

Propuesta de medición y evaluación de Resultados de Aprendizaje según criterios de ABET y ASIIN

Henry Gómez Urquiza, Maestro en Ciencias: Automatización e Instrumentación Industrial
Tecsup - Trujillo, Perú. hgomez@tecsup.edu.pe

Abstract— ABET and ASIIN are two internationally recognized accreditation agencies that have a set of evaluation criteria for the accreditation of engineering programs and engineering technologies. ABET focuses on the achievement of student outcomes, while ASIIN focuses on an effective educational process that allows achieving learning outcomes. By joining both criteria, a more demanding set of evaluation criteria is achieved that can be used as a reference for international programs in engineering and technology. In this paper we describe the methodology to identify, measure and assess learning outcomes, we also explain useful tools to report and evaluate the results of the measurement. Additionally, we propose the use of the Performance Vector (VD) as an indicator of the Performance Criteria (CD), which can be used in the key activities of the educational process. With the use of rubrics, VD, CD and special formats to inform the results of the measurement, the representation in a control board of the achievement of the learning outcomes is facilitated. By this way it is easy to identify improvement opportunities to take action as part of continuous improvement. Part of this methodology was implemented in Tecsup programs and was useful in the accreditation and re-accreditation with ABET, ASIIN, ENAEE and ICACIT.

Keywords—Educational Objectives, Students Outcomes, Continuous Improvement, Rubrics, Performance Criteria.

I. INTRODUCCIÓN

La medición y logro de los resultados del proceso de enseñanza – aprendizaje es uno de los criterios de evaluación que generalmente aplican las agencias de acreditación de programas de ingeniería y tecnología en el mundo. Tal vez las más representativas por su trascendencia y ámbito de influencia sean la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) de los Estados Unidos, referente para los países firmantes del Acuerdo de Washington [1]; y por otro lado, la Accreditation Agency Specialized in Programs of Engineering, Informatics, Natural Sciences and Mathematics (ASIIN) de Alemania [2]. ASIIN otorga el reconocimiento a la calidad EUR-ACE® de la European Network for the Accreditation of Engineering Education (ENAEE). Esta organización es una red de agencias de acreditación que proporcionan los estándares que identifican a los programas de ingeniería de alta calidad en Europa y el extranjero [3].

ABET acredita programas académicos de Colleges y Universidades en ciencias aplicadas, computación, ingeniería y tecnologías de ingeniería en niveles de grado Asociado, Bachiller y Maestría. Por su parte, ASIIN se ha especializado en la revisión y certificación de programas de Bachiller y de Maestría en ingenierías, ciencias de la computación y ciencias naturales. También acredita instituciones y sistemas de gestión de la calidad en educación superior. Ambas instituciones tienen firmado un acuerdo de entendimiento, son miembros de la

International Engineering Alliance (IEA) y utilizan las mejores prácticas en la acreditación de programas de ingeniería [4].

Para la acreditación de programas de tecnologías de ingeniería con ABET por ejemplo, son nueve los criterios de evaluación que se aplican. Estos criterios los ha definido la Comisión de Acreditación en Tecnologías de Ingeniería (ETAC) con apoyo de instituciones especializadas como la IEEE por ejemplo, para el caso de carreras de ingeniería eléctrica, electrónica y afines. Todos los criterios evalúan las condiciones y lo que los estudiantes experimentan y aprenden durante el proceso educativo; es decir, se enfocan en los resultados que el estudiante logra al final del proceso [5]. Para la acreditación de programas de ingeniería con ASIIN sin embargo, los criterios de evaluación son seis y todos ellos se enfocan en el proceso educativo al cual considera un proceso de cualificación que ayuda a que el estudiante logre ciertos resultados de aprendizaje o un perfil de cualificaciones. [6].

Estos dos enfoques para evaluar la calidad de los programas, aunque parecen diferentes en su concepción son complementarios y se pueden satisfacer con el mismo sistema de gestión de la calidad en el caso de que un programa pretenda acreditar con ambas agencias de acreditación. Este reto fue al que se enfrentaron los programas de tecnologías de ingeniería de Tecsup en el Perú, los cuales lograron acreditar con ABET y ASIIN con el mismo sistema de gestión de la calidad educativa. En éste artículo analizamos ésta experiencia y además vamos a proponer un sistema de medición y evaluación de los resultados de aprendizaje considerando los criterios de evaluación de ABET y ASIIN.

II. CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA ACREDITACIÓN

A. Criterios de Evaluación de ABET

Los criterios de evaluación para acreditación de programas en tecnologías de ingeniería de ABET descritos en [5], abarcan aspectos relacionados a: (1) Estudiantes, (2) Objetivos Educativos del Programa, (3) Resultados del Estudiante, (4) Mejora Continua, (5) Currículo, (6) Docentes, (7) Infraestructura, (8) Respaldo Institucional y (9) Criterios específico del programa. Para ABET, el corazón de la acreditación es la mejora continua, el verdadero beneficio de la acreditación es la ejecución del proceso de identificación, recolección, medición y evaluación de información para mejorar la calidad de un programa. A éste proceso lo llamaremos simplemente assessment por su difícil traducción al español. La Figura 1 muestra el modelo de ABET y el proceso de assessment.



