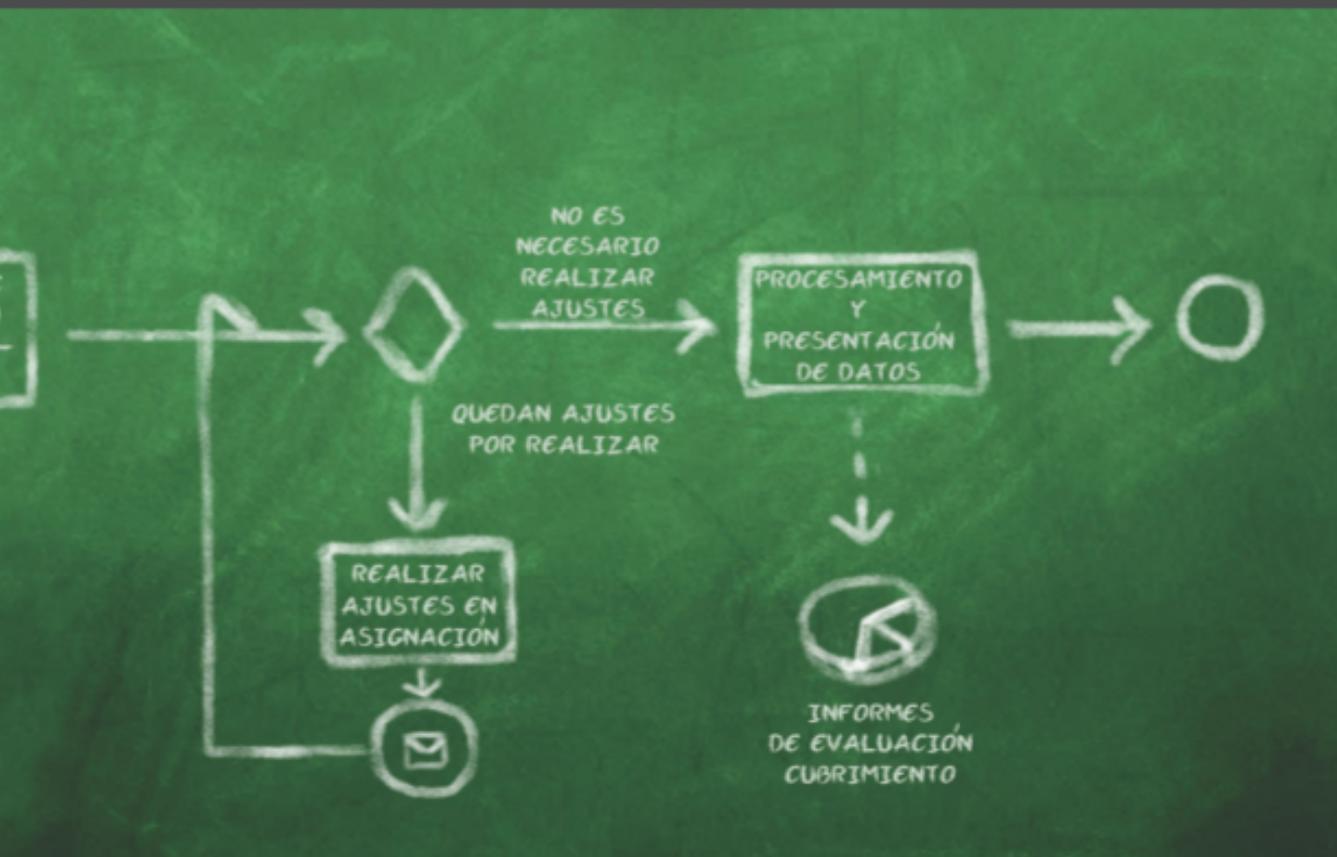


EVALUACIÓN DE LAS CARRERAS DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA



Tesis de Maestría: **Lucía Camilloni**

Tutor: Diego Vallespir

Programa: Maestría en Ingeniería de Software

RESUMEN

Hoy en día existe una creciente demanda de ingenieros de software calificados que puedan aplicar prácticas profesionales para lograr producir software de calidad en plazo y dentro del presupuesto establecido. Las instituciones que educan a ingenieros de software están evolucionando y cambiando para poder satisfacer esta necesidad.

