónoma de Querétaro, en México. Una ecuación de regresión de enfoque motivado profundo como respuesta, en función de los factores encontrados como significativos: Métodos participativos, evaluaciones justas y consistentes, estilo de aprendizaje visual y experiencia previa en aseguramiento e ingeniería de calidad se reporta con una correlación de $R^2 = 0.6181$. Los resultados sugieren que el modelo y metodología propuestos podrían ser una herramienta para la medición de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje.

(Palabras clave: Análisis estadístico, estudios de posgrado, evaluación educativa, estilos de aprendizaje, métodos de enseñanza, enfoques de aprendizaje, modelos empíricos)

ABSTRACT

The statistical significance of students' "*learning styles*" and "*teaching methods*" on the "*approaches to learn*" outcome was analyzed using regression and analysis of variance. The model and methodology proposed were applied for an Engineering Master's degree in a Mexican University. The phenomenographic "approach to learn" literature proposes students change their *approaches to learn* according with *intrinsic* and *contextual* factors combined in the learning-teaching process dynamics, such selection will lead to an effective or inefficient learning process' outcome. "*Approaches to learn*" are metrics of student engagement and learning, therefore they were the model's *response*. *Learning styles* were included as *intrinsic* factors affecting the selection of a particular approach to learn. Literature on engineering education has proposed a rich set of "*teaching methods*" to improve the learning-teaching process dynamics, twenty eight of such factors were found in the reviewed literature and *nine* were included in the model as *contextual* factors. This work evaluates the statistical significance of those *factors* in the *learning approach selection* to understand their influence, and to build an empirical model of the learning-teaching process dynamics for the researched case. An assessment in Spanish was build based on the Biggs' questionnaire of learning approaches and the Silverman's learning styles questionnaire, its constructs were validated with $\alpha_{Cronbach} > 0.70$, it was applied to fifty alums of the Quality Engineering Master's Degree offered by Universidad Autónoma de Querétaro, in Mexico. A regression equation of *depth motive approach* as a *response*, in function of *participative methods*, *consistent and fair evaluations*, *visual learning style* and *previous experience* in quality is reported with a correlation factor $R^2 = 0.6181$. Findings suggest the model and methodology proposed may be an analytical tool for the measurement of the learning-teaching process dynamics.

(Key words: Statistical analysis, graduate engineering education, educational assessment, learning styles, teaching methods, learning approaches, empirical model building.)

Agradecimientos

Primero agradezco a Dios por darme vida, salud y sabiduría para estudiar la Maestría y desarrollar este trabajo, sin El nada es posible.

A Pao y Aurora por su paciencia y apoyo incondicionales.

A las autoridades universitarias y particularmente al Dr. Gilberto Herrera Ruiz.

A mis maestros quienes compartieron su entusiasmo por la disciplina y me contagiaron de interés por aprenderla. De entre ellos, especialmente al Dr. Roberto de la Llata Gómez que dirigió mi trabajo de tesis. A los Maestros en Ciencias Andrés Guerra Alvarez, Rocío Minerva Hidalgo Flores, Ana Elsa Hinojosa Herrera y Guillermo Hiyane Nashiro, quienes me apoyaron como lectores de la tesis y como sinodales del examen de grado. Y a la Dra. Rebeca del Rocío Peniche Vera quien me orientó en el desarrollo de la tesis a lo largo de tres cuatrimestres en las materias de investigación.

Por último agradezco el apoyo de CONACYT.

INDICE

	Página
RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
Agradecimientos	iii
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Índice de Ecuaciones	vii
1 INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Problema	4
1.3 Hipótesis	6
1.4 Objetivo General	6
1.5 Importancia del estudio	6
1.6 Limitaciones del estudio.....	7
2 REVISION DE LA LITERATURA	9
2.1 Resumen de la literatura revisada	9
2.2 Investigación sobre educación en ingeniería	10
2.3 Selección de variables.....	12
2.4 Diseño de la metodología.....	31
3 METODOLOGIA	32
3.1 Lugar y población considerada en la investigación.....	33
3.2 Modelo experimental	34
3.2.1 Respuestas	35
3.2.2 Factores y modelo experimental	36
3.3 Aplicación de las evaluaciones.....	39
3.4 Descripción de la población y de la muestra	39
3.5 Análisis Estadístico	41
3.5.1 Codificación de los datos	41
3.5.2 Métodos estadísticos	44
4. RESULTADOS Y DISCUSION:.....	55
LITERATURA CITADA	60
Apéndice A: Encuesta.....	64
Apéndice B: Comentarios libres.....	67
Apéndice C: Cuestionario de Indices de Aprendizaje.....	69
Apéndice D: Evaluación Combinada.....	71
Apéndice E: Planes de la M.I.C. 2010.....	73

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Requisitos de tres convocatorias abiertas para plazas de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería que incluyen labores docentes en Licenciatura, Maestría y Doctorado.....	5
Tabla 2-1 Enfoques de estudio. Biggs et al. (2001).....	25
Tabla 3-1 Estructura del plan de estudios de la Maestría en Ingeniería de Calidad.	33
Tabla 3-2 Proceso de reducción de variables del modelo experimental.	35
Tabla 3-3 Resumen de población y muestra de alumnos de la M.I.C.	40
Tabla 3-4 Codificación de las variables primer muestreo.	43
Tabla 3-5 Variables seleccionadas para el segundo muestreo.	43
Tabla 3-6 Vista parcial de datos codificados.	44
Tabla 3-7: p-values de las pruebas de hipótesis de condiciones no normales para variables de respuesta de 1ra y 2da aplicaciones.	45
Tabla 3-8: ANOVA y poder para y_i	45
Tabla 3-9 Resumen de regresión stepwise para y_i	46
Tabla 3-10 Resumen de ANOVA para Género, Carrera y Materia.	47
Tabla 3-11 ANOVA de factores significativos respecto de y_{DM}	48
Tabla 3-12 Función de transferencia general.....	48
Tabla 3-13 Regresión stepwise para y_{DM} en el Seminario de Tesis I.....	51
Tabla 3-14 ANOVA para materias y género sobre y_{DM} en Seminario de Tesis I.....	51

Índice de Figuras

Figura 3.1 Representación general de la metodología.....	32
Figura 3.2 Modelo del Gemba educativo.....	38
Figura 3.3 Distribución empírica para edad, exponencial 2 parámetros.....	42
Figura 3.4 Histograma para respuesta DM.	45
Figura 3.5 Gráfica de efectos estandarizados del factor Materias sobre y_{DM}	49
Figura 3.6 Superficie de respuesta y_{DM} para $t_1 - Objetivos$ y $t_5 - Ambiente$	50
Figura 3.7 Superficie de respuesta y_{DM} respecto estilo de aprendizaje visual y experiencia en Ingeniería o Gestión de Calidad.	52
Figura 3.8 Superficie de respuesta y_{DM} respecto de factores extrínsecos.	53
Figura 3.9 Superficie de respuesta y_{DM} respecto de aspectos experimentales.	54

Índice de Ecuaciones

Ecuación 3.1 Modelo de la función de transferencia del gamba educativo.....	39
Ecuación 3.2 Función de transferencia del gamba educativo en la M.I.C.....	49
Ecuación 3.3 Función de transferencia específica para Seminario de Tesis I.	51

1 INTRODUCCION

“La mejor manera de predecir el futuro es inventándolo” Alan Key.

La epistemología de las ciencias de la ingeniería favorece los hechos y verdades absolutas, en las humanidades las verdades tienden a ser relativas porque el comportamiento humano es difícil de predecir de manera precisa (Holvikivi 2007). Las teorías que usamos en ingeniería, sean físicas, químicas o matemáticas, son prescriptivas, se aplican de manera técnica y se resuelven problemas a través de cálculos directos cuya incertidumbre puede estimarse. En educación las teorías psicológicas, sociológicas y didácticas se usan de forma empírica, como un marco de referencia para comprender los problemas y decidir estrategias o tácticas para resolverlos, los métodos son vagos y la incertidumbre de los resultados es desconocida. Los ingenieros que educan ingenieros enfrentan el reto de cambiar el paradigma de la ingeniería, por el de la educación. Los estudiantes de ingeniería tienen el reto aprender e involucrarse en una disciplina técnica mediante procesos educativos empíricos, formulados y aplicados por profesores con formación opuesta a la de un educador. Esta paradoja es el motivo de esta tesis.

La investigación en educación en ingeniería¹ es una disciplina en proceso de consolidación y tiene el propósito de cerrar la brecha entre las teorías psicológicas, sociológicas y didácticas y los problemas concretos de la enseñanza de la ingeniería (Streveler & Smith 2006). El reto y oportunidad radican en que la I.E.I. aun no tiene teorías establecidas que nos permitan solucionar los problemas de enseñanza de la ingeniería.

Este trabajo enfoca el problema de falta de mediciones formales en la enseñanza de la ingeniería a nivel del alumno, que permitan un proceso de mejoramiento sistemático de la Maestría en Ingeniería de Calidad (Olds, Moskal, & Miller 2005; Borrego, Douglas, & Amelink 2009). Se plantea que es posible implementar un modelo para medir el desempeño del proceso educativo en el programa objetivo del trabajo (Box & Draper 1987) y que lo relacione con factores significativos (Wonnacott 1986; Dobson 2002;

¹ En lo sucesivo se usará la abreviatura I.E.I. para “investigación en educación en ingeniería”

Chatterjee & Hadi 2006). Existen en la Facultad de Ingeniería mediciones institucionales agregadas que han permitido que varios de sus programas sean reconocidos por dependencias gubernamentales y organismos evaluadores², pero la literatura revisada coincide en que para mejorar la enseñanza de la ingeniería es necesario medir el proceso a nivel del alumno (McGourty, Sebastian, & Swart 1997; Borrego et al. 2009). El estudio está limitado por el reducido tamaño de la población y sus posibles sesgos (Cochran 1977), así como por la naturaleza empírica del modelo obtenido (Johri 2010). Se obtuvo una función de transferencia entre respuesta y factores con lo que se demostró que fue posible medir y diferenciar aspectos estadísticamente significativos para el desempeño del proceso educativo en la Maestría en Ingeniería de Calidad, probando la hipótesis de esta tesis. Los resultados sugieren que el modelo, la encuesta y el método de análisis usados en esta tesis, podrían servir para implementar mediciones cuantitativas del proceso de enseñanza en otros programas de ingeniería.

1.1 Antecedentes

La tesis se desarrolló a partir de las siguientes preguntas: ¿Sabemos qué factores son clave para la enseñanza en ingeniería?, ¿Es posible implementar indicadores de desempeño y efectividad del proceso educativo en ingeniería a nivel del alumno?

Para responder estas preguntas se revisó la literatura de investigación en educación. Se encontró que la disciplina de I.E.I. ha logrado avance significativo en los últimos cinco años (Johri 2010). Hay revistas indizadas³ enfocadas en la investigación sobre educación en ingeniería como *Computer Applications in Engineering Education* (1061-3773), *IEEE Transactions on Education* (0018-9359), *International Journal of Electrical Engineering Education* (0020-7209), *International Journal of Engineering Education* (0949-149X), *Journal of Engineering Education* (1069-4730), *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* (1052-3928). Hay otras revistas de reciente creación como *The European Journal of Engineering Education* (1469-5898), *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education* (1935-0295), *Online Journal for Global Engineering Education* (1933-1703). No se encontró

² CONACYT, SEP, CACEI, CIEES.

³ Web of Science® Science Citation Index Expanded™, Thomson Scientific, 2007.

literatura de investigación enfocada a la educación en ingeniería publicada en México⁴. La literatura de investigación revisada sobre la educación en ingeniería refiere trabajos realizados en países de Europa, Estados Unidos, Australia, Japón, Korea y China principalmente. Dos universidades han creado programas doctorales específicos en este tema: Universidad de Purdue, en Indiana⁵, y Tecnológico de Virginia⁶, ambas son instituciones de enseñanza e investigación en tecnología, ciencias e ingeniería. Desde 2007 se ha realizado una conferencia anual sobre investigación enfocada al desarrollo de la educación en ingeniería (Lohmann 2008). El Dr. Richard Felder⁷ es uno de los investigadores líderes en contribuciones a este campo (Borrego, Froyd, & Hall 2010).

La literatura de investigación sobre educación en ingeniería ha propuesto una amplia variedad de métodos que pueden mejorar los procesos de enseñanza, (Trigwell & Prosser 1991; Bransford & National Research Council (U.S.). 1999; Felder et al. 2000; Stice et al. 2000; Felder & Brent 2004). Dado el interés de mejorar el desempeño y resultados de la enseñanza de la ingeniería, surge la pregunta ¿Porqué tales métodos no están siendo usados de manera generalizada? Posibles causas son la falta de comunicación de tales investigaciones, la resistencia al cambio y la complejidad para identificar cuáles son más apropiados para una combinación dada de estudiantes, profesores y materias de estudio (Borrego et al. 2010). Hay propuestas de selección de tales métodos con base en su relevancia para la educación en ingeniería, sencillez de implementación y consistencia con la teoría moderna de aprendizaje (Felder et al. 2000; Stice et al. 2000). Sin embargo persistiría la duda si estos métodos selectos son efectivos en un contexto particular de enseñanza de la ingeniería, por ejemplo en la Maestría en Ingeniería de Calidad de la Facultad de Ingeniería de la U.A.Q.

⁴ Las revistas mexicanas indizadas sobre educación encontradas son: Perfiles Educativos. UNAM <http://www.iisue.unam.mx/seccion/perfiles/>; Revista de la Educación Superior. ANUIS http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/revsup/index.html; Revista Electrónica de Investigación Educativa. UABC, <http://redie.uabc.mx/vol10no2/contenido-contenido.html>; Revista Mexicana de Investigación Educativa. Consejo Mexicano de Investigación Educativa, <http://www.comie.org.mx/v1/revista/portal.php>.

⁵ School of Engineering Education, Purdue University, <https://engineering.purdue.edu/ENE/>, consultado 2010-09-08 09:46:10.

⁶ Department of Engineering Education | Virginia Tech, <http://www.enge.vt.edu/>, consultado 2010-09-08 09:47:48.

⁷ El Dr. Felder recibirá el “Global Award for Excellence in Engineering Education” otorgado por “The International Federation of Engineering Education Societies” (IFEES) el 19 de Octubre de 2010. <http://www.ifees.net/>, consultado en 2010-09-08 10:06:43.

La investigación sobre educación en ingeniería reporta evidencia de que hay factores que son propios de los estudiantes y que afectan su desempeño durante el aprendizaje (Felder et al. 2000; Lizzio, Wilson, & Simons 2002; Case & Marshall 2004; Felder & Brent 2004; Furnham et al. 2008). Entonces, el desempeño y los resultados de los procesos de educación en ingeniería dependerán de los métodos que se usan para enseñar, así como factores intrínsecos a los estudiantes.

Por otra parte, la investigación sobre educación en ciencias, tecnología e ingeniería ha reportado evidencia que indica que durante el proceso de aprendizaje los estudiantes desarrollan de manera dinámica enfoques para aprender, que en parte dependen de su personalidad, también de los métodos de enseñanza, de las materias estudiadas y de la motivación para realizar los estudios (Biggs, Kember, & Leung 2001; Diseth 2002; Lizzio et al. 2002; Case & Marshall 2004).

Para la implementación de un proceso de evaluación existe investigación sobre una amplia variedad de indicadores, en niveles de agregación que van desde el institucional, hasta el aula y los alumnos (Karapetrovic 2002; Olds et al. 2005). La literatura revisada coincide en señalar que los indicadores enfocados en el estudiante proveen información directa para valorar la efectividad de los procesos educativos (Trigwell & Prosser 1991).

1.2 Problema

Para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje en ingeniería es necesario evaluarlos (Olds et al. 2005). La evaluación de los procesos de enseñanza en ingeniería involucran variables intrínsecas de los estudiantes, variables contextuales del diseño de la enseñanza y variables dinámicas o del proceso (Trigwell & Prosser 1991). La selección de variables y la clasificación de estas en respuestas y factores, así como el planteamiento de sus interrelaciones requiere de un modelo basado en los avances de la educación en ingeniería, que permita investigar su significancia. Esto permitiría establecer un modelo descriptivo y particular, que podría evolucionar en uno predictivo y general, necesario para el mejoramiento continuo de la investigación de educación en ingeniería y de su práctica (Trigwell & Prosser 1991; Karapetrovic 2002; Olds et al. 2005; Johri 2010).

La política de selección para maestros de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Querétaro y de la Facultad de Ingeniería enfatiza la investigación⁸, ver Tabla 1-1. Tal política es consistente con la hipótesis de que existen sinergias entre la investigación y la enseñanza (Borrego et al. 2010). Hipótesis que no ha sido probada sino que está sujeta a debate, que no es exclusivo de nuestra institución, ni del país, sino que compete al planteamiento casi general de la educación superior contemporánea. Se suponen sinergias de principio y de práctica entre investigación y enseñanza, la de práctica armonizada con la libertad de cátedra⁹. La investigación sobre educación en ingeniería ha aportado evidencia de que estas sinergias son mínimas y su impacto es bajo en la mejora de la experiencia de aprendizaje de los alumnos y en la efectividad del proceso educativo (Prince, Felder, & Brent 2007).

Tabla 1-1 Requisitos de tres convocatorias abiertas para plazas de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería que incluyen labores docentes en Licenciatura, Maestría y Doctorado.

Requisito	DDA/CONV-14-10	DDA/CONV-18-10	DDA/CONV-15-10
Formación académica	Doctor	Doctor	Doctor
Experiencia docente	≥ 2 años	≥ 2 años	≥ 2 años
Participación en CAs	≥ S.N.I. nivel 1	≥ S.N.I. nivel 1	≥ S.N.I. candidato
Publicaciones	≥ 20 J.C.I.-T.R.	≥ 5 J.C.I.-T.R. ≥ 5 libros autor/coautor Derechos de autor por desarrollos tecnológicos.	≥ 3 J.C.I.-T.R. Derechos de autor por desarrollos tecnológicos. ≥ Una patente
Citas	≥ 100	N/D	N/D
Ponencias	Haber participado.	Haber participado.	Haber participado.
Proyectos institucionales	Participación en consejos.	Responsable por proyectos en hidráulica.	Diseño, creación o modificación de programas de estudios.
Tesis	Director o sinodal en Posgrado ó Licenciatura	Director en Posgrado ó Licenciatura	Director en Posgrado ó Licenciatura
Premios / Proyectos	N/D	Nacionales y estatales por proyectos de investigación.	Responsable de proyectos financiados por CONACYT
Plaza	Tiempo completo por tiempo indeterminado.	Tiempo completo por tiempo indeterminado.	Tiempo completo por tiempo indeterminado.

Los profesores de la Maestría en Ingeniería de Calidad son por honorarios, excepto los maestros encargados de las materias de investigación, que son de tiempo completo y funcionarios de la institución. Los grados académicos de los profesores del

⁸ Como ejemplo se revisaron las convocatorias vigentes de la Facultad de Ingeniería para plazas de maestros de tiempo completo en <http://www.uaq.mx/novedades/>, consultado el 25 de Agosto de 2010.

⁹ Artículo 7 del Estatuto Orgánico de la Universidad Autónoma de Querétaro.

programa son en su mayor parte de Maestría. Hay libertad de cátedra y no existe un programa de desarrollo de habilidades docentes, tampoco seminarios de intercambio de experiencias, ni otro tipo de comunicación entre los profesores para mejorar sus métodos de enseñanza. Cada profesor define sus métodos.

La mayoría de los docentes del programa son profesionales en ejercicio que participan como profesores de tiempo parcial. No se encontraron indicadores de la efectividad del programa educativo a nivel del alumno. Existe una evaluación de la Universidad, pero no se pudo identificar en qué proporción se llena, tampoco si se analiza la información, ó si se aplica para el mejoramiento del programa.

1.3 Hipótesis

Es posible establecer un modelo para determinar si hay diferencia significativa en la efectividad de los cursos de la Maestría en Ingeniería de calidad de la FI-UAQ debida a la diversidad de los estudiantes y a los factores del proceso educativo.

1.4 Objetivo General

Identificar los factores que impactan en la efectividad de los cursos de la Maestría en Ingeniería de Calidad de la FI-UAQ.

1.5 Importancia del estudio

La Facultad de Ingeniería ha logrado resultados sobresalientes en sus evaluaciones institucionales tales como las de CACEI y CIEES para los programas de licenciatura¹⁰. Para los posgrados las Maestrías Científicas están acreditadas en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT¹¹. Sin embargo se observa una falta de evaluaciones particulares de los procesos educativos a nivel del alumno las cuales, de acuerdo a la literatura revisada, son indispensables para un mejoramiento sistemático (Olds et al. 2005). La brecha entre los indicadores institucionales con los que cuenta la

¹⁰ <http://www.uaq.mx/ingenieria/licenciatura/index.html>, consultado el 2010-09-07 17:49:28.

¹¹ <http://www.uaq.mx/ingenieria/posgrado/index.html>, consultado el 2010-09-07 17:55:34.

