

Construcción y validación de instrumentos de medición de habilidades para la evaluación y mejora de la calidad educativa bajo el modelo Abet, de la escuela de Ingeniería Industrial de la USMP

Luis Cárdenas Lucero

RESUMEN

Las tendencias modernas de la educación en ingeniería se basan en el desarrollo de habilidades o competencias que aseguren el desempeño exitoso de la profesión; por tanto las escuelas profesionales deben establecer un Sistema de Evaluación y Mejora Continua de sus Procesos Educativos. El presente trabajo trata de la evaluación de las Habilidades adquiridas por los alumnos durante su permanencia en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de San Martín de Porres, medidas en los últimos semestres de la carrera profesional. Se han tomado en cuenta los criterios de la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). En él se han definido con mayor precisión las Habilidades deseadas y se han desarrollado los instrumentos, directos e indirectos, para la evaluación de éstas. Se muestran los resultados de su aplicación en el semestre 2006-II y se analizan los resultados obtenidos en ese semestre. Los instrumentos son validados por el juicio de expertos y por comparación de los resultados obtenidos en el semestre anterior (2006-I).

Palabras clave: Acreditación, ingeniería, habilidades, evaluación, mejora continua.

ABSTRACT

Modern trends in Engineering Education are based on skills development and abilities acquisition to ensure successful carrying out of professional responsibilities. As a

consequence, professional schools must establish Evaluation and Improvement Systems in their educational processes. This paper deals with evaluation of professional skills acquired by students of the Industrial Engineering School of the University Of San Martin De Porres, measured over their last two semesters of academic life. Instruments were developed following Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) criteria which precisely define desirable skills. Instruments were developed for direct and indirect evaluation of such skills. Results are shown and analyzed for semester 2006-II and. Instruments are validated by expert judgment and by comparison with previous semester (2006-I).

Key words: *Accreditation, engineering, skills, evaluation, improvement continues.*

INTRODUCCIÓN

La formación de los futuros ingenieros industriales se focalizó hasta hace poco en la adquisición de conocimientos y métodos propios de la especialidad, relegando a un segundo plano las habilidades procedimentales y las actitudes en el desempeño profesional. Esto trajo consigo la formación de ingenieros limitados en aspectos tan importantes como: su incorporación a grupos establecidos y el trabajo en equipo, la comunicación oral y escrita y de una cultura más amplia que le permita evaluar su trabajo en un contexto mayor que el de la simple ingeniería.

La misma práctica de la Ingeniería va cambiando de manera dramática e irreversible, impulsada por temas como la competencia comercial, el impacto de las tecnologías de la información, la globalización y las demandas imperativas sobre la protección ambiental y el desarrollo sostenible.

Estudios realizados en la década de los 90 [1] mostraban que los egresados de ingeniería no estaban bien preparados en habilidades que son necesarias para el éxito de la práctica de la ingeniería actual y en el desarrollo y gestión de la tecnología moderna. Así una encuesta tomada a empleadores [1] señaló que las debilidades más comunes eran: la arrogancia técnica, la falta de capacidad y creatividad para el diseño, la falta de capacidad de valoración para considerar alternativas, la escasa capacidad de comunicación y de trabajo en equipos, entre otras.

Es así que en los Estados Unidos aparece una tendencia de reforma en la educación de la ingeniería impulsada entre otros por los consejos consultivos de la industria en los colleges y departamentos de ingeniería, las sociedades profesionales (IEEE entre las más comprometidas), la Fundación Nacional para las Ciencias y el Consejo de Acreditación para Ingeniería y Tecnología (ABET).

Esta deficiencia se abordó desde finales de la década del 90 por el organismo acreditador de las carreras de Ciencia e Ingeniería de Estados

Unidos (ABET), la que pide a las universidades como requisito un sistema de evaluación y mejora continua en sus Procesos Académicos y en los Objetivos Educativos que persiguen las Escuelas Profesionales.

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) es una federación de 28 sociedades profesionales que acredita a los programas de ingeniería en los Estados Unidos. Está reconocido por el gobierno norteamericano y en la mayoría de los estados se requiere la acreditación dada por esta institución como una de las condiciones para ejercer la profesión de ingeniero.

En nuestra Universidad, las autoridades han tomado con seriedad el proceso de Acreditación Internacional y se ha decidido tomar el modelo ABET para asegurar la calidad de nuestros procesos educativos. Este trabajo muestra el desarrollo de las herramientas y su validación para la evaluación de las habilidades desarrolladas por nuestros alumnos.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los Objetivos Educativos describen al modelo de ingeniero que queremos tener al concluir los estudios profesionales o en los primeros años de su desempeño profesional. Para lograr este modelo, debemos inculcar en él, no sólo conocimientos, sino también las habilidades en procedimientos y comportamientos que le permitan un mejor desempeño profesional.

Si bien los conocimientos son evaluados por los profesores de los cursos, donde las notas obtenidas son una medida del rendimiento académico, el problema radica en que las habilidades y actitudes aprendidas no se miden de manera directa [2,3], ya sea porque se considera que éstas no deben ser limitantes para que los alumnos egresen de la escuela, o porque los docentes no le prestan la atención debida y piensan que son habilidades innatas u obtenidas en la educación escolar y no es obligación de la educación universitaria.

Al no ser un factor que impida la graduación de los alumnos, debemos enfocarnos a evaluar nuestros programas educativos que son los que proporcionan las oportunidades para que estos desarrollen éstas habilidades.

Una medida de las habilidades adquiridas por los alumnos, indicarían si nuestros procesos educativos son de calidad o no y nos permitirá hacer las correcciones necesarias para su mejora.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se necesita construir y validar un conjunto de instrumentos que permita medir las habilidades adquiridas por los alumnos de ingeniería industrial durante sus años de estudios y que son necesarias para un desempeño profesional exitoso.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General

Construir y validar un conjunto de Instrumentos de Medición de Habilidades para la evaluación y mejora de la calidad educativa bajo el modelo ABET, de la escuela de ingeniería industrial de la USMP

Específicos

- Elaborar los Objetivos Educativos de la Escuela de Ingeniería Industrial.
- Enunciar las habilidades a desarrollar en los estudiantes para lograr los Objetivos Educativos.
- Determinar las medidas directas e indirectas para la medición de las habilidades y elaborar los respectivos instrumentos de medición.
- Determinar los cursos o asignaturas en los que se medirá cada habilidad.
- Realizar la medición para el semestre actual y validar los resultados.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los procesos educativos de las escuelas de ingeniería, en particular de la escuela de Ingeniería Industrial, no sólo deben impartir conocimientos a los estudiantes, sino también desarrollar en ellos habilidades: procedimientos y actitudes, que le permitan desempeñarse exitosamente en su profesión al egresar de la universidad.

Estos procesos deben proporcionar las oportunidades y los medios necesarios para que los estudiantes desarrollen estas habilidades a lo largo de los años de estudios. Asimismo, la Escuela debe proporcionar el apoyo necesario (tutoría, consejería, psicopedagógico, bienestar, etc.) para facilitar que ellos alcancen estas habilidades al finalizar la carrera.

La calidad de los procesos educativos debe ser medida a través de los logros académicos de los estudiantes (conocimientos), así como por una serie de instrumentos que permitan evaluar las habilidades adquiridas y que no necesariamente pueden ser evaluadas por medio de las calificaciones de los cursos.

Así por ejemplo, la habilidad de comunicarse efectivamente, oral o escrita, la de trabajar en equipo o una educación amplia que le permita evaluar el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto que no sea el técnico-económico, no puede ser fácilmente interpretada por la calificación de los cursos, más aún cuando en muchos casos, el no cumplirlas en un grado aceptable, no implica la desaprobación del curso.

Una habilidad no desarrollada en el estudiante debe ser tomada como una debilidad de los procesos educativos (curriculares y no curriculares), y por lo tanto es necesario realizar una mejora, tanto en la forma de enseñar y evaluar, como en la de brindar espacios y medios para desarrollar esta habilidad.

Esta mejora de la calidad educativa, haría mucho mayor la relación entre los procesos educativos y los objetivos educacionales facilitando la consecución y el logro de estos últimos.

LIMITACIONES

Al no existir experiencias anteriores en el país, sobre la evaluación de habilidades (competencias) en la enseñanza universitaria de la Ingeniería, hemos de desarrollar el trabajo en base a la información encontrada y al buen juicio o criterio del investigador y sus colaboradores.

El sistema a desarrollar debe ser sencillo y de fácil ejecución, por lo que se tratará con muestras no muy grandes que permitan una fácil recolección de los datos y un rápido análisis de estos.

No tendremos como contrastar nuestros resultados por ningún otro método, por lo que usaremos otros métodos de validación de instrumentos.

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

En 1990, la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), agencia norteamericana de acreditación para los programas

de Ingeniería y su Comité de Revisión de los Procesos de Acreditación estableció la necesidad de un cambio sustancial en los criterios de acreditación. La necesidad imperiosa de este cambio se debía a la gran distancia que había entre las necesidades de las empresas y las habilidades de los ingenieros graduados en las universidades. [4,5]

Los criterios anteriores se basaban en una serie de condiciones que debían tener las escuelas de ingeniería como: una plana docente y una infraestructura adecuadas, objetivos y contenidos curriculares propios de la especialidad y la administración y el compromiso institucional para el buen funcionamiento, todas condiciones de "entrada del proceso", suponiendo que eso bastaba para asegurar una buena formación de los egresados ("salida").

Los nuevos criterios, que se aplican para la acreditación a partir del año 2000 (EC2000), se basan en el logro de competencias: conocimientos, procedimientos y actitudes, que deben desarrollar los estudiantes durante el estudio de la carrera profesional y en la evaluación y mejora continua de los procesos educativos con la finalidad de asegurar la calidad de éstos. [6 - 8]

La gran innovación que esto ha traído a la educación en ingeniería ha sido un cambio en el foco de atención, dejando de concentrarse en el "input" del proceso educativo, para enfocarse más bien en el "output", con atención tanto a los aspectos técnicos como a los no-técnicos (por ejemplo, trabajo en equipo, estándares éticos y profesionales, comunicación, etc.) [8].

BASES TEÓRICAS

Las habilidades o competencias

Por habilidades o competencias se entiende la concatenación de saberes, no sólo pragmáticos y orientados a la producción, sino aquellos que articulan una concepción del ser, del saber, saber hacer, del saber convivir. [9]

El concepto de habilidad o competencia otorga un significado de unidad e implica que los elementos del conocimiento tienen sentido sólo en función del conjunto [9] siendo posible a través de ella articular eficazmente un conjunto de esquemas o estructuras mentales y valores, que permitan poner a disposición distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales [10].

Las habilidades deben desarrollarse a través de experiencias de aprendizaje en cuyo campo de conocimiento se integran tres tipos de

saberes: conceptual (saber conocer), procedimental (saber hacer) y actitudinal (saber ser). Son aprendizajes integradores que involucran la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje (metacognición) [9].

Clasificación general de las habilidades

Los diferentes tipos de habilidades o competencias son clasificadas de distinta manera por diversos autores. Las que concitan el mayor grado de consenso son: Competencias Básicas o Instrumentales, Competencias Genéricas y las Competencias Específicas o Técnicas [9 - 11].

Un modelo formativo global que guía la formación por habilidades, según es posible extraerlo del sistema de acreditación de ABET (2005), es el que se indica en la Fig. 1.