La educación es un pilar fundamental para cualquier profesión. En los últimos años la IEEE-CS y la ACM han elaborado guías curriculares para la educación de pregrado (SE2004) y posgrado (GSwE2009) en IS.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República construyó en el año 2011 un Plan de estudios basado en GSwE2009 para una Especialización en ingeniería de software y otro para una Maestría en ingeniería de software. Estas carreras comenzaron a dictarse en el 2012.

El objetivo general en el cual está inmerso este trabajo es la construcción de un marco que permita dar soporte a la evaluación de carreras con respecto a guías curriculares de referencia. Teniendo en cuenta dicho objetivo, el objetivo particular de esta tesis es evaluar las carreras de Especialización y Maestría en ingeniería de software de nuestra Facultad con respecto al Plan de estudios de referencia para posgrados profesionales GSwE2009.

En este trabajo se adaptaron los Planes de estudio de la Especialización y Maestría en ingeniería de software para satisfacer la guía GSwE2009, adecuando a nuestro contexto los principales puntos que se plantean en la misma.

Uno de los aspectos centrales de esta tesis es la definición de un método genérico que permite medir, evaluar y contrastar el cubrimiento temático de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia.

El método definido es aplicado para conocer el cubrimiento temático de la Especialización y la Maestría con respecto al cuerpo de conocimiento definido en el GSwE2009. Los resultados obtenidos permitieron detectar numerosas oportunidades de mejora y fueron utilizados para mejorar la implementación del Plan de estudios de la Especialización y la Maestría en ingeniería de software.

One principal problem in teaching software engineers is that they will not use a new method until they believe it will work for them, but they will not believe the method works until they can see its effectiveness.

— Watts S. Humphrey [Humphrey, 1997]

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de alguna forma u otra estuvieron presentes dándome el apoyo y soporte necesario como para poder llevar a cabo esta tesis. De no ser por ustedes, el camino hubiera sido mucho más arduo. A todos ustedes, ¡MUCHAS GRACIAS!

En primer lugar, quiero agradecer especialmente a Diego, mi tutor, que siempre estuvo presente, guiando mi trabajo y estando en todo momento, atento y dispuesto a ayudarme. Gracias por siempre estar ahí para mis consultas, por preocuparte, por enseñarme tanto y por saber distinguir cuándo podías exigirme un poco más y cuándo necesitaba un descanso. En el transcurso de este tiempo hemos compartido cursos, viajes y por sobre todo te transformaste en un amigo.

A toda mi familia y en particular a Goni, por siempre estar, apoyándome, entendiéndome y preocupándose por mí. Gracias por hacer siempre todo lo que estuvo a su alcance para ayudarme a lograr mis objetivos y por estar siempre orgullosos de mí.

A mis compañeros de curso de la Especialización, que me acompañaron en parte de este trayecto.

Al Grupo de Ingeniería de Software de nuestra Facultad, que me brindó soporte para lograr y mejorar este trabajo.

A mis compañeros de trabajo en INSIS y en especial a Guzmán, por siempre valorarme y comprender la importancia y el aporte de mis estudios.

A Carolina, Fernando, Isolda, Patsy que colaboraron registrando la dedicación temática para los cursos. Gracias por su tiempo, su ayuda y por la buena voluntad para hacer esta tarea. A los docentes de los cursos de la Especialización en ingeniería de software, que colaboraron con la validación del análisis del cubrimiento temático para los cursos. También, quiero agradecer a Mónica Martínez, que me ayudó con el modelo de datos conceptual definido para el cubrimiento temático.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1	
1.1	Motivación	1	
1.2	Objetivos del trabajo	5	
1.3	Trabajo realizado	6	
1.4	Publicaciones	8	
1.5	Estructura del Documento	10	
2	GUÍAS CURRICULARES EN IS	13	
2.1	Guías Curriculares para Carreras en Informática	13	
2.2	SWEBOK	14	
2.3	Software Engineering 2004	16	
2.4	GSwE2009	19	
2.4.1	Introducción a la Guía GSwE2009	20	
2.4.2	Arquitectura del GSwE2009	21	
2.4.3	Cuerpo de Conocimiento Central (CBOK)	22	
2.4.4	Resultados Esperados al Egreso	27	
2.4.5	Conocimiento Esperado al Ingreso	27	
2.4.6	Documentos Complementarios a la Guía	29	
3	ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA EN IS EN LA UDELAR	31	
3.1	Generalidades de los Posgrados en UdelaR	31	
3.2	Plan de Estudios para la EIS y la MIS	32	
3.2.1	Objetivos	34	
3.2.2	Perfil del Egresado	34	
3.2.3	Requisitos de Ingreso	35	
3.2.4	Formación	35	
3.2.5	Estructura del Plan de Estudios	36	
3.3	Adaptación Realizada	36	
3.3.1	Arquitectura del Plan	37	
3.3.2	Resultados Esperados al Egreso	38	
3.3.3	Requisitos de Ingreso	38	
3.3.4	Experiencia Final	39	
3.3.5	Carga Total de Trabajo del Estudiante	40	
3.3.6	Lecciones aprendidas	40	
4	EVALUACIÓN DE CARRERAS	43	
4.1	Fundamentos de la Evaluación de Carreras	43	
4.1.1	Proceso para la Evaluación de Carreras	44	