Facultad de Ingeniería y la evaluación específica del programa es crítico ante el hecho de que los profesores son de tiempo parcial o bien son funcionarios de la institución enfocados a la investigación, resultando en que no hay procesos sistemáticos para el mejoramiento del programa. El proceso de mejoramiento tendría que iniciar por la implementación de un sistema reproducible y repetible de medición enfocado en el alumno (Mills et al. 2005; Olds et al. 2005; Borrego et al. 2009).

La disciplina de la educación en ingeniería se encuentra en proceso de consolidación como indispensable para apoyar procesos educativos que desarrollen en los ingenieros las habilidades necesarias para enfrentar los problemas de impacto ambiental y la obsolescencia de soluciones que ahora son problemas y que requieren un cambio de paradigma (Streveler & Smith 2006). No se encontró en la Facultad de Ingeniería una línea de investigación sobre educación en ingeniería.

1.6 Limitaciones del estudio

Se observaron limitaciones debido al tamaño de la población y por el número de variables de la literatura que se implementaron en las encuestas.

En cuanto a la población, el estudio consideró solamente a los alumnos de la Maestría en Ingeniería de Calidad que imparte la División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma de Querétaro. La población del programa se estima en 65 alumnos activos por cuatrimestre, población del estudio¹². Cincuenta alumnos respondieron las encuestas en cada aplicación. La muestra representó más de un 75% de la población, pero se considera pequeña para el tipo de encuesta aplicado y con posible sesgo por las características de edad e interés vocacional de los encuestados (Cochran 1977; Lohr 1999). Entonces los resultados no pueden generalizarse a otros programas de maestría de la División de Posgrado, se requiere replicar el estudio con poblaciones más amplias y diversas. El modelo experimental, incluyendo la selección de factores,

¹² En el cuatrimestre 2010-2 se registraron en materias 64 alumnos y 15 solo se inscribieron sin materias, dando un total de 79 alumnos, de acuerdo a la base de datos de servicios escolares en comunicación por correo electrónico del Dr. Miguel Galván Ruiz, Coordinador de la Maestría en Ingeniería de Calidad, recibida el Lunes 18 de Junio de 2010 a las 12:12 PM.

respuesta, la encuesta desarrollada y las técnicas estadísticas aplicadas pueden usarse para realizar mediciones equivalentes en otros programas, con las adaptaciones pertinentes.

En relación a las variables no se consideraron sino solamente una selección limitada de toda la gama encontrada en la literatura revisada, esto debido a la necesidad de mantener las encuestas cortas para permitir su llenado rápido. Por lo tanto quedaría por investigar la significancia de otras variables, factores y respuestas, así como verificar el impacto de las que se seleccionaron y se encontraron significativas, mediante encuestas a poblaciones más amplias y diversas.

El estudio cumplió el objetivo planteado de establecer la significancia estadística entre las variables consideradas usando regresión y análisis de varianza. Con lo cual se propuso un modelo empírico (Box & Draper 1987)

2 REVISION DE LA LITERATURA

2.1 Resumen de la literatura revisada

La literatura revisada incluyó tres temas principales: Primero, la investigación sobre educación en ingeniería; segundo, la selección de variables, respuesta y factores del problema; tercero, la definición de la metodología de la investigación, incluyendo los modelos lineales generalizados, el diseño del proceso de recolección de datos; y el análisis estadístico referido a escalas de Likert, $\alpha_{Cronbach}$, regresión y análisis de varianza.

La I.E.I. está en proceso de establecerse como una disciplina formal de investigación, el rigor en la selección de las preguntas de investigación y métodos aceptados es creciente y se reconoce que el objetivo debe ser mejorar el aprendizaje de los estudiantes, por lo que se optó por un modelo de investigación descriptivo, cuantitativo y con medición a nivel de los estudiantes con encuestas (Felder, Sheppard, & Smith 2005; Olds et al. 2005; Streveler & Smith 2006; Borrego et al. 2009; Borrego et al. 2010; Johri 2010).

Las variables encontradas en la literatura permitieron seleccionar los enfoques de estudio como respuesta (Trigwell & Prosser 1991; Biggs et al. 2001; Diseth 2002; Case & Marshall 2004; Furnham et al. 2008). De las mismas se seleccionaron los estilos de aprendizaje como factores intrínsecos, (Felder & Silverman 1988; Zywno 2003; Mills et al. 2005; Holvikivi 2007; Litzinger et al. 2007). Finalmente se identificaron factores extrínsecos o del proceso de enseñanza (McGourty et al. 1997; Bransford & National Research Council (U.S.). 1999; Felder et al. 2000; Stice et al. 2000; Lizzio et al. 2002; Felder & Brent 2004; Case 2008). Se descartó el que los profesores investiguen impacte en mejorar la enseñanza en ingeniería (Prince et al. 2007).

Como metodología se determinó obtener una ecuación de transferencia relacionando la respuesta con los factores significativos, con base en el concepto de modelos lineales generalizados (Box & Draper 1987; Dobson 2002; Cavanagh 2009; Norman 2010). Se planeó el proceso de recolección de información usando los conceptos

de muestreo estadístico pertinentes a las encuestas de preferencia (Cochran 1977; Lohr 1999). Para el análisis estadístico de los datos se optó por usar análisis de varianza y regresión step wise (Wonnacott 1986; Chatterjee & Hadi 2006). El diseño de la encuesta para el segundo muestreo usó escala de Likert (Norman 2010) y se verificó en cuanto a sus consistencia calculando $\alpha_{Cronbach}$ (Cronbach & Shavelson 2004; Kirk Allen et al. 2008).

2.2 Investigación sobre educación en ingeniería

La teoría describe un problema práctico importante de una manera simple y efectiva, establece sus relaciones causales, es coherente y puede ser probada. En la literatura la teoría suele confundirse con referencias, datos, diagramas, variables e hipótesis. Estos elementos requieren integrarse y probarse para convertirse en una teoría. Para que la I.E.I. sea efectiva, se requiere que se definan teorías que puedan resolver problemas prácticos en la educación de ingenieros (Johri 2010). Este es un objetivo que combina un enfoque científico que busca saber, con uno de ingeniería que trata de resolver problemas, dando lugar a contradicción entre la intención de tener aplicaciones prácticas en corto plazo y el rigor científico que requiere la nueva disciplina de I.E.I.

No se encontraron publicaciones de investigación sobre enseñanza en ingeniería en México¹³. En los Estados Unidos los responsables de las escuelas de ingeniería se enteran de las innovaciones en educación en un 82% y estas se adoptan en un 47%. El medio principal de información sobre la innovación educativa es por referencia de colegas (Borrego et al. 2010). Es necesario que en nuestro país iniciemos trabajo de investigación sobre la educación en ingeniería y que se establezcan foros para difundir sus resultados.

Existe preferencia por los métodos cuantitativos en la investigación sobre educación en ingeniería. Existen métodos cualitativos que han mostrado buenos resultados. Se recomienda seleccionar el método de investigación de acuerdo a las preguntas iniciales. Esta área de investigación es interdisciplinaria y por eso se aconseja que se usen métodos mixtos según sea apropiado para el problema bajo estudio. La preferencia por métodos cuantitativos se relaciona con la formación en ingeniería de los

¹³ Ver nota al pie, número 3.

investigadores, con la formación ingenieril de la audiencia y con el potencial de publicación en revistas indizadas de alto impacto (Borrego et al. 2009).

Las motivaciones para la I.E.I. son, primero que se enfrentan cambios sin precedentes en la profesión con retos ambientales, nuevas tecnologías emergentes y situaciones complejas que hacen obsoletas las soluciones existentes; segundo que la educación dispone ahora de nuevas tecnologías cuyo uso dependerá de una selección informada (Felder et al. 2005).

La I.E.I. está convirtiéndose en una disciplina. En el proceso se gana consenso sobre las preguntas de investigación pertinentes, los métodos aceptados y los estándares de aceptación. Los enfoques predominantes son hacia la mejora de la enseñanza, los alumnos y el desarrollo docente e investigación. Sin embargo el consenso es incipiente como lo denota el bajo porcentaje de aceptación de artículos de investigación de aproximadamente 15% en el *Journal of Engineering Education* (Streveler & Smith 2006).

La tendencia general de la I.E.I. es en la dirección de mayor rigor en (a) plantear preguntas relevantes, (b) enmarcar la investigación en teorías, (c) usar métodos que permitan investigación directa, (d) proveer un razonamiento coherente y con relaciones explícitas, (e) replicar, generalizar, integrar y sintetizar principios entre diversos estudios (f) publicar, permitir escrutinio y crítica (Shavelson & Towne 2002; Olds et al. 2005).

Los métodos de evaluación en I.E.I. pueden ser descriptivos y experimentales. Los descriptivos son evaluaciones, entrevistas, grupos de enfoque, análisis conversacional, observación y etnografía. Los estudios experimentales son ensayos aleatorios controlados, emparejamiento, datos de línea base, post-prueba y diseño longitudinal. Validez y confiabilidad son elementos importantes para la selección e implementación de estos métodos. El fin último de cualquier investigación en I.E.I. es mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Olds et al. 2005).

La I.E.I. requiere evolucionar del enfoque de diseño de curriculum y mejoras individuales a responder a la pregunta de cómo se aprende ingeniería. Las preguntas de investigación deben estar enmarcadas por las teorías psicológicas, educacionales y sociológicas apropiadas para incrementar su significancia y generalización. Debe haber conciencia de que los métodos de investigación de la educación son diferentes a los de la ingeniería (Streveler & Smith 2006).

2.3 Selección de variables

Se distinguen dos metáforas generales del aprendizaje que engloban las teorías potencialmente aplicables a la enseñanza de la ingeniería: El aprendizaje como adquisición y el aprendizaje como participación. Dentro de la primera idea tenemos los temas de conceptos previos, modelos de experiencia y enfoques de aprendizaje. En la segunda tenemos las de comunidades de práctica, identidad y discurso (Case 2008). Relacionado con ambas metáforas se tienen los estilos de aprendizaje (Felder & Silverman 1988).

Los estilos de aprendizaje se definieron como factor intrínseco. En la metáfora de la adquisición la teoría de los enfoques de aprendizaje se implementó como respuesta por ser dinámica. En esta misma metáfora se implementaron preguntas en las encuestas relativas a la definición de objetivos y evaluaciones instrumentales.

Sobre la metáfora de la participación se integraron reactivos del uso de métodos participativos, experiencia previa en ingeniería o gestión de la calidad, aplicabilidad de lo aprendido a las actividades y responsabilidades inmediatas. Estos factores reflejan los aspectos de las comunidades de práctica, identidad y discurso.

En los resultados fue significativo la interacción entre objetivos y evaluaciones que corresponden a la metáfora de adquisición. En la metáfora de la participación se encontró significativo la experiencia previa en ingeniería de calidad. Los estilos de aprendizaje se relacionan con ambos aspectos y resultaron también significativos.

La metáfora del aprendizaje como adquisición contrasta la situación en que una persona se encuentra antes de la educación y como se encontrará después en relación con lo que se aprende (Case 2008). Los enfoques de aprendizaje (Case & Marshall 2004) se relacionan principalmente con el aprendizaje como adquisición, pero también se relaciona con el modelo del aprendizaje como participación, ya que son los modos dinámicos en que el estudiante se relaciona con el proceso de aprender (Biggs et al. 2001). En este mismo modelo se encuentran los conceptos previos, que son el sistema de conocimientos y creencias preexistentes en el alumno y que serán resistentes a cambiar e incluso impedirán aprender nuevos enfoques. Esta idea se refuerza con una de las líneas

propuestas para enseñar del reporte de la National Science Foundation: Los estudiantes siempre tienen ideas previas acerca de cómo funciona el mundo, por lo tanto es necesario que para construir nuevos conceptos, éstas ideas deban investigarse y contrastarse, de tal manera que la nueva información pueda integrarse en una nueva comprensión. Los profesores deben obtener y trabajar con las comprensiones preexistentes de los estudiantes. Para esto el profesor debe preguntar e investigar sobre el pensamiento de los estudiantes y crear las condiciones en el aula para que este pensamiento pueda revelarse, convirtiendo este en el fundamento de una comprensión más formal del tema que se esté elaborando. La evaluación debe ir más allá del concepto de examen, para que pueda tener un uso frecuente en el proceso formativo, ayudando al estudiante a que se haga consciente de su propio pensamiento, esto a su vez podrá guiar a un refinamiento del mismo (Bransford & National Research Council (U.S.). 1999).

Los modelos de experiencia son las maneras en que los estudiantes se involucran con nuevos enfoques sobre las cosas (Case 2008).

En un planteamiento paralelo a los modelos de adquisición y participación se plantean los principales avances en la I.E.I. divididos en dos grupos, el primero incluyendo, estilos de aprendizaje, aprendizaje activo, aprendizaje colaborativo y aprendizaje basado en problemas. En otro objetivos de aprendizaje y taxonomía de Bloom (Felder & Brent 2004). Sin que estos investigadores lo hagan explícito es claro que el primer grupo corresponde con el modelo del aprendizaje como participación y el segundo al del aprendizaje como adquisición. Enseguida se resume el estudio.

Estilos aprendizaje, este tema se desarrolló ampliamente en el resumen del artículo de Felder y Silverman (1988).

Aprendizaje activo, propone una participación amplia del estudiante, en contraste con el aprendizaje tradicional, en el cual es principalmente el instructor quien mantiene la actividad. De la investigación en ciencia de conocimiento se ha demostrado que el estilo tradicional de clase magistral no es apropiado para la mayoría de las personas. Entonces, por aprendizaje activo entendemos cualquier actividad que ocurra en la clase que relacione a los estudiantes con el material que está siendo presentado, ya sea que estén trabajando individualmente o en pequeños grupos por breves períodos de tiempo, haciendo preguntas, resolviendo problemas, haciendo listas de lluvia de ideas, haciendo

listas de soluciones, o pensando sobre preguntas acerca del material. Normalmente al final de cada período de aprendizaje activo el instructor pregunta a cada uno, o a los equipos por sus respuestas e indica cuando la respuesta correcta ha sido comentada y comprendida por los estudiantes. Una versión especial de este aprendizaje activo es el método del caso frecuentemente utilizado para la enseñanza de la administración.

Normalmente los efectos del aprendizaje activo son positivos aun cuando solamente sean algunos minutos dentro de la clase, ya que estas actividades reenfozan a los estudiantes. Si las actividades requirieron que los estudiantes hicieran algo que más tarde servirá como base para exámenes o tareas, como por ejemplo delinear la solución del problema, estimar el valor de una variable de proceso, hacer algunos cálculos, hacer una interpretación teórica de un fenómeno observado, o bien de un conjunto de datos, entonces habrá mucho mayor oportunidad de que cuando lo hagan fuera del salón tenga un resultado exitoso.

Los instructores presentan preocupación cuando se les propone utilizar el aprendizaje activo, principalmente por la expectativa de mayor demanda de tiempo. Por otra parte también cuando se emplea este método por primera vez, los estudiantes suelen presentar resistencia para participar. Los autores proponen que la introducción del método sea gradual pero consistente, de tal manera que se logre el hábito del grupo en este tipo de aprendizaje.

Aprendizaje colaborativo, éste se refiere al trabajo conjunto de dos o más estudiantes en una tarea o proyecto. En ingeniería es tradicional el uso de este tipo de aprendizaje, aunque solamente en los laboratorios y en las asignaturas de proyectos. La motivación para el aprendizaje colaborativo es que los estudiantes de ingeniería en sus carreras profesionales tendrán que trabajar en grupos y equipos y muchas veces sus evaluaciones de desempeño dependerán en gran parte de su habilidad para trabajar dentro de estos, y no solo de sus competencias técnicas.

Los beneficios del trabajo colaborativo no se dan de manera automática, ya que se advierte sobre obstáculos tales como aquellos estudiantes que aportan poco, o nada, y obtienen la misma calificación que los más responsables. Otro problema común es el de los estudiantes dominantes que quieren hacerlo todo por sí mismos. También existe el problema de estudiantes que de manera deliberada son excluidos por una u otra razón.

Finalmente los conflictos ocasionados por diferentes niveles de responsabilidad, distintos objetivos académicos y diferentes personalidades. Los obstáculos deben ser resueltos y manejados de manera apropiada por el instructor de manera preventiva.

Los autores recomiendan el uso del aprendizaje cooperativo, subconjunto del colaborativo que incluye la implementación de indicadores que favorezcan cinco condiciones:

1. Interdependencia positiva, es decir, que los estudiantes necesiten apoyarse para tener éxito.
2. Responsabilidad individual, cada uno es responsable por el resultado de conjunto y no solo de la parte que le corresponde y solo si cada uno entiende lo que el equipo realizó se le da crédito por el resultado completo.
3. Interacción directa, al menos en parte del trabajo, es decir que el trabajo no solo se divida, sino que requiera la interacción de los participantes.
4. Facilitación del desarrollo de habilidades interpersonales, principalmente administración de proyectos, administración del tiempo, comunicación, liderazgo y solución de conflictos. Todas necesarias para el trabajo en equipo.
5. Evaluación periódica del funcionamiento del equipo, solicitar a los equipos actividades que reflejen el trabajo que están haciendo a intervalos regulares, con retroalimentación de lo que están haciendo bien y de aquellas cosas que requieren modificarse para mejorar.

Los autores advierten que el trabajo cooperativo y su implementación no es una actividad trivial, requiere saber cómo se forman e integran los equipos, así como los problemas que pueden surgir en el trabajo colectivo.

Aprendizaje basado en problemas, la educación en ingeniería sigue un proceso deductivo, de lo general a lo particular, de los principios y teorías a las aplicaciones. Inclusive todo el programa educativo de una licenciatura en ingeniería sigue el mismo patrón, iniciando los programas con cursos de ciencias y matemáticas, para luego tratar los temas específicos de las diferentes disciplinas de ingeniería. Sin embargo la manera natural en que las personas adquieren nuevos conocimientos y habilidades es inversa, se enfrentan problemas específicos y se tratan de utilizar aquellas habilidades con las que ya se cuenta, identificando entonces aspectos que requieren investigarse, yendo entonces a la

obtención de información pertinente en libros, consultando a otros que han tenido problemas similares, de tal manera que esta nueva información se agrega a la base de conocimiento que ya se tenía, o bien se construyen y practican nuevas habilidades para resolver los problemas que se enfrentan.

La alternativa entonces consiste en utilizar un método de enseñanza inductivo, enfrentando a los estudiantes con problemas antes de que sepan cómo resolverlos y entonces enseñar el material necesario una vez que se han percatado de aquellos conocimientos o habilidades que se requieren. Éste proceso de enseñanza inductivo tiene muchos nombres y algunos de ellos con diferentes énfasis incluyendo: aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en investigación, aprendizaje por descubrimiento, aprendizaje en base a lo que se necesita saber y aprendizaje justo a tiempo. Estos métodos tienden a ser poco confortables para los instructores, en comparación con las presentaciones de material deductivo, igualmente para los estudiantes puede ser complejo ya que no es una manera normal de enseñanza. En la experiencia del autor se ha observado resistencia de los alumnos al método inductivo, ya que están acostumbrados a seguir un enfoque deductivo a partir de un método previamente explicado, mientras que cuando se les pide resolver un problema cuyo procedimiento de solución desconocen les parece arbitrario y desconsiderado del instructor que se pretenda que ellos tengan que deducirlo.

Los pasos recomendables para utilizar el aprendizaje basado en problemas son:

1. Definir el problema.
2. Construir hipótesis e iniciar la solución.
3. Identificar lo que se conoce, lo que se necesita determinar y lo que hay que hacer.
4. Generar posibles soluciones y decidir la mejor.
5. Implementar la mejor solución, probarla y aceptarla o rechazarla y regresar al paso cuatro.
6. Establecer las lecciones aprendidas.

En el aprendizaje basado en problemas el instructor participa principalmente como un consultor, enseñando solamente cuando se presenta material nuevo en el contexto de un proceso de solución.

Un enfoque relacionado pero menos formal es el de aprendizaje basado en proyectos, eso significa que la mayor parte del curso consiste en trabajos en el contexto de proyectos, mientras que las clases magistrales toman un rol secundario o no existen. Algunas universidades han cambiado algunos de sus cursos a este enfoque, mientras que otras han cambiado todos sus programas a este método de enseñanza, si se involucran equipos de estudiantes todas las metodologías de aprendizaje cooperativo pueden ser usadas.

Objetivos de aprendizaje, lo entendemos como una afirmación que describe lo que un estudiante debería ser capaz de hacer una vez que adquirió el conocimiento y habilidades que el curso supone enseñará. Las palabras activas en un objetivo de aprendizaje deben referirse a acciones observables, es decir acciones que pueden observarse en la conducta del estudiante y que por lo tanto se puede evaluar, por ejemplo aprender, conocer, comprender y apreciar no llenan el requisito, mientras que palabras como dibujar, llevar a cabo, realizar, calcular, ordenar, justificar, explicar, son palabras que cumplen el requisito ya que se refieren a conductas observables y que por lo tanto se pueden valorar.