Figura 1. Modelo de ABET [7]

B. Criterios de Evaluación de ASIIN

Los criterios de evaluación de ASIIN para la acreditación de programas de ingeniería aplicada, los cuales son semejantes a los programas de tecnologías de ingeniería de ABET, están definidos en [6] y están relacionados con los siguientes procesos: (A) El Programa: Concepto, Contenidos e Implementación, (B) El Programa: Estructura, Métodos e Implementación, (C) Exámenes: Sistema, Concepto y Organización, (D) Recursos, (E) Transparencia y Documentación y (F) Gestión de la Calidad: Assessment y Desarrollo de la Calidad. La Figura 2 muestra el modelo de ASIIN y su enfoque de procesos.

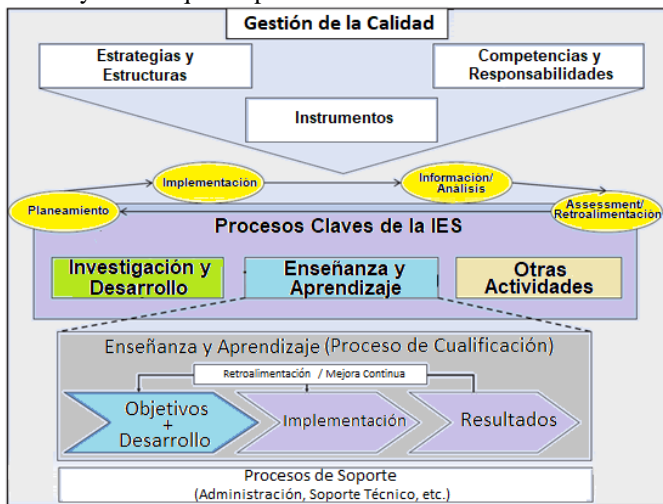


Figura 2. Modelo de ASIIN [6]

Ambos modelos de evaluación de la calidad de los programas se pueden relacionar en una matriz como la que se muestra en la Tabla 1. Por ejemplo, el criterio A de ASIIN es sobre el Programa, su concepto, su contenido y su implementación. Aquí se evalúan aspectos que están considerados en los criterios de ABET: (1) Estudiantes, (2) Objetivos Educativos del Programa, (3) Resultados del Estudiante y (4) Currículo. De manera semejante se encuentra

la relación para el criterio F de ASIIN, la Gestión de la Calidad: Assessment y Desarrollo de la Calidad. En la matriz se observa que existe una directa relación con los Criterios (2) Objetivos Educativos del Programa, (3) Resultados del Estudiante y (4) Mejora Continua. Sobre esta relación en particular nos vamos a ocupar en los siguientes párrafos.

La relación que existe entre el criterio F de ASIIN y los criterios 2, 3 y 4 de ABET se puede precisar aún mejor si consideramos los subcriterios de evaluación de ambos enfoques. En la Tabla 2 se muestra con mayor precisión esta relación. Aquí apreciamos que ambos enfoques utilizan los términos “Objetivos” y “Resultados”. Para ABET, los Objetivos Educativos del Programa (OEP) son declaraciones amplias que describen los logros que se espera los graduados puedan alcanzar, algunos años después de su graduación. En cambio, los Resultados del Estudiante (RE), son declaraciones que describen lo que se espera que los estudiantes sepan y sean capaces de hacer al momento de la graduación. Estos RE están relacionados con los conocimientos, habilidades y actitudes o comportamientos que los estudiantes van adquiriendo en el proceso de formación [5].

Tabla 1. Matriz de relación entre criterios de ABET y ASIIN

	Criterios ASIIN					
	A	B	C	D	E	F
Criterios ABET	EL PROGRAMA: CONCEPTO, CONTENIDO E IMPLEMENTACIÓN	EL PROGRAMA: ESTRUCTURA, MÉTODOS E IMPLEMENTACIÓN	EXÁMENES: SISTEMA, CONCEPTO Y ORGANIZACIÓN	RECURSOS	TRANSPARENCIA Y DOCUMENTACIÓN	GESTIÓN DE LA CALIDAD: ASSESSMENT Y DESARROLLO DE LA CALIDAD
1 ESTUDIANTES	X	X	X			
2 OBJETIVOS EDUCACIONALES DEL PROGRAMA (OEP)	X					X
3 RESULTADOS DEL ESTUDIANTE (RE)	X					X
4 MEJORA CONTINUA						X
5 CURRÍCULO	X	X			X	
6 DOCENTES				X		
7 INFRAESTRUCTURA				X		
8 APOYO INSTITUCIONAL				X		
9 CRITERIO DEL PROGRAMA						

Para ASIIN, los Objetivos del Programa (OP) describen donde se posiciona la cualificación otorgada por el programa desde una perspectiva académica, técnica y profesional. Por otro lado, Los Resultados de Aprendizaje (RA) definen lo que los estudiantes conocen, comprenden y son capaces de hacer al completar el proceso de aprendizaje. Los RA se definen como conocimientos, capacidades (habilidades cognitivas o prácticas) y competencias, que son las habilidades para utilizar el conocimiento, las capacidades y habilidades sociales y/o sistémicas en el trabajo o en un entorno de aprendizaje [6].