4.1.2	Buenas Prácticas en las Evaluaciones	45	
4.2	ABET	46	
4.2.1	Acreditación de Carreras en IS	48	
4.2.2	Criterios para acreditación de programas	48	
4.3	Métodos de Evaluación	50	
4.3.1	Clasificación de los Métodos de Evaluación	50	
4.3.2	Métodos p/evaluar Resultados Aprendizaje	51	
4.3.3	Métodos para Evaluar PEO	52	
5	CUBRIMIENTO TEMÁTICO	55	
5.1	Introducción	55	
5.2	Conceptos Relacionados al Cubrimiento Temático	57	
5.2.1	Definición del Modelo Entidad-Relación	61	
5.3	Trabajo relacionado	63	
6	MÉTODO P/EVALUACIÓN CUBRIMIENTO TEMÁTICO	65	
6.1	Introducción	65	
6.2	Notación	69	
6.3	Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático	70	
6.4	Proceso p/Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso	73	
6.5	Proceso p/Evaluación de Cubrimiento Temático - Curso bajo GC	79	
6.6	Activos del Proceso	85	
6.6.1	Instructivo p/registro dedicación por tema	86	
6.6.2	Instructivo p/asignación de horas por tópico	88	
6.6.3	Planilla p/Asignación Temas y Tópicos	90	
6.6.4	Instructivo p/registro modificaciones temáticas	95	
6.6.5	Planilla p/Registro Modificaciones Temáticas	97	
6.6.6	Instructivo horas p/tópico p/Modif.	101	
6.6.7	Planilla Consolidada Horas a Tópicos	103	
6.7	Herramienta para visualizar cubrimiento	105	
6.8	Discusión del Método	111	
6.8.1	Registro de Tiempos por Tema	112	
6.8.2	Mapeo de Temas a Tópicos	114	
6.8.3	Cursos Nuevos y Cursos bajo GC	116	
6.9	Trabajos a futuro	117	
7	EVALUACIÓN DE CUBRIMIENTO TEMÁTICO DE LA EIS	121	
7.1	Definición de Cursos a Evaluar	121	
7.2	Comparación con el GSwE2009	125	
7.2.1	Cubrimiento Temático	125	
7.2.2	Esfuerzo Temático	129	

7.2.3	Balance Temático	132
7.3	Comparación con el Plan de Estudios	134
7.3.1	Créditos por Materia	134
7.3.2	Horas Reales vs. Créditos	135
7.4	Conclusiones sobre la Evaluación	138
7.4.1	Análisis y Conclusiones sobre los Resultados Obtenidos	138
7.4.2	Conclusiones sobre el Uso Método	140
7.4.3	Trabajos a Futuro	141
8	CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO	143
8.1	Conclusiones	143
8.2	Trabajos a Futuro	148
BIBLIOGRAFÍA		151
A	ACTIVOS DEL PROCESO	157
A.1	Instructivo p/registro dedicación por tema	157
A.1.1	Pasos a seguir	157
A.2	Instructivo p/asignación de horas por tópico	159
A.2.1	Entradas	160
A.2.2	Pasos a seguir	160
A.3	Instructivo p/registro modificaciones temáticas	163
A.3.1	Pasos a seguir	163
A.4	Instructivo horas p/Tópico p/Modif.	165
A.4.1	Entradas	166
A.4.2	Pasos a seguir	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Evolución de la profesión de IS	3
Figura 2	Estructura jerárquica del SEEK	18
Figura 3	Arquitectura del GSwE2009 . Adaptado de GSwE2009	22
Figura 4	Estructura jerárquica del CBOOK	23
Figura 5	Distribución del Esfuerzo en Porcentaje. Fuente: GSwE2009	27
Figura 6	Relaciones existentes entre Plan de estudios e Implementación del plan de estudios	33
Figura 7	La adaptación del GSwE2009 en la UdelaR.	41
Figura 8	Modelo del proceso de evaluación	44
Figura 9	Plan de estudios, implementación y ejecución del Plan	58
Figura 10	Ejemplo de registro del cubrimiento temático y mapeo a Tópicos	61
Figura 11	Modelo Entidad-Relación de Cubrimiento Temático	62
Figura 12	Grandes etapas del método de evaluación de cubrimiento	68
Figura 13	Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático	71
Figura 14	Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso	74
Figura 15	Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva edición de un curso bajo GC	81
Figura 16	Uso del Instructivo p/registro dedicación por tema	87
Figura 17	Uso del Instructivo p/asignación de horas por tópico	89
Figura 18	Planilla Asignación Temas y Tópicos Curso, créditos curso	92
Figura 19	Planilla Asignación Temas y Tópicos Curso, temas dados	93
Figura 20	Planilla Asignación Temas y Tópicos Curso, horas en base al cuerpo de conocimiento	94
Figura 21	Uso del Instructivo p/registro modificaciones temáticas	96
Figura 22	Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, datos generales	98
Figura 23	Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, temas nuevos	99