Contar con objetivos de aprendizaje de antemano permite la selección de los contenidos del curso, así como decidir cuánto tiempo debe dedicarse a cada tema, incluso los métodos y ejercicios que pueden ser utilizados como complemento pueden clarificarse mediante un contraste con estos objetivos. Otro aspecto interesante de los objetivos de aprendizaje es que estos pueden ser compartidos con los estudiantes en forma de guías de estudio para los exámenes, sirviendo de base para la preparación de los estudiantes, además de esta forma los estudiantes tienen una mayor comprensión de lo que se espera de ellos y por lo tanto la probabilidad de que logren estas expectativas deberá ser más alta.

Taxonomía de Bloom para la definición de objetivos educacionales. En 1950 Benjamín Bloom y colegas formularon el sistema que se denominó taxonomía de objetivos educacionales, que son las categorías o niveles para los dominios de

conocimiento, así como palabras activas ilustrativas para cada uno de los niveles, estas son los siguientes:

1. Conocimiento, repetición exacta de una sentencia o frase.
2. Comprensión, demostración del conocimiento de términos y conceptos.
3. Aplicación, uso de la información aprendida para resolver problemas.
4. Análisis, distinción de cosas y conceptos identificando sus elementos, formulación de explicaciones teóricas ó matemáticas, ó modelos lógicos de fenómenos observados.
5. Síntesis, creación de un elemento nuevo, combinando elementos existentes de maneras novedosas.
6. Evaluación, elaboración de juicios de valor, ó selección de una entre varias alternativas.

Los niveles cuatro a seis son conocidos como las habilidades de pensamiento de alto nivel. Una ventaja de contar con una taxonomía de conocimientos del contenido de un curso particular permitirá enfocarlo apropiadamente, es decir, de acuerdo al nivel de conocimientos que se pretende. En contraparte es evidente que las habilidades se logran a través de la práctica y la retroalimentación, si enseñamos un contenido en un nivel bajo, no sería congruente esperar que el estudiante identifique como aplicarlo en los altos niveles. Por lo tanto si esperamos el desarrollo del habilidades de pensamiento de alto nivel, se deben de incluir en el curso actividades que permitan lograrlo, proveyendo guías de estudio e ilustraciones y prácticas de cómo puede hacerse esto.

Proceso de acreditación de programas de ingeniería en los Estados Unidos de Norteamérica, los procesos de acreditación y certificación de programas de ingeniería, incluyen principalmente dos aspectos, primero decidir los datos que serán usados como base para hacer juicios y conclusiones sobre un programa dado y segundo la evaluación de los mismos, que consistiría en usar lo antes definido como criterios para identificar las desviaciones y coincidencias de tal manera de identificar en donde el programa en cuestión es satisfactorio y en donde requieren mejora por existir no conformidades. Las evaluaciones y certificaciones de los programas de ingeniería han cobrado una importancia significativa debido a que esto permite establecer una base comparativa de la

calidad de un programa, así como asegurar a los graduandos la competitividad del mismo.

En conclusión los autores señalan que lo más importante, más allá de los métodos y técnicas para la enseñanza de la ingeniería, es que los catedráticos recuerden que enseñar y aprender a enseñar son una carrera en sí mismos. Por lo tanto intentar aplicar varios de los métodos mencionados sin una preparación previa puede ser contraproducente, tanto para el maestro como para los estudiantes.

En otro estudio se revisan tres conceptos, los estilos de aprendizaje, los enfoques de estudio y el desarrollo de madurez intelectual como referencias de lo que se describe como diversidad de los estudiantes (Felder & Brent 2005). Los enfoques de estudio y el desarrollo de madurez intelectual se pueden interpretar mejor como variables dinámicas que como factores diferenciales de los estudiantes, ya que estos dependen de factores del diseño del ambiente de estudio y de los métodos de enseñanza (Diseth 2002; Case & Marshall 2004; Furnham et al. 2008). Los estilos de aprendizaje evidentemente si son propios del estudiante y es tal vez el único factor de diversidad como tal. En relación a los paradigmas del aprendizaje como adquisición y como participación los enfoques de estudio y la adquisición de madurez intelectual serían respuestas y no factores de ambos paradigmas y los estilos de aprendizaje serían principalmente del paradigma del aprendizaje como adquisición.

Felder y Brent (2005), plantearon que los estudiantes tienen diferentes niveles de motivación, diferentes actitudes y diferentes respuestas a los ambientes de enseñanza en las aulas y hacia las prácticas educativas. En este trabajo los autores presentan un análisis del problema de diversidad dividido en tres principales aspectos: estilos de aprendizaje, enfoques para aprender, orientaciones para estudiar y el desarrollo intelectual. Estas se explican a continuación:

Estilos de aprendizaje, son características cognitivas, afectivas y comportamientos psicológicos que sirven como indicadores de cómo la gente percibe, interactúa y responde a los ambientes de aprendizaje. En la revisión del artículo de Felder y Silverman (1988) se expuso uno de los conceptos sobre estilos de aprendizaje, en ese caso aplicado a la ingeniería, sin embargo existen varios de estos modelos, cinco de los cuales han sido utilizados en estudios sobre educación en ingeniería. Los modelos mejor

conocidos son la teoría psicológica de los tipos de Jung, que se implementó mediante el indicador de tipos Myers-Briggs, que ya se explicó, estrictamente este indicador evalúa tipos de personalidades, dichos perfiles tienen una fuerte influencia en los estilos de aprendizaje. Este instrumento fue la base para investigaciones de estudiantes de ingeniería en las décadas de los setentas y los ochentas en los Estados Unidos. Otros modelos aplicados extensamente en ingeniería son el de Kolb, Hermann y Dunn y Dunn. Es importante resaltar que el concepto de estilos de aprendizaje no es universalmente aceptado, particularmente entre psicólogos quienes argumentan que los modelos de estilos de aprendizaje no tienen una base teórica sólida y que los instrumentos usados para evaluarlos no han sido apropiadamente validados. Sin embargo los estudios que el artículo resume describen una imagen consistente de las diferencias de los estilos de aprendizaje y sus efectos en el desempeño y actitudes de los estudiantes, además la enseñanza diseñada para atender un espectro más amplio de estilos de aprendizaje ha probado consistentemente ser más efectiva que la instrucción tradicional, ya que esta última se enfoca en un rango más reducido de estilos.

Los autores plantean el riesgo de un uso inapropiado de los estilos de aprendizaje, cuando estos son usados para etiquetar a los estudiantes y pretender adaptar los métodos a sus preferencias, siendo que el objetivo de conocer estas, es exponer al estudiante tanto a métodos con los que está cómodo, debido a sus preferencias, así como también a aquellos procedimientos de enseñanza que no coinciden con estas, ya que para ser profesionales efectivos de la ingeniería necesitan desarrollar características y habilidades de cada tipo de estilo de aprendizaje. Así que el uso más apropiado de los estilos de aprendizaje será para ayudar a los instructores a diseñar métodos balanceados de enseñanza.

Enfoques para aprender y orientaciones para estudiar, que se refieren principalmente a tres diferentes modos en que los estudiantes enfocan el estudio por una parte, y a la manera en que realizan su aprendizaje, estos son el enfoque superficial, el enfoque profundo y el enfoque estratégico.

Los estudiantes que adoptan el enfoque superficial tienden a memorizar hechos pero no tratan de integrarlos en un contexto más amplio, tienden a seguir procedimientos de solución rutinarios sin tratar de entender sus orígenes y limitaciones, sus motivaciones para aprender son comúnmente extrínsecas tales como graduarse, pasar el curso u obtener

un mejor trabajo. Los métodos de estudio en este enfoque tienden a centrarse en buscar ejemplos en los textos que sean similares a la tarea para simplemente copiar las soluciones, el resto se ignora.

Los estudiantes que toman un enfoque profundo no se enfocan en memorizar el material del curso sino en comprenderlo. Sus motivaciones para aprender son intrínsecas tales como la curiosidad intelectual, en lugar de las posibilidades de retribuciones externas a sus esfuerzos. Analizan de manera crítica las afirmaciones, fórmulas y procedimientos analíticos que encuentran en clase, o en el texto, hacen todo lo que consideran que podría ayudarles a comprenderlo y tratan de que toda la información tenga sentido integrándola en cuerpos de conocimientos coherentes.

Los estudiantes que adoptan un enfoque estratégico hacen lo que sea necesario para obtener la mejor calificación, son bien organizados y eficientes en sus estudios y valoran cuidadosamente el esfuerzo que se requiere para lograr su meta, así que si lo pueden hacer mediante un estudio superficial lo harán, pero si el instructor propone tareas o exámenes que demanden una enfoque profundo también lo harán.

Un estudiante podría adoptar diferentes enfoques para aprender en diferentes cursos y aún en diferentes temas dentro de un mismo curso. La orientación para estudiar es la tendencia de adoptar uno de los enfoques en un amplio rango de situaciones y ambientes de aprendizaje. Así los estudiantes que habitualmente adoptan un enfoque superficial tienen una orientación a reproducir lo aprendido, aquellos que adoptan normalmente un enfoque profundo tienen una orientación de comprensión de significados y aquellos que se inclinan a tomar un enfoque estratégico tienen una orientación del logro. El cuestionario Lancaster para enfoques de estudio es un cuestionario de 64 preguntas que involucra dos escalas relevantes para las tres orientaciones y cuatro subescalas adicionales, una alternativa a este cuestionario es el de estudio de proceso desarrollado por Biggs.

Aunque hay similitud entre orientaciones para el estudio y estilos de aprendizaje estos son tendencias diferentes que dependen de la situación, en contraste con características fijas como el género, que siempre caracteriza a un individuo.

En el planteamiento de los autores es evidente que el enfoque profundo de aprendizaje resulta en un mejor desempeño, sin embargo el enfoque que el estudiante

puede adoptar en una situación particular depende de un conjunto de factores complejo. Algunos de estos factores son intrínsecos y otros situacionales y determinados por el ambiente de estudio. Con esta base los autores proponen ocho características para el diseño del ambiente en el aula que motivan la adopción de un enfoque profundo para el aprendizaje:

1. Proveer antecedentes sobre los temas.
2. Proporcionar expectativas claras y retroalimentación del avance.
3. Utilizar métodos de evaluación que enfatizan la comprensión conceptual.
4. Métodos de enseñanza que requieran involucramiento activo de largo plazo.
5. Oportunidades para hacer selecciones responsables del contenido y los métodos de estudio.
6. Enseñar con consideración y motivación.
7. Evitar una cantidad excesiva de material y carga de trabajo no razonable.
8. Repetir experiencias previas que hayan motivado enfoques profundos.

De los tres dominios analizados en el artículo, este último relacionado con los enfoques de aprendizaje es el que tiene una base de investigación más sólida en la enseñanza en ingeniería.

De la información aportada por los autores podemos concluir que los enfoques de aprendizaje son una variable dependiente, por lo que en el modelo propuesto se consideran como parte de la respuesta y no de los factores.

Niveles de desarrollo intelectual, o desarrollo epistemológico, se refiere a las etapas cognitivas a través de las que un estudiante puede evolucionar durante el curso de su educación y se puede identificar principalmente en base a dos estados contrastantes, que son certeza de ignorancia y confusión inteligente. Por certeza de ignorancia entendemos la creencia de que el conocimiento es certidumbre y que las autoridades, profesores y autores de textos, tienen las respuestas y que aprender consiste en memorizarlas para poderlas repetir durante los exámenes. Por confusión inteligente los autores se refieren a reconocer que el conocimiento es contextual y que aprender consiste en tomar responsabilidad de definir su propio criterio en base a la evidencia en lugar de confiar en la palabra de las autoridades, los estudiantes que alcanzan este estado se

vuelven relativamente sofisticados para adquirir e interpretar la evidencia de una amplia variedad de fuentes, pensando como expertos científicos e ingenieros.

El artículo describe cuatro modelos del desarrollo intelectual, el de Perry, el de King-Kitchener, el de Belenky y el Baxter-Magolda. Existen algunos métodos para la medición o evaluación del desarrollo intelectual en particular el cuestionario de preferencias por ambientes de aprendizaje y la evaluación de pensamiento reflexivo son cuestionarios basados en escalas de Likert para evaluar los niveles de los modelos de Perry y King Kitchener, respectivamente. En general los modelos refieren cuatro niveles de desarrollo intelectual siendo el más elemental el conocimiento absoluto, seguido por el de conocimiento de transición, luego el conocimiento independiente y finalmente el conocimiento contextual.

Una condición necesaria para el crecimiento intelectual es retar las creencias que caracterizan el actual nivel. Una persona en el nivel de conocimiento absoluto requiere ser confrontado con preguntas abiertas con múltiples respuestas, lo cual lo puede mover al nivel de conocimiento de transición espontáneamente. De manera similar a una persona en el nivel de conocimiento independiente requiere ser enfrentado a la definición de juicios para moverlo a un nivel de conocimiento contextual.

Para cada uno de los tres aspectos de diversidad que los autores proponen, también se plantean varias líneas de investigación abiertas, así como también para las que pudieran ser soluciones que atendieran los tres aspectos de diversidad en la promoción de un aprendizaje eficaz y efectivo, de éstas resultan pertinentes para la investigación de este trabajo las siguientes:

1. ¿Cuál es la correlación entre los estilos de aprendizaje, los enfoques para aprender y los niveles de desarrollo intelectual?
2. ¿Hay diferencias significativas por cultura y género en los estilos de aprendizaje y en los enfoques para aprender?
3. ¿En qué medida los diferentes modelos de enseñanza centrados en el alumno promueven el desarrollo intelectual, el enfoque de aprendizaje profundo y el desarrollo de habilidades asociadas con los diferentes estilos de aprendizaje?

Se advierte que la validez de los diferentes instrumentos que se han desarrollado para medir los tres aspectos de la diversidad entre los estudiantes no ha sido probada en todos los casos, de esto se sigue que es importante seleccionar aquellos instrumentos cuya evidencia de validez es mayor. Otra conclusión relevante para este trabajo es que la caracterización de los estudiantes en cualquiera de los tres aspectos de su diversidad debería hacerse entre estudiantes de diferentes niveles de un solo programa de ingeniería. Debería identificarse la correlación entre los tres aspectos de diversidad planteados en el artículo y su significado para la efectividad educacional.

Con base en la metáfora de la adquisición, los objetivos de aprendizaje en conjunto con las evaluaciones tienen alto potencial para promover un aprendizaje efectivo, si se usan de manera dinámica durante todo el proceso, no solo al inicio y al final.

En I.E.I. destacan las teorías de los enfoques de estudio (Case & Marshall 2004) y los estilos de aprendizaje en ingeniería (Felder & Silverman 1988). Los enfoques de estudio se seleccionaron como respuestas. Los estilos de aprendizaje se seleccionaron como factores intrínsecos.

Los enfoques de estudio describen lo que los estudiantes hacen cuando aprenden. La distinción básica es entre el enfoque superficial y el profundo. Se asume que estos enfoques están principalmente determinados por la percepción de los estudiantes del contexto educativo y no solo determinado por los antecedentes del estudiante. Un estudiante podría tomar cualquier enfoque dependiendo del ambiente de enseñanza. Los enfoques de estudio son por lo tanto respuestas al contexto de estudio (Case 2008).

Se evaluó la correlación de los enfoques de estudio con el conocimiento general, formado por inteligencia individual e inteligencia cristalizada –esta última resultado de la individual y la experiencia – encontrando que solamente el enfoque profundo tuvo correlación positiva (Furnham et al. 2008). Esto indica relación con la capacidad de incorporar lo aprendido a las habilidades. En otro estudio semejante se comparó la correlación entre enfoques de aprendizaje y desempeño académico encontrando que a mayor enfoque superficial peor desempeño (Diseth 2002).

Se reporta una relación entre los enfoques de aprendizaje y desempeño académico, confirmando también que la selección de un enfoque depende de la

percepción del curso. Se critica sin embargo la escala bipolar y se propone una escala con un tercer enfoque intermedio denominado “procedural” (Case & Marshall 2004).

Se ha probado que los ambientes de enseñanza que se diseñan para promover el enfoque de aprendizaje profundo mejoran los resultados del proceso de aprendizaje, mientras que los ambientes con elementos que restringen el enfoque superficial no tienen impacto en los resultados del proceso (Trigwell & Prosser 1991).

John Biggs y colaboradores desarrollaron un cuestionario para evaluar los enfoques de aprendizaje llamado cuestionario de procesos de estudio en 1987, fue mejorado con el cuestionario de procesos de estudio de dos factores revisado (Biggs et al. 2001). Biggs ha hecho contribuciones importantes a la teoría de los enfoques de aprendizaje (Case 2008). El uso del cuestionario revisado enfatiza la aplicación en conexión con un ambiente de aprendizaje específico. Este cuestionario revisado es un instrumento sumamente útil por su brevedad y porque enfoca con precisión solamente dos dimensiones y dos niveles:

Tabla 2-1 Enfoques de estudio. Biggs et al. (2001)

	y_{SA} <i>Superficial</i>	y_{DA} <i>Profundo</i>
y_{iM} <i>Motivado</i>	<i>Miedo al fracaso</i>	<i>Interés intrínseco</i>
y_{iS} <i>Estratégico</i>	<i>Metas de corto plazo</i>	<i>Maximización del significado</i>

Los estilos de aprendizaje son las formas en que un individuo procesa la información que recibe en un ambiente de aprendizaje estructurado y se refiere el trabajo de Felder y Silverman quienes desarrollaron un modelo aplicado a la ingeniería (Felder & Silverman 1988). Dependen de la personalidad y son intrínsecas al estudiante. Los estilos de aprendizaje planteados son: activo-reflexivo, sensorial-intuitivo, visual-verbal y secuencial-global. Cada pareja representa una escala, de tal manera que tenemos cuatro escalas cuyos extremos son los términos indicados y existen 11 niveles de tendencia hacia cada término y una posición neutra al centro de cada una.

En cada escala se considera que un nivel en los rangos de 7 a 11, en cualquiera de los extremos, denota una preferencia notable por uno de los dos enfoques de la escala

correspondiente, un rango entre 3 y 5 es una preferencia moderada y un resultado de 3a a 3b denota un balance en el uso de los estilos de cada escala.

La primera de cuatro escalas, la escala de **activo-reflexivo**, se refiere a la manera en que las personas **procesan** las experiencias, es decir que aprenden haciendo, activos, y a los que aprenden pensando, reflexivos. La segunda escala que evalúa el modo predominante en que las personas **perciben** las situaciones es denominada **sensorial-intuitivo**, se refiere a aquellos que son concretos, sensoriales, y los que prefieren relaciones y generalizaciones abstractas, intuitivos. La tercera escala, **visual-verbal**, ó, **visual-auditivo**, se refiere a el **canal de información** preferido por las personas, que pueden ser visuales, es decir las que prefieren los diagramas, figuras, planos y modelos, respecto de las verbales, que prefieren las explicaciones escritas o a través de palabras. Finalmente la cuarta escala, **secuencial-global**, valora la manera en que las personas comprenden los hechos, relaciones, ideas y situaciones, pudiendo ser de las que aprenden de manera secuencial, es decir de forma progresiva, respecto de los que aprenden conociendo primero las relaciones generales, marcos de referencia y contextos, ó globales. Los autores concluyen que la mayoría de los estudiantes en ingeniería son activos, sensoriales, visuales y globales, mientras que la educación en ingeniería, en contraste, usa métodos de enseñanza enfocados de manera reflexiva, intuitiva, verbal y secuencial. Se plantea entonces la incompatibilidad entre los métodos de enseñanza preferidos en las ciencias e ingeniería y los estilos predominantes de los estudiantes de las mismas disciplinas. El anexo A presenta la adaptación del instrumento de Felder para aplicarse en el estudio.

Si bien existe una gran diversidad de métodos de enseñanza cuyos enfoques pueden atender los intereses de un estilo u otro, Felder y Silverman plantearon 13 técnicas de enseñanza con el potencial de impactar en la mayoría de los estilos de aprendizaje. Su recomendación se basa en la teoría de que el uso inteligente de estas técnicas puede servir de base para que la mayoría de los estudiantes, independientemente de su estilo de aprendizaje predominante, tengan un mejor aprovechamiento.

Las 13 técnicas de enseñanza que Felder y Silverman recomendaron en este estudio son:

1. Motivar el aprendizaje tanto como sea posible, relacionando el material que se está presentando, con el material de otros cursos y particularmente con la experiencia personal de cada estudiante.
2. Proveer un balance entre información concreta como hechos, datos, información, con los conceptos abstractos, principios, teorías o modelos matemáticos.
3. Balance del material que enfatiza métodos para resolver problemas con el material que enfatiza comprensión teórica.
4. Proveer ilustraciones explícitas de patrones intuitivos, lógicos, diferencias, de reconocimiento de patrones y generalizaciones, así como patrones sensoriales, observación, experimentación y enfoque a detalles.
5. Seguir el método científico al presentar el material teórico, proveyendo ejemplos concretos de los fenómenos que la teoría describe.
6. Usar ilustraciones, esquemas y gráficas durante la presentación verbal del material.
7. Usar apoyos computacionales.
8. Proveer intervalos breves para que los estudiantes piensen sobre lo que se les está diciendo.
9. Dar oportunidad a los estudiantes de hacer otras actividades, adicionales a la toma de notas, tales como lluvia de ideas o trabajo en pequeños grupos.
10. Asignar ejercicios para practicar los métodos básicos que han sido enseñados, así como algunos problemas de respuestas abiertas.
11. Dar a los estudiantes la opción de colaborar entre sí, para las tareas en la medida de lo posible.
12. Apoyar las soluciones creativas, aun las incorrectas.
13. Hablar con los estudiantes sobre estilos de aprendizaje, tanto a nivel de guía y consejo así como en las clases.