Los OEP de ABET así como los OP de ASIIN esencialmente describen el perfil del programa o los atributos logrados por los graduados después de la graduación, mientras que los RE de ABET y los RA de ASIIN describen los atributos a lograr por los estudiantes durante el proceso de formación o al momento de la graduación.

C. Objetivos Educativos del Programa

Para ABET la declaración de los OEP está relacionada con la misión institucional y es consistente con ésta. Además, deben

reflejar las necesidades de los constituyentes del programa y ser revisados y actualizados permanentemente. Para ASIIN, los OP están más relacionados con los RE de ABET o los RA de ASIIN en cuanto a su definición y proceso de revisión y actualización.

Tabla 2. Relación entre subcriterios de ABET y ASIIN

ABET		ASIIN						
		Criterios de ASIIN						GESTIÓN DE LA CALIDAD: ASSESSMENT Y DESARROLLO DE LA CALIDAD
Criterios de ABET	Sub Criterio	EL PROGRAMA: CONCEPTO, CONTENIDO E IMPLEMENTACIÓN						
		Objetivos del Programa (OP) y Resultados de Aprendizaje (RA)	Título del Programa	Control	Requisitos de Admisión	Assessment	Desarrollo de la calidad	
2 EDUCACIONALES DEL PROGRAMA (OEP)	Declaración de la misión							
	Objetivos Educativos del Programa (OEP)	X						
	Consistencia de los OEP con la misión institucional							
3 RESULTADOS DEL ESTUDIANTE (RE)	Constituyentes del programa	X					X	
	Proceso de revisión de los OEP	X		X		X		
	Proceso para el establecimiento y revisión de los Resultados del Estudiante (RE)	X				X	X	
	Resultados del Estudiante (RE)	X						
4 MEJORA CONTINUA	Mapa de los RE	X						
	Relación entre los RE y los OEP del programa	X	X					
	En los RE					X	X	
	Mejora continua del programa					X	X	
	Información adicional						X	

Tabla 3. RE de ABET para programas de tecnologías de ingeniería

Resultados del Estudiante de ABET	
a	Capacidad para seleccionar y aplicar conocimientos, técnicas, habilidades y herramientas modernas de su disciplina a actividades de tecnologías de ingeniería ampliamente definidas.
b	Capacidad para seleccionar y aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias, ingeniería y tecnología a problemas de tecnologías de ingeniería que requieren de la aplicación de principios, métodos y procedimientos aplicados
c	Capacidad para conducir pruebas y mediciones estandarizadas; para ejecutar, analizar e interpretar experimentos; y para aplicar los resultados experimentales en la mejora de los procesos
d	Capacidad para diseñar sistemas, componentes o procesos a problemas de tecnologías de ingeniería ampliamente definidos apropiados a los objetivos educativos del programa
e	Capacidad para funcionar eficazmente como miembro o líder de un equipo técnico
f	Capacidad para identificar, analizar, y resolver problemas ampliamente definidos de tecnologías de ingeniería
g	Capacidad para aplicar comunicación escrita, oral y gráfica en entornos técnicos y no técnicos; y habilidad para identificar y usar literatura técnica apropiada
h	Entendimiento de la necesidad y el compromiso en el desarrollo profesional continuo autodirigido
i	Comprensión y compromiso para actuar profesionalmente con ética, responsabilidad y respeto por la diversidad
j	Conocimiento del impacto de las soluciones de las tecnologías de ingeniería en un contexto social y global
k	Compromiso con la calidad, puntualidad y la mejora continua

D. Resultados del Estudiante

Si analizamos el caso de programas que otorgan el grado bachiller en tecnologías de ingeniería eléctrica por ejemplo, ABET evalúa el proceso para definir y revisar los RE; la declaración de los RE; y además, sugiere incluir los RE descritos en [3] y que son llamados eufemísticamente como los RE “a-k”. También, considera el seguimiento o mapeo de los RE en el plan de estudios

y su relación con los OEP. La definición de cada uno de los RE de ABET es amplia e inespecífica, de manera que para poder utilizarlos hay que adecuarlas a la naturaleza del programa y su perspectiva educacional. La Tabla 3 muestra los RE que ABET sugiere de manera genérica para programas de tecnologías de ingeniería.