Figura 24	Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, temas modificados	100	
Figura 25	Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, temas eliminados	101	
Figura 26	Uso del Instructivo p/asignación de horas por tópico en base a modificaciones	102	
Figura 27	Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, hoja CBOOK		104
Figura 28	Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, cubrimiento por KA	108	
Figura 29	Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, cubrimiento por asignatura	109	
Figura 30	Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, esfuerzo temático	110	
Figura 31	Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, balance	111	
Figura 32	Cubrimiento temático para Ética y Conducta Profesional y Testing	126	
Figura 33	Cubrimiento Temático a Nivel de KA	127	
Figura 34	Cubrimiento de Unidades para cada KA	128	
Figura 35	Unidades NC, CP, CA y CT	128	
Figura 36	Cubrimiento Temático a Nivel de KA, Comparación entre Horas Totales y Horas de Contacto	129	
Figura 37	Balance Temático	133	
Figura 38	Balance Temático, vista en gráfico de puntos	133	
Figura 39	Dedicación temática por curso	136	
Figura 40	Cubrimiento Horas reales VS Horas en base a créditos	137	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Áreas de Conocimiento del SWEBOK V3	16
Cuadro 2	Resultados esperados al egreso del SE2004	17
Cuadro 3	Áreas de conocimiento del SEEK	18
Cuadro 4	Niveles Cognitivos de Bloom	20
Cuadro 5	Descripción de los resultados esperados al egreso	28
Cuadro 6	Materias del Plan de Estudios	37
Cuadro 7	Plantilla para definición de procesos	69
Cuadro 8	Proceso de Evaluación de Cubrimiento Temático	72
Cuadro 9	Proceso de Registro de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso	75
Cuadro 10	Evaluación de Cubrimiento Temático - Curso bajo GC	82
Cuadro 11	Comparación de Esfuerzo en Horas Totales del CBOK	131

INTRODUCCIÓN

La creciente importancia que ha tomado el software en la vida diaria hace que exista una fuerte y creciente demanda mundial de ingenieros de software calificados que ayuden a producir software de calidad en plazo y dentro del presupuesto [Ellis et al., 2008, chapter 1].

El crecimiento y fortalecimiento de una profesión (sobre todo de los profesionales que la ejercen) se ve fuertemente ligado a la educación en la disciplina de esa profesión [Ford and Gibbs, 1996].

Este trabajo se centra en el área de Educación en Ingeniería de Software y busca evaluar las carreras de Especialización y Maestría en ingeniería de software de nuestra Facultad con respecto al Plan de estudios de referencia para posgrados profesionales GSwE2009. Esta es una de las guías curriculares propuestas en el área de informática por la IEEE-CS y la ACM.¹

En particular, se proponen un conjunto de adaptaciones a realizar en los Planes de estudio de la Especialización y Maestría en ingeniería de software y se presenta un método que permite evaluar el cubrimiento temático de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia. Este método sirve para conocer cuáles conocimientos se les enseña a los estudiantes y cuánto tiempo se les dedica a los mismos. Contar con este tipo de información es útil para la mejora de la carrera. Este método fue utilizado para evaluar el cubrimiento temático de las carreras de Especialización y Maestría en ingeniería de software.