El modelo y el índice de estilos de aprendizaje ha sido validado en su confiabilidad interna con $\alpha_{Cronbach} \in \{0.53, 0.70\}$ en muestra de 557 personas y se considera una herramienta psicométrica apropiada (Zywno 2003).

Se ha probado que cuando se alinean los métodos de enseñanza, las expectativas de los maestros y los métodos de evaluación con los estilos de aprendizaje se logra una mejora en la satisfacción de los estudiantes (Mills et al. 2005).

Se advierte sin embargo el riesgo de usar solo los estilos de aprendizaje como eje de programas de mejora educativa, argumentando que las personas no tienen un conjunto fijo de comportamientos y que los estilos de aprendizaje no son una teoría probada (Holvikivi 2007). Los argumentos son validos y la recomendación de esta investigadora es usar procesos de colaboración entre científicos de las ciencias humanas y profesores de ingeniería, refiriendo el programa “Knowledge Practices laboratory” de la Universidad de Helsinki con 22 colaboradores en Europa. Tal esfuerzo es interesante pero está fuera del alcance de la mayor parte de los investigadores en el campo de la I.E.I. Es interesante que la investigadora no refiere el trabajo de Felder.

Otro estudio sobre la validez del índice de estilos de aprendizaje Felder-Solomón refiere confiabilidades internas de $\alpha_{Cronbach} \in \{0.55, 0.77\}$ (Litzinger et al. 2007).

Las diferencias entre los estudiantes están principalmente relacionadas con la manera en que se procesa la información que se recibe, es decir los estilos de aprendizaje. Las motivaciones y actitudes frente al proceso de aprendizaje, esto es enfoques de aprendizaje y las actitudes sobre la naturaleza del conocimiento y como debe adquirirse y evaluarse, o niveles de desarrollo intelectual (Felder & Brent 2005). De estas se consideró para este trabajo los dos primeros.

Felder y Spurling (2005) estudiaron tres aspectos relacionados con las aplicaciones, confiabilidad y validez del índice de estilos de aprendizaje basado en el modelo de Felder y Silverman (1998), las preguntas de investigación que se respondieron fueron relativas primero a las dimensiones y supuestos sobre las cuales el modelo del índice de estilos de aprendizaje fue desarrollado, segundo de qué manera debería éste ser usado y cuáles usos inapropiados deberían ser evitados y tercero estudios de investigación que se han realizado usando el índice de estilos de aprendizaje y cuáles son las conclusiones respecto de su confiabilidad y validez.

El índice de estilos de aprendizaje tiene dos aplicaciones principales, la primera es servir de guía para los instructores sobre la diversidad de estilos de aprendizaje en las diferentes clases y ayudarlos a diseñar métodos de instrucción que atiendan las necesidades de la mayor parte de los estudiantes. En particular cuando se encuentra un gran número de personas con preferencias específicas para las cuales los métodos que se están empleando no sean los más apropiados.

En este aspecto cabe señalar lo que se indica en otros artículos del mismo autor, que los estilos de aprendizaje y su identificación no deberían determinar el uso de unos pocos métodos que atiendan los estilos predominantes, sino más bien lograr un balance de estos para que la mayor parte de los estudiantes puedan desarrollar habilidades de aquellos estilos que no son sus preferidos, ya que en el ejercicio profesional de ingeniería es necesaria la destreza en una diversidad de estilos, para aprender y para colaborar en equipos multidisciplinarios.

La segunda aplicación es permitir a cada estudiante tener un entendimiento de sus fortalezas y debilidades para aprender, muchos estudiantes que tienen dificultades de manera consistente con ciertos tipos de materias o profesores se inclinan a pensar que el problema tiene que ver con métodos de enseñanza inapropiados, o con maestros que no tienen habilidad para enseñar, algunos otros en la misma situación tienden a pensar que el problema está totalmente ocasionado por una falta de capacidad personal. Ninguna de las dos posturas es correcta y el conocimiento y comprensión de los diferentes estilos de aprendizaje podría ayudar a resolver este tipo de problemas, ayudando a entender como el estilo de aprendizaje predominante puede impedir que se logre aprovechamiento cuando se emplean solamente ciertos métodos de enseñanza que no corresponden a tal estilo.

Los autores advierten respecto del riesgo de utilizar el índice de estilos de aprendizaje como un predictivo correlacionado con la habilidad del estudiante de realizar exitosamente un programa particular.

En relación a la confiabilidad y validez del índice de estilos de aprendizaje, el artículo aporta un resumen de varios estudios que han utilizado el índice en diferentes contextos principalmente en escuelas de ingeniería, aportando evidencia estadística tanto de la confiabilidad como de la validez del mismo. Una de estas evidencias son estudios de correlación de las cuatro escalas del instrumento en ensayos donde se aplicó de

manera repetida el cuestionario con intervalos de cuatro semanas entre cada administración, para los cuales se obtuvieron índices de 0.7 y 0.9, mientras que para aplicaciones repetidas cuyos intervalos estuvieron entre 7 y 8 meses los coeficientes de correlación reportados fueron de 0.5 y 0.8. Además en ambos casos la significancia de las pruebas fue de 5% ó mayor. Otra evidencia aportada son los coeficientes alpha de Cronbach de 0.5 en tres de cuatro estudios. Y finalmente en correlaciones de Pearson se encontraron valores significativos consistentes de 0.2, 0.32 y 0.48.

Litzinger et al. (2007) realizaron un estudio psicométrico del índice de estilos de aprendizaje Felder-Solomon con dos principales objetivos, primero demostrar la validez y la confiabilidad del instrumento y segundo determinar los efectos de la introducción de dos cambios en el índice original, el primero consistió en incluir una respuesta neutra en cada una de las cuatro escalas del índice, el segundo cambio introducido en el estudio fue la adición de una respuesta de preferencia moderada, igualmente en cada una de las escalas. Los resultados sobresalientes fueron que en el índice de estilos aprendizaje con los cambios se observó una dispersión de los datos menor que la observada utilizando el índice original, esto es lógico dado que se introdujo la respuesta con una intensidad menor más la respuesta neutra, evidentemente la capacidad de discriminar una inclinación u otra del instrumento modificado es menor y por lo tanto la dispersión de los datos también. Sin embargo para efectos del presente estudio es relevante el resultado en relación a la confirmación de la validez del índice respecto del modelo en el que está basado, la cual fue comprobada con coeficientes de confiabilidad de 0.55 a 0.77 en las cuatro escalas.

En la conclusión de los autores se define que no se utilizaría el índice de estilos de aprendizaje modificado en subsecuentes estudios debido principalmente a que el índice original tiene suficiente confiabilidad y que además el índice modificado reduce la sensibilidad del instrumento para detectar las diferencias de cada estudiante en cada una de las cuatro escalas.

Se denominaron variables extrínsecas a las variables del proceso de enseñanza, que también se refieren en la literatura como variables del diseño del ambiente educativo. Es claro que por tratarse de ciencias del comportamiento no hay una separación absoluta entre lo que se denomina en este trabajo respuesta, factores intrínsecos y factores

extrínsecos. Las mismas tienen aspectos que se combinan e interrelaciones que no son explícitas, es precisamente por eso que se aplicó el análisis estadístico.

2.4 Diseño de la metodología

La metodología se basó en los modelos lineales generalizados para obtener una ecuación de transferencia de las variables seleccionadas. Los datos sobre las variables se obtuvieron implementando en la primera fase el cuestionario de procesos de aprendizaje traducido y adaptado (Biggs et al. 2001). Con este se obtuvo información sobre la respuesta. El cuestionario usa escala de Likert de cinco niveles. El dato de cada pregunta es categórico, pero el reactivo construido a partir de la suma de varias preguntas se puede considerar de cociente (Norman 2010). El cuestionario de índices de estilos de aprendizaje se tradujo y adaptó (Felder & Soloman 1991). El cuestionario traducido se muestra en el Apéndice C.

Se argumenta sobre la problemática de trasladar el resultado de escalas diacríticas, como la del cuestionario de estilos de aprendizaje, o de escalas con varias respuestas, como la del cuestionario de procesos de aprendizaje, al análisis estadístico usando métodos como regresión lineal y análisis de varianza (Dobson 2002; Cavanagh 2009). Esta crítica no considera la robustez de estos métodos tanto para ser usados en variables de intervalo como para variables categóricas (Norman 2010).

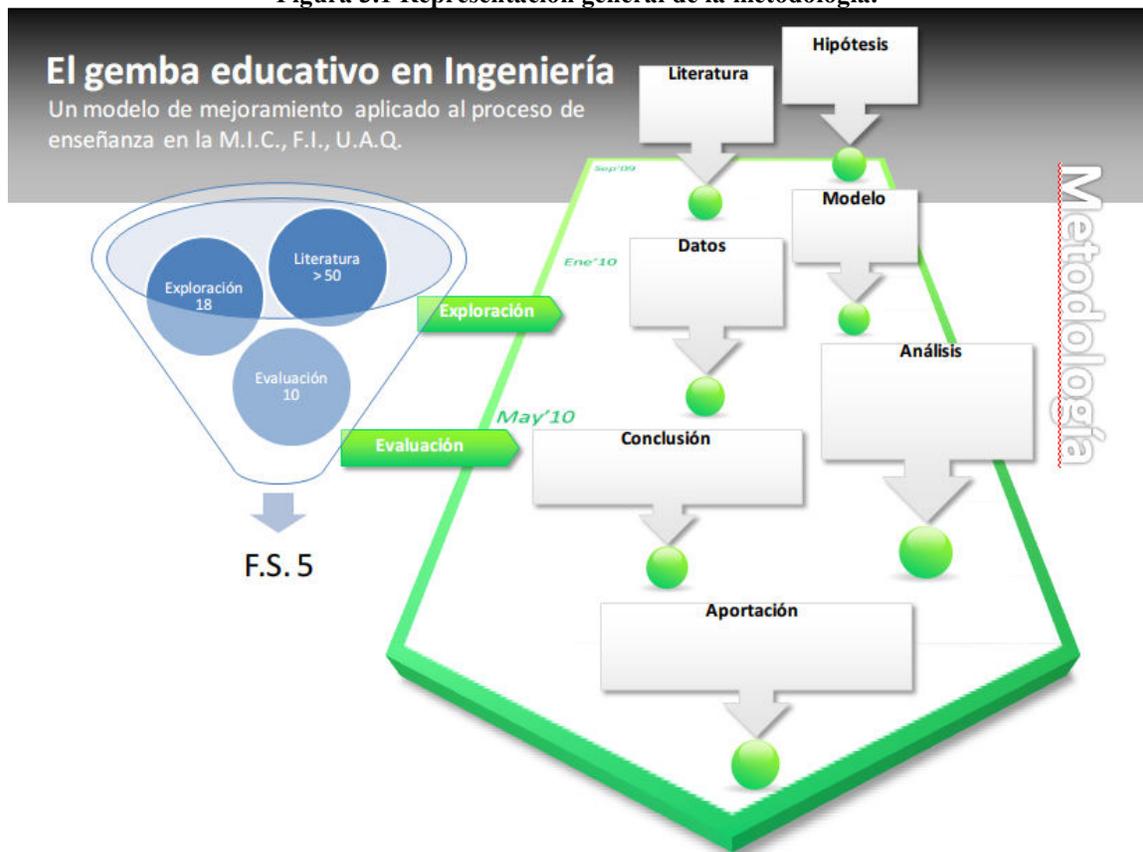
Para el segundo muestreo se diseñó una encuesta propia usando escala de Likert de cinco niveles, con reactivos de dos o más preguntas cada uno para sumarlas y evitar la restricción de variables categóricas (Norman 2010). La validez de los reactivos compuestos se comprobó mediante $\alpha_{Cronbach}$ (Cronbach & Shavelson 2004).

Los problemas de sesgos y tamaño de la muestra se verificó por técnicas de muestreo (Cochran 1977; Lohr 1999).

3 METODOLOGIA

La Figura 3.1 muestra un representación general de la metodología y su secuencia. Una vez planteada la hipótesis, en Septiembre de 2009, se investigó el estado del arte en la literatura. De tal investigación se decidió construir un modelo cuantitativo usando un modelo lineal y considerando los problemas del muestreo. El modelo se planteó inicialmente con más de cincuenta factores potencialmente significativos encontrados en la literatura, los cuales se seleccionaron en base a las tendencias teóricas predominantes que fueron la educación como adquisición de información y la educación como proceso de integración a una comunidad de práctica. De acuerdo a estas teorías se determinaron 18 variables para la etapa de exploración. Se diseñó una primera encuesta basada en el cuestionario de Biggs y se aplicó entre Abril y Mayo de 2010.

Figura 3.1 Representación general de la metodología.



Con el análisis de estos resultados y debido a que se obtuvo un coeficiente de correlación de solamente 42.71% para los factores significativos, se decidió evaluar el efecto de los factores intrínsecos a los estudiantes usando el modelo de los índices de estilos de aprendizaje. Al agregar estos a un subconjunto de la muestra original se obtuvo

una ecuación de transferencia de 93.84%. Con este hallazgo se determinó que se deberían de integrar en un instrumento tres líneas teóricas de la educación: Adquisición de información, integración a una comunidad de práctica y los factores intrínsecos a los estudiantes. Con esta base se desarrolló un instrumento usando escala de Likert y los trabajos de Biggs, Felder-Solomon y los conceptos generales de Case y Felder sobre principios de educación en Ingeniería, con 10 factores. Este instrumento se aplicó en una segunda encuesta en Julio de 2010. Esta vez la ecuación de transferencia obtenida resultó con un coeficiente de correlación de 64.08% con 5 factores significativos, pero ahora para toda la muestra y no solo para un subconjunto. Del análisis de estos resultados se derivaron las conclusiones y aportaciones de este trabajo.

3.1 Lugar y población considerada en la investigación

La investigación se llevó a cabo con la población estudiantil de la Maestría en Ingeniería de Calidad que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. A la fecha de aplicación de las evaluaciones se estima que se tenían alrededor de ochenta estudiantes activos, aunque la participación fue voluntaria, por lo que los datos recabados se redujeron a quienes participaron.

La Maestría en Ingeniería de Calidad consta de diecisiete materias que se imparten en dos o tres años, según los estudiantes son de tiempo completo, ó parcial. Ya que existen dos especialidades que son la de Ingeniería de Calidad y la de Gestión y cada una se compone de 4 materias exclusivas, esto significa que se tienen en realidad 21 materias diferentes, divididas como se indica en la Tabla 3.1¹⁴:

Tabla 3-1 Estructura del plan de estudios de la Maestría en Ingeniería de Calidad.

ÁREA INTRODUCTORIA	ÁREA BÁSICA
Métodos Estadísticos	Control estadístico de procesos
Metodología de la Investigación	Sistemas de gestión de calidad
Seminario de Tesis I	Optimización de Sistemas I
Seminario de Tesis II	Optimización de Sistemas II
	Técnica de mejoramiento
	Diseño Estadístico de Experimentos

¹⁴ El programa de la Maestría en Ingeniería de Calidad fue cambiando en Julio de 2010. Se hizo un solo programa de 19 materias, ver Anexo E. El estudio se realizó con los dos programas de 17 materias cada uno. El cambio no altera el análisis ni los resultados.

<p>ÁREA DE HUMANIDADES</p> <p>Comportamiento Organizacional</p> <p>Liderazgo para la calidad</p> <p>Cambio Organizacional</p>	<p>GESTIÓN INTEGRAL</p> <p>Admón. estratégica para la calidad</p> <p>Auditoría y certificación</p> <p>Téc. de calidad orientadas al cliente</p> <p>Gestión ambiental</p>
<p>INGENIERÍA DE CALIDAD</p> <p>Diseño robusto</p> <p>Confiabilidad</p>	<p>Técnicas actuales de manufactura</p> <p>Evaluación de sistemas de medición</p>

Se decidió censar los alumnos. Considerando que cada alumno participante respondería al menos un cuestionario, seleccionando dos materias, la muestra potencial sería de hasta 100 reportes de los aspectos demográficos y el doble de respuestas relacionadas con enfoques de aprendizaje y aspectos del ambiente de enseñanza.

A continuación se presentan las variables consideradas, el modelo de medición utilizado, se describe el sujeto experimental, la respuesta, así como el análisis aplicado a la información obtenida.

3.2 Modelo experimental

Para la implementación del modelo experimental la clave fue la selección de variables. En la revisión de la literatura se identificaron más de 50 elementos que podrían haberse implementado como variables del modelo. De estos se definieron 18 variables que fueron exploradas en la primera recolección de datos. En la segunda recolección de datos se tomó en cuenta lo encontrado en la primera y se implementaron 10 reactivos, de los cuales resultaron significativos cinco, como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3-2 Proceso de reducción de variables del modelo experimental.

Literatura > 50	Exploración 18	Evaluación 10	Significativas 5
<ul style="list-style-type: none"> •Evaluación institucional. •Materia de estudio. •Objetivos de aprendizaje. •Taxonomía de Bloom. •Aprendizaje por proyectos, problemas. •Aprendizaje participativo, colaborativo. •Personalidad. •Estilos de aprendizaje. •Enfoques de aprendizaje. •Enseñanza inductiva. •Demografía. 	<ul style="list-style-type: none"> •Enfoques de aprendizaje (*) •Género •Edad •Profesión •Trabajo •Experiencia •Estudios Consec. •Objetivos. •Evaluación. •Atención personal. •Carga de trabajo. •Ambiente •Participación •Materias. •Estilos de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> •Enfoques DM y SS (*) •Estilos de aprendizaje. •Participación. •Aplicación. •Objetivos. •Evaluación. •Materias. 	<ul style="list-style-type: none"> •Enfoque DM (*) •Estilos Sensorial, intuitivo y activo. •Objetivos. •Evaluación. •Interacción Objetivos * Evaluación.

3.2.1 Respuestas

De la literatura revisada se seleccionaron como variables de interés los enfoques de estudio. Para la medición de la respuesta se usó el modelo reportado en Biggs, Kember y Leung (2001), quienes proponen un cuestionario de procesos de aprendizaje que mide cuatro factores que son:

DM-Deep Motive, enfoque de estudio altamente motivado.

DS-Deep Strategy, enfoque de estudio altamente estratégico.

SM-Surface Motive, enfoque de estudio superficialmente motivado.

SS-Surface Strategy, enfoque de estudio superficialmente estratégico.

Estos factores se agrupan en dos principales que son:

DA-Deep Approach, enfoque profundo. $DA = DM + DS$

SA-Surface Approach, enfoque superficial. $SA = SM + SS$

Cada uno resulta de la suma de los dos niveles detallados correspondientes. Para esta investigación se consideraron tanto las escalas detalladas DM, DS, SM y SS, así

como las escalas agrupadas o sumas DA y SA. Por lo tanto las respuestas del análisis fueron:

$y_{DA} = y_{DM} + y_{DS}$, Enfoque profundo.

$y_{SA} = y_{SM} + y_{SS}$, Enfoque superficial.

y_{DM} -Enfoque altamente motivado.

y_{DS} -Enfoque altamente estratégico.

y_{SM} -Enfoque superficialmente motivado.

y_{SS} -Enfoque superficialmente estratégico.

Se midieron los aspectos relacionados con los enfoques de aprendizaje que se aplican durante los cursos y dependiendo de estos, los preferentes serían y_{DA} y sus componentes y_{DM} y y_{DS} , mientras que y_{SA} y sus componentes serían enfoques no deseables. Biggs, Kember y Leung (2001) refieren que la selección de los enfoques de estudio están presentes tanto en el propio individuo, como al momento de enfrentar una actividad de aprendizaje.

Se valoran aspectos de estos enfoques en cuanto a las preferencias personales predominantes. Biggs, Kember y Leung (2001) aportan evidencia de la confiabilidad interna de los cuatro factores detallados del modelo mediante $\alpha_{Cronbach} > 0.57$ en todos los casos, así como un índice de ajuste comparativo mayor a 0.997, mientras que los residuales cuadrados medios estandarizados son menores a 0.02,. Los índices reportados indican la habilidad del modelo para reproducir las mediciones, por lo que se considera que los datos obtenidos mediante las evaluaciones aplicadas es confiable, repetible y reproducible, condición necesaria para que los subsecuentes análisis tengan validez estadística.

3.2.2 Factores y modelo experimental

El modelo quedó representado por una ecuación de transferencia de acuerdo a la ecuación 3.1. El proceso de identificación del modelo incluyó el nivel de selección de las variables, etapa del “qué”, así como la construcción del modelo empírico y la descripción de las superficies de respuesta, etapa del “cómo” (Box & Draper 1987).