Para el caso de ASIIN, los RA deben tener una estrecha relación con los OP y las necesidades de los constituyentes, se debe tener un proceso de revisión y actualización de los RA y las actividades que permiten el logro de los RA. ASIIN a través de [8] también recomienda considerar los RA que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. RA de ASIIN para un programa de ingeniería aplicada

Objetivos Educativos	Resultados de Aprendizaje	
Conocimiento y comprensión	Ganado amplio y sólido conocimiento en matemáticas, ciencias naturales e ingeniería permitiéndoles comprender fenómenos complejos específicos de la ingeniería eléctrica.	KU1
	Ganado conocimiento para un contexto multidisciplinario amplio de las ciencias de ingeniería	KU2
Análisis en ingeniería	Seleccionar y aplicar métodos actuales de modelamiento, cálculo y pruebas concernientes a su campo de especialización	EA1
	Diseñar y ejecutar experimentos, simulación por computadora y explicar los resultados	EA2
	Investigar literatura técnica y otras fuentes de información sobre problemas planteados	EA3
	Consultar sistemas de bases de datos, información sobre normas, guías (códigos de buenas prácticas) y regulaciones de seguridad para estos propósitos.	EA4
Diseño en ingeniería	Tener habilidades especiales para desarrollar circuitos eléctricos, dispositivos y productos electrónicos analógicos y digitales	ED1
	Controlar en trabajos de diseño, el uso de elementos como modelamiento, simulación y pruebas así como su integración en forma orientada al problema	ED2
	Son capaces de diseñar productos para el mercado global	ED3
Ejercicio de la ingeniería y desarrollo de productos	Puede aplicar su conocimiento y comprensión para adquirir habilidades prácticas para resolver problemas, en tareas de investigación y en el diseño de sistemas y procedimientos	EP1
	Tiene acceso a experiencias relacionadas con las posibilidades y limitaciones de la aplicación de materiales, diseño de modelos basados en computadoras, sistemas, procesos y herramientas para la solución de problemas cuando resuelve problemas complejos	EP2
	Conoce la práctica y su demanda en plantas de producción	EP3
	Son capaces de investigar en literatura técnica y otras fuentes de información	EP4
	Demuestra conciencia de la salud, seguridad y aspectos legales y responsabilidades del ejercicio de la ingeniería, el impacto de las soluciones de la ingeniería en un contexto social y medio ambiental	EP5
	Comprometido con la ética profesional, responsabilidades y normas del ejercicio de la ingeniería	EP6
	Utiliza el método científico apropiado y los nuevos hallazgos de la ingeniería y la ciencia medio ambiental en el ejercicio de su trabajo mientras tiene en cuenta las exigencias económicas, ecológicas, técnicas y sociales.	EP7
	Son conscientes de los efectos no técnicos de las actividades de ingeniería	EP8
	Están en posición de desarrollar productos para el mercado global	EP9
Habilidades y actitudes transferibles	Analiza y presenta temas técnicos de manera comprensiva de su propio campo y de otros aledaños	TS1
	Opera en tareas de trabajo técnico en equipo y coordina si es necesario	TS2
	Demuestra conocimientos de gestión de proyectos y prácticas empresariales, tales como riesgos y cambios de gestión y comprende sus limitaciones	TS3
	Reconoce la necesidad del aprendizaje permanente y tiene la capacidad para comprometerse con éste en forma independiente	TS4

Teniendo estas dos opciones para la definición de los resultados y a fin de poder consolidar lo mejor de ambas propuestas, solo nos queda hacer una matriz de relación entre

los RE de ABET y los RA de ASIIN. En la Tabla 5 se muestra el símbolo Θ para denotar una fuerte relación y el símbolo \circ para mostrar una débil relación. La mayoría de resultados tienen su equivalente en el otro sistema de evaluación, pero también se nota algunos resultados que no tienen equivalente como es el caso de EA4, ED3, EP3, EP7 y EP9.

Tabla 5. Matriz de relación de RE de ABET y RA de ASIIN

		Resultados del Estudiante de ABET											
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
Resultados de Aprendizaje de ASIIN	Conocimiento y comprensión	KU1	Θ	Θ									
		KU2	Θ	Θ									
	Análisis en ingeniería	EA1		Θ	Θ								
		EA2			Θ	Θ							
		EA3						Θ	Θ				
		EA4											
	Diseño en ingeniería	ED1			Θ	Θ							
		ED2			Θ	Θ							
		ED3											
	Ejercicio de la ingeniería y desarrollo de productos	EP1	Θ			\circ		Θ	Θ				
		EP2						Θ					
		EP3											
		EP4							Θ				
		EP5										Θ	
		EP6									Θ		Θ
		EP7											
		EP8										Θ	
		EP9											
	Habilidades y actitudes transferibles	TS1							Θ				
		TS2					Θ						
TS3		Θ											
TS4										Θ			

Los RA de ASIIN son más completos, porque abarcan otros aspectos no considerados por ABET en carreras de ingeniería que tienen un alcance global. Es el caso del diseño y desarrollo de productos para el mercado global, utilización del método científico, etc.

Con las relaciones establecidas en la Tabla 5, tenemos la opción de poder mejorar la definición de los RE de ABET incorporando los RA de ASIIN, pero de acuerdo al perfil que queramos dar al programa en cuestión; es decir, teniendo en cuenta el nivel del programa si es de ingeniería o de tecnologías de ingeniería de acuerdo a los atributos señalados en [4].