En la sección 1.1 se presenta la motivación. Los objetivos del trabajo son presentados en la sección 1.2. Luego, en la sección 1.3 se describe el trabajo realizado. Las publicaciones realizadas son presentadas en la sección 1.4. Finalmente, en la sección 1.5 se describe el contenido (estructura) de este informe.

1.1 MOTIVACIÓN

Hoy en día el software es un componente central en casi todos los aspectos de la vida diaria tales como el gobierno, los bancos, la educación, el transporte

¹ El *Institute of Electrical and Electronics Engineers, Computer Society* (IEEE-CS) y la *Association for Computing Machinery* (ACM) son las dos sociedades profesionales en informática más importantes del mundo.

y la agricultura. El número, tamaño y los dominios de aplicación de los sistemas que contienen software ha crecido dramáticamente y éstos han ayudado a aumentar la eficiencia y la productividad [JTFCC,2004; Sommerville,2010].

Así como las funcionalidades de los productos y de los sistemas crecen, también se necesita implementar eficientemente y correctamente el complejo software que posibilita este crecimiento. En la actualidad existen serios problemas en lo que refieren al costo, tiempo y calidad de muchos productos de software [Sommerville, 2010; Ellis et al., 2008, chapter 1].

La disciplina que se encarga del desarrollo de software de manera industrial es la Ingeniería de Software (IS). La IS es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, mantenimiento y operación del software [IEEE,1990]. Los principios y prácticas de esta disciplina son esenciales para el desarrollo de sistemas grandes, complejos y confiables.

El estudio y la práctica de la IS se ha visto influenciada tanto por sus raíces provenientes de las ciencias de la computación así como por su surgimiento como una disciplina ingenieril. La naturaleza intangible del software hace que la IS sea diferente a otras disciplinas ingenieriles. La IS busca integrar los principios de la matemática y las ciencias de la computación con las prácticas ingenieriles desarrolladas para artefactos tangibles [JTFCC,2004].

Hoy en día existe una creciente demanda de ingenieros de software calificados que puedan aplicar prácticas profesionales para lograr producir software de calidad en plazo y dentro del presupuesto establecido [CC2005,2005]. Las instituciones que educan a ingenieros de software están evolucionando y cambiando para poder satisfacer esta necesidad [Ellis et al., 2008, chapter 1].

La ingeniería de software se conoce, tanto en la industria como en la academia, como una profesión inmadura. En 1996, con el objetivo de entender y estudiar dicha afirmación, Gary Ford y Norman Gibbs publicaron un reporte titulado "*A Mature Profession of Software Engineering*" [Ford and Gibbs, 1996]. En dicho trabajo se estudiaron diversas profesiones bien establecidas tales como la medicina, el derecho, la arquitectura y la contabilidad. A partir de este estudio observaron que, a pesar de ser disciplinas muy distintas, hay componentes comunes a todas. Estas componentes logran que los profesionales sigan un camino de desarrollo profesional bastante similar.

El reporte presenta un modelo que permite caracterizar la madurez de una profesión en términos de 8 componentes: formación profesional inicial, acreditación, desarrollo de habilidades (competencias), certificación, concesión de licencias, desarrollo profesional, sociedades profesionales y código de ética.

Además de definir el modelo, los autores hacen una evaluación que presenta, a la fecha de realizada la misma (1996), el estado para cada uno de los compo-

nentes de la profesión de ingeniería de software. Dicha evaluación determinó que todos los componentes estaban en un estado “Ad hoc” (existen pero no se identifican con la profesión de IS), salvo el componente “Desarrollo Profesional” que sí estaba claramente identificado con la profesión.

Desde la evaluación realizada por Ford y Gibbs en 1996 a el 2015 la ingeniería de software ha evolucionado y madurado de manera sostenida. McConnel y Tripp replican el estudio realizado por Ford y Gibbs en los años 1999 y 2013 [McConnell and Tripp, 1999; Thayer and Dorfman, 2013, chapter 11], notándose un gran avance en la evolución de los componentes de esta profesión. Esta evolución acompaña las necesidades que surgen de la academia, la industria y las sociedades profesionales. En la figura 1 se presenta una línea del tiempo con los principales hitos y acontecimientos asociados a la profesión de IS desde el establecimiento de la misma (1968) hasta el año 2015.