Los factores se definieron de acuerdo a tres fases del proceso de integración al programa de la Maestría en Ingeniería de Calidad, que son la fase preliminar, la fase de proceso y la fase de productos. La fase preliminar se refiere a los factores que son propios de los estudiantes y que tienen potencial de afectar la selección de un enfoque de estudio particular. La fase de proceso es la enseñanza y aprendizaje como tales. La fase de productos son los resultados del proceso de aprendizaje.

Fase preliminar: Esta fase se refiere a los factores intrínsecos de los estudiantes, que potencialmente influirán en los enfoques de aprendizaje preferidos, así como en los usados durante los cursos, que a su vez tienen potencial de afectar en la dinámica de aprendizaje y por lo tanto en los resultados del procesos de enseñanza. Para modelar estos factores se consideraron y evaluaron aspectos “demográficos” de la población estudiantil admitida al programa, que se definió como el conjunto de las x_1 como sigue:

x_1 -Género, variable binomial.

x_2 -Edad, variable discreta en escala de cociente.

x_3 -Profesión, variable binomial.

x_4 -Trabajo, variable en escala nominal de cinco elementos.

x_5 -Experiencia en ingeniería de calidad, variable ordinal.

x_6 -Estudios consecuentes, variable ordinal.

Fase de proceso: Esta etapa se refiere a las sesiones en que los grupos se relacionan entre sí y con el instructor, así como las actividades que se realizan. Se implementó la medición de seis aspectos mediante escala de Lickert. El uso de métodos de enseñanza participativos t_6 se evaluó mediante 3 reactivos con $\alpha_{Cronbach} = 0.787$.

t_1 -Objetivos de aprendizaje específicos.

t_2 -Evaluaciones congruentes con el programa de trabajo.

t_3 -Atención personal docente-alumno.

t_4 -Carga de trabajo consistente con los objetivos.

t_5 -Ambiente de trabajo que favorece las relaciones.

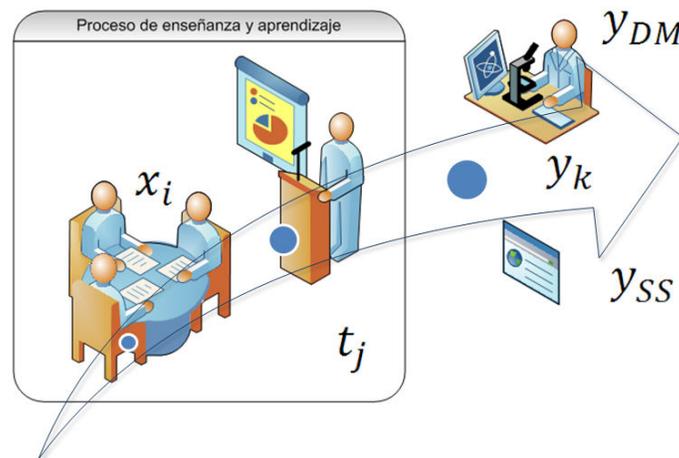
t_6 -Métodos de enseñanza participativos.

t_7 -Contenido de las materias.

Fase de productos: Los enfoques *profundos* implican motivaciones internas para aprender, involucramiento personal con el proceso de aprendizaje y desarrollo de afinidad con los contenidos que se aprenden, que en el mediano plazo son antecedentes para mantener un proceso de aprendizaje continuo autodidacta, así como una actitud de madurez profesional en el campo de trabajo. En contraste los enfoques *superficiales* implican motivación externa para aprender, generalmente relacionada con aprobar las materias y obtener el grado y los reconocimientos asociados, que a su vez conllevan falta de identidad con los contenidos de las materias, falta de involucramiento con el propio desarrollo profesional y una aplicación superficial de las habilidades desarrolladas, el problema práctico es que los conocimientos y habilidades así adquiridos no se integran al pensamiento y actitud hacia los problemas y se olvidarán en poco tiempo. Por lo tanto el lograr enfoques de estudio *profundos* en los alumnos es un objetivo deseable de todo proceso educativo, ya que implica el desarrollo de actitudes que favorecen el desarrollo y competencia profesional a largo plazo.

Figura 3.2 Modelo del Gemba educativo.

$$\delta(y_k) = f(x_i) + g(t_j) + \varepsilon$$



Se plantea el modelo teórico representado en la figura 3.1 y descrito en la ecuación 3.1: Sea $\delta(y_k)$ la probabilidad de que un alumno desarrolle enfoques de estudio profundos, ó superficiales durante sus cursos de la Maestría, que dependerá de una

función de los factores intrínsecos $f(x_i)$ y una función de los factores de los métodos de enseñanza $g(t_j)$ y del error experimental ε .

Ecuación 3.1 Modelo de la función de transferencia del gamba educativo.

$$\delta(y_k) = f(x_i) + g(t_j) + \varepsilon$$

3.3 Aplicación de las evaluaciones.

Para la identificación de las funciones de transferencia que relacionan los factores x_i y t_i con la selección entre los enfoques profundos y superficiales $\delta(y_i)$ mediante una encuesta basada en el trabajo de Biggs, Kember y Leung (2001) el cual se tradujo y se adaptó al contexto cultural Mexicano, de tal manera que se mantuviera el sentido de cada reactivo en idioma Español, que aquel que originalmente tiene en Inglés. El inciso A del cuestionario incluyó las preguntas sobre género, profesión o carrera, si el encuestado trabajaba y en que área, la experiencia en ingeniería o gestión de calidad y si se tenía interés por continuar estudios después de la maestría. Esta sección del cuestionario sirvió para obtener los datos de las variables x_i . La parte B del cuestionario presentó las 20 preguntas del cuestionario de Biggs y las 9 preguntas adicionales sobre los elementos del ambiente educativo que se consideraron relevantes de acuerdo a la literatura revisada. Esta sección proporcionó los datos sobre las respuestas y_i , así como de los métodos de enseñanza t_i . El cuestionario se muestra en el anexo A. Al final se dejó espacio para que los encuestados pudieran hacer comentarios libres, pero deliberadamente no se solicitó ni verbalmente ni por escrito, por lo que las aportaciones fueron espontáneas, la transcripción literal de las mismas, así como un resumen, se presentan en el anexo B, esta información no se consideró en el análisis estadístico. En la parte B del cuestionario se solicitó a los encuestados seleccionar dos materias de su carga académica actual, una materia considerada compleja y otra preferida, obteniendo evaluaciones en condiciones de confort, materias preferentes, y bajo estrés, materias complejas.

3.4 Descripción de la población y de la muestra

Se realizaron dos muestreos de la población de alumnos de la Maestría en Ingeniería de Calidad. El primero se llevó a cabo en el semestre 2010-1, el segundo en el cuatrimestre 2010-2. En el primer muestreo se implementó una evaluación usando las variables seleccionadas de la literatura de referencia y para el segundo se incluyeron las variables que resultaron significativas en el primero.

Se verificaron los expedientes de los alumnos. En 119 expedientes se encontraron 59 alumnos con inscripción oficial en el cuatrimestre 2010-1 y 130 registros o materias inscritas. Se muestrearon 50 de 59 personas: 84.75% de la población inscrita. Se analizaron 45 de 59 posibles encuestas: 76.27% de los alumnos inscritos. Se usaron 90 de 130 registros para el análisis: 69.23%. La distribución de registros y encuestas por materia se resume en la Tabla 3.3.

Tabla 3-3 Resumen de población y muestra de alumnos de la M.I.C.

Cuatrimestre	Materia	Registros	Complejo	%	Preferente	%	Muestreo	%
1	Métodos Estadísticos	14	11	79	3	21	14	100
1	Optimización de Sistemas I	12	8	67	4	33	12	100
1	Sistemas de Gestión de Calidad	11	2	18	9	82	11	100
1	Comportamiento Organizacional	13	-	-	7	54	7	54
2	Control Estadístico de Procesos	14	2	14	8	57	10	71
2	Optimización de Sistemas II	5	5	100	-	-	5	100
2	Liderazgo para la Calidad	7	3	43	2	29	5	71
3	Diseño Estadístico de Experimentos	3	2	67	-	-	2	67
3	Técnicas de Mejoramiento	4	-	-	1	25	1	25
3	Cambio Organizacional	4	4	100	-	-	4	100
4	Metodología de la Investigación	7	2	29	2	29	4	57
4	Diseño Robusto	3	-	-	3	100	3	100
4	Confiableidad	4	4	100	-	-	4	100
4	Administración Estratégica para la Calidad	4	-	-	2	50	2	50
4	Auditoría y Certificación	0	-	-	-	-	0	-
5	Seminario de Tesis I	7	1	14	-	-	1	14
5	Técnica Actuales de Manufactura	3	-	-	-	-	0	-
5	Evaluación de Sistemas de Medición	3	-	-	2	67	2	67
5	Técnicas de Calidad Orientadas al Cliente	7	1	14	1	14	2	29
5	Gestión Ambiental	2	-	-	1	50	1	50
6	Seminario de Tesis II	3	-	-	-	-	0	-
Totales		130	45		45		90	69

Se recabaron cincuenta encuestas de manera aleatoria, de las cuales cinco no se consideraron para el análisis estadístico. Tres se eliminaron por respuestas omitidas, una por sesgo evidente y otra porque el encuestado no indicó las materias que evaluó. Como resultado se obtuvieron 45 encuestas y 90 unidades experimentales, 45 en condiciones de confort y 45 bajo estrés, distribuidas como indica la Tabla 3.3. Las materias en que todos

los alumnos opinaron que eran complejas fueron: Optimización de Sistemas II, Cambio Organizacional y Confiabilidad. Solamente Diseño Robusto fue seleccionada como materia preferente por todos los alumnos inscritos. No se encontraron inscripciones para la materia de Auditoria y Certificación.

3.5 Análisis Estadístico

3.5.1 Codificación de los datos

Para el primer muestreo, el análisis consistió de tres pasos, primero se codificó la información, excepto en aquellos casos que el sentido del indicador podría haberse alterado. En segundo lugar se analizaron los datos continuos mediante regresión lineal y las variables categóricas mediante análisis de la varianza, en tercer lugar se analizaron los factores significativos identificados en el paso anterior para calcular los coeficientes de la función de transferencia mediante un ANOVA con los factores significativos identificados. Para la primera parte se usó Microsoft® Excel 2003¹⁵ y para el análisis estadístico Minitab® 15¹⁶.

Para el segundo muestreo, habiendo aprendido de los hallazgos del primero, se determinaron las variables a considerar incluyendo ahora los estilos de aprendizaje, los enfoques de estudio DM y SS como respuesta y factores extrínsecos objetivos, participación y evaluación.

En las Tablas 3.4 y 3.5 se muestran las variables del primer muestreo y las variables de segundo muestreo. En general se consideraron los tres aspectos teóricos básicos encontrados en la literatura: Estilos de aprendizaje como variables intrínsecas a los estudiantes, los enfoques de estudio como respuesta, factores extrínsecos relacionados con el enfoque del aprendizaje como adquisición de información, objetivos y evaluaciones y para el aprendizaje como participación en una comunidad de práctica se consideró la participación.

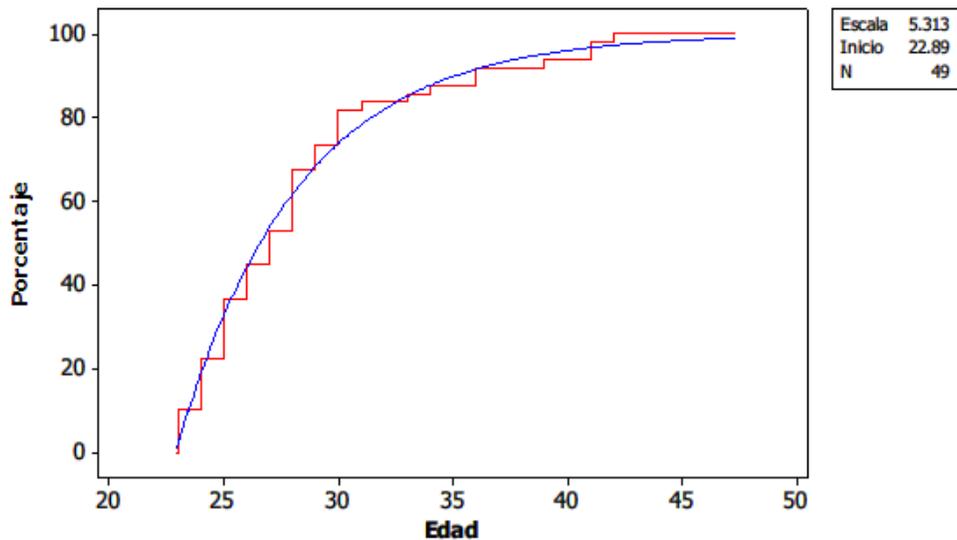
¹⁵ Excel es una marca registrada de Microsoft Corp.

¹⁶ Minitab es una marca registrada de Minitab Co. y es un software especializado en estadística descriptiva e inferencial aplicado al mejoramiento de la calidad, principalmente.

La información de las encuestas se capturó y se codificaron los datos como cocientes del máximo valor posible de cada variable, de tal manera que se produjeron valores entre 0 y 1. En el caso de la edad primero se identificó la distribución de probabilidad que mejor ajustó los datos, que resultó ser la exponencial de dos parámetros como se muestra en la figura 3.2, con un índice Anderson Darling de bondad de ajuste de 0.939. Luego con la distribución de probabilidad exponencial las edades se convirtieron a sus probabilidades equivalentes, de tal manera que la variable se transformó a una escala probabilística, consistente con los demás datos. La Tabla 3.4 resume los métodos de codificación usados. La variable trabajo se codificó como sigue: 4-industria, 3-academia, 2-servicios, 1-comercio, 0-no trabaja. Con los datos obtenidos se calculó el cociente a partir del valor mayor.

Figura 3.3 Distribución empírica para edad, exponencial 2 parámetros

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{x-\gamma}{\lambda}}}{\lambda}$$



La experiencia en Ingeniería de Calidad se codificó considerando 0-sin experiencia, 1-hasta cuatro años, 2-más de cinco años. Los estudios posteriores se codificaron en base al tiempo, en años, que requerirían en caso de realizarse, de la siguiente manera: 0-no desea continuar estudios después de la maestría, 1-diplomados, 2-maestría, 3-doctorado.

Tabla 3-4 Codificación de las variables primer muestreo.

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Codificación.</i>
x_1	Género	Sin codificación.
x_2	Edad	Probabilidad exponencial equivalente 0-1
x_3	Profesión	Sin codificación.
x_4	Trabajo	0-1
x_5	Experiencia	0-1
x_6	Estudios subsecuentes	0-1
x_7	Materias	Sin codificación.

Tabla 3-5 Variables seleccionadas para el segundo muestreo.

<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Preguntas</i>	<i>“Constructs”</i>	<i>$\alpha_{Cronbach}$</i>
y_{DM}	Respuesta.	5, 9, 13 y 16	Enfoque altamente motivado.	0.7129
y_{SS}	Respuesta.	8 y 19	Enfoque estratégico superficial.	0.6910
x_{LS}	Factor intrínseco.	1 y 17 Activo-Reflexivo. 10 y 14 Sensorial-Intuitivo. 11 y 15 Visual-Verbal. 21 y 24 Secuencial Global.	Estilos de aprendizaje.	N/A Individual y se evalúa por pares del reactivo.
t_{Par1}	Factor contextual	2	Participación en la definición del curso	N/A Individual
t_{Par2}	Factor contextual	7	Método que motiva la participación	N/A Individual
t_{Apli}	Factor contextual	3 y 6	Aplicación inmediata	0.7716
t_{Obj}	Factor contextual	20 y 22	Objetivos de aprendizaje claros.	0.8290
t_{Eval}	Factor contextual	4, 18 y 23	Evaluaciones congruentes	0.7858

Tabla 3-6 Vista parcial de datos codificados.

Edad	Exp	Est	cDA	cSA	pDA	pSA	cObj	cEv	cCare	cWL	cEnv	cPart	pObj	pEv
0.049385	1.00	0.67	0.88	0.70	0.78	0.68	1.00	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.20
0.028077	0.00	0.67	0.84	0.90	0.82	0.84	1.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60
0.184433	0.50	0.33	0.46	0.64	0.82	0.34	0.40	0.20	0.40	0.60	0.60	0.53	1.00	1.00
0.126573	0.50	1.00	0.70	0.62	0.84	0.34	0.80	0.40	0.80	0.20	0.40	0.53	1.00	0.80
0.126573	0.50	1.00	0.78	0.56	0.98	0.48	0.80	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	1.00	1.00
0.152788	0.00	0.33	0.72	0.48	0.76	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.006228	0.00	0.67	0.72	0.50	0.76	0.56	0.60	0.80	0.60	0.80	0.60	0.60	0.80	0.80
0.071960	1.00	1.00	0.94	0.54	0.92	0.56	1.00	1.00	1.00	0.60	0.80	0.93	1.00	1.00
0.071960	0.50	0.33	0.66	0.72	1.00	0.54	0.20	0.40	0.80	0.20	1.00	0.80	1.00	1.00
0.126573	0.50	0.33	0.84	0.52	0.98	0.28	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00
0.086864	0.00	0.33	0.62	0.60	0.74	0.54	0.60	0.80	0.40	0.80	0.60	0.67	0.80	0.80
0.049385	0.50	0.33	0.68	0.64	0.82	0.82	0.40	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.60	0.80
0.184433	0.50	1.00	0.90	0.52	0.90	0.54	0.80	0.60	0.60	0.80	0.80	0.87	0.80	0.60
0.023259	1.00	1.00	0.76	0.44	0.82	0.44	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.104855	0.00	0.33	0.70	0.60	0.82	0.54	0.80	0.80	0.20	0.20	0.60	0.27	0.40	0.80
0.009075	1.00	1.00	0.66	0.64	0.78	0.72	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.60	0.60
0.015962	0.50	1.00	0.68	0.70	0.68	0.70	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.005159	0.50	0.33	0.80	0.54	0.84	0.56	0.80	0.80	0.20	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.071960	0.50	1.00	0.72	0.36	0.96	0.32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.104855	0.50	1.00	0.78	0.88	0.96	0.50	0.60	1.00	0.80	0.60	0.60	0.73	1.00	1.00

Los factores de proceso t_i se codificaron con escala de Likert y luego se calculó el cociente respecto del valor mayor, obteniendo también variables en escala de 0-1. La Tabla 3.6 muestra una vista parcial de los datos codificados, la matriz completa obtenida presentó 21 columnas y 45 renglones con 90 observaciones netas en total.

3.5.2 Métodos estadísticos

1. Se verificó la normalidad de los datos de respuesta para ambos muestreos mediante run chart con grupos de uno y pruebas de normalidad Ryan Joiner. Los p-values obtenidos para las pruebas se muestran en la Tabla 3.7. Los datos son normales.

Figura 3.4 Histograma para respuesta DM.

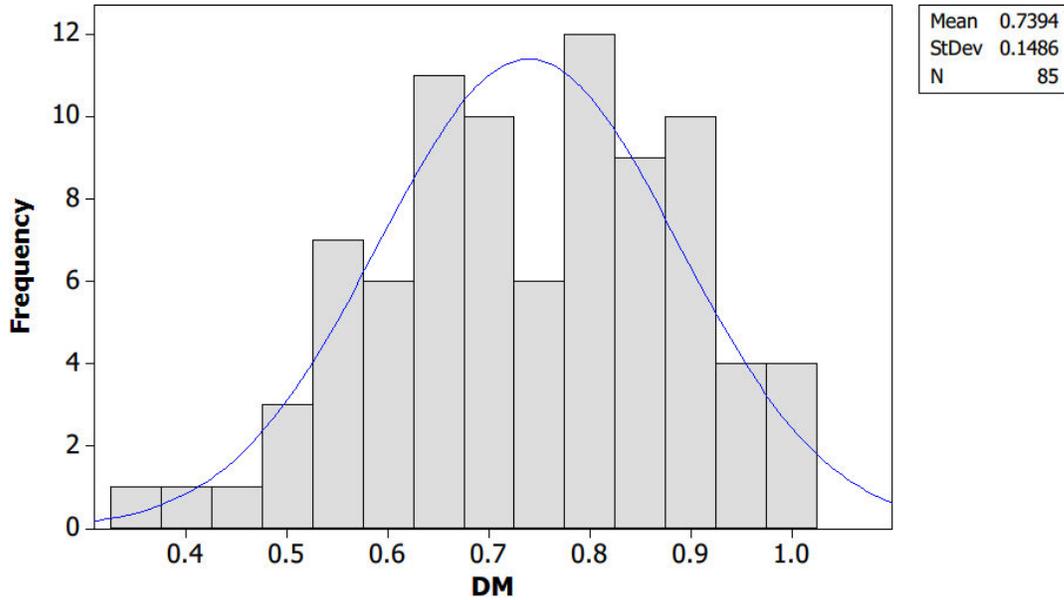


Tabla 3-7: p-values de las pruebas de hipótesis de condiciones no normales para variables de respuesta de 1ra y 2da aplicaciones.