Figura 1

Modelo de formación por competencias en Ingeniería, considerando la educación universitaria y el desempeño profesional. [11]

El modelo formativo aquí revelado distingue entre práctica pre-profesional, que es la que se realiza durante los estudios académicos, y práctica profesional propiamente. A dichas prácticas se asocian respectivamente las competencias de egreso y las habilidades profesionales. [11].

Un gran desafío para las facultades de Ingeniería es alinear adecuadamente ese proceso formativo, el cual sólo en parte depende de ellas.

DEFINICIONES CONCEPTUALES

1. Enunciado de las competencias de ABET

ABET pide que los programas de ingeniería desarrollen en los estudiantes al menos las siguientes habilidades, pudiendo incorporar otras que se consideren pertinentes de acuerdo a la naturaleza del programa. [6].

Los programas de ingeniería deben demostrar que sus graduados:

- a. Tienen habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.
- b. Tienen habilidad para diseñar y dirigir experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- c. Tienen habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que logre las necesidades deseadas.
- d. Tienen habilidad para funcionar en un equipo multidisciplinario.
- e. Tienen habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- f. Comprenden lo que es responsabilidad ética y profesional.
- g. Tienen habilidad para comunicarse efectivamente.
- h. Tienen una educación amplia y necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto social y global.
- i. Reconocen la necesidad y tener la habilidad de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.
- j. Tienen un conocimiento adecuado de los temas de actualidad.
- k. Tienen habilidad para usar técnicas, destrezas y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de ingeniería.

La evaluación de las habilidades:

Evaluación significa comprobar (a través de datos) que los estudiantes alcanzaron un nivel adecuado (determinado con anterioridad) de desarrollo de las competencias. [7, 12]

Un Sistema de evaluación de las habilidades debería: [8, 13, 14]

1. Enfocarse principalmente en la efectividad del programa académico y a la mejora del aprendizaje del estudiante y su rendimiento.

2. Estar basado en incentivos tanto como en regulaciones y penalidades.
3. Ser desarrollado con la participación de la plana docente.
4. Ser consistente para la misión y las metas de la institución.
5. Usar múltiples métodos de evaluación: directos e indirectos.
6. Ser prudente financieramente y que no imponga grandes costos.
7. Estar ligado con el Plan Estratégico y la revisión de los procesos del programa dentro de la institución.

La evaluación de las habilidades en sí, se realiza para medir la efectividad de nuestro sistema de enseñanza, por lo tanto debería ser el conductor del Programa de Estudios. Las preguntas asociadas al sistema de evaluación y mejora continua es siempre: “¿somos buenos? ¿qué podemos hacer mejor?”

La información que se recolecte para la evaluación debe estar constituida por los “inputs” de todos los constituyentes: estudiantes, profesores, egresados, empleadores, empleados etc. de tal forma que todos los constituyentes o interesados contribuyan con su apreciación y sugerencias [6,8, 13].

El Objetivo principal de la evaluación es medir la efectividad de nuestro programa. Esto sugiere una aproximación holística para el desarrollo de nuestro proceso de evaluación.

En una aproximación holística, el foco es la evaluación del estado de rendimiento de un grupo de estudiantes y no la de cada estudiante en forma individual. Por lo tanto, si el propósito de la evaluación es determinar la efectividad del programa, es suficiente evaluar a un grupo de estudiantes luego hacer inferencias (sacar conclusiones) acerca de la efectividad del mismo.

Los propósitos son formativos y sumativos, cuyas características son las siguientes [15]:

FORMATIVO:

- La información es recolectada a lo largo del proceso educativo.
- Permite una mejora en “tiempo real”, es decir, nos permitirá realizar las mejoras necesarias en nuestra forma de enseñar y evaluar.

SUMATIVO:

- Los datos se recolectan después de ocurrido el hecho (haber finalizado el programa).
- Facilita el análisis comparativo a través de los cursos y comparar si nuestro proceso educativo ha logrado sus frutos.

Tipos de instrumentos de evaluación:

Para una mejor evaluación de la efectividad de nuestro programa a través de las habilidades adquiridas por los alumnos se recomienda utilizar varios instrumentos para cada habilidad en particular. De estos, es preferible utilizar de preferencia una medición directa ya que estás son “pruebas” del logro de la habilidad y no una opinión o sentir de ello. Los instrumentos se clasificarán de acuerdo a esto en instrumentos de medición [15 - 17]:

- **Directa:**

Se adquiere evidencia acerca del aprendizaje del alumno y del ambiente de aprendizaje: Exámenes, proyectos, portafolios, registros, observaciones etc.

- **Indirecta:**

Se adquiere evidencia de como los estudiantes y los demás constituyentes (profesores, egresados, empleadores) aprecian el aprendizaje de los alumnos y como es su ambiente: Encuestas, cuestionarios entrevistas, focus groups, ensayos de reflexión, etc.

Los Elementos Constituyentes de la Institución [6]

Son las personas interesadas directamente e indirectamente en el proceso educativo. Los Elementos Constituyentes son:

- Estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial.
- Los graduados.
- Los empleadores de nuestros graduados.
- Los profesores del programa.
- El personal administrativo de la FIA y de la USMP.

Los Criterios de ABET en el nuevo modelo EC2000 [6]

Los Criterios a evaluar por la acreditadora son:

- Los Estudiantes
- Los Objetivos Educativos
- Las Capacidades y su Evaluación
- La Componente Profesional
- La plana docente de la Facultad
- La Infraestructura y equipamiento

- Soporte Institucional y Recursos Financieros
- El Criterio del Programa

De estos criterios podemos distinguir al producto (ESTUDIANTES), a los procesos educativos (OBJETIVOS Y HABILIDADES) que deben ser evaluados y mejorados continuamente y a los recursos que apoyarán a estos procesos.

VISIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lideraremos la formación universitaria en Ingeniería Industrial, por ser una escuela dinámica y flexible, atenta a los cambios científicos, tecnológicos y sociales; siendo reconocidos, en el ámbito nacional e internacional, como la escuela de ingeniería con el más alto nivel del país.

Seremos además, el punto de referencia por nuestro liderazgo y cooperación en actividades productivas requeridas por la industria nacional, fusionando lo académico con la innovación tecnológica y promoviendo el desarrollo socio-económico del Perú y de la Región.

MISIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Formamos ingenieros industriales de alto nivel científico y tecnológico, con sólidos valores humanísticos, éticos y morales, que utilicen de manera racional y óptima los recursos de las organizaciones empresariales de todo tipo con la finalidad de obtener bienes y servicios competitivos.

Desarrollamos investigación aplicada, promoviendo la innovación tecnológica y su transferencia como contribución al desarrollo nacional y protección al medio ambiente.

DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Son los enunciados que describen los logros (o talentos) de los graduados durante los primeros años después de su graduación [6, 16, 18].

Los Objetivos Educativos de Ingeniería Industrial se formularon concordantes con la misión y la visión de la Escuela y con la participación de los siguientes constituyentes:

1. La Plana Docente
2. El Comité Consultivo Industrial
3. Los Egresados

Los Objetivos Educativos de Ingeniería Industrial son los siguientes:

1. Diseñan, desarrollan, implementan y/o mejoran sistemas integrados de producción o servicios con capacidad innovadora, analítica y emprendedora.
2. Utilizan de manera racional y óptima recursos disponibles con la finalidad de obtener productos y servicios que demanda la sociedad.
3. Practican un ejercicio profesional ético incidiendo en la seguridad, responsabilidad social y protección del medio ambiente.
4. Dirigen y/o participan en la gestión de los sistemas de producción o servicios dentro de las tendencias post-industriales.
5. Participan activamente en equipos de trabajo multidisciplinarios haciendo uso de una comunicación efectiva.
6. Adquieren nuevas habilidades y conocimientos para mejorar su desarrollo profesional y personal a lo largo de su vida.

Los Objetivos Educativos 1, 2 y 4 son propios de la especialidad y en ellos se hace énfasis en el Diseño e Implementación de sistemas integrados todo esto sobre un enfoque proactivo e innovador (EO1), lo que obliga a desarrollar un programa de estudio que permita la participación activa en proyectos de innovación tecnológica y con el desarrollo de un pensamiento crítico que le permita valorar las alternativas de solución y decidirse por una de ellas.

Los Objetivos 3, 5 y 6 describen habilidades básicas y genéricas, las cuales se han considerado importantes para un desempeño exitoso, pero que deben ser desarrolladas o fortalecidas a lo largo del plan de estudio.

DECLARACIÓN DE LAS HABILIDADES DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL: [6, 18].

El Comité Académico de la Escuela de Ingeniería Industrial ha decidido que sus graduados tengan las habilidades mínimas que sugiere ABET [6].

RELACIÓN ENTRE LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES Y LAS HABILIDADES DEL PROGRAMA

Los Resultados del Programa son las habilidades desarrolladas en los estudiantes a lo largo del plan curricular con la intención de lograr los Objetivos Educativos establecidos, por lo tanto, los Resultados del Programa deben contribuir a la consecución de estos Objetivos [6, 19].

La matriz siguiente (Tabla 2.1) relaciona los Objetivos Educativos de Ingeniería Industrial y los Resultados esperados (Competencias) del Programa.

Tabla 2.1

Relación entre los Objetivos Educativos de Ingeniería Industrial y los Resultados esperados del Programa.

OUTCOMES	OBJETIVOS EDUCATIVOS DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
	1. Diseñan, desarrollan, implementan y/o mejoran sistemas integrados de producción o servicios con capacidad innovadora, analítica y emprendedora.	2. Utilizan de manera racional y óptima recursos disponibles con la finalidad de obtener productos y servicios que demanda la sociedad.	3. Practicarán un ejercicio profesional ético incidiendo en la seguridad, responsabilidad social y protección del medio ambiente.	4. Dirigen y/o participan en la gestión de los sistemas de producción o servicios dentro de las tendencias post-industriales.	5. Se Integran fácilmente en equipos de trabajo multidisciplinarios con una comunicación efectiva.	6. Adquieren nuevas habilidades y conocimientos para mejorar su desarrollo profesional y personal.
(a)	x	x		x		
(b)	x	x		x		
(c)	x	x	X	x		
(d)	x			x	x	
(e)	x	x		x		
(f)			X	x		x
(g)	x			x	x	
(h)		x	X			x
(i)					x	x
(j)	x	x	X	x	x	x
(k)	x	x		x		

DEFINICIÓN DE LAS HABILIDADES DEL PROGRAMA

Como se puede observar, la Escuela de Ingeniería Industrial a tomado como suyos, los Resultados del Programa (habilidades) sugeridas por ABET [6], sin embargo cada programa debe hacer más explícita cada una de estas competencias conforme lo entienden los constituyentes del programa, de tal forma que podamos establecer una escala de medidas (Criterios e Indicadores de Rendimiento) que permita saber si se alcanzan los niveles deseados en cada habilidad [20,21].

CRITERIOS E INDICADORES DE RENDIMIENTO:

Los Criterios de Rendimiento son declaraciones específicas que identifican el rendimiento necesario para lograr la habilidad y que son verificables a través de la evidencia [22,23].

Los Indicadores de Rendimiento son un sistema de medidas detallado que indica si una "habilidad" específica ha sido lograda o no [22, 23].

FASES PARA LA ELABORACIÓN DE INSTRUMENTOS:

Hay tres fases para el proceso de instrumentos para medir los "habilidades":

1. Definir las "habilidades"
2. Diseñar instrumentos para su evaluación.
3. Evaluar su confiabilidad y la validez de los instrumentos.

DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE RENDIMIENTO

Establecer los criterios de rendimiento es de por sí una de las etapas más críticas, ya que en ella definimos lo que significa para nosotros cada "habilidad".

Una vez definida cada "habilidad" debemos identificar y desarrollar técnicas que nos permitan recolectar evidencia del logro de los estudiantes.

Luego de esto, los criterios de rendimiento se convierten en un "sistema de medidas" que será usado para determinar el logro de cada "habilidad".

DISEÑO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE HABILIDADES

Evaluación significa comprobar, a través de datos obtenidos, que los estudiantes alcanzaron un determinado nivel o logro de los habilidades establecidas [24].

El Objetivo de la evaluación de los Resultados es la de determinar la efectividad de nuestro programa [24], de tal forma que podamos hacer la correcciones necesarias para la consecución de los Objetivos Educativos.

Debemos desarrollar un Sistema de Evaluación que sea: Factible, Significativo y Sostenible.

CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DENTRO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE HABILIDADES:

Las características que debemos tener en cuenta son las siguientes:

- a. Los instrumentos de evaluación deben ser validados y confiables.
- b. Tendremos propósitos formativos y sumativos.
- c. Es preferible la medición directa de los Resultados.
- d. Debemos triangular, es decir usar múltiples medidas.
- e. Cada habilidad debe de tener más de un instrumento de evaluación.
- f. Usemos escalas o "rúbricas" para cuantificar lo cualitativo.
- g. Reduzcamos la subjetividad.
- h. La Reducción de Datos es importante.

INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA MEDICIÓN DE HABILIDADES:

Los instrumentos más frecuentes son [16, 24]:

- Encuestas a los alumnos (últimos años). [29]
- Encuestas a los profesores. [29]
- Encuestas a los empleadores y empresas con practicantes. [29]

- Trabajos y evaluaciones de clases (carpeta del curso).
- Portafolio de los alumnos.
- Curso de Diseño de Ingeniería [30, 31].

CUANTIFICACIÓN DE VARIABLES CUALITATIVAS: LA RÚBRICA

Una "rúbrica" es una guía de puntuación que contiene unos criterios muy bien definidos y sistemáticamente aplicados [32 - 37]

Las "Rúbricas" son muy útiles cuando hay que juzgar cualquier comportamiento o respuesta que tiene un fuerte componente subjetivo, tales como: presentaciones orales, informes escritos, solución de problemas como un proceso, el diseño de un proceso, habilidades de trabajo en equipo, etc.

Tabla 2.2

Valor de la Escala y Calificación en las Rúbricas y Encuestas

VALOR DE LA ESCALA	CALIFICACIÓN
5	EXCELENTE
4	BUENO
3	ACEPTABLE
2	MALO
1	PÉSIMO

PONDERACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE CADA HABILIDAD.

Los instrumentos deben dar valores cuantitativos para cada uno de los aspectos de los diferentes habilidades y luego deben ponderarse de acuerdo a su pertinencia para obtener un solo valor de la evaluación, los cuales pueden ser definidos como los INDICADORES DE EVALUACIÓN.

La ponderación debe hacerse dándole mayor valor a las medidas directas son las que brindan una evidencia tangible, mientras que las indirectas o encuestas muestran sólo un sentir del logro de la habilidad.

METODOLOGÍA

PROCEDIMIENTO: (CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS):

El gráfico siguiente muestra la sugerencia de ABET para la evaluación y mejora de los procesos educativos. Si bien el objetivo del trabajo es “Construir y validar un conjunto de Instrumentos de Medición de habilidades para la evaluación y mejora de la calidad educativa”, está íntimamente ligado a las etapas anteriores de determinación de los Objetivos Educativos y de las “Habilidades” del Programa, por lo tanto hay que hacer referencia a ellos en las etapas del trabajo.

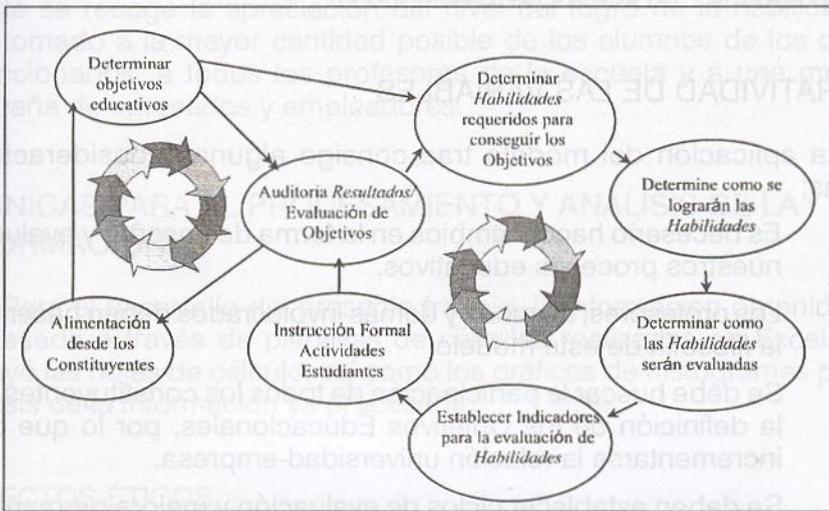


Figura 3.1

El “Proceso de dos Ciclos” de ABET EAC Day 1998 citado en [13]

El objetivo general se logrará a través del cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

- i. Elaborar los Objetivos Educativos de la Escuela de Ingeniería Industrial.
- ii. Enunciar las habilidades a desarrollar en los estudiantes para lograr los Objetivos Educativos.
- iii. Determinar las medidas directas e indirectas para la medición de las habilidades y elaborar los respectivos instrumentos de medición.
- iv. Determinar los cursos o asignaturas en los que se medirá cada habilidad.
- v. Realizar la medición para el semestre actual y validar los resultados.

POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo de estudio es la totalidad de alumnos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la USMP.

Las variables son las habilidades o "Resultados" que son aceptados desde la propuesta de ABET por la Escuela de Ingeniería Industrial.

La muestra será seleccionada, para cada "resultado", entre los alumnos en los cursos en donde pueda apreciarse con mayor facilidad la habilidad adquirida. Entre estos, los Cursos de Proyecto de Ingeniería, por su naturaleza y forma de evaluar, se presentan como los más importantes para evaluar la mayoría de las habilidades.

OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES

La aplicación del modelo trae consigo algunas consideraciones previas:

- Es necesario hacer cambios en la forma de enseñar y evaluar en nuestros procesos educativos.
- Los profesores, alumnos y demás involucrados deben hacer suyo la filosofía de este modelo.
- Se debe buscar la participación de todos los constituyentes para la definición de los Objetivos Educativos, por lo que debe incrementarse la relación universidad-empresa.
- Se deben establecer ciclos de evaluación y mejora permanente, tanto para los objetivos educativos como para los procesos educativos que desarrollan las habilidades.
- Se debe tener presente que la evaluación se realiza a los procesos educativos de nuestro programa de estudios y no a los estudiantes y es en él en donde se deben hacer las mejoras que se crean pertinentes.

Las variables son las habilidades, inicialmente cualitativas y definidas de acuerdo a lo que se espera que sean capaces de hacer los estudiantes. Estas definiciones son muy importantes siendo así esto permite establecer un sistema de medición que transforme el nivel de logro a una escala cuantitativa a través de instrumentos como las rúbricas y las encuestas.

Este sistema de medición debe ser consistente entre todos los instrumentos y los niveles de logro ya definidos, para que la puntuación final de la evaluación se obtenga a través de un promedio ponderado de las calificaciones obtenidas por diferentes instrumentos.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

La recolección de los datos que nos permitirá verificar si los instrumentos desarrollados son los adecuados para los fines propuestos, se realizará de dos formas distintas de acuerdo a la naturaleza de la medición. Así por ejemplo, para las medidas directas, es decir aquellas que son una prueba tangible del logro desarrollado, como son: exámenes, trabajos, informes, etc. será necesaria la recolección de los trabajos para que sea el comité de evaluación el que de la puntuación de acuerdo a las rúbricas desarrolladas.

En el caso de las medidas indirectas, como son las encuestas, en donde se recoge la apreciación del nivel del logro de la habilidad, se han tomado a la mayor cantidad posible de los alumnos de los cursos seleccionados, a todos los profesores de la escuela y a una muestra pequeña de egresados y empleadores.

TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo, la información obtenida, fue procesada a través de plantillas de cálculos realizadas en Excel. Esto incluyó las hojas de cálculo, así como los gráficos de histogramas para el análisis de la información ya procesada.

ASPECTOS ÉTICOS:

La información obtenida sobre la evaluación de las habilidades de nuestros alumnos y por consiguiente de la bondad de nuestros procesos educativos, deben ser tomadas con la seriedad del caso.

La falsedad de la información recabada, como por ejemplo en las encuestas terminará distorsionando los datos y harán inútil todo el sistema de evaluación, lo que impedirá el análisis correcto y el proceso de mejora continua.

Por lo tanto, la veracidad de la información recolectada debe ser el principio básico sobre el que descansa todo el sistema de evaluación.

RESULTADOS

DEFINICIÓN DE LAS HABILIDADES DE PROGRAMA (a), (b) y (c) PARA INGENIERÍA INDUSTRIAL

(a) Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.

- Los alumnos deben adquirir la habilidad de poder emplear principios, teorías, conceptos y/o fórmulas de matemáticas, ciencia e ingeniería en la solución de problemas de ciencias básicas y en el campo de la ingeniería. Para un problema particular los estudiantes deben saber:

- (1) Definir y describir los principios, teorías, conceptos y/o fórmulas pertinentes.
- (2) Explicar porqué estos son apropiados al problema y
- (3) Aplicar estos conocimientos en la solución del problema.

- En las prácticas pre-profesionales ellos deben aplicar sus conocimientos de matemáticas, ciencias y de ingeniería en los problemas prácticos que ellos encuentran en la labor asignada.

(b) Habilidad de diseñar y conducir experimentos así como analizarlos e interpretar los datos.

- Ante un problema práctico real o propuesto los alumnos deben tener la habilidad de analizar el problema, desarrollar una hipótesis, definir las variables independientes y dependientes pertinentes y establecer un método experimental que permita medir las variables y probar la hipótesis.

- Deben saber diseñar un procedimiento experimental, conducirlo usando los materiales y herramientas del laboratorio o taller con propiedad y seguridad, anotando cuidadosamente las observaciones y datos en su cuaderno de laboratorio y deben saber describir claramente el procedimiento usado para el entendimiento de otros.

- Ellos deben registrar los datos experimentales adecuadamente, organizarlos y analizarlos con el propósito de entender y explicar los resultados del experimento. Los alumnos deben lograr representar los datos en forma verbal y visual (ecuaciones, tablas, gráficos y figuras etc.) de forma que sea un reflejo honesto y exacto de los datos.

- Deben ser capaces de poder discutir sus resultados en el contexto de la hipótesis, los principios teóricos adecuados y los resultados

de la bibliografía y declarar, clara y concisamente, conclusiones que puedan ser obtenidas del experimento.

(c) Habilidad de diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan las necesidades requeridas.