C. Gestión de la Calidad: Assessment

Otro aspecto que es gravitante en los dos sistemas de evaluación es lo concerniente a la gestión de la calidad del programa, específicamente nos referimos al assessment y la mejora continua. Para ABET y para ASIIN el programa debe estar sujeto a procedimientos regulares de medición y evaluación de la calidad interna, apuntando hacia una mejora continua del proceso educativo. Los estudiantes y los otros grupos de interés son parte del proceso de aseguramientos de la

calidad; por lo tanto, todas las mediciones realizadas deben ser conocidas por todos los involucrados.

Bajo ésta premisa, si queremos garantizar la calidad del programa, se debe implementar un sistema de medición del logro de los RE o RA, estas mediciones deben ser transparentes y de dominio de todos los involucrados.

Como se mencionó anteriormente, el assessment significa identificar, medir y evaluar información para encontrar oportunidades de mejora del programa. Para el caso específico de los RE, es de vital importancia identificar en que momentos del proceso de enseñanza - aprendizaje se puede medir el nivel alcanzado y a partir de esa información evaluar posibles acciones de mejora.

Para la medición del nivel de logro alcanzado por cada RE, se tienen diversas herramientas: las encuestas, las entrevistas y los reportes de actividades claves del proceso educativo. Sin embargo, la única herramienta de medición que permite medir directamente el desempeño de los estudiantes es el reporte del docente cuando ha realizado una actividad en su curso, que está directamente relacionada con los conocimientos, habilidades o competencias mencionadas en los RE. Estos desempeños que son parte de los RE, se convierten en criterios para evaluar el nivel de logro de los RE, es por eso que se conocen como Criterios de Desempeño (CD).

Para el caso del programa de tecnología de ingeniería eléctrica de Tecsup por ejemplo, luego de definidos los RE del programa, éstos se disgregaron en los elementos de resultados con los cuales se definieron los CD para evaluar el nivel de logro de cada RE. Así por ejemplo en la Tabla 6 se observa que del RE "a" se disgregan los CD "a1", "a2" y "a3". Luego, para cada CD se identifica dos a tres actividades en los cursos o módulos de los últimos ciclos del programa, donde se puede medir y evidenciar el logro de cada desempeño. Para el RE "a" se tiene por ejemplo las actividades a1.1, a1.2 y a1.3 en el IV, V y VI ciclo respectivamente para una carrera de seis ciclos (3 años).

Tabla 6. Criterios de Desempeño para el RE "a" de Tecsup

DESEMPEÑO DE ESTUDIANTES POR CRITERIO Y POR ACTIVIDAD			
Cod	Sem	Curso	Actividad
a Los estudiantes diseñan, implementan y optimizan sistemas eléctricos utilizando sus conocimientos en instalaciones eléctricas y sistemas de potencia, aplicando técnicas y herramientas modernas.			
CD "a1" Selecciona materiales y equipos de acuerdo a los requerimientos de un sistema eléctrico.			
a1.1	IV	Redes de Distribución Eléctrica	Diseño y selección de los componentes eléctricos de una subestación de distribución en baja tensión
a1.2	V	Sistemas Eléctricos de Potencia	Selección de los componentes de una subestación eléctrica de transformación en media tensión
a1.3	VI	Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia	Selección de componentes y coordinación de la protección de un sistema eléctrico de generación
CD "a2" Desarrolla e implementa proyectos de sistemas eléctricos.			
a2.1	IV	Montaje e Instalación Eléctrica II	Diseño e implementación de un sistema de automatización industrial para el transporte de materiales
a2.2	V	Automatización Industrial	Diseño e implementación de un automatismo industrial con PLC para el módulo de manufactura flexible
a2.3	VI	Control de Procesos	Diseño e implementación de un SCADA con el DCS para un sistema de generación y transmisión de energía
CD "a3" Mejora sistemas eléctricos existentes para ahorrar energía eléctrica.			
a3.1	V	Auditoría y Eficiencia Energética	Reducción de costos de facturación por energía eléctrica. Evaluación de la eficiencia energética de una planta industrial.
a3.2	VI	Mantenimiento de Sistemas Electromecánicos	Optimización de un sistema de bombeo de agua.

Ahora, para garantizar una medición objetiva del desempeño de los estudiantes en las actividades seleccionadas, se debe aplicar una rúbrica. En la rúbrica se determinan los Criterios de Evaluación (CE), el peso de cada criterio, las

escalas de valoración y el puntaje asignado. En nuestro caso proponemos que para un desempeño Excelente (E), se le asigne 4 puntos; para un desempeño Adecuado (A), se le asigne 3 puntos; para un desempeño Mínimo (M), se le asigne 2 puntos y para un desempeño Insuficiente (I), se le asigne 1 punto. Si el estudiante no estuvo presente en la actividad, no acumula puntos. La suma total de los puntos acumulados por cada CE, refleja de manera integral en una escala vigesimal, el desempeño del estudiante en la actividad.