Pruebas	DM-1	SS-1	DM-2	SS-2
Clusters	0.265	0.323	0.250	0.86
Mixtures	0.735	0.677	0.75	0.134
Trends	0.309	0.594	0.299	0.943
Oscillations	0.691	0.406	0.701	0.057
Ryan-Joiner	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100

- Se calculó el poder de la prueba y el ANOVA de una vía para probar las diferencias significativas entre los cursos seleccionados como complejos y los seleccionados como preferentes. Los resultados se muestran en la Tabla 3.8. Los resultados muestran que el enfoque motivado profundo tuvo un cambio significativo en materias preferentes y complejas. El enfoque estratégico superficial no tuvo cambio significativo.

Tabla 3-8: ANOVA y poder para y_i .

Parámetro	DM-1	SS-1	DM-2	SS-2
Promedio (C)	0.7313	0.6304	0.6830	0.2727
Promedio (P)	0.8165	0.5779	0.8000	0.2415
Diferencia	0.0852	0.053	0.117	0.0312
Muestra	46	46	44	44
S.D.	0.1279	0.1488	0.1373	0.1186

Poder	0.885025	0.393712	0.976812	0.230442
p-value ANOVA	0.002	0.091	0.000	0.228

3. Se evaluó la correlación de los factores x_i, t_i con el enfoque motivado profundo como respuesta y regresión step-wise, con $\alpha = 0.1$. La Tabla 3-9 muestra los resultados. La respuesta y_{DM} -Enfoque altamente motivado, presentó una correlación de 64.08 con x_i analizados y una ecuación de transferencia con coeficientes significativos. Las x_i son: Interacción entre objetivos, participación y evaluación, estilos de aprendizaje intuitivo, verbal y sensorial, así como la experiencia en calidad. El estilo de aprendizaje intuitivo tuvo coeficiente casi del doble de todos los demás factores.

Tabla 3-9 Resumen de regresión stepwise para y_i

Step	1	2	3	Step	1	2	3	4	5
Constant	0.4831	0.3780	0.4036	Constant	0.3764	0.2795	0.2248	0.2033	0.2322
Obj	0.365	0.282	0.323	Int	0.465	0.325	0.275	0.274	0.244
T-Value	6.30	4.63	5.32	T-Value	7.98	5.58	4.70	4.74	4.15
P-Value	0.000	0.000	0.000	P-Value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Part		0.215	0.358	Ver		0.267	0.184	0.196	0.170
T-Value		3.22	4.31	T-Value		5.06	3.14	3.38	2.90
P-Value		0.002	0.000	P-Value		0.000	0.002	0.001	0.005
Env			-0.208	Sens			0.196	0.189	0.160
T-Value			-2.73	T-Value			2.79	2.74	2.31
P-Value			0.008	P-Value			0.006	0.008	0.024
S	0.112	0.107	0.103	%Exp				0.105	0.113
R-Sq	30.61	37.86	42.71	T-Value				1.86	2.03
R-Sq(adj)	29.84	36.47	40.76	P-Value				0.067	0.045
Mallows Cp	16.5	7.6	2.3	Obj**					0.100
				T-Value					1.99
				P-Value					0.050
				S	0.112	0.0988	0.0949	0.0935	0.0919
				R-Sq	43.40	56.85	60.65	62.28	64.08
				R-Sq(adj)	42.72	55.80	59.19	60.39	61.81

Primera muestra

Segunda muestra

4. En la primera evaluación, las variables categóricas se analizaron usando ANOVA. Se evaluó el efecto del género, la carrera y las materias sobre y_i . Los resultados se presentan en la Tabla 3-10. Solo el

factor materia resultó significativo, sobre la selección de enfoques profundos, y_{DA} y sus componentes y_{DS} y y_{DM} . Las diferentes materias seleccionadas por los encuestados representan el 44.54% de la variación observada en la selección del enfoque profundo motivado y_{DM} .

Tabla 3-10 Resumen de ANOVA para Género, Carrera y Materia.

Source		DF	SS	Adj SS	Adj MS	F	P		DF	SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Género	DM	1	0.00091	0.00587	0.00587	0.47	0.497	SM	1	0.00053	0.00237	0.00237	0.09	0.762
Carrera		1	0.00477	0.00923	0.00923	0.73	0.396		1	0.04935	0.03833	0.03833	1.50	0.225
Materia		17	0.72466	0.72466	0.04263	3.37	0.000		17	0.58557	0.58557	0.03445	1.34	0.192
Error		72	0.90945	0.90945	0.01263				72	1.84552	1.84552	0.02563		
Total		91	1.63979						91	2.48097				
Género	DS	1	0.02083	0.01755	0.01755	1.35	0.248	SS	1	0.00118	0.03339	0.03339	1.59	0.212
Carrera		1	0.01939	0.01498	0.01498	1.16	0.286		1	0.00003	0.00177	0.00177	0.08	0.772
Materia		17	0.44073	0.44073	0.02593	2.00	0.022		17	0.54125	0.54125	0.03184	1.51	0.115
Error		72	0.93322	0.93322	0.01296				72	1.51533	1.51533	0.02105		
Total		91	1.41417						91	2.05779				
Género	DA	1	0.00762	0.00078	0.00078	0.07	0.793	SA	1	0.00003	0.01339	0.01339	0.67	0.417
Carrera		1	0.01085	0.01193	0.01193	1.06	0.306		1	0.01295	0.0059	0.0059	0.29	0.589
Materia		17	0.54542	0.54542	0.03208	2.85	0.001		17	0.45351	0.45351	0.02668	1.33	0.200
Error		72	0.80913	0.80913	0.01124				72	1.44427	1.44427	0.02006		
Total		91	1.37302						91	1.91076				

- Los factores significativos en el primer muestreo fueron: Objetivos, participación y ambiente, como variables continuas, y las materias en las variables categóricas, con este conocimiento se preparó un ANOVA incluyéndolas todas, pero considerando los tres factores que son variables continuas como covarianzas. En el mismo análisis se generaron los coeficientes de la función de transferencia. El resultado del análisis de varianza se muestra en la Tabla 3.11. Se confirma la significancia de los factores seleccionados en las etapas anteriores.

Tabla 3-11 ANOVA de factores significativos respecto de y_{DM}

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Obj	1	0.50201	0.17859	0.17859	19.86	0.000
Part	1	0.11888	0.09076	0.09076	10.09	0.002
Env	1	0.07944	0.06150	0.06150	6.84	0.011
Materia	17	0.30090	0.30090	0.01770	1.97	0.025
Error	71	0.63856	0.63856	0.00899		
Total	91	1.63979				

Tabla 3-12 Función de transferencia general.

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.49216	0.06583	7.48	0.000
Obj	0.31232	0.07009	4.46	0.000
Part	0.27135	0.08542	3.18	0.002
Env	-0.21105	0.08071	-2.62	0.011
Materia				
AEC	-0.09136	0.06524	-1.40	0.166
C	-0.09513	0.04277	-2.22	0.029
CEP	0.05610	0.03606	1.56	0.124
CO	-0.04778	0.03162	-1.51	0.135
DDE	0.09056	0.06979	1.30	0.199
DR	-0.06293	0.05491	-1.15	0.256
ESM	0.12234	0.06638	1.84	0.069
GA	0.12975	0.09063	1.43	0.157
LC	-0.03605	0.04943	-0.73	0.468
ME	-0.00762	0.02890	-0.26	0.793
Met	0.02017	0.04921	0.41	0.683
OS	-0.00719	0.03081	-0.23	0.816
OSII	-0.03435	0.04058	-0.85	0.400
SAM	0.08699	0.09425	0.92	0.359
SGC	-0.00534	0.03145	-0.17	0.866
ST1	-0.30588	0.09642	-3.17	0.002
TCOC	0.07440	0.06809	1.09	0.278

6. La Tabla 3-12 muestra los coeficientes de la función de transferencia general, así como su significancia. Se confirmó que los factores de mayor impacto en el primer muestreo fueron:

t_1 -Objetivos de aprendizaje específicos.

t_5 -Ambiente de trabajo que favorece las relaciones.

t_6 -Métodos de enseñanza participativos.

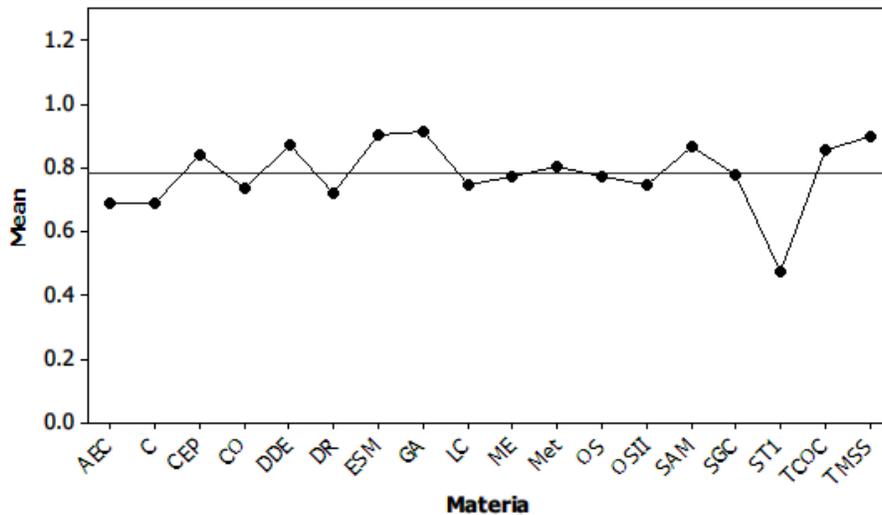
t_7 -Contenido de las materias.

- a. El efecto conjunto de materias es significativo, pero los coeficientes particulares de la ecuación muestran que solo impactan Seminario de Tesis I, con $Coef = -0.30588$ y Confiabilidad con $Coef = -0.09513$.

En la figura 4 se muestran los efectos estandarizados de las materias sobre y_{DM} . Las dos materias significativas presentaron un efecto de $\bar{y}_{DM} = 0.476331$ y $\bar{y}_{DM} = 0.687082$, respectivamente.

- b. Los coeficientes de correlación de la función fueron $R^2 = 61.06\%$, $R^2_{Adj.} = 50.09\%$ y $S = 0.0948353$.

Figura 3.5 Gráfica de efectos estandarizados del factor Materias sobre y_{DM} .



7. La función de transferencia en el segundo muestreo queda expresada por la ecuación 3.2. Los factores demográficos x_i no resultaron significativos, ni tampoco los efectos de las diferentes materias. La función de transferencia explica 64.08% de la variación del experimento.

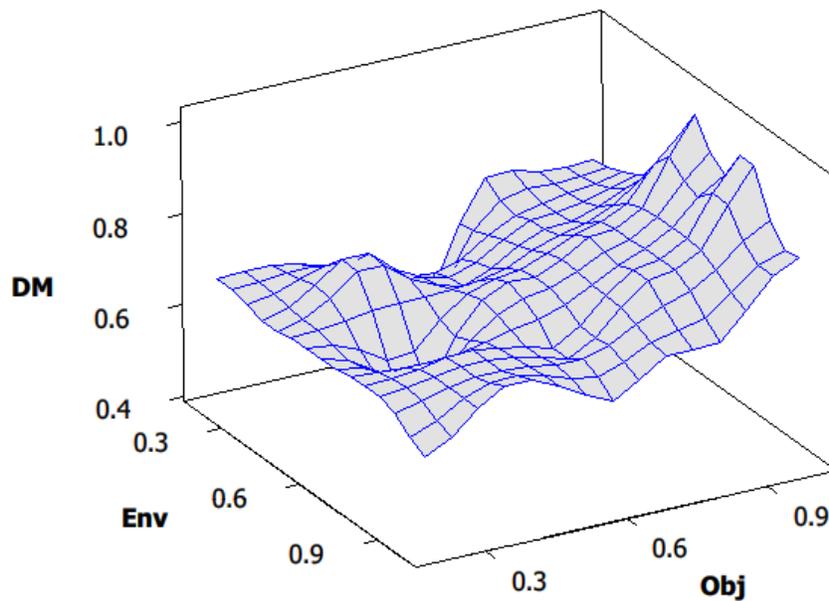
Ecuación 3.2 Función de transferencia del gemba educativo en la M.I.C.

$$y_{DM} = 0.2322 + 0.244 \text{Int} + 0.17\text{Ver} + 0.16\text{Sens} + 0.113\text{Exp} + 0.1\text{Obj} + \varepsilon$$

8. Se verificó el factor $-0.30588t_{7(ST1)}$ en la ecuación 3.3 mediante un análisis de las encuestas de los alumnos inscritos en Seminario de Tesis I combinado con la aplicación del cuestionario de índices de

aprendizaje. Se empleó un cuestionario traducido, revisado y adaptado de Felder y Silverman (1988) que se incluye en el anexo C. Se obtuvieron datos sobre los estilos de aprendizaje mencionados en la sección 1.1: Activo, reflexivo, sensorial, intuitivo, visual, verbal, secuencial y global. Estas ocho variables se codificaron y relacionaron con las x_i , t_i y y_i de los alumnos en ese grupo para discriminar si el bajo índice y_{DM} correspondió solo al efecto de los factores x_i y t_i mediante una regresión step-wise y un análisis de varianza.

Figura 3.6 Superficie de respuesta y_{DM} para t_1 – *Objetivos* y t_5 – *Ambiente*.



9. La Tabla 3.13 muestra los resultados de la regresión para las variables codificadas x_i , t_i , y_i y los ocho índices de los estilos de aprendizaje obtenidos para los alumnos del Seminario de Tesis I. Los factores significativos para y_{DM} fueron: El estilo de aprendizaje visual, la experiencia, los métodos de enseñanza participativos y los criterios de evaluación.

10. Los factores categóricos materia y género se evaluaron mediante un análisis de varianza que se presenta en la Tabla 3-14. Ninguno resultó significativo.

Tabla 3-13 Regresión stepwise para y_{DM} en el Seminario de Tesis I

Step	1	2	3	4
Constant	0.356	0.0872	-0.13637	-0.45106
Evaluación	0.4	0.59	0.6	0.39
T-Value	1.64	2.65	3.22	3.6
P-Value	0.14	0.033	0.018	0.016
Experiencia		0.38	0.7	0.75
T-Value		2.1	3.21	6.55
P-Value		0.073	0.018	0.001
Visual			0.47	0.78
T-Value			2.02	5.46
P-Value			0.09	0.003
Participación				0.51
T-Value				4.14
P-Value				0.009
S	0.154	0.129	0.108	0.056
R-Sq	25.17	54.17	72.72	93.84
R-Sq(adj)	15.82	41.08	59.09	88.91
PRESS	0.296496	0.225123	0.227937	0.089514
R-Sq(pred)	0	11.45	10.35	64.79

Tabla 3-14 ANOVA para materias y género sobre y_{DM} en Seminario de Tesis I

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Materia	8	0.25344	0.25344	0.03168	39.6	0.122
Error	1	0.0008	0.0008	0.0008		
Total	9	0.25424				
Género	1	0.00171	0.00171	0.00171	0.05	0.822
Error	8	0.25253	0.25253	0.03157		
Total	9	0.25424				

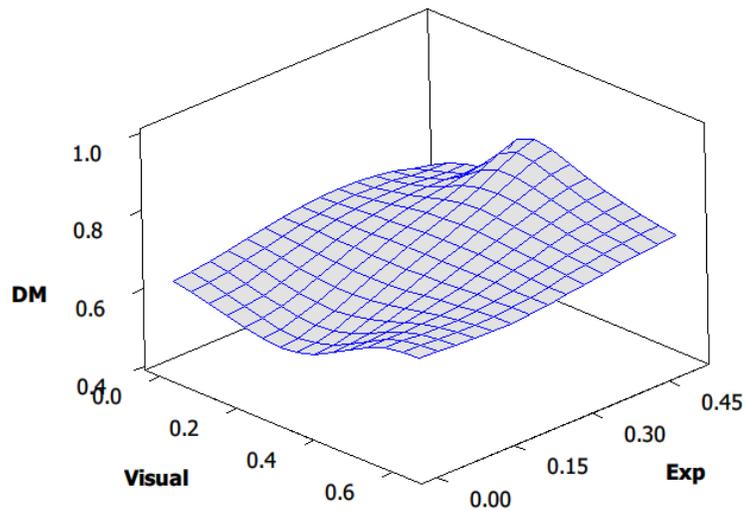
11. La ecuación de transferencia para el grupo de alumnos en Seminario de Tesis I resultó como se indica en la ecuación 3.3. De los factores de la ecuación de transferencia general se presenta t_6 .

Ecuación 3.3 Función de transferencia específica para Seminario de Tesis I.

$$y_{DM} = -0.45 + 0.75x_5 + 0.5t_6 + 0.4t_2 + 0.8x_{Visual}$$

12. La superficie de respuesta para este subgrupo de unidades experimentales queda como se muestra en la figura 3.7. Se observa que el nivel más alto de respuesta corresponde a una preferencia moderada por el estilo de aprendizaje visual y mayor experiencia. Mientras que para personas sin experiencia una alta preferencia por el estilo visual produce mayor enfoque motivado profundo.

Figura 3.7 Superficie de respuesta y_{DM} respecto estilo de aprendizaje visual y experiencia en Ingeniería o Gestión de Calidad.



13. La combinación de la preferencia por el estilo visual y el uso de métodos participativos se ilustra en la figura 3.8. El comportamiento es similar a la interacción de la preferencia por el estilo visual y la experiencia, pero es mucho mayor la sensibilidad de la primera. Sin embargo en general el desarrollo de un enfoque de estudio altamente motivado se da con la mayor participación de los estudiantes.
14. La relación entre la preferencia por el estilo de aprendizaje visual con las evaluaciones se presenta en la figura 3.9. Se observa que quienes presentan preferencia alta por el estilo de aprendizaje visual son más sensibles a la consistencia de las evaluaciones con los objetivos de aprendizaje.

15. De los factores controlables t_2 y t_6 los dos presentan mayor efecto en el desarrollo de un enfoque motivado profundo cuando están presentes en mayor grado.
16. En la figura 3.5 se observa que la mejor respuesta de y_{DM} corresponde a la región con alta interacción entre objetivos, participación y evaluación, en el segundo muestreo.
17. En la figura 3.6 y_{DM} no muestra claro efecto de los aspectos experimentales del proceso de enseñanza.

Figura 3.8 Superficie de respuesta y_{DM} respecto de factores extrínsecos.