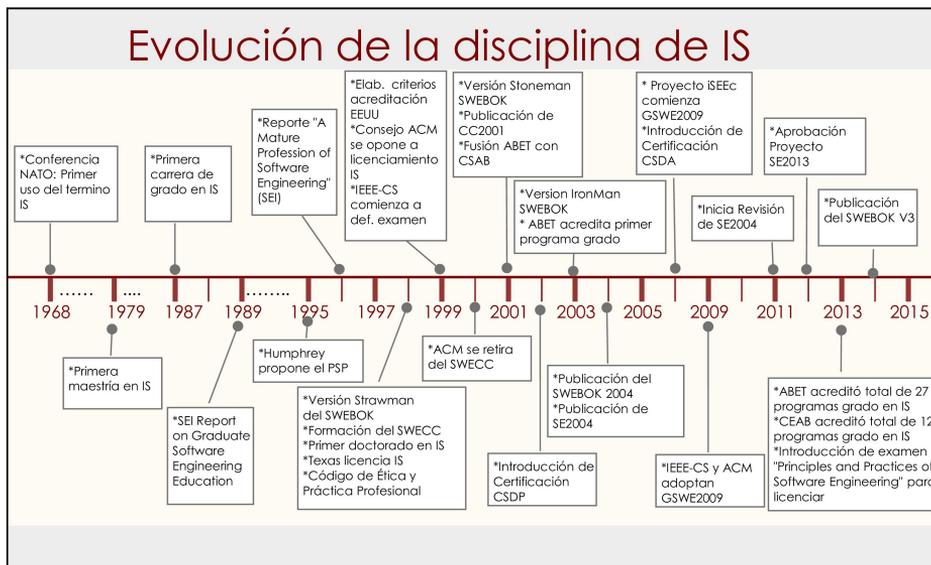


Figura 1: Evolución de la profesión de IS

La educación es un pilar fundamental para cualquier profesión; es difícil concebir una profesión madura sin contar con una educación madura [Ford and Gibbs, 1996].

Una disciplina madura debe contar con un cuerpo de conocimiento. Sin este es difícil consensuar la educación, otorgar licencias, crear certificaciones y

acreditar planes de estudio que garanticen la formación de profesionales competentes. *The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge* (SWEBOK) es un proyecto de IEEE-CS que describe el conocimiento generalmente aceptado de la ingeniería de software [Bourque and Dupuis, 2004]. El SWEBOK tiene como propósito brindar una caracterización consensuada de los límites de la disciplina de IS y proveer un acceso por tópicos al cuerpo de conocimiento que la soporta.

En lo que refiere a la definición Planes de estudio en IS la IEEE-CS y la ACM han trabajado de forma conjunta para definir guías curriculares para carreras a nivel de pregrado y posgrado.

Software Engineering 2004 (SE2004) es la guía curricular de referencia para programas de pregrado en IS desarrollado por la IEEE-CS y la ACM. Tiene como objetivo servir de guía para las instituciones académicas y organismos de acreditación sobre lo que debería constituir una educación de pregrado en IS [JTFCC,2004].

Una parte central de la guía SE2004 es la definición del *Software Engineering Education Knowledge* (SEEK), que es el cuerpo de conocimiento que debería ser incluido como mínimo en los programas de pregrado en ingeniería de software. Para la definición de este cuerpo de conocimiento se tomó como base principal el SWEBOK, pero se realizaron varios cambios.

A nivel de educación de posgrado la guía curricular *Graduate Software Engineering 2009* (GSWE2009), es el plan de estudios de referencia para programas de Maestría Profesional en IS [iSEEC,2009c]. Esta puede ser utilizada como una guía para aquellas Facultades que están diseñando o mejorando sus programas de Maestrías Profesionales en IS. Esta guía incluye una descripción de: la arquitectura curricular, los conocimientos esperados al ingreso, el cuerpo de conocimiento central (CBOK) y los resultados esperados al egreso. Para la definición del CBOK se tomó como base principal el SWEBOK y se realizaron algunas modificaciones que se creyeron convenientes. A su vez esta guía identifica habilidades y conocimientos fundamentales que todos los graduados de maestrías en ingeniería de software deberían tener.

Estas guías curriculares han sido utilizadas por distintas universidades del mundo para crear nuevas carreras en IS así como para adaptar y comparar con las existentes [Mishra and Yazici, 2011; Frezza et al., 2006; Ramakrishnan, 2007; Ding et al., 2011; Ardis et al., 2013]. Es de esperarse que cada vez más programas utilicen estas guías, ya que las mismas son flexibles, por lo que permiten la adaptación de las mismas a las necesidades de los distintos contextos.