En la rúbrica es importante describir con precisión cuales son los atributos que el estudiante debe evidenciar durante la medición y el puntaje asignado a cada CE, ya que la rúbrica será de conocimiento del estudiante y sabrá cómo será evaluado. También para definir los CE, se debe considerar el nivel de dificultad de la actividad y utilizar los verbos de acción según la Taxonomía de Bloom [9]. Es importante mencionar que durante el desarrollo de la actividad seleccionada, también se pueden evidenciar y medir otros desempeños relacionados a los RE transversales. Se incluye por ejemplo comunicación, gestión de recursos, trabajo en equipo y seguridad. Estos aspectos también se consideraron en la evaluación del estudiante. La Tabla 7 muestra un ejemplo de rúbrica para una actividad en laboratorio que ha sido seleccionada para el RE "a" de un programa en tecnologías de ingeniería eléctrica.

Tabla 7. Rúbrica para actividad en laboratorio

Nombre del alumno evaluado:		XXXXX		Nota en Actividad:		15	
Año	CATEGORÍA	EXCELENTE	ADECUADO	MÍNIMO	INSUFICIENTE	PUNTAJE	
						4	3
Específicas	CONOCIMIENTO						
	1	Identifica los componentes principales de un generador síncrono	15%	0	0	0	3.00
	2	COMPRESIÓN	15%	0	0	0	2.25
		Distingue las características funcionales de los diversos componentes de un generador síncrono	15%	0	0	0	2.25
	3	APLICACIÓN	15%	0	0	0	2.25
		Calcula y determina las características de funcionamiento normal de un generador síncrono en base a los datos de placa	15%	0	0	0	2.25
	4	ANÁLISIS	15%	0	0	0	1.50
		Conecta y revisa el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos de un generador síncrono	15%	0	0	0	1.50
	5	EVALUACIÓN	0%	0	0	0	0.00
		Modela matemáticamente y evalúa el régimen de carga de un generador síncrono	0%	0	0	0	0.00
6	CREACIÓN	0%	0	0	0	0.00	
	Crea un plan de mantenimiento para un generador síncrono	0%	0	0	0	0.00	
Transversales	COMUNICACIÓN	10%	0	0	0	1.50	
	Sustenta públicamente los alcances de la actividad realizada	10%	0	0	0	1.50	
	GESTIÓN DE RECURSOS	10%	0	0	0	1.50	
	Organiza el equipo, asume responsabilidades y ayuda a sus compañeros	10%	0	0	0	1.50	
9	TRABAJO EN EQUIPO	10%	0	0	0	1.50	
	Elabora la lista de recursos utilizados con especificaciones técnicas y costos	10%	0	0	0	1.50	
10	SEGURIDAD	10%	0	0	0	1.50	
	Utiliza EPP y aplica procedimientos seguros de trabajo	10%	0	0	0	1.50	
SUBTOTAL		100%				15.00	

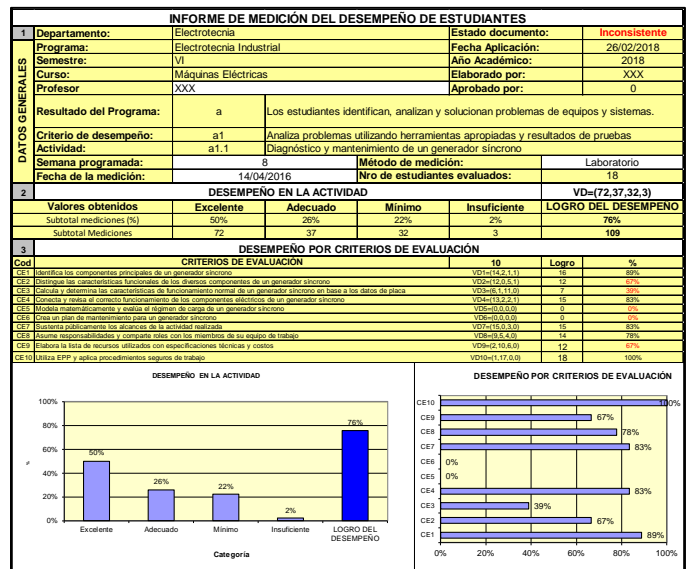
Finalizada la actividad, el profesor a cargo deberá hacer un reporte con los resultados de la medición a todos los estudiantes del salón de clase. El reporte deberá sintetizar toda la información registrada durante la actividad. Recordemos que el assessment se aplica al proceso educativo con el fin de poder identificar oportunidades de mejora. Aunque se ha hecho la medición a cada estudiante, por ahora nos enfocamos solo en los resultados del proceso educativo más que en el desempeño

de cada estudiante. Para lograr éste propósito, proponemos utilizar como modelo el reporte de desempeño que se muestra en la Tabla 8.