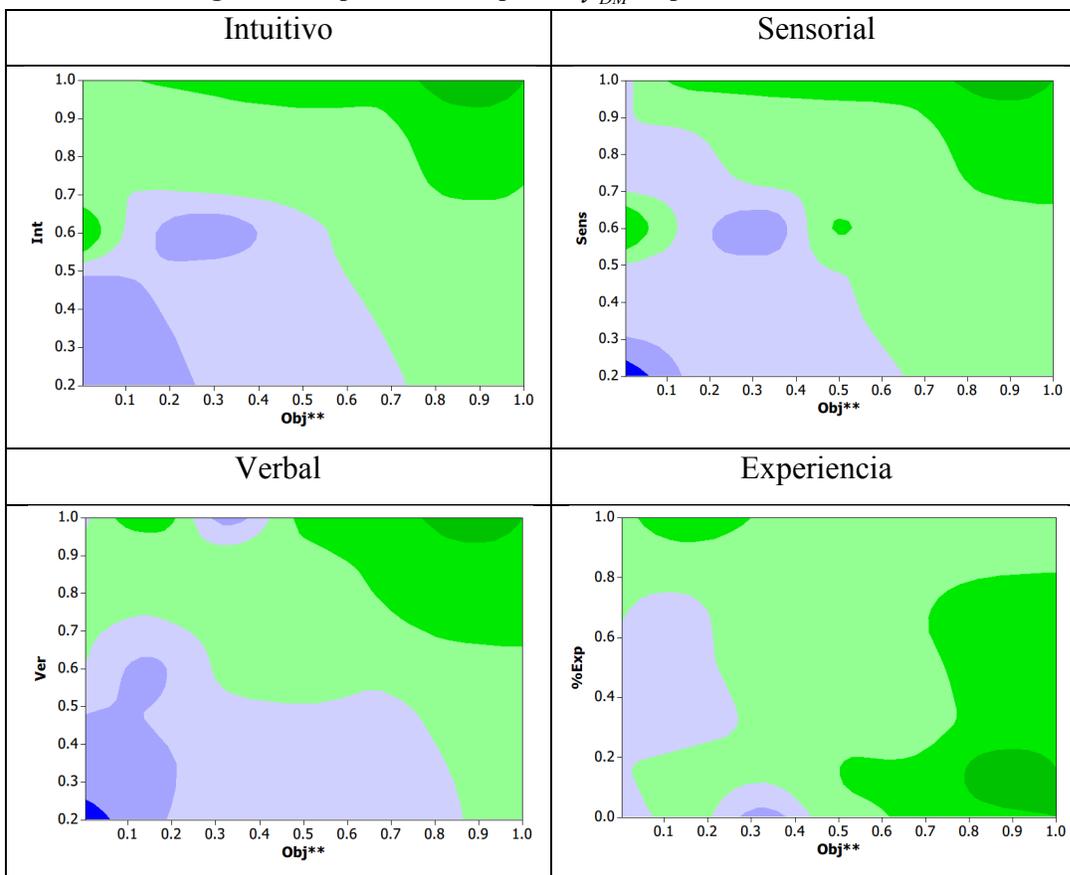
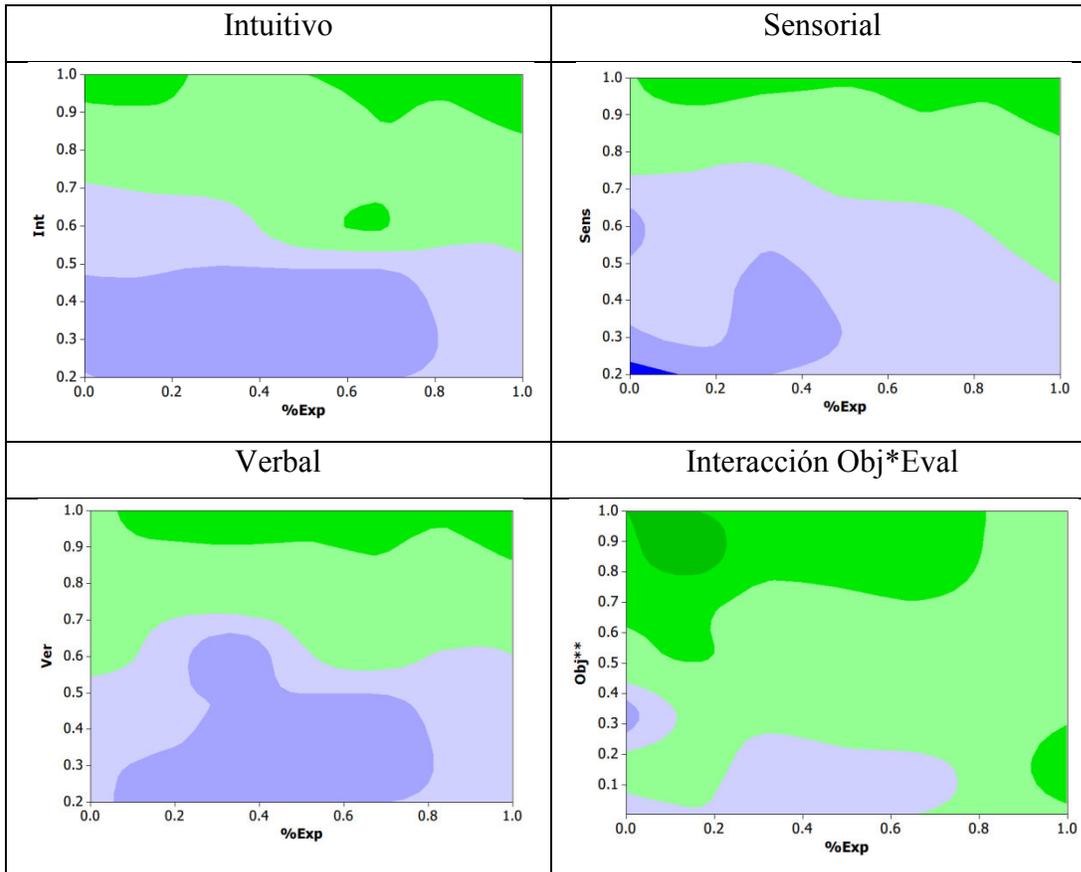


Figura 3.9 Superficie de respuesta y_{DM} respecto de aspectos experimentales.



4. RESULTADOS Y DISCUSION:

Se lograron tres resultados principales: Primero, comprobar que los paradigmas educativos en la educación en ingeniería son aplicables a nuestro entorno, pueden ser medidos y diferenciados en su nivel de significancia. Segundo, el desarrollo de un instrumento compuesto, derivado a partir de la literatura revisada y basado en las teorías más ampliamente aceptadas del estado del arte de la I.E.I. y que puede aplicarse en otros programas para fines de medición y mejoramiento, ver Apéndice D: Evaluación Combinada. Tercero, la ecuación de transferencia particular del programa que sugiere que puede mejorarse en el manejo de objetivos, participación y evaluaciones y en el uso de enseñanza de tipo experimental, ver Ecuación 3.2. Con estos tres resultados se demostró que fue posible implementar un modelo para medir y determinar los factores significativos para el desempeño de la Maestría en Ingeniería de Calidad, probando la hipótesis de la tesis. Se logró el objetivo de implementar este modelo y además se identificaron dos líneas de mejoramiento del programa.

Hay tres paradigmas de la educación que permitieron el desarrollo de esta investigación: el de la adquisición de información, el de integración a una comunidad de práctica y el de los factores intrínsecos a los estudiantes. Implementando los dos primeros en el modelo se logró un $R^2 = 0.4271$, implementando los tres se logró un $R^2 = 0.6408$. La ecuación de transferencia final incluyó cinco factores significativos: La interacción entre objetivos, participación y evaluación que se relacionan con los dos primeros paradigmas; la experiencia y el grado en que lo aprendido se puede aplicar en corto plazo, que tiene relación principalmente con el paradigma de la integración a una comunidad de práctica; tres estilos de aprendizaje que tienen relación con el tercer paradigma educativo, la importancia de los factores intrínsecos a los estudiantes. El primer resultado es haber comprobado que los tres paradigmas educativos vigentes en la educación en ingeniería son pertinentes y pueden medirse.

El primer muestreo realizado en Mayo de 2010 permitió conocer el comportamiento de la población, obteniendo información sobre las variables relevantes, con esto se desarrolló un cuestionario propio que incluyó los enfoques de estudio, los estilos de aprendizaje y los factores extrínsecos de experiencia, objetivos, participación y

evaluación. La segunda aplicación permitió comprobar la confiabilidad interna de sus reactivos compuestos obteniendo $\alpha_{Cronbach} \in \{0.691, 0.829\}$. Esta herramienta es una de las principales aportaciones de la tesis ya que es un método eficiente de conocer una gama completa de respuestas y factores del proceso de aprendizaje. El instrumento cubre aspectos de la educación como adquisición de información, de la educación como participación en una comunidad de práctica y de los factores intrínsecos de los estudiantes (Felder & Soloman 1991; Biggs et al. 2001; Case 2008; Johri 2010). La evaluación requiere mejoras en los reactivos de objetivos, participación y evaluación, ya que se aprendió en la investigación que lo significativo es la interacción de los tres elementos. Será conveniente preparar reactivos que valoren las interacciones entre estos elementos que reflejen los seis principios teóricos expuestos por Case, manteniendo la medición de factores intrínsecos mediante estilos de aprendizaje y la respuesta con enfoques de estudio motivado profundo y superficial estratégico (Felder & Soloman 1991; Biggs et al. 2001; Case & Marshall 2004; Case 2008). La evaluación desarrollada se muestra en el Apéndice D.

El enfoque motivado profundo fue significativo respecto de las materias seleccionadas como preferentes y complejas, ver Tabla 3.8. El resultado es consistente con la teoría de los enfoques de estudio, ya que el enfoque estratégico superficial depende de motivaciones de corto plazo y no corresponde a cambios profundos en el individuo por mayor involucramiento con lo que se aprende (Biggs et al. 2001; Case & Marshall 2004; Furnham et al. 2008). El enfoque de estudio motivado profundo fue sensible a la percepción de los estudiantes respecto del proceso desplegado para enseñar, siendo una medida del desempeño del proceso educativo. A partir de este hecho se hizo todo el análisis usando el enfoque motivado profundo como respuesta.

Al aplicar la evaluación se identificaron como significativos los estilos de aprendizaje sensorial, intuitivo y verbal. El resultado sugiere que los contenidos de la disciplina son sensibles a toda la gama de modos de percepción del entorno. La dupla sensorial-intuitivo está basado en la teoría de Jung de los tipos psicológicos; sensorial es el proceso de adquirir datos a través de los sentidos, intuitivo es la comprensión de la realidad a través del razonamiento y los procesos internos (Felder & Silverman 1988). Verbal, o auditivo, es la persona que prefiere obtener información escuchando o leyendo,

en contraste con quien prefiere los diagramas, las figuras, los planos y en general lo visual. El resultado sugiere que los contenidos de las materias de la Maestría y las maneras en que se presentan son sensibles a este modo preferente de conocer la realidad. En general el resultado de los estilos de aprendizaje a los cuales los métodos que predominan y que los alumnos prefieren indican que el ajuste entre estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza es favorable. De cualquier manera el resultado requiere la precaución del tamaño limitado de la muestra, que la formación predominante de los participantes es técnica y que el segmento de la población está estratificado por la naturaleza del programa (Cochran 1977; Lohr 1999). Por lo anterior se requiere una muestra más amplia y más diversa para que este hallazgo pudiera llevarse a una conclusión.

De los factores extrínsecos resultó significativa la experiencia previa en ingeniería o gestión de la calidad, así como la aplicación inmediata de los conocimientos y habilidades a las actividades y responsabilidades actuales de los participantes. Es importante notar que el coeficiente de este factor de 0.113 en la ecuación de transferencia es menor que cualquiera de los estilos de aprendizaje. Ya que se trata de un programa profesionalizante pudiera pensarse que era esperado el resultado, sin embargo en un análisis más profundo esto tiene relación con el enfoque de entender la educación como participación en una comunidad de práctica, pero ya que la muestra no tuvo diversidad sería necesario compararlo con aplicaciones del instrumento en disciplinas científicas, como por ejemplo la Maestría en Ciencias de la misma Facultad de Ingeniería. Por el momento resulta importante saber que este factor debe ser valuado y los reactivos relativos podrían ser enfocados a los tres principales aspectos de la educación como participación que son integración a la comunidad de práctica, identidad y discurso (Case 2008). Este factor junto con el estilo de aprendizaje sensorial indican una tendencia de la comunidad muestreada a desarrollar más actividades prácticas, juntos los factores tendrían un impacto de 0.273 mayor a cualquier otro factor significativo de la ecuación de transferencia, e incluso mayor que la constante. Así que una interpretación del hallazgo sería el proveer más oportunidades de este tipo a través de laboratorios en complemento, o en vez, de clases magistrales, lo cual es oportuno en todas las materias de estadística, como métodos estadísticos, control estadístico de procesos, diseño de

experimentos y confiabilidad. También la materia de mejoramiento y técnicas de manufactura se beneficiarían con un laboratorio de manufactura contemporánea.

Es interesante notar que las gráficas de contorno de enfoque de estudio motivado profundo, respecto de los estilos de aprendizaje significativos dependen más de estos que del factor de aspectos experimentales. Esto sugiere que este factor pudiera ser del tipo higiénico y no motivador en términos de Hertzberg (Katt & Condly 2009). Sin embargo lo limitado de la muestra y la escasa diversidad impide alguna conclusión al respecto. Sería necesario implementar reactivos que permitan medir los aspectos de la teoría de Hertzberg, que resulta interesante ya que sería una cuarta línea teórica de este tipo de investigación.

Por último la ecuación de transferencia integró como factor significativo la interacción de objetivos, participación y evaluación. Esta interacción se refiere a los métodos de enseñanza. Es importante notar que el coeficiente de este factor fue el menor de todos los significativos. Se podría interpretar que los elementos de práctica y la propia motivación de los estudiantes favorece un buen desempeño independientemente de los métodos usados, lo cual corresponde a la observación empírica de los grupos del programa. Sin embargo también debe considerarse que al mejorar esta sinergia o interacción de los tres factores metodológicos se coadyuva el desempeño de los estudiantes. Una estrategia posible sería emplear el modelo de portafolios de aprendizaje, que son documentos que integran una autoevaluación del estudiante al inicio del programa, respecto de los objetivos del mismo, cuyo resultado identifica brechas de aprendizaje que sirven de base para definir objetivos personales de aprendizaje y un plan que se integra al trabajo del grupo y la estrategia de enseñanza general del facilitador (Cunha, Afonso, & Figueiredo 2004).

Es importante señalar que tanto el instrumento como la ecuación de transferencia requieren más datos. Para la encuesta un número mayor de aplicaciones permitirá confirmar la confiabilidad interna de los reactivos, así como la sensibilidad de la medición obtenida. La ecuación de transferencia particular del programa de Maestría debe confirmarse en su tendencia con aplicaciones sistemáticas a lo largo de un período que al menos cubra dos generaciones del mismo. Finalmente el uso de la encuesta en otros programas permitirá generalizar su aplicación como un instrumento de medición.

La tendencia de la I.E.I. es hacia mayores niveles de rigor científico. Esto implica al menos tres aspectos: Primero que las preguntas de investigación y los métodos aceptados deben ser consensados, segundo que el establecimiento de teorías es una prioridad de la disciplina y tercero que cada vez mas instituciones educativas especializadas en ingeniería deberían abrir líneas de investigación en este campo particular. La ingeniería está en un proceso de evolución como el descrito por Khun para lo cual será necesario el acompañamiento de la investigación en sus procesos educativos tal que se mantenga su integridad como disciplina (Kuhn 1996).

LITERATURA CITADA

- Biggs, J., Kember, D. & Leung, D.Y. (2001) The Revised Two-Factor Study Process Questionnaire: R-Spq-2f. *British Journal of Educational Psychology*, **71**, 133–149.
- Borrego, M., Douglas, E.P. & Amelink, C.T. (2009) Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, **98**, 53–66.
- Borrego, M., Froyd, J. & Hall, S. (2010) Diffusion of Engineering Education Innovations: A Survey of Awareness and Adoption Rates in U.S. Engineering Departments. *Journal of Engineering Education*, **99**, 185-207.
- Box, G.E. & Draper, N.R. (1987) *Empirical Model-Building and Response Surfaces*.
- Bransford, J. & National Research Council (U.S.). (1999) *How People Learn: Bridging Research and Practice*. National Academy Press, Washington DC.
- Case, J. & Marshall, D. (2004) Between Deep and Surface: Procedural Approaches to Learning in Engineering Education Contexts. *Studies in Higher Education*, **29**, 605–615.
- Case, J. (2008) *Education Theories on Learning: An Informal Guide for the Engineering Education Scholar*. Higher Education Academy Engineering Subject Centre.
- Cavanagh, R. (2009) Measurement Issues in the Use of Rating Scale Instruments in Learning Environment Research. *AARE National Conference: 2007, Fremantle*
- Chatterjee, S. & Hadi, A.S. (2006) *Regression Analysis by Example*. John Wiley and Sons.
- Cochran, W.G. (1977) *Sampling Techniques, 3rd Edition*. Wiley.
- Cronbach, L.J. & Shavelson, R.J. (2004) My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. *Educational and Psychological Measurement*, **64**, 391-418.
- Cunha, P.R., Afonso, A.P. & Figueiredo, A.D. (2004) Alternative Assessment In Information Systems Engineering Education. *Proceedings of the International Conference on Engineering Education and Research (ICEER 2004), Olomouc, República Checa*
- Diseth, A. (2002) The Relationship Between Intelligence, Approaches to Learning and

- Academic Achievement. *Scandinavian Journal of Educational Research*, **46**, 219–230.
- Dobson, A.J. (2002) *An introduction to generalized linear models*. Chapman & Hall/CRC.
- Felder, R.M. & Brent, R. (2004) The Abc's of Engineering Education: Abet, Bloom's Taxonomy, Cooperative Learning, and so On. *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*
- Felder, R.M. & Brent, R. (2005) Understanding Student Differences. *Journal of Engineering Education*, **94**, 57–72.
- Felder, R.M., Sheppard, S.D. & Smith, K.A. (2005) A New Journal for a Field in Transition. *Journal of Engineering Education*, **94**, 7.
- Felder, R.M. & Silverman, L.K. (1988) Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, **78**, 674–681.
- Felder, R.M., Woods, D.R., Stice, J.E. & Rugarcia, A. (2000) The Future of Engineering Education. II. Teaching Methods That Work. *Chemical Engineering Education*, **34**, 26–39.
- Felder, R.M. & Soloman, B.A. (1991) Index of Learning Styles.
- Furnham, A., Swami, V., Arteché, A. & Chamorro-Premuzic, T. (2008) Cognitive ability, learning approaches and personality correlates of general knowledge. *Educational Psychology*, **28**, 427-437.
- Holvikivi, J. (2007) Learning styles in engineering education: the quest to improve didactic practices. *European Journal of Engineering Education*, **32**, 401.
- Johri, A. (2010) Creating Theoretical Insights in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, **99**, 183-184.
- Karapetrovic, S. (2002) Why and how to develop a meaningful quality assurance system in engineering schools. *International Journal of Engineering Education*, **18**, 285–294.
- Katt, J.A. & Condly, S.J. (2009) A Preliminary Study of Classroom Motivators and Demotivators from a Motivation-hygiene Perspective. *Communication Education*, **58**, 213–234.
- Kirk Allen, Teri Reed-Rhoads, Robert A. Terry, Teri J. Murphy & Andrea D. Stone. (2008) Coefficient Alpha: An Engineer's Interpretation of Test Reliability. *Journal of Engineering Education*, **97**, 87-94.

- Kuhn, T.S. (1996) *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago press Chicago.
- Litzinger, T.A., Lee, S.H., Wise, J.C. & Felder, R.M. (2007) A Psychometric Study of the Index of Learning Styles. *Journal of Engineering Education*, **96**, 309.
- Lizzio, A., Wilson, K. & Simons, R. (2002) University Students' Perceptions of the Learning Environment and Academic Outcomes: implications for theory and practice. *Studies in Higher education*, **27**, 27–52.
- Lohmann, J.R. (2008) A Rising Global Discipline. *Journal of Engineering Education*, **97**, 227–228.
- Lohr, S. (1999) *Sampling: Design and Analysis*. Duxbury Press, Pacific Grove CA.
- McGourty, J., Sebastian, C. & Swart, W. (1997) Performance Measurement and Continuous Improvement of Undergraduate Engineering Education Systems. *Frontiers in Education Conference* pp. 1294–1301.
- Mills, J., Ayre, M., Hands, D. & Carden, P. (2005) Learning About Learning Styles: Can It Improve Engineering Education? *MountainRise*, **2**.
- Norman, G. (2010) Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. *Advances in Health Sciences Education*.
- Olds, B.M., Moskal, B.M. & Miller, R.L. (2005) Assessment in engineering education: Evolution, approaches and future collaborations. *Journal of Engineering Education*, **94**, 13–25.
- Prince, M., Felder, R.M. & Brent, R. (2007) Does Faculty Research Improve Undergraduate Teaching? an Analysis of Existing and Potential Synergies. *Journal of Engineering Education*, **96**, 283–294.
- Shavelson, R.J. & Towne, L. (2002) *Scientific Research in Education*. National Academies Press.
- Stice, J.E., Felder, R.M., Woods, D.R. & Rugarcia, A. (2000) The Future of Engineering Education. IV. Learning How to Teach. *Chemical Engineering Education*, **34**, 118–127.
- Streveler, R.A. & Smith, K. (2006) Conducting Rigorous Research in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, **95**, 103–105.
- Trigwell, K. & Prosser, M. (1991) Improving the Quality of Student Learning: The Influence of Learning Context and Student Approaches to Learning on Learning

Outcomes. *Higher education*, **22**, 251–266.

Wonnacott, T. (1986) *Regression, a Second Course in Statistics*. R.E. Krieger Pub. Co., Malabar Fla.

Zywno, M.S. (2003) A Contribution to Validation of Score Meaning for Felder-Soloman's Index of Learning Styles. *Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*

Apéndice A: Encuesta

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Calidad
Cuestionario de Procesos de Estudio Revisado.
Adaptado, traducido y ampliado de Biggs, J., et al. (2001)

El propósito de este cuestionario es evaluar la manera en que prefieres estudiar, esta depende de lo que se adapte mejor a tu propio estilo, a tus actividades y al curso o materia, por eso no te preocupes por proyectar una buena imagen, los resultados son anónimos y confidenciales.

¡Gracias por tu cooperación!

A) Refiere tus generales marcando en los paréntesis la respuesta para género, edad, profesión, si trabajas actualmente, si tienes experiencia en Ingeniería o Gestión de la Calidad y si tienes planes de continuar estudios formales.

Género: () Masculino; () Femenino. Edad _____ Años.

Profesión: () Carreras diferentes de Ingeniería; () Ingeniería.

¿Trabajando?: () No; () Academia; () Comercio; () Industria; () Servicios.

Experiencia en Ingeniería/Gestión de Calidad: () No; () 1-4 Años; () >5 Años.

Continuar estudios después de la Maestría: () No; () Diplomados; () 2da Maestría; () Doctorado.

B) Contesta el cuestionario para dos materias que estés cursando en este cuatrimestre, selecciona primero el curso que te parezca más complejo, anota su nombre en la columna “COMPLEJO”; selecciona otro curso que te parezca sencillo, ó interesante y anótalo en la columna “PREFERIDO”.

Luego pon una marca en los corchetes indicando la letra que corresponda a lo que mejor describe tu caso personal para cada enunciado o afirmación, de acuerdo a la siguiente escala:

El enunciado o afirmación:

A- Nunca o raramente es verdad para mí.