La evaluación de carreras es la recopilación, revisión y utilización de la información sobre los programas educativos realizadas con el objetivo de mejorar el aprendizaje y desarrollo de los estudiantes [Palomba and Banta, 1999].

La acreditación de los programas está comenzando a ser cada vez más importante en los Estados Unidos, ya que cada vez hay más programas en IS y por motivos de competitividad y reconocimiento las instituciones educativas buscan acreditar sus programas [Thayer and Dorfman, 2013]. El *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) es el organismo acreditador más conocido de los Estados Unidos. El criterio de acreditación utilizado por ABET se enfoca en evaluar lo que los estudiantes aprenden en los cursos, en lugar de lo que es enseñado. En este sentido, existen distintos tipos de evaluaciones que pueden ser llevadas a cabo para evaluar el cumplimiento de los resultados esperados de aprendizaje.

Sin embargo, al evaluar solamente los resultados esperados podría perderse la noción de lo que realmente está sucediendo con los temas impartidos en la carrera. Es importante entonces, poder definir qué temas se desean impartir en una carrera y a su vez tener indicadores sobre los niveles de conocimiento o habilidad que se están adquiriendo en la enseñanza de los temas.

En el contexto local, en lo que refiere a la educación a nivel de posgrado en IS, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDELAR) comenzó a construir en el año 2011 un Plan de estudios basado en GSwE2009 para una Especialización en ingeniería de software (EIS) y otro para una Maestría en ingeniería de software (MIS) [CPAP,2011; CPAP,2012]. Estas carreras comenzaron a dictarse en el año 2012. Los Planes de estudio de la EIS y de la MIS son idénticos a menos que la MIS requiere de la realización de una tesis de maestría luego de culminados los cursos. Estas titulaciones buscan cubrir un espacio aún no cubierto por la Universidad de la República, especializando en IS a los profesionales en informática. El objetivo principal es formar profesionales altamente capacitados en IS al grado de maestría, que puedan analizar y resolver problemas complejos en dicha área.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo general en el cual está inmerso este trabajo es la construcción de un marco que permita dar soporte a la evaluación de carreras con respecto a guías curriculares de referencia.

El objetivo particular de esta tesis es evaluar las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software de nuestra Facultad con respecto al Plan de estudios de referencia para posgrados profesionales GSwE2009.

Se plantean los siguientes sub-objetivos que buscan alcanzar el objetivo particular de la tesis:

1. Objetivo 1: Adaptar los Planes de estudio de la Especialización y Maestría en Ingeniería de Software para satisfacer la guía GSwE2009, adecuando a la realidad de las tecnologías de la información de Uruguay y de nuestra Universidad los principales puntos que se plantean en la misma.
2. Objetivo 2: Proponer un método que permita comparar la Especialización y la Maestría en Ingeniería de Software con respecto a la guía curricular de referencia GSwE2009.
3. Objetivo 3: Evaluar la carrera de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software con el método propuesto.

1.3 TRABAJO REALIZADO

Para la realización de este trabajo fue indispensable adquirir conocimientos específicos acerca del estado actual de la educación en IS. Para esto se estudió la literatura existente mediante la realización de una búsqueda bibliográfica. La búsqueda fue efectuada en las colecciones de: IEEE, SCOPUS, EBSCO, Springer y ACM. Previo a realizar dicha búsqueda se leyeron las guías: SE2004, GSwE2009 y SWEBOK. Estas lecturas sirvieron para adentrarse en el tema y como base para la definición de las palabras clave y las cadenas de búsqueda.

Se encontró un gran conjunto de artículos que hablan del SWEBOK y de la importancia del mismo. A su vez, existen varios artículos que tratan sobre las guías curriculares propuestas por la IEEE-CS y la ACM (tanto para pregrado como para posgrado), pero la mayoría de estos están enfocados a describir las guías o el proceso que se siguió para la construcción de las mismas. Son pocos los artículos encontrados que hacen mención al uso de las guías como referencia para la creación y/o adaptación de Planes de estudio.

Durante el primer semestre del año 2011, el responsable de las carreras de Especialización y Maestría en IS comenzó a trabajar en la versión borrador de dichos Planes de estudio basándose en el GSwE2009. Partiendo de la versión borrador de los