- Los alumnos deben tener las habilidades y conocimientos necesarios para participar en el diseño de ingeniería para la solución de un problema en particular. Para ello deben saber:
- Definir el proyecto de diseño. Esta fase consiste en identificar los criterios para el resultado y los parámetros para el proyecto. Los criterios son un reflejo de las necesidades requeridas que el proyecto debe satisfacer, los estándares contra los cuales los resultados serán medidos. Los parámetros son las fronteras dentro de las cuales los diseñadores deben trabajar: los materiales disponibles, las clases de habilidades del equipo que son apropiadas, las limitaciones sobre el coste y el tiempo, etc.
- Establecer las metas del proyecto de diseño.
- Deben proponer una serie de posibles soluciones alternativas. Estos pueden ser alternativas para lograr el resultado del proyecto o posibilidades para encontrar soluciones a problemas inmediatos que vayan apareciendo durante el proceso.
- Evaluar y seleccionar la mejor de las soluciones posibles.
- La creación de un prototipo o el modelo que incorpore o representa la solución escogida.
- Las pruebas del prototipo o modelo contra los criterios para el proyecto. Los resultados de estas pruebas pueden enviar a los diseñadores atrás a cualquiera de las etapas anteriores.
- Deben saber justificar su solución ante una audiencia apropiada. Tanto la selección como la justificación deben ser hechos en referencia a los criterios explicados detalladamente para el resultado de proyecto.
- En las prácticas pre-profesionales ellos deben poder participar productiva y creativamente en la solución de problemas que requieran el diseño de ingeniería.

ELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA CADA HABILIDAD

La definición de las habilidades, mostrada anteriormente, permite determinar que aspectos de ellos son los esperados y que debemos evaluar.

Para la evaluación es necesario desarrollar instrumentos que puedan medir estos aspectos de los Resultados de forma directa o indirecta.

La evidencia de cada habilidad o resultado puede verificarse más fácilmente en unos instrumentos que en otros, siendo éste el primer criterio para la elección. El segundo criterio y no menos importante es la preferencia de las mediciones directas (exámenes, trabajos, etc.) que las indirectas (encuestas).

Los instrumentos seleccionados para cada habilidad se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3
Instrumentos de Evaluación seleccionado por cada habilidad.

NIVEL DE CORRELACIÓN ENTRE LAS HABILIDADES DEL PROGRAMA Y LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	carpeta de curso	encuesta alumnos	encuesta profesores	encuesta graduados	encuesta empleadores	curso proyecto	portafolio alumnos	currículos graduados	vídeos
a. Tienen habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.	x		x	x	x				
b. Tienen habilidad para diseñar y dirigir experimentos, así como analizar e interpretar datos.	x		x		x	x			x
c. Tienen habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que logre las necesidades deseadas.			x		x	x			
d. Tienen habilidad para funcionar en un equipo multidisciplinario.		x	x		x	x			
e. Tienen habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	x		x		x	x			x
f. Comprenden lo que es responsabilidad ética y profesional.		x	x	x	x	x			
g. Tienen habilidad para comunicarse efectivamente.	x	x	x	x	x	x			x
h. Tienen una educación amplia y necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto social y global.			x	x	x	x			
i. Reconocen la necesidad y tener la habilidad de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.				x	x	x		x	
j. Tienen conocimiento de temas contemporáneos.	x	x	x	x					x
k. Tienen habilidad para usar técnicas, destrezas y herramientas modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.	x			x	x				

PONDERACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE CADA HABILIDAD.

A continuación, en la Tabla 4.4, se presenta las ponderaciones correspondientes a las tres primeras habilidades o resultados.

Tabla 4.4
Ponderación de los Instrumentos de Evaluación por habilidad

(a)	Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.	
	Carpeta de curso	0.6
	Encuesta docentes	0.2
	Encuesta empleadores	0.1
	Encuesta graduados	0.1
		1
(b)	Habilidad de diseñar y conducir experimentos así como analizarlos e interpretar los datos.	
	Carpeta de curso	0.3
	Curso proyecto final de ing. industrial	0.3
	Encuesta docentes	0.1
	Encuesta empleadores	0.3
		1
(c)	Habilidad de diseñar sistemas, componentes o procesos que encuentren las necesidades requeridas.	
	Curso proyecto final de ing. industrial	0.6
	Encuesta docentes	0.2
	Encuesta empleadores	0.2
		1

ELABORACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN:

La elaboración de instrumentos (directos e indirectos) [22] para la evaluación de las habilidades (a), (b) y (c), se presentan en el ANEXO N° 3.

RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS INSTRUMENTOS

CARPETA DE CURSO

- EXÁMENES PARCIALES Y FINALES:

Tabla 4.5
Resultados de la Evaluación de Exámenes

EXÁMENES PARCIALES Y FINALES								
Ciclo	Curso	PARCIALES			FINALES			
		A	B		A	B		
IV	Investigación operativa I	4	3	3.5	2	4	3.0	
VI	Ingeniería Administrativa	1	2	1.5	3	3	3.0	
VII	Procesos de Manufactura	4	4	4.0	2	3	2.5	
VIII	Control de Calidad	3	3	3.0	4	2	3.0	
VIII	Gestión Financiera	3	3	3.0	1	3	2.0	
VIII	Materiales de Ingeniería	3	3	3.0	3	2	2.5	
IX	Formulación y Evaluación de Procesos	2	2	2.0	5	3	4.0	
X	Automatización industrial	2	2	2.0	3	4	3.5	
TOTAL				2.75		TOTAL		2.94
PROMEDIO GENERAL COMPETENCIA (a)						2.85		

- TRABAJOS DE FIN DE CURSO

Tabla 4.6
Evaluación de los Trabajos de Fin de Curso

TRABAJO FINAL											
Ciclo	Curso	TRABAJO 'A'					TRABAJO 'B'				
		(b)	(e)	(g)	(j)	(k)	(b)	(e)	(g)	(j)	(k)
IV	Estadística y Probabilidades II	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4
VI	Ingeniería de Métodos	5	4	4	4	4	2	2	2	2	3
VII	Procesos de Manufactura	5	3	3	4	4	3	3	3	3	3
VIII	Control de Calidad	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4
VIII	Gestión Financiera	3	3	4	3	3	2	2	4	4	3
VIII	Sistemas de Inventario y Distribución	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4
VIII	Simulación y Control de Procesos	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4
IX	Formulación y Eval. de Procesos	5	3	4	3	4	3	2	3	2	2
X	Automatización industrial	5	4	4	3	4	3	3	1	3	4
SUBTOTAL		4.22	3.44	3.67	3.22	3.78	3.11	3.00	2.89	2.89	3.44

- CURRÍCULUMS VITAE:

Los Currículums Vitae no proporcionan información para la evaluación de los Resultados (a), (b) y (c), sin embargo presentamos la Tabla 4.7 que muestran la evaluación de currículums para el resultado o habilidad (i).

Tabla 4.7
Evaluación de Curriculums Vitae

	CÓDIGO	Puntuación
Currículo A	257	2
Currículo B	258	3
Currículo C	259	2
Currículo D	260	1
PROMEDIO		2

- **CURSOS DE PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL I Y II**
En las tablas 4.8 y 4.9 se muestran los resultados de la Evaluación de los cursos de Proyecto Final de Ingeniería Industrial I y II, en los que se aprecian los puntajes obtenidos para todas las habilidades evaluadas con este instrumento.

Tabla 4.8
Evaluación Obtenida en Proyecto Final de Ingeniería Industrial I

CURSO PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL I							
Cuaderno-diario	b	d					
Grupo 1 (279)	2	2					
Grupo 2 (280)	4	3					
Grupo 3 (281)	3	4					
PROMEDIO	3.0	3.0					

Trabajo Final	a	b	e	f	g	h	i
Grupo 1 (288)	3	3	2	5	2	4	1
Grupo 2 (289)	4	3	3	3	3	2	3
Grupo 3 (290)	5	4	3	4	4	4	4
PROMEDIO	4.0	3.3	2.7	4.0	3.0	3.3	2.7

Exposición - Video	e	f	g	h
Grupo 1 (291)	2	2	2	4
Grupo 2 (292)	2	2	1	4
Grupo 3 (293)	2	2	3	2
Grupo 4 (294)	2	3	3	1

Grupo 5 (295)				2	2	2	1	
Grupo 6 (296)				3	3	3	3	
Grupo 7 (297)				2	3	2	2	
Grupo 8 (298)				4	4	3	2	
PROMEDIO				2.4	2.6	2.4	2.4	

Hay que mencionar que la habilidad (c) que se refiere al Diseño de un componente, proceso o sistema, no puede evaluarse en el Curso de Proyecto I, ya que en él sólo se define el Proyecto y no la ejecución.

Esta habilidad se evalúa en el Curso de Proyecto II como se observa en la tabla 4.9.

Tabla 4.9
Evaluación Obtenida en Proyecto Final de Ingeniería Industrial II

CURSO PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL II								
Cuaderno-diario		b		d				
Grupo 1 (282)		3		5				
Grupo 2 (283)		2		3				
Grupo 3 (284)		4		4				
PROMEDIO		3.0		4.0				
Trabajo Final	a	b	c	e	f	g	h	i
Grupo 1 (285)	3	4	4	3	3	4	2	3
Grupo 2 (286)	4	3	4	3	3	3	4	3
Grupo 3 (287)	3	3	4	2	4	4	3	4
PROMEDIO	3.3	3.3	4.0	2.7	3.3	3.7	3.0	3.3
Exposición - Video				e	f	g	h	
Grupo 1 (299)				4	2	3	2	
Grupo 2 (300)				5	2	3	3	
Grupo 3 (301)				2	3	3	2	
PROMEDIO				3.7	2.3	3.0	2.3	

- ENCUESTA A EMPLEADORES:

Los resultados de las encuesta aplicadas se muestran en la tabla 4.10.

Tabla 4.10
Resultado de la encuesta a empleadores

ENCUESTA EMPLEADORES 2006		198	199	200	201	202	Promedio Pregunta	Promedio Compet.
05a	1. Aplica conocimientos básicos de matemáticas ciencias y/o ingeniería a problemas que suceden en su ámbito laboral.	4	5	3	5	4	4.2	4.2
05b	2. Planifican el desarrollo de la tarea asignada, identificando las variables que intervienen en ella.	5	5	4	4	4	4.4	
05b	3. Analiza e interpreta los datos o resultados obtenidos con suficiencia.	5	5	4	5	4	4.6	
05b	4. Reporta sus resultados con criterio utilizando las herramientas adecuadas.	4	5	3	4	4	4.0	4.3
05c	5. Es capaz de establecer los objetivos y metas de un proyecto de diseño que solucione un problema.	4	5	4	4	4	4.2	
05c	6. Propone, ante un problema dado, alternativas de solución diversas.	4	5	3	4	4	4	
05c	7. Elige una propuesta de solución y justifica técnicamente su elección.	5	5	2	4	4	4	4.1

• ENCUESTA A EGRESADOS:

En la tabla 4.11 se muestran la opinión que dan los egresados con respecto a su habilidad de resolver problemas de matemáticas, ciencia e ingeniería, correspondiente a la habilidad o resultado (a).

Tabla 4.11
Resultado de la encuesta a empleadores

ENCUESTA EGRESADOS		203	204	205	206	207	208	209	210	211	Promedio Pregunta	Promedio Compet.
06a	1. Se siente usted capacitado en el área de matemática, ciencia e ingeniería para el desarrollo de problemas en el campo profesional.	4	4	3	4	5	4	4	4	3	3.6	
06a	2. Los conocimientos adquiridos en le área de matemática ciencia e ingeniería tiene el nivel adecuado para su desarrollo profesional.	3	4	3	4	4	5	4	4	3	3.4	3.5

• ENCUESTA A DOCENTES:

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos para las tres primeras competencias en la encuesta realizada a los docentes de la Escuela.

Tabla 4.12
Resultados de la Encuesta a Docentes

ENCUESTA DOCENTES 2006-2		212	213	214	215	216	...	229	230	231	232	TOTAL	21
07a	1. Los alumnos proponen los conceptos, teorías y fórmulas adecuados para resolver problemas de matemáticas, ciencia e ingeniería.	3	3	3	4	2		2	3	3	3	66	3.1
07a	2. Los alumnos interpretan los resultados y obtienen conclusiones después de resolver adecuadamente un problema.	3	3	4	4	2		3	4	3	3	71	3.4
07b	3. Los alumnos demuestran criterios adecuados en el desarrollo del trabajo experimental asignado.	3	2	3	4	2		3	4	3	3	67	3.2
07b	4. Los alumnos fundamentan coherentemente sus resultados en base a la bibliografía investigada.	3	2	4	4	1		3	4	3	3	63	3.0
07c	5. ¿Cómo calificaría usted el nivel en que los estudiantes identifican la naturaleza de los problemas que se plantean en el trabajo?	3	2	4	3	1		3	3	3	4	67	3.2
07c	6. ¿Cómo calificaría usted el nivel en que los alumnos expresan adecuadamente los problema y los objetivos del proyecto de manera escrita?	3	2	4	4	2		3	3	3	3	68	3.2
07c	7. ¿Cómo calificaría usted el nivel en que los alumnos expresan adecuadamente sus ideas de manera oral?	4	2	4	3	2		4	3	3	3	66	3.1
07c	8. ¿En que medida los alumnos proponen alternativas diversas de solución a los problemas?	3	2	3	4	1		4	3	3	3	67	3.2
07c	9. ¿En que medida los alumnos justifican técnicamente las propuestas de solución escogidas?	3	2	3	4	1		3	4	3	3	66	3.1
07c	10. ¿En que medida los alumnos utilizan adecuadamente un método de solución?	3	2	2	4	2		3	4	3	3	67	3.2

PONDERACIÓN Y RESULTADOS DE LAS HABILIDADES (a), (b) y (c)

Una vez obtenidos los puntajes aportados por cada instrumento, es necesario obtener un valor para el nivel alcanzado por los alumnos en la habilidad evaluada, por lo que se pondera los resultados obtenidos para obtener el valor final.

Estos resultados, para las tres primeras habilidades, se muestran en la tabla 4.13.

Tabla 4.13
Resultados de la Evaluación de Habilidades.

	2006-2	PONDERACIÓN		
(a)	Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.			
	Carpeta de curso	0.6	2.8	1.71
	Encuesta docentes	0.2	3.3	0.65
	Encuesta empleadores	0.1	4.2	0.42
	Encuesta graduados	0.1	3.5	0.35
		1		3.13
(b)	Habilidad de diseñar y conducir experimentos así como analizarlos e interpretar los datos.			
	Carpeta de curso	0.3	3.7	1.10
	Curso proyecto final de ing industrial	0.3	3.2	0.95
	Encuesta docentes	0.1	3.1	0.31
	Encuesta empleadores	0.3	4.3	1.30
		1		3.66
(c)	Habilidad de diseñar sistemas, componentes o procesos que encuentren las necesidades requeridas.			
	Curso proyecto final de ing. industrial	0.6	4.0	2.40
	Encuesta docentes	0.2	3.2	0.64
	Encuesta empleadores	0.2	4.1	0.81
		1		3.85

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE HABILIDADES

Los resultados generales de las habilidades deseadas se muestran en la tabla 4.14. Debemos recordar que la escala de valoración asigna entre 1 y 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo.

Tabla 4.14
Calificación final de la habilidades (semestre 2006-2)

Competencia	2006-2
a	3.13
b	3.66
c	3.85
d	3.63
e	3.16
f	3.62
g	3.31
h	3.21
i	2.79
j	3.19
k	3.71
Promedio	3.39

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

La encuesta mostrada a continuación es la que se usó para validar como primera aproximación los instrumentos, en su conjunto, utilizados para la evaluación de habilidades.

Las preguntas 1, 3 y 9 corresponden a la validez de contenido, los 2, 5, 6 y 8 a la de criterio y la 4, 7 y 10 a la de construcción.

Tabla 4.15
Encuesta para la Evaluación de Instrumentos de Evaluación de Competencias

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN Modelo RTP

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del Informante: _____
- 1.2. Cargo e Institución donde labora : _____
- 1.3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: _____
- 1.4. Autor del Instrumento: _____

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	CALIFICACIÓN				
		Deficiente 01-20%	Malo 21-40%	Regular 41-60%	Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y comprensible.					
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables					
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					
4. ORGANIZACIÓN	Presentación Ordenada					
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente.					
6. PERTINENCIA	Permitirá conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados					
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basado en teorías o modelos teóricos.					
8. ANÁLISIS	Descompone adecuadamente las variables/ Indicadores/ medidas.					
9. ESTRATEGIA	Los datos por conseguir responden los objetivos de investigación.					
10. APLICACIÓN	Existencia de condiciones para aplicarse.					

IV. CALIFICACIÓN GLOBAL:(Marcar con una aspa)

APROBADO	DESAPROBADO	OBSERVADO

 Firma del Experto Informante
RESULTADO DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

La Tabla 4.16 muestra los resultados obtenidos en la encuesta hecha a los evaluadores y expertos en el tema de evaluación de instrumentos mostrada con anterioridad.

Tabla 4.16
Puntuación de Experto sobre los Instrumentos de Evaluación

	A	B	C	D	E	F	G	promedio	desv. estándar
1. CLARIDAD	60	70	75	60	65	70	75	67.9	6.4
2. OBJETIVIDAD	55	60	60	70	65	60	65	62.1	4.9
3. ACTUALIDAD	70	75	75	80	75	80	75	75.7	3.5
4. ORGANIZACIÓN	70	70	80	85	80	75	80	77.1	5.7
5. SUFICIENCIA	65	60	65	70	75	60	65	65.7	5.3
6. PERTINENCIA	70	75	75	80	75	80	75	75.7	3.5
7. CONSISTENCIA	60	60	70	65	60	65	60	62.9	3.9
8. ANÁLISIS	80	75	70	75	70	80	70	74.3	4.5
9. ESTRATEGIA	55	60	60	65	60	60	65	60.7	3.5
10. APLICACIÓN	80	70	75	80	85	80	75	77.9	4.9

En la Tabla superior se han indicado además el promedio y la desviación estándar de las puntuaciones dadas por cada característica evaluada en la encuesta. En la Tabla 4.17 se muestran los promedios obtenidos por cada Aspecto del proceso de validación.

Tabla 4.17
Puntuación de los Diferentes Aspectos en la Validación de los Instrumentos de Evaluación.

Validación de	Puntaje
Contenido	68.1
Criterio	69.5
Construcción	72.6

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Las calificaciones de las habilidades, mostradas en la tabla 5.10 para el semestre 2006-II, han sido analizadas por la Dirección de Escuela y un Comité de Evaluación conformado específicamente para el propósito de evaluar las habilidades.

El análisis de los Resultados obtenidos será el indicador de cómo está funcionando nuestros procesos educativos, en qué puntos desarrollamos estas competencias adecuadamente en nuestros estudiantes y en que estamos fallando. Luego del análisis y la difusión de los resultados a las autoridades y a la plana docente (retroalimentación), se sugieren una serie de medidas para mejorar el proceso y qué deben ser implementadas en los procesos educativos del semestre siguiente (objetivo formativo).

EL PROPÓSITO SUMATIVO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN:

- **EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES EN GENERAL**

Una primera idea es dar valor que represente a todas las habilidades que tienen nuestros alumnos en el semestre 2006-2, en este caso se optó por una media aritmética que arrojó un valor de 3,39. Este

resultado nos dice que las habilidades de los alumnos son en conjunto bajas, ya que como aspiración consideramos que un nivel mínimo aceptable es 4,0.

Este promedio aún bajo, nos indica que la difusión de los resultados y recomendaciones de la evaluación anterior (2006-I) no fue lo suficientemente efectiva, como para que los profesores hayan realizado los cambios deseados o que la adquisición de las habilidades por los alumnos toma más tiempo que el de un semestre académico.

- **EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES (a), (b) y (c).**

HABILIDAD (a): Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

La habilidad tiene una calificación baja (3.13) sobre todo si tenemos en cuenta que es una habilidad básica en la ingeniería. Se considera que una de las razones se debe a que la formulación de los exámenes no son los más adecuados para evaluar dicha habilidad. Existen cursos intermedios y de especialidad, que pudiendo evaluarse utilizando cálculos, se evalúan sólo con preguntas teóricas u objetivas.

HABILIDAD (b): Habilidad para diseñar y dirigir experimentos, así como analizar e interpretar datos.

El valor obtenido es el que se acerca más a los estándares deseados. Esto se debe a que hay mayor exigencia en los trabajos finales de fin de curso. Sin embargo hay cursos que prefieren una búsqueda de información (monografía) antes que un trabajo práctico que exija a los estudiantes la búsqueda de datos, su análisis e interpretación.

HABILIDAD (c): Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan las necesidades requeridas.

Se considera que la mejora con respecto al ciclo 2006-I (en más del 20%) se debe a la evaluación del curso de Proyectos Final de Ingeniería Industrial II, que ha generado mayor motivación y dedicación del estudiante, teniendo en cuenta que es un curso aplicativo. En base a esto se puede concluir que la realización de trabajos con aplicación contribuye al desarrollo de las habilidades en el alumno.

RETROALIMENTACIÓN AL PROCESO ACADÉMICO: RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL NIVEL DE LAS HABILIDADES

Si bien los valores finales en la calificación nos dan un indicador de la efectividad de nuestros procesos educativos en el desarrollo de una

habilidad en particular. El análisis de las respuestas en cada instrumento nos permite ver qué "puntos" son los que están débiles en nuestro ideal de proceso educativo. Este análisis permite hacer recomendaciones específicas, tanto en la forma de enseñar los cursos como en el sistema de evaluación de los mismos.

Las recomendaciones realizadas en las tres primeras competencias se dan a continuación.

- **HABILIDAD (a): Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.**
 - Los profesores deben plantear sus exámenes incluyendo preguntas en donde el alumno interpreten o de opinión de sus resultados obtenidos (por lo menos 5/20 puntos en las evaluaciones).
 - Si bien pueden usarse preguntas de solución múltiple, el examen debe incluir la solución de problemas a través de cálculos.
 - Deben incluirse las unidades de medida, y en lo posible el uso de gráficos y diagramas para su interpretación.

- **HABILIDAD (b): Habilidad para diseñar y dirigir experimentos, así como analizar e interpretar datos**
 - a. Los cursos deben incluir trabajos donde interpreten los datos obtenidos.
 - b. Se debe priorizar los trabajos experimentales sobre los trabajos monográficos.
 - c. De no realizarse trabajos experimentales, los trabajos monográficos deberán orientarse a que los alumnos emitan opinión sobre la información obtenida.
 - d. Los cursos de laboratorio deben presentar informes de las prácticas realizadas, conforme a los formatos establecidos.