En la parte superior del reporte, se observa los datos generales concernientes al RE, los CD y los CE considerados en la actividad. En la parte inferior, se muestran los resultados específicos concernientes a la medición en la actividad. Se tiene por ejemplo que para una sesión de laboratorio con 18 estudiantes, se aplicaron 8 CE de los cuales 4 son específicos a la especialidad o competencias duras (hardskill) y otros 4 son transversales que evalúan las llamadas competencias blandas (softskill). Se dejaron de lado los CE5 y CE6, por no estar dentro de los alcances de los objetivos de aprendizaje propuestos para la actividad. Este detalle se puede apreciar mejor en la rúbrica de la Tabla 7.

Ahora, para el reporte de los resultados de la medición utilizamos el llamado Vector de Desempeño (VD) propuesto por Estell en [10]. El VD se logra contando cuantos estudiantes lograron los desempeños Excelente (E), Adecuado (A), Mínimo (M) e Insuficiente (I), así formamos el VD=(E,A,M,I). Cada CE tiene su correspondiente VD, así para el CE1 se tiene VD1 y así sucesivamente. Por ejemplo el VD1=(14,2,1,1) se interpretaría así: 14 estudiantes lograron un desempeño excelente, 2 estudiantes un desempeño adecuado, 1 estudiante un desempeño mínimo y 1 estudiante un desempeño insuficiente.

Tabla 8. Reporte con resultados de la medición de desempeño



El desempeño logrado también se puede expresar en porcentaje a partir del VD. Para el caso de VD1 = (14,2,1,1) sumamos 14 de excelente y 2 de adecuado, así obtenemos 16 estudiantes con excelente o adecuado desempeño. Los que no lograron el desempeño esperado son la suma de mínimo e insuficiente, es decir 2 estudiantes. La suma de los cuatro términos de VD1 nos da el número total de estudiantes evaluados. Por lo tanto un indicador de logro del desempeño para el CE1 sería: $CE1=(16/18)=89\%$; lo mismo sería para el indicador de no logro del desempeño: $\overline{CE1}=(2/18)=11\%$. Esta

interpretación es válida para todos los CE mostrados en el reporte.

Los VDi también se pueden sumar, así el VD total sería: $VD = \sum_1^n VDi = (VD1 + VD2 + \dots + VDn)$. En el reporte se tiene por ejemplo $VD=(72,37,32,3)$ que es la suma de todos los VDi término a término. Esto significa que se aplicaron $(72+37+32+3)=144$ CE, de los cuales $(72+37)=109$ fueron excelente o bueno. Este VD expresado en porcentaje nos entregaría $(109/144)=76\%$ de desempeño excelente o adecuado. Con esta notación obtenemos los indicadores de desempeño. Hay que tener en cuenta que no siempre podemos sumar todos los CE, si lo que se trata de medir es por ejemplo comunicación eficaz, solo consideramos los criterios vinculados a la comunicación.

En el reporte de la Tabla 8 también encontramos la representación gráfica del nivel de desempeño logrado por cada categoría, el acumulado y por cada CE, así como también las alertas que se resaltan en rojo cuando las mediciones reflejan valores menores a los esperados.

Este procedimiento se aplica a todas las actividades seleccionadas de la medición directa del desempeño de los estudiantes. Por lo tanto, si se quiere un indicador único que refleje el nivel de logro de los RE, se tiene que acumular los CD de cada actividad, de la misma forma como se acumularon los CE para cada medición.

La consolidación de todas las mediciones se puede hacer en un tablero de control como en el Balanced Scorecard para planeamiento estratégico organizacional. Esta representación ya utilizada por Gómez en [11], se puede observar en la Figura 3 para los RE de un programa. El uso de la semaforización con colores ayuda a identificar los indicadores a los que se debe prestar atención.

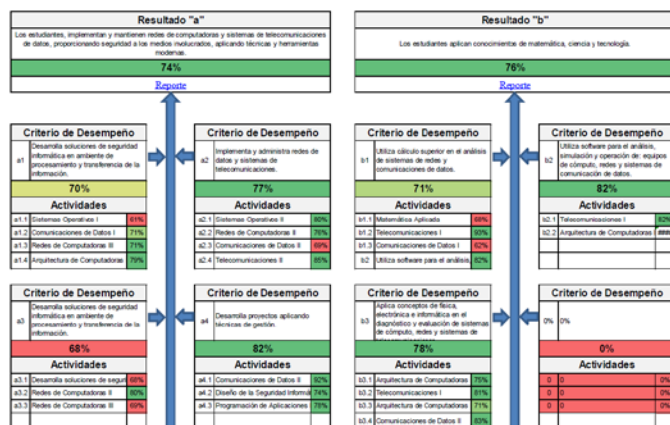


Figura 3. Tablero de control sobre logro de RE

IV. CONCLUSIONES

La metodología propuesta considera lo mejor de dos sistemas de evaluación para acreditación de programas en ingeniería y tecnología. El enfoque de procesos de ASIIN y de resultados de ABET se complementan mutuamente. En la realidad, la calidad de la formación profesional a nivel de