B- A veces es verdad para mí.

C- Es verdad para mi en aproximadamente la mitad de las ocasiones.

- D- Es verdad para mí con frecuencia.
 E- Es verdad para mí siempre, o casi siempre.

#	(Indica el nombre de los cursos que evaluarás en las líneas provistas en cada columna.) Enunciados	Complejo: _____	Preferido: _____
1	Estudiar los temas del curso me dan una sensación de satisfacción personal.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
2	Me siento satisfecho cuando trabajo en un tema hasta lograr una conclusión propia.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
3	Por compromisos diversos tengo que hacer solo el trabajo necesario para pasar el curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
4	El contenido del curso debe apegarse al temario y objetivos planteados al inicio.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
5	Casi cualquier tema del curso es interesante una vez que profundizo en el mismo.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
6	Los nuevos temas me resultan interesantes e invierto tiempo para investigarlos.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
7	Cuando el curso no es interesante solo trabajo lo indispensable.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
8	Algunos temas debo aprenderlos de memoria, aunque no los entienda.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
9	Los temas del curso pueden ser tan interesantes como una película.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
10	Verifico mi comprensión de los temas clave hasta que considero que es completa.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
11	He comprobado que puedo pasar la mayoría de los exámenes memorizando secciones clave del curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
12	Generalmente estudio solamente lo que se indica de manera específica por el profesor.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
13	Trabajo fuerte en mis estudios porque encuentro el material interesante.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
14	Invierto mi tiempo libre investigando sobre temas interesantes de la clase.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
15	Estudiar en profundidad los temas me causa confusión, si lo visto en clase es suficiente.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
16	Los maestros no deberían esperar que los estudiantes inviertan demasiado tiempo en aprender material que no se evaluará.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
17	Normalmente llego a clase con preguntas en mente que deseo aclarar.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
18	Es importante estudiar todos los textos que se citan en la clase.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]

19	Considero que no hay razón para aprender material que no es probable que venga en el examen.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
20	La mejor manera de aprobar los exámenes es tratar de recordar respuestas de preguntas similares.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
21	Los objetivos de aprendizaje son claros, reflejan el material que se cubre en el curso y se presentan al principio del programa.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
22	Las evaluaciones o exámenes son congruentes con los objetivos y temas cubiertos.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
23	El profesor se asegura de que cada alumno entienda los contenidos y se mantenga al ritmo del grupo.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
24	La cantidad de material que se presenta y las demandas de trabajo requeridas son razonables y acordes a los objetivos y temas de la materia.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
25	El ambiente de trabajo y actividades del curso facilita la integración de los alumnos entre sí y con el maestro.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
26	La opinión de los alumnos es tomada en cuenta para determinar las actividades del curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
27	La metodología de enseñanza incluye elementos creativos y motiva la participación de los alumnos.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
28	Durante el curso la mayor parte del tiempo es el profesor el que está presentando material.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
29	Hay un balance entre teoría y práctica en el método de enseñanza empleado.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]

Comentarios:

Apéndice B: Comentarios libres.

Resumen de los comentarios clasificados por asuntos principales:

Asunto principal del comentario:	Frecuencia
Tiempo insuficiente para el contenido de la materia.	3
Evaluación de los maestros y su experiencia.	3
Observaciones sobre materias particulares.	2
El cuestionario.	2
Clases los sábados.	2
Tomar en cuenta al alumno.	2
Clases entre semana.	1
Tronco común, largo especialidad corta.	1
Tomar en cuenta el idioma Inglés.	1
Instalaciones y equipos en mal estado.	1

Trascripción literal de los comentarios:

1. Gracias, no se cual es la razón pero me da gusto que importe mi opinión.
2. Cuando a uno le gusta la materia es una motivación extra para estudiar.
3. Por cuestiones de tiempo no dedico el tiempo que considero necesario, me gustaría que propusieran los temas más apegados a ejemplos reales.
4. La materia “compleja”¹⁷ resulta como tal, ya que a mi parecer el maestro no ha sabido transmitir su conocimiento de manera adecuada. Tenemos solo 1 hora real de clase, pues siempre salimos temprano (por falta de material) y da mucho tiempo de descanso. Esto merma en la retención de información y en la falta de interés que la materia obtiene.
5. Algunos temarios son muy extensos ya que presentan bastante información para el tiempo del curso. El tronco común es muy largo, me gustaría que dividieran las especialidades desde antes para obtener un mejor panorama de la especialidad a cursar.
6. Los cursos y materias me parecen adecuadas pero me gustaría las clases los sábados ya que por el trabajo resulta pesado llegar a la hora.
7. Si me cuesta algo de trabajo invertir más tiempo.
8. Que nos brinden facilidades para cursar las materias en día sábado.
9. Creo que el temario de métodos estadísticos es muy largo y complejo para verlo en un solo cuatrimestre y es una materia, considero, por demás importante, por lo que me permito aconsejar llevarla en 2 cuatrimestres.
10. En el punto 22 aun no realizamos examen.
11. Tomé como compleja la materia de sistemas de gestión de la calidad ya que la profesora más que el conocimiento evalúa la memorización y no en si la comprensión de los temas vistos y no tiene claro los métodos de evaluación.

¹⁷ La materia compleja reportada en esta encuesta fue: Administración de la Calidad.

12. Es el primer cuatrimestre que tomo clases los sábados y la verdad no me siento cómodo porque le tengo que invertir más tiempo y descuido mucho otras actividades. Me gustaría que las clases fueran entre semana y se debería tomar más en cuenta el idioma Inglés. También sería bueno considerar a los maestros, no por tener maestría o mucha experiencia quiere decir que son buenos para dar clases.
13. Aunque se trata de temas que se han visto en la universidad se me hace poco el tiempo (4 meses) para abarcar los temas que dan en clase y por lo mismo nos quedamos con dudas y requerimos invertir más tiempo para estudiar.
14. Que en las materias que contienen más práctica, los profesores inviten a pasar al frente del pizarrón para resolver problemas.
15. En la maestría da un gran valor la trayectoria del catedrático y es más rica la clase cuando hay alumnos con experiencia.
16. Las instalaciones vienen a menos desde la limpieza del mobiliario hasta el estado de los cañones lo cual en muchas ocasiones impide que las clases se impartan en tiempo y forma.
17. Considera que la escala de respuesta A,B,C,D y E no es congruente con todas las preguntas, incluso puede llegar a confundir ya que se olvida fácilmente a que se refiere cada escala.
18. Estaría muy bien un cuestionario de evaluación de profesores ya que es importante la voz del estudiante del servicio que recibe.
19. Soy visitante pero es interesante para mí esta sesión. Me llama la atención estudiar la maestría.

Apéndice C: Cuestionario de Índices de Aprendizaje.

Cuestionario de Índice de Aprendizaje.

Traducido y adaptado de Felder y Silverman (1988)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Entiendo algo mejor después de que yo, <ol style="list-style-type: none"> a. Lo he intentado. b. Lo he pensado profundamente. 2. Prefiero ser considerado: <ol style="list-style-type: none"> a. Realista. b. Innovador. 3. Cuando pienso en lo que hice ayer, normalmente recuerdo, <ol style="list-style-type: none"> a. Imágenes. b. Palabras. 4. Tiendo a, <ol style="list-style-type: none"> a. Entender los detalles de un tema, pero a veces no la estructura general. b. Entender la estructura general, pero a veces no los detalles. 5. Cuando estoy aprendiendo algo nuevo, me ayuda, <ol style="list-style-type: none"> a. Hablar acerca de ello. b. Pensar sobre ello. 6. Si fuera un maestro, enseñaría un curso: <ol style="list-style-type: none"> a. Que tuviera que ver con hechos y situaciones de la vida real. b. Que tratará sobre ideas y principios. 7. Prefiero la nueva información en: <ol style="list-style-type: none"> a. Fotografías, diagramas, gráficas ó mapas. b. Instrucciones escritas ó información verbal. 8. Una vez que entendido, <ol style="list-style-type: none"> a. Todas las partes, entonces entiendo el tema completo. b. Lo general, entonces me doy cuenta como se integran las partes. 9. En un grupo de estudio trabajando sobre material difícil, prefiero: <ol style="list-style-type: none"> a. Contribuir con ideas de inmediato. b. Escuchar. 10. Encuentro más fácil: <ol style="list-style-type: none"> a. Aprender hechos. b. Aprender conceptos. 11. En un libro con muchas fotografías y gráficas, prefiero: <ol style="list-style-type: none"> a. Revisar las fotografías y gráficas cuidadosamente. b. Enfocarme en el material escrito. 12. Cuando resuelvo problemas de matemáticas: <ol style="list-style-type: none"> a. Normalmente resuelvo los problemas paso a paso. b. Intuyo la solución pero luego tengo 	<ol style="list-style-type: none"> 23. Cuando necesito saber cómo llegar a lugar prefiero: <ol style="list-style-type: none"> a. Un mapa. b. Instrucciones escritas. 24. Aprendo: <ol style="list-style-type: none"> a. En una secuencia constante. b. En ciclos. Podría estar confundido pero de pronto todo hace sentido. 25. Preferiría primero: <ol style="list-style-type: none"> a. Hacer ejercicios. b. Pensar sobre la manera de cómo resolver el problema. 26. Cuando leo por placer, prefiero escritores que: <ol style="list-style-type: none"> a. Expresan claramente lo que quieren decir. b. Se expresan de maneras creativas e interesantes. 27. Cuando veo un diagrama o un bosquejo en clase, normalmente recuerdo: <ol style="list-style-type: none"> a. La ilustración. b. Lo que el instructor dijo sobre ello. 28. Cuando considero un conjunto de conocimientos, me inclino más a: <ol style="list-style-type: none"> a. Enfocarme en los detalles y perder el aspecto general. b. Trato de comprender lo general antes de entrar en detalles. 29. Recuerdo más fácilmente <ol style="list-style-type: none"> a. Algo que he hecho. b. Algo en lo que he pensado mucho. 30. Cuando tengo que realizar una tarea, prefiero <ol style="list-style-type: none"> a. Dominar una manera de hacerlo. b. Desarrollar nuevas maneras de hacerlo. 31. Cuando alguien me muestra datos, prefiero <ol style="list-style-type: none"> a. Gráficas o diagramas. b. Resúmenes de los resultados. 32. Cuando escribo un artículo o documento, prefiero. <ol style="list-style-type: none"> a. Pensar y escribir el principio y avanzar a partir de esto. b. Pensar y escribir diferentes partes y luego ordenarlas. 33. Cuando tengo que trabajar en un proyecto de equipo, prefiero: <ol style="list-style-type: none"> a. Hacer una tormenta de ideas grupal, donde todos contribuyan. b. Generar ideas de manera individual y luego reunirse para
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>problemas para identificar los pasos para obtenerla.</p> <p>13. En clases que he tomado:</p> <ol style="list-style-type: none"> Normalmente conozco a la mayoría de los estudiantes. Normalmente conozco a pocos estudiantes. <p>14. Cuando leo material que no es ficticio, prefiero:</p> <ol style="list-style-type: none"> Algo que me enseñe nuevos hechos, o que me diga cómo hacer algo. Algo que me de nuevas ideas para pensar. <p>15. Prefiero los maestros que:</p> <ol style="list-style-type: none"> Usan diagramas, gráficas e ilustraciones. Usan el tiempo para explicar los temas de manera detallada. <p>16. Cuando estoy analizando una historia o una novela:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pienso en los eventos y trato de integrarlos para identificar los temas. Entiendo el tema al final de la lectura y entonces repaso para identificar los eventos que lo demuestran. <p>17. Cuando empiezo con un problema de tarea, prefiero:</p> <ol style="list-style-type: none"> Empezar a trabajar en la solución de inmediato. Primero entender el problema claramente. <p>18. Prefiero la idea de:</p> <ol style="list-style-type: none"> Certeza. Teoría. <p>19. Recuerdo mejor:</p> <ol style="list-style-type: none"> Lo que veo. Lo que escucho. <p>20. Es más importante para mí que un instructor:</p> <ol style="list-style-type: none"> De la estructura del material en pasos secuenciales. De una descripción general y luego relacione el material con sus diferentes aspectos. <p>21. Prefiero estudiar:</p> <ol style="list-style-type: none"> En un grupo de estudio. Sólo. <p>22. Normalmente me consideran:</p> <ol style="list-style-type: none"> Cuidadoso con los detalles de mi trabajo. Creativo sobre la manera en que hago mi trabajo. 	<p>compararlas.</p> <p>34. Considero de alta valía llamar a alguien:</p> <ol style="list-style-type: none"> Sensible. Imaginativo. <p>35. Cuando conozco a alguien en una reunión, recuerdo más:</p> <ol style="list-style-type: none"> Su apariencia. Lo que dicen sobre sí mismos. <p>36. Cuando estoy aprendiendo una nueva materia, prefiero:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mantenerme enfocado en el tema y aprender tanto como sea posible. Tratar de relacionar el tema, con otros similares. <p>37. Me consideran con frecuencia:</p> <ol style="list-style-type: none"> Extrovertido. Reservado. <p>38. Prefiero cursos que enfatizan:</p> <ol style="list-style-type: none"> Material concreto: Hechos y datos. Material abstracto: conceptos y teorías. <p>39. Para entretenerme prefiero:</p> <ol style="list-style-type: none"> Ver televisión. Leer un libro. <p>40. Algunos maestros empiezan sus clases con un esquema de lo que se tratará la sesión, tales esquemas son:</p> <ol style="list-style-type: none"> De alguna ayuda. Muy útiles. <p>41. La idea de hacer tareas en equipo, con una sola calificación para todos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Me parece bien. No me parece bien. <p>42. Tiendo a recordar los aspectos visuales de los lugares:</p> <ol style="list-style-type: none"> Fácilmente y de manera bastante exacta. Con dificultad y sin detalles. <p>43. Cuando hago cálculos largos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Tiendo a repetir todos los pasos y verificar mi trabajo cuidadosamente. Revisar mi trabajo me parece cansado y tengo que forzar a hacerlo. <p>44. Cuando resuelvo problemas en equipo, prefiero:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pensar sobre los pasos para resolverlos. Pensar en consecuencias o aplicaciones de la solución en varias áreas.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Apéndice D: Evaluación Combinada.

Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería de Calidad

Evaluación de Procesos de Estudio por Materias.

Objetivo: Identificar oportunidades de mejora del programa, evaluando las preferencias de estudio de los alumnos de la MIC. Estas dependen de lo que se adapta mejor a cada estilo de vida, las actividades personales, la dificultad del curso y la manera en que se imparte cada materia. Por lo tanto no hay una sola respuesta correcta. ¡Gracias por participar!

Edad _____ Años; Experiencia en Calidad _____ Años; Género: Masculino Femenino

Línea Terminal: Ingeniería de Calidad; Gestión Integral. No. de Matrícula _____ (solo para validación)

Marca las materias cursadas con una X y las materias que cursas actualmente con una √. Deja en blanco las pendientes.

<input type="checkbox"/> Métodos Estadísticos	<input type="checkbox"/> Liderazgo para la Calidad	<input type="checkbox"/> Confiabilidad	<input type="checkbox"/> Téc. Calidad Or. Cliente
<input type="checkbox"/> Optim. Sistemas 1	<input type="checkbox"/> Diseño de Experimentos	<input type="checkbox"/> Admín. Est. Calidad	<input type="checkbox"/> Gestión Ambiental
<input type="checkbox"/> Sis. Gestión Calidad	<input type="checkbox"/> Técnicas de Mejoramiento	<input type="checkbox"/> Auditoría y Certif.	<input type="checkbox"/> Seminario de Tesis 2
<input type="checkbox"/> Comportamiento Org.	<input type="checkbox"/> Cambio Organizacional	<input type="checkbox"/> Seminario de Tesis 1	
<input type="checkbox"/> Control Est. Procesos	<input type="checkbox"/> Metodología Invest.	<input type="checkbox"/> Técnicas Actuales Mfa.	
<input type="checkbox"/> Optim. Sistemas 2	<input type="checkbox"/> Diseño Robusto	<input type="checkbox"/> Eval. Sistemas de Med.	

Cuatrimestre de Ingreso: _____ / 20____; Cuatrimestre estimado de graduación: _____ / 201 ____.

Selecciona un curso **del cuatrimestre actual** que te parezca difícil, y otro curso que te parezca interesante y anótalos:

Curso Complejo:	Curso Preferente:

Para cada materia marca la letra que corresponda a lo que mejor describa para ti el enunciado o afirmación, de acuerdo a la siguiente escala:

F- Es falso, ó no aplica nunca, ó casi nunca. G- Es verdad, ó aplica en ocasiones. H- Es verdad, ó aplica la mitad de las veces.	I- Es verdad, ó aplica con frecuencia. J- Es verdad, ó aplica siempre, ó casi siempre.		
#	Enunciados	Complejo:	Preferido:
1	Los ejercicios y discusiones facilitan mi comprensión del curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
2	Se toma en cuenta la opinión de los alumnos para definir el curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
3	El curso tiene aplicación inmediata en mis actividades	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]

	actuales.		
4	El contenido del curso debe apegarse al temario planteado al inicio.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
5	Casi cualquier tema del curso es interesante cuando profundizo.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
6	El curso es interesante porque trata temas en los que tengo experiencia.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
7	El método de enseñanza motiva la participación de los alumnos.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
8	Algunos temas debo aprenderlos de memoria, aunque no los entienda.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
9	Los temas del curso pueden ser tan interesantes como mis pasatiempos.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
10	Los métodos de solución de problemas ordenados facilitan el curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
11	Me facilita el aprendizaje el uso de gráficas, ilustraciones y diagramas.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
12	Estudio solamente lo que se indica de manera específica.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
13	El contenido del curso me motiva a trabajar fuerte en el mismo.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
14	El curso es interesante porque podemos probar nuevos enfoques.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
15	Las explicaciones detalladas y las lecturas me facilitan el curso.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
16	Normalmente llego a clase con preguntas en mente que deseo aclarar.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
17	Requiero pensar detenidamente sobre el material para entenderlo.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
18	El grado de dificultad de los exámenes es similar al de la clase.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
19	Para aprobar los exámenes hay que memorizar el material clave.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
20	Los objetivos de aprendizaje son claros.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
21	El orden lógico de presentación del material me facilita la comprensión.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
22	Sé que habilidades y conocimientos debo desarrollar en cada clase.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
23	Las evaluaciones son congruentes con los objetivos y temas cubiertos.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]
24	Hasta que tengo el panorama general comprendo los temas particulares.	[A][B][C][D][E]	[A][B][C][D][E]

Apéndice E: Planes de la M.I.C. 2010¹⁸.

PLAN CURRICULAR VIGENTE					
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE CALIDAD					
PRIMER CUATRIMESTRE	SEGUNDO CUATRIMESTRE	TERCER CUATRIMESTRE	CUARTO CUATRIMESTRE	QUINTO CUATRIMESTRE	SEXTO CUATRIMESTRE
MÉTODOS ESTADÍSTICOS (3)	CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (4)	DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS (4)	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (3)	SEMINARIO DE TESIS I (8)	SEMINARIO DE TESIS II (8)
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS I (4)	OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS II (4)	TÉCNICA DE MEJORAMIENTO (6)	ESPECIALIDAD (4)	ESPECIALIDAD (4)	
SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD (4)	LIDERAZGO PARA LA CALIDAD (3)	CAMBIO ORGANIZACIONAL (3)	ESPECIALIDAD (4)	ESPECIALIDAD (4)	
COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL (3)					
Área Introductoria		Área Básica		Área Humanidades	
				Especialidad	

PLAN CURRICULAR PROPUESTO					
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE CALIDAD					
PRIMER CUATRIMESTRE	SEGUNDO CUATRIMESTRE	TERCER CUATRIMESTRE	CUARTO CUATRIMESTRE	QUINTO CUATRIMESTRE	SEXTO CUATRIMESTRE
MÉTODOS ESTADÍSTICOS C3. HT 25	CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS C4. HT 39	TÉCNICA DE MEJORAMIENTO C3. HT 52	SEMINARIO DE TESIS I C4. HT 39	SEMINARIO DE TESIS II C4. HT 39	SEMINARIO DE TESIS II C4. HT 39
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS I C4. HT 39	OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS II C4. HT 39	CALIDAD EN EL DISEÑO E INNOVACIÓN DE PRODUCTO C4. HT 39	CONFIABILIDAD C4. HT 39	TECNICAS ACTUALES DE MANUFACTURA C4. HT 39	
SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD C4. HT 39	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL C4. HT 39	AUDITORIA Y CERTIFICACIÓN C4. HT 39	DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS C3. HT 25	EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MEDICIÓN C4. HT 39	
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA C4. HT 39	DESARROLLO DE HABILIDADES DIRECTIVAS C4. HT 39	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN C3. HT 25			

¹⁸ Comunicación por correo electrónico del Dr. Miguel Galván Ruiz, Coordinador de la Maestría en Ingeniería de Calidad, recibida el Miércoles 25 de Agosto 2010, a las 11:25 AM.