- **HABILIDAD (c): Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan las necesidades requeridas.**
 - a. En el curso de Proyectos I, debe hacerse hincapié en las restricciones técnicas, económicas y de tiempo en la elaboración de sus proyectos (viabilidad).
 - b. En los cursos por ejemplo Automatización Industrial, Diseño de

Sistemas de Producción, Planeamiento y Control de la Producción I y II, Formulación y Evaluación de Proyectos Industriales, Ingeniería de Métodos II, deben presentar trabajos de diseño.

LA CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS:

En este trabajo no se verifica la confiabilidad de cada uno de los instrumentos utilizados para cada habilidad en particular ya que esto sería bastante extenso. Lo que mostramos es la verificación de la confiabilidad de todo el proceso de evaluación de habilidades y tomarlo como un indicador de la confiabilidad de los instrumentos.

• COMPARACIÓN DE LAS EVALUACIONES DE LAS HABILIDADES EN LOS SEMESTRES ACADÉMICOS 2006-I Y 2006-II

Hasta el momento se han realizado dos procesos de evaluación de habilidades en la Escuela de Ingeniería Industrial, en los semestres 2006-I y 2006-II, y si bien consideramos que el segundo proceso fue más eficiente que el primero, éste nos permite hacer comparaciones entre ellos.

La tabla 5.1 muestra los resultados de las evaluaciones de las habilidades realizadas en los semestres 2006-I y 2006-II.

Tabla 5.1
Comparación de las Evaluaciones de las Competencias en los semestres 2006-I y 2006-II

Competencia	2006-1	2006-2	Diferencia
(a)	2.93	3.13	0.20
(b)	3.13	3.66	0.53
(c)	3.01	3.85	0.84
(d)	3.51	3.63	0.13
(e)	2.65	3.16	0.51
(f)	3.36	3.62	0.27
(g)	3.45	3.31	-0.14
(h)	3.23	3.21	-0.02
(i)	2.73	2.79	0.07
(j)	2.91	3.19	0.28
(k)	3.02	3.71	0.69

Como se puede observar los valores de las evaluaciones en los dos semestres son muy parecidas y difieren todas en menos de una unidad y salvo las cuatro marcadas en la tabla anterior, varían en menos de 0,3 unidades.

Al ser la primera evaluación (semestre 2006-I) un proceso cuya retroalimentación hacia los profesores fue limitada, es de esperar que la mayoría de los niveles de las habilidades no hayan variado en el semestre siguiente. Esto indicaría que el muestreo o selección de la muestra no afecta significativamente el resultado de la evaluación a pesar de que las muestras tomadas son pequeñas (menores que 30). Sin embargo se puede argumentar que en las habilidades (b), (c), (e) y (k) las diferencias son más marcadas, lo cual puede explicarse por el énfasis que se hizo con respecto a los formatos de informes de laboratorio (b), la implementación del curso de Proyecto Final de Ingeniería II que se dictó por primera vez en el 2006-II y que afecta tanto a la competencia de diseño (c) como a la de formulación de problemas (e) y finalmente a la implementación de software los nuevos talleres de los cursos de Planeamiento y Control de la Producción I y II, Control de Calidad, Manufactura Moderna y otros que incrementan notablemente la habilidad (k).

Por lo observado, se considera que los instrumentos utilizados son bastante confiables.

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Las respuestas de los encuestados otorgan para cada aspecto un promedio ubicado en la categoría bueno, la que abarca los valores entre el 61 y el 80%. Los puntajes entre los diferentes aspectos son además muy próximos entre sí, lo que nos indica que nuestros instrumentos, en su conjunto, no tenían una debilidad ni una fortaleza específica en alguno de ellos.

Si nos limitamos a tomar esta encuesta como una primera evaluación de nuestros instrumentos y considerando las puntuaciones obtenidas por cada habilidad en los semestres 2006-I y 2006-II, podemos decir que nuestros instrumentos son confiables y válidos.

DISCUSIÓN GENERAL DEL PROCESO

El proceso de Evaluación de Habilidades en la Escuela de Ingeniería Industrial tuvo como principal dificultad la poca comprensión de los docentes sobre el significado de las habilidades y sobre la necesidad de contar con una metodología para evaluar los procesos educativos.

Una equivocación frecuente es que se considera suficiente las notas de los cursos para calificar la competencia de los alumnos, cuando esta calificación no considera muchas veces las habilidades y actitudes de los alumnos. Otro error frecuente, es considerar a las notas de los alumnos, en su conjunto, como un indicador de la eficiencia de los procesos académicos.

En este sentido, la definición de las Habilidades o Resultados (Outcomes para ABET) pueden ser mejoradas, conforme se vaya entendiendo las necesidades de estas habilidades en el contexto del mundo laboral actual. Por ahora, en nuestra experiencia, la participación de los constituyentes externos se han limitado a comentarios, si bien bastante buenos, muy generales, siendo los de carácter actitudinal los menos comentados.

La ventaja de los instrumentos de evaluación directa: exámenes, trabajos, exposiciones, etc. se mostró con claridad en los resultados de la tabla 5.9, en donde se muestran los puntajes obtenidos por los instrumentos y su ponderación. Como se puede observar allí, las diferencias en los valores obtenidos por las encuestas es interesante. Los empleadores, en general, son menos rigurosos que los docentes o que los mismos egresados, y otorgan una mayor calificación a sus practicantes, casi un punto de diferencia más. Parece ser que, a los profesores su función formativa, los hace más exigentes o responsables con la calificación.

De todos los instrumentos desarrollados, los más útiles y los que más muestran el nivel de las habilidades desarrolladas, son los Cursos de Proyecto Final de Ingeniería Industrial I y II. La naturaleza de estos cursos, recientemente implementados, es la de cursos integradores, en donde los estudiantes vuelcan los conocimientos y experiencias previamente adquiridos en un Proyecto que se desarrolla en equipo durante dos semestres. Estos cursos, no imparte conocimientos sino sólo observa el desempeño de los alumnos y califica. Allí las habilidades de organización, trabajo en equipo, identificación de problemas, comunicación eficaz entre otros, se muestran fácilmente y proporciona medidas directas, fáciles de evaluar.

Los Resultados de las Habilidades no satisfacen las expectativas de la Escuela, la que considera como valor aceptable la puntuación de 4 (correspondiente a bueno), sin embargo ha considerado como adecuada la puntuación obtenida, con la finalidad de hacer ajustes permanentes para mejorar los procesos académicos. Si se llegara a la máxima calificación, se entiende que debemos reformular las definiciones y los instrumentos para hacerlos más exigentes.

Lo que se puede afirmar con bastante seguridad y en base a los datos mostrados en la tabla 5.1, es que los instrumentos utilizados, en

su conjunto, son confiables. No hubo cambios dramáticos, ni ninguno que no pueda explicarse o ser atribuido a una variación propia del muestreo, considerando además que las muestras tomadas son todavía pequeñas.

La razón se explicó por la necesidad de establecer un sistema que pueda dar los resultados de la evaluación con celeridad.

En cuanto a la validez de los instrumentos, sólo se contó con la encuesta a evaluadores y/o expertos y no con instrumentos paralelos para su comparación. El resumen de la evaluación, mostrada en la tabla 4.17, señala que los instrumentos son válidos. La desviación estándar de las evaluaciones se calculó para observar si había alguna discrepancia sería en la opinión de los evaluadores, cosa que no ocurrió, lo que contribuye a la confianza en el método utilizado.

Como comentario final, este trabajo es una contribución a la formación de ingenieros que puedan ser exitosos en su vida profesional enfocándose en la formación por habilidades y por la evaluación del proceso por resultados, sobretodo en una escuela de ingeniería, en donde la plana docente, formada mayoritariamente por ingenieros, no toma en cuenta estos aspectos importantes de la educación. Estamos seguros que el esfuerzo que estamos realizando en la Escuela, dará sus frutos en el mediano plazo ya que hacemos nuestra la idea principal del modelo: "Estamos bien, qué podemos hacer mejor".

CONCLUSIONES

1. La evaluación de las habilidades brinda una observación más completa de nuestros procesos educativos. Nos hemos dado cuenta que sólo las evaluaciones de los alumnos no son suficiente para juzgar la calidad de nuestros procesos educativos ni para garantizar el éxito de los profesionales que formamos.
2. La definición de las habilidades ha permitido verificar que hubo una distancia entre lo que nosotros esperábamos de nuestros alumnos y lo que les enseñábamos y evaluábamos, como es el caso de la habilidad (a) en donde sólo evaluábamos los alumnos obtengan resultados a través de sus cálculos y ahora esperamos además que los interpreten.
3. Los resultados obtenidos en la evaluación nos indican que aún no hemos llegado a nuestra meta mínima esperada en la escuela de Ingeniería Industrial. El valor promedio de 3,38 en el semestre 2006-II contra 4,00 que es el valor esperado.
4. Los cursos de Proyecto de Ingeniería Industrial I y II, se mostraron no

- sólo como los mejores para hacer las evaluaciones de la habilidades adquiridas, sino como uno de los medios más eficaces para que hagan uso de todas la habilidades y conocimientos adquiridos a través de todo el plan de estudio.
5. El uso de dos tipos de instrumentos: directos e indirectos, para realizar las evaluaciones dio resultados satisfactorios, mostrando que los de mayor utilidad fueron los instrumentos directos ya que las encuestas siempre son opiniones y por lo tanto son más subjetivas.
 6. Las rúbricas fueron instrumentos de gran utilidad para cuantificar las habilidades en las medidas directas. Las desviaciones entre las medidas de distintos evaluadores no ha sido significativa.
 7. Los análisis semestrales de nuestras evaluaciones han permitido realizar las mejoras necesarias en nuestros procesos educativos. Consideramos el mayor logro, el haber implementado el sistema de evaluación de habilidades.
 8. El sistema de evaluación implementado es confiable y válido para los objetivos de nuestra investigación y los de mejora continua implementada.

RECOMENDACIONES

1. Conforme transcurra el tiempo y se tenga una mayor experiencia en las evaluaciones, se hará necesario una revisión de todo el sistema de evaluación de habilidades: la definición de las habilidades a partir de los nuevos Objetivos Educativos y los instrumentos necesarios para medirlas.
2. Es necesario que toda la plana docente, así como los servicios de apoyo al alumno, conozcan y hagan suya la filosofía de los procesos académicos, los objetivos y competencias a lograr, así como del significado de las evaluaciones del sistema.
3. La definición de los Objetivos educativos son el inicio de todo el sistema académico por lo que es necesario fortalecer los vínculos con los constituyentes externos: empresarios, colegios profesionales y egresados, para su adecuada definición y actualización.
4. Una ampliación del sistema para evaluar cada tercio del plan de estudio y no sólo al final como lo hemos hecho hasta ahora, permitiría que el propósito formativo de la evaluación se vea fortalecido y las mejoras a aplicar se realicen más puntualmente en cursos ya identificados.
5. Sería de muy interesante hacer una evaluación de las habilidades a alumnos recién ingresados y hacer un seguimiento de la evolución hasta la finalización de sus estudios (como un conjunto) y evaluar el

aporte sumativo de nuestros procesos educativos.

6. Sería importante, en evaluaciones posteriores, la inclusión de un nuevo e interesante instrumento de medición directa es el uso de portafolios electrónicos para los alumnos. Estos consisten en páginas web en donde los alumnos colocan sus datos, aspiraciones y metas, mejores trabajos, fortalezas y debilidades, prácticas profesionales, etc. y sobre todo comentarios (a través de encuestas) de sus habilidades y su evolución. Esto obviamente requiere recursos de hardware y de programadores para hacer estas páginas y sus actualizaciones amigables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- "ABET & Assessment Processes" <http://ece.eng.ua.edu/ecedoc/abet.pdf>
- "Assessment White Paper A Framework for the Assessment of Engineering Education". The Joint Task Force on Engineering Education Assessment. <http://www.asee.org/conferences/>
- "Evaluación Criterial y Normativa" [http://www.chasque.net/gamolnar/evaluacion% 20educativa/evaluacion.03.html](http://www.chasque.net/gamolnar/evaluacion%20educativa/evaluacion.03.html)
- ABET Frequently Asked Questions. <http://webs.uob.edu.bh/abet/faq.asp>
- ARY, J. y RAZAVIEH. "Introducción a la Investigación Pedagógica" México, D. F. MX. McGraw Hill. No. 1989
- Assessment Rubrics <http://edtech.kennesaw.edu/intech/rubrics.htm#why>
- BEICHNER, R.J. "Are We There Yet?" <http://www.aapt.org/Events/upload/Beichner-2003-Calc-Conf-Assessing-Classroom-Performance-Presentation.pdf>
- CHACÓN, M.S., PÉREZ-GIL, J., HOLGADO, T.F. y LARA, R.A. "Evaluación de la calidad universitaria: validez de contenido" *Psicothema* 2001. Vol. 13, nº 2, pp. 294-301
- COCCA, J.A., CONFEDI "Competencias Profesionales y Curriculum de Ingeniería", www.confedi.org.ar/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,141/ -
- Criteria For Accrediting Engineering Website: www.abet.org
- Criteria for CSE Capstone Design Courses <http://www.cse.ohio-state.edu/~neelam/abet/CAPST/criteria.html>
- FELDER, R., BRENT, R. "Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria" *Journal of Engineering Education*, 92 (1), 7-25 (2003)

- Guidelines to Institutions, Team Chairs and Program Evaluators on Interpreting and Meeting the Standards Set Forth in Criterion 3 of the Engineering Accreditation Criteria.* Website: www.abet.org
- IMMEKUS, J.C., TRACY, S., YOO, J.E., MALLER, S.J., FRENCH, B.F., OAKES, W.C. "Developing Self-Report Instruments to Measure ABET EC 2000 Criterion 3. Professional Outcomes. Purdue University". Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition
- KERNS, Sh. y ORR, J.A. "ABET Engineering Criteria 2000 - the Evaluator's Perspective" 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference
- LARRAÍN U., GONZÁLES, A.M. y GONZÁLEZ, L.F. "Formación Universitaria por Competencias". <http://sicevaes.csuca.org/drupal/?q=filemanager/active&fid=97>
- LATTUCA, L.R., STRAUSS, L.C. y VOLKWEIN, J. F. "Getting in Sync: Faculty and Employer Perceptions from the National Study of EC2000" http://www.ed.psu.edu/cshe/abet/pdf/Mudd_05.pdf
- LETELIER S., M., LÓPEZ F., L., CARRASCO B., Rosario y PÉREZ M., Paulina, "Sistema De Competencias Sustentables Para El Desempeño Profesional En Ingeniería". Rev. FAc. Ing. Univ. Tarapacá vol 13 N° 2 2005 Pág. 91-96
- LUCERO, I., MEZA, S. "Validación de instrumentos para medir conocimientos" <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2002/09-Educacion/D-027.pdf>
- NOBLE, J. "An Approach for Engineering Curriculum Integration in Capstone Design Courses" Int. J. Engng Ed. Vol. 14, No. 3, p. 197±203, 1998
- PRADOS, J. "Engineering Education in the United States: Past, Present and Future" ICEE 1998, Rio de Janeiro, Brasil.
- ROGERS, G. "Assessment: Could You Please Repeat the Question?" Assessment Tips With Gloria Rogers. <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips6.pdf>
- ROGERS, G. "Lessons Learned: Things I Wish I had Known..." Assessment Tips With Gloria Rogers. <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips5.pdf>
- ROGERS, G. "Making a List and Checking It Twice" Assessment Tips With Gloria Rogers <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips7.pdf>
- ROGERS, G. "Assessment: The Ultimate Open-Ended Design Problem" Assessment Tips With Gloria Rogers <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips9.pdf>
- ROGERS, G. "Assessment: The Ultimate Open-Ended Design Problem"

- Assessment Tips With Gloria Rogers <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips9.pdf>
- ROGERS, G. "Death by Assessment: How Much Data Are Too Much?" Assessment Tips With Gloria Rogers. <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips2.pdf>
- ROGERS, G. "Direct and Indirect Assessmentes: What are They Good For?" Community Matters August 2006.
- ROGERS, G. "Do Grades Make the Grade for Program Assessment?" Assessment Tips With Gloria Rogers. <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips4.pdf>
- ROGERS, G. "Holistic Rubric Example" A supplement of What Are They Good for Anyway? Part II". <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Holistic%20Rubric%20Example.pdf>
- ROGERS, G. "How Are We Doing? "Assessment Tips With Gloria Rogers" <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips8.pdf>
- ROGERS, G. "Rubrics: What Are They Good for Anyway? Part I". Community Matters September 2006.
- ROGERS, G. "Rubrics: What Are They Good for Anyway? Part II". Community Matters October 2006.
- ROGERS, G. "Rubrics: What Are They Good for Anyway? Part III". Community Matters November 2006.
- ROGERS, G. "Surveys and Questionnaires: Do They Measure Up?" Assessment Tips With Gloria Rogers. <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips1.pdf>
- ROGERS, G. "The Language of Assessment: Humpty Dumpty Had a Great Fall..." Assessment Tips With Gloria Rogers. <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Assessment/Assessment%20Tips3.pdf>
- ROGERS, G. "Using Course or Test Grades for Program Assessment". Community Matters December 2006.
- ROGERS, G. "When Is Enough Enough?" Community Matters January 2007.
- SCALES, K., OWEN, Ch., SHIOHARE, S. y LEONARD, M. "Preparing for program accreditation review under ABET engineering criteria 2000: Choosing outcome indicators" Journal of Engineering Education, Jul 1998.
- The Joint Task Force on Engineering Education Assessment. "Assessment White Paper: A Framework for the Assessment of Engineering Education" <http://www.asee.org/resources/assessmentwhitepaper.cfm>

TODD, R., SORENSEN, C. y MAGLEBY, S. Journal of Engineering Education, Vol 82, N°2, 1993, Pág. 92-100.

WOODS, Sh. E. "Making Sense of ABET EC 2000". <http://www.engr.utexas.edu/abet/docs/%2FWoods%20ABET%20EC2000%20Overview%2008-01-01.ppt>

ANEXO 1

APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS: EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES.

El sistema de evaluación de las habilidades tiene como objetivo evaluar la efectividad de los procesos educativos con objetivos formativos y sumativo, siendo el primero de estos el necesario para una retroalimentación para la Dirección de Escuela y para la Plana Docente y con esta información realizar las mejoras necesarias. Por lo tanto, el sistema de evaluación debe de ser sencillo y versátil, de tal forma que [32-33]:

- No sea una carga para el docente
- No cause un trabajo engorroso y tedioso para los operadores y sea rápido.
- Sea fácil de consultar.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA:

- Criterio para la selección de los Cursos:
Los criterios elegidos para la selección de los cursos en donde se recogerá la muestra de la carpeta del curso son los siguientes:
 - a) Debe ser un curso que contribuya ampliamente al logro de la competencia, pero además debe ser uno en donde pueda apreciarse con facilidad la habilidad que se quiere evaluar.
 - b) Debe ubicarse en los ciclos intermedios o finales, para que se pueda apreciar la contribución del "Plan Curricular" en el logro de la habilidad.
 - c) De acuerdo a la naturaleza de la habilidad a evaluar, se escogerá el instrumento a utilizar, es decir, en algún caso por ejemplo, se tomarán muestras de los exámenes y en otros los trabajos finales.
 - d) En el caso de exámenes se tomarán muestras tanto de los

exámenes parciales como de los finales (cuatro en total), seleccionados al azar entre los exámenes aprobados, ya que los desaprobados tendrían la oportunidad de desarrollar las habilidades si hubiera repitencia.

e) De los trabajos finales de curso, se tomó un trabajo elegido al azar entre todos los realizados en el curso.

- **Cursos de Proyecto de Ingeniería Industrial I y II**

Los cursos de Proyectos de Ingeniería Industrial I y II, al ser cursos integradores de todos los conocimientos y habilidades adquiridas en el transcurso de los años de estudios y cuyo desarrollo y evaluación se basan en el desempeño individual y grupal de los alumnos, son los cursos más importantes para evaluar las competencias [30, 31]. En este caso, se han evaluado a todos los grupos de proyectos en ambos cursos.

El curso de proyecto proporciona tres formas de evaluación:

- a. La presentación del Proyecto (formulación o desarrollo dependiendo del curso).
- b. El informe escrito de la formulación (curso de Proyecto I) o del desarrollo (curso de Proyecto II)
- c. El cuaderno de apuntes o bitácora, en donde los alumnos integrantes del grupo anotan los informes y acuerdos de cada una de sus reuniones.

- **Currículums Vitae**

Los Currículums Vitae u Hojas de Vida proporcionan información para la evaluación de la Habilidad o Resultado (i) que tiene que ver con la educación continua a lo largo de la vida. Se toman currículums de ex-alumnos que hayan egresado en un tiempo no mayor de dos años, tiempo en el que consideramos la influencia de la formación en la universidad es aún la principal en el desarrollo de esta competencia.

- **Encuesta a Docentes [29]**

La encuesta docente se toma sin distinción a todos los profesores de la especialidad. En nuestro caso quedan excluidos los profesores de los ciclos iniciales por dos razones:

- Porque los alumnos tienen el nivel de las habilidades desarrolladas antes de ingresar a la universidad y no se puede apreciar aún el aporte del programa educativo.

- Porque en nuestro caso los alumnos de las cuatro escuelas llevan juntos los cursos básicos y la encuesta no sería específica de la especialidad.
- Encuesta a Empleadores
La encuesta a los empleadores se toma, por ahora, a los jefes directos de los alumnos que hacen prácticas en una empresa determinada. Cuando sea el caso de evaluar los Objetivos Educativos, la encuesta se hará únicamente a los empleadores de nuestros egresados.
- Encuesta a Alumnos
La encuesta se realiza sobre el mayor número posible de alumnos de los últimos ciclos, ya que consideramos que en esos semestres los alumnos pueden ejercer un juicio mejor formado sobre las habilidades adquiridas durante sus estudios.

ANEXO N° 2

CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE LOS INSTRUMENTOS [39 – 41]

- Confiabilidad de un Instrumento.
La confiabilidad [40,41] se refiere al grado en que un instrumento produce una puntuación consistente. Específicamente, confiabilidad se refiere a que la puntuación de las medidas no se ve grandemente afectado por el error aleatorio de la medición. La confiabilidad de un instrumento puede comprobarse haciéndose procesos paralelos para la misma población pero utilizando diferentes muestras.
- Validez de un Instrumento
Validez [40,41] es el grado en el que un instrumento mide lo que debe medir, es decir si el instrumento realmente sirve para lo que fue diseñado.

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

Los instrumentos de evaluación pueden validarse de diferentes formas, así por ejemplo la validez de contenido puede ser validada por el juicio de expertos que evaluarán la relación y objetividad de las preguntas o

definición de rúbricas del instrumento con la definición de la competencia a evaluar, para ello, es necesario que la definición de lo que significa la competencia sea bastante clara y precisa.

ANEXO N° 3

ELABORACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN:

Entendemos por elaboración de instrumentos, la construcción de las rúbricas aplicadas a los trabajos, exámenes y presentaciones alumnos (medidas directas), así como a la elaboración de encuestas aplicadas a los alumnos y constituyentes involucrados con el programa educativo (medidas indirectas) [22].

Es necesario mencionar que la Carpeta del Curso incluye todos los documentos pertinentes al curso en mención: sílabo, el cronograma de actividades lectivas, los exámenes, pruebas, lecturas desarrollados para la evaluación y otros materiales, así como también muestras del trabajo y evaluaciones de los alumnos: exámenes, informes de laboratorio y/o talleres, trabajos finales de curso, proyectos, prototipos y todo material que sirva de evidencia del trabajo desarrollado por ellos.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN PARA LAS HABILIDADES (a), (b) y (c):

A continuación se presentan los instrumentos de evaluación elaborados para las habilidades señaladas:

Habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería (a).

CARPETA DE CURSO:

- **MUESTRAS DE PRUEBAS, EXÁMENES:**

En los cuales los estudiantes aplican sus conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería a problemas planteados mostrando que ellos pueden seguir los pasos mencionados.

Escala	DEFINICIÓN
5	Los alumnos pueden interpretar los resultados obtenidos después de resolver adecuadamente un problema de aplicación de matemáticas, ciencia e ingeniería.
4	Los alumnos aplican adecuadamente los conceptos de matemática, ciencia e ingeniería obteniendo resultados en problemas de complejidad mayor a la aplicación directa.
3	Los alumnos aplican adecuadamente los conceptos de matemática, ciencia e ingeniería obteniendo resultados en problemas únicamente de aplicación directa.
2	Los alumnos proponen las ecuaciones o fórmulas adecuadas pero no saben utilizarlas correctamente.
1	Los alumnos no son capaces de proponer los conceptos, teorías y fórmulas para resolver problemas o ejercicios de aplicación directa.

• **TRABAJO DE FIN DE CURSO:**

Los alumnos muestran en su trabajo la habilidad de aplicar adecuadamente los conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.

Escala	DEFINICIÓN
5	Los alumnos interpretan los resultados y obtienen conclusiones después de resolver adecuadamente un problema de aplicación de matemáticas, ciencia e ingeniería.
4	Los alumnos aplican adecuadamente los conceptos de matemática, ciencia e ingeniería obteniendo resultados en problemas de complejidad mayor a la aplicación directa.
3	Los alumnos aplican adecuadamente los conceptos de matemática, ciencia e ingeniería obteniendo resultados en problemas únicamente de aplicación directa.
2	Los alumnos proponen las ecuaciones o fórmulas adecuadas pero no saben utilizarlas correctamente.
1	Los alumnos se equivocan al proponer los conceptos, teorías y fórmulas para resolver problemas o ejercicios de aplicación directa.

ENCUESTA A PROFESORES

Los profesores deben expresar su satisfacción con la habilidad de los estudiantes para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.

CALIFICACIÓN: 1. pésimo, 2 mal. 3, regular, 4, bien, 5 muy bien

Preguntas	1	2	3	4	5
Los alumnos proponen los conceptos, teorías y fórmulas adecuados para resolver problemas de matemáticas, ciencia e ingeniería.					
Los alumnos interpretan los resultados y obtienen conclusiones después de resolver adecuadamente un problema.					

ENCUESTA A EMPLEADORES

Los egresados de la FIA tienen un nivel satisfactorio en su habilidad de aplicar principios generales de matemáticas, ciencia e ingeniería en problemas de ingeniería

Pregunta	1	2	3	4	5
Desarrolla la tarea encomendada usando su habilidad para resolver problemas básicos de matemáticas ciencia e ingeniería.					
Logra aplicar sus conocimientos básicos de matemáticas ciencias a problemas de ingeniería en el campo profesional.					

ENCUESTA A GRADUADOS

La Educación recibida en la FIA me ha dado las habilidad y la confianza para aplicar principios generales de matemáticas, ciencias e ingeniería a los problemas de ingeniería que encuentro en mi trabajo.

Preguntas	1	2	3	4	5
Se siente usted capacitado en el área de matemática ciencia e ingeniería para el desarrollo de problemas en el campo profesional.					
Los conocimientos adquiridos en le área de matemática ciencia e ingeniería tiene el nivel adecuado para su desarrollo profesional.					

Habilidad de diseñar y conducir experimentos, así como analizarlos e interpretar los datos (b).

CARPETA DE CURSO

- INFORME DE LABORATORIO:**

Desarrollo de tarea asignada, interpretación de datos y discusión de sus resultados.

Escala	DEFINICIÓN
5	Presentan un informe con todos los puntos desarrollados y bien fundamentados, así estén con errores, pero estos deben ser errores mínimos. Presentan una correcta discusión de resultados, conclusiones y proponen recomendaciones interesantes para mejorar el estudio o el experimento (recomendaciones no operativas).
4	Desarrollan su informe colocando todos los puntos desarrollados, errores altos, pero fundamentados. (analizan, interpretan, pero no dirigen bien su experimento).
3	Presentan su informe reportando datos, cálculos, resultados, errores pero no hacen una discusión de sus resultados. (No interpretan, ni analizan).
2	Los alumnos presentan sólo un reporte de datos de las variables del experimento, en forma de tablas o gráficos pero sin cálculos ni interpretación.
1	Los alumnos no son capaces de reconocer las variables del experimento ni una hipótesis que las relacione. El informe carece de conclusiones.

- TRABAJO DEL FIN DE CURSO.**

Escala	DEFINICIÓN
5	Logran desarrollar las metas planteadas, realizar un buen trabajo de interpretación y análisis de datos.
4	Realizan el plan de trabajo, logran realizar las metas planteadas no llegan a obtener un buen resultado, pero realizan una buena discusión o justificación de éste.
3	Realizan el plan de trabajo, logran realizar las metas planteadas, presentan los datos adecuadamente, pero no llegan a obtener un buen resultado o no pueden obtener una conclusión de su trabajo.
2	Desarrollaron el plan de trabajo, presentaron los datos pero no de una forma que brindara una información adecuada. No llegaron a cumplir las metas.
1	Los alumnos no han sido capaces de proponer un método de recolección de datos o información adecuado

- **CURSO DE PROYECTO**
 - **EXPOSICIÓN O INFORME DEL TRABAJO O PROYECTO REALIZADO.**

Escala	DEFINICIÓN
5	Realizan un proyecto planificado, demostrando un buen trabajo en equipo y con todas las pautas para una reproducibilidad del proyecto a escala mayor.
4	Plantean un buen proyecto, plan de trabajo, recolectan y discuten adecuadamente la información, logran su objetivo, pero no contemplan su reproducibilidad.
3	Plantean un buen plan de trabajo, recolectaron y presentaron adecuadamente la información sacando una conclusión logran el objetivo final, pero no poseen un reporte o discusión de datos adecuada que sustente el desarrollo de su trabajo.
2	Desarrollaron el plan de trabajo, recolectaron y presentaron adecuadamente la información pero discuten ni analizan lo recolectado de tal forma que les permita realizar completamente todos los puntos de su proyecto.
1	Los alumnos no han sido capaces de formular un plan viable y secuenciado para el desarrollo de su proyecto.

- **CUADERNO-DIARIO: APUNTES DE DÍAS DE REUNIÓN, PUNTOS A DISCUTIR, PROPUESTAS, ACUERDOS...)**

Escala	DEFINICIÓN
5	Se aprecia que el cuaderno de trabajo ha sido una herramienta básica en la planificación y realización del trabajo. Contiene los datos de una manera clara y ordenada, contiene apuntes y observaciones de importancia y muestra las ideas discutidas en el grupo.
4	El cuaderno de trabajo contiene los datos recolectados, así como los resultados del trabajo y algunas observaciones importantes.
3	El cuaderno presenta los datos recolectados en el trabajo pero sólo eso.
2	El cuaderno presenta algunos datos en forma desordenada e incompleta y sin una secuencia definida.
1	No poseen apuntes ni cuaderno de trabajo

- **ENCUESTA A PROFESORES**

Los profesores deben expresar su satisfacción con la habilidad de los estudiantes diseñar y conducir experimentos así como analizarlos e interpretar los datos.

CALIFICACIÓN: 1. pésimo, 2 mal, 3, regular, 4, bien, 5 muy bien

Preguntas	1	2	3	4	5
Demostró los criterios adecuados en el desarrollo del trabajo experimental asignado.					
Fundamenta coherentemente sus resultados en base a la bibliografía investigada.					

- **ENCUESTA A EMPLEADORES**

Los empleadores observan un nivel satisfactorio en los alumnos sobre su habilidad de diseñar y conducir experimentos así como analizarlos e interpretar los datos.

Pregunta	1	2	3	4	5
Planifica el desarrollo de la tarea asignada, identificando las variables que intervienen en ella.					
Reporta sus resultados con criterio utilizando las herramientas adecuadas					

Habilidad de diseñar sistemas, componentes o procesos que solucionen las necesidades requeridas (c).

- **CURSO DE PROYECTO**

Reportes, informes, planos, esquemas y otros documentos relacionados con el curso.

Escala	DEFINICIÓN
5	Los alumnos logran satisfacer los requerimientos solicitados, de tal forma que los informes contienen planos adecuadamente formulados, la propuesta es innovadora y utilizan adecuadamente una metodología.
4	Los alumnos presentan adecuadamente la solución, el informe está firmemente sustentado siguiendo una metodología
3	Los alumnos cumplen adecuadamente el plan de solución establecido al inicio, justifican bien la solución, pero la propuesta no es inédita.
2	Los alumnos cumplen a tiempo con las propuestas asignadas, pero carecen de creatividad, y adecuado uso de los conceptos de ingeniería, no hay coherencia ni secuencia entre los avances.
1	Los alumnos no son capaces de proponer propuestas basadas en conceptos de ingeniería, solo formulan en prosa sin sustento técnico.

• ENCUESTA A PROFESORES

Los profesores deben expresar su satisfacción con la habilidad de los estudiantes para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.

CALIFICACIÓN: 1. pésimo, 2 mal. 3, regular, 4, bien, 5 muy bien

Preguntas	1	2	3	4	5
Los estudiantes identifican la naturaleza de los problemas que se plantean en el trabajo					
Expresan adecuadamente el problema y los objetivos del proyecto por escrito					
Expresan adecuadamente el problema y los objetivos del proyecto en forma oral					
Proponen alternativas diversas de solución a los problemas					
Justifican técnicamente las propuestas de solución escogidas					
Utilizan adecuadamente un método de solución					

- ENCUESTA A EMPLEADORES

Los egresados de la FIA tienen un nivel satisfactorio en su habilidad de aplicar principios generales de matemáticas, ciencia e ingeniería en problemas de ingeniería.

Pregunta	1	2	3	4	5
Los egresados FIA identifican adecuadamente problemas de ingeniería.					
Proponen alternativas de solución diversas					
Justifican técnicamente las propuestas de solución escogidas y en forma adecuada					