pregrado e incluso de posgrado se basa en la existencia de un proceso educativo debidamente soportado, que logra sus objetivos educacionales y resultados de aprendizaje propuestos. Además, se debe contar con una infraestructura adecuada, un plantel docente calificado, un plan de estudios actualizado, un respaldo financiero institucional y los servicios de apoyo suficientes como para atender a alumnos y docentes en las mejores condiciones. Ambos sistemas de evaluación, ponen especial atención al assessment del sistema de gestión de la calidad educativa. La identificación de actividades claves del proceso, la medición, el análisis y la evaluación del desempeño de los estudiantes en cada parte del proceso educativo es fundamental para poder identificar oportunidades de mejora. Se cierra el círculo de la mejora continua, cuando las acciones correctivas se implementan en el proceso.

Un aspecto central del aseguramiento de la calidad de los programas es la medición y evaluación de los RE para ABET y RA para ASIIN. Estos Resultados del Programa (RP) se pueden monitorear apropiadamente, identificando actividades claves del proceso de formación, aplicando rúbricas para una medición objetiva y utilizando los indicadores claves del desempeño de los estudiantes en la ruta hacia el logro de los RP. En éste trabajo, hemos presentado el concepto del Vector de Desempeño (VD) y lo utilizamos como un indicador que refleja en alguna medida el logro de los RP. Este indicador también contiene la información necesaria que permite identificar oportunidades de mejora, algo que no ocurre en el sistema tradicional de indicadores que se expresan en porcentaje.

Para visualizar las actividades claves del proceso educativo y poder consolidar todas sus mediciones hemos propuesto la utilización del Tablero de Control del Balanced Scorecard pero aplicado a los RP. Esta herramienta con ayuda de la semaforización nos permite identificar los aspectos que requieren nuestra atención. También es importante la documentación de todo el proceso de medición y evaluación del logro de los RP, es por ello que hemos sugerido la utilización de reportes que sintetizan toda esta información del proceso de mejora continua y que se revisa en un proceso de acreditación.

RECONOCIMIENTOS

Debo expresar mi agradecimiento a todo el equipo de colaboradores de Tecsup en sus sedes de Arequipa, Lima y Trujillo que contribuyeron en alguna medida a perfeccionar ésta propuesta. También, mi reconocimiento a los representantes de ABET, ASIIN, ENAEE e ICACIT quienes nos hicieron llegar sus sabias recomendaciones en las visitas de evaluación. Todos estos aportes han permitido que los programas de Tecsup sean acreditados a nivel nacional e internacional, e incluso se logre el licenciamiento institucional por parte del MINEDU.

REFERENCIAS

- [1] International Engineering Alliance, [En línea]. Available: <http://www.ieaagreements.org/accords/washington/signatories/>. [Último acceso: 14 Marzo 2018]
- [2] EHEA, European Higher Education Area, [En línea]. Available: <http://www.ehea.info/pid34250/members.html>. [Último acceso: 14 Marzo 2018]

- [3] ENAEE, EUR-ACE System, [En línea]. Available: <http://www.enaee.eu/accredited-engineering-courses-html/>. [Último acceso: 14 Marzo 2018]
- [4] International Engineering Alliance, Best Practice in Accreditation of Engineering Programmes: An exemplar, [En línea]. Available: <http://www.ieagreements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Best-Prct-Full-Doc.pdf>. [Último acceso: 14 Marzo 2018].
- [5] ABET, Criteria for Accrediting Engineering Technology Programs, [En línea]. Available: <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2017/12/T001-18-19-ETAC-Criteria-12-21-17-Final.pdf> [Último acceso: 14 Marzo 2018].
- [6] ASIIN, ASIIN, [En línea]. Available: https://www.asiin.de/en/quality-management/accreditation-degree-programmes/quality-criteria.html?file=files/content/kriterien/0_Accreditation_with_ASIIN_-_Degree_Programmes_Institutions_and_Systems_2015-06-26.pdf. [Último acceso: 13Marzo 2018].
- [7] . G. Rogers, «Portfolios: The Tool that Rocks,» de *Rose-Hulman Institute of Technology*, 2004
- [8] Bloom. & Krathwohl, Definition of levels and McBeath Action Verbs, The University of Pittsburgh, 2000.
- [9] ASIIN, TC02 - Electrical Engineering/Information Technology, 09 Diciembre 2011. [En línea]. Available: https://www.asiin.de/en/quality-management/accreditation-degree-programmes/quality-criteria.html?file=files/content/kriterien/ASIIN_TC_02_Electrical_Engineering_Information_Technology_2011-12-09.pdf. [Último acceso: 14 Marzo 2018]
- [10]J. K. Estell, «A Heuristic Approach to Assessing Program Outcomes Using Performance Vectors,» de *2010 ABET Symposia*, Ohio, 2010.
- [11]H. Gómez, «¿Cómo evaluar el logro de los Resultados del Estudiante? Caso Tecsup - Perú,» de *II Foro Educativo IEEE*, Bogotá, 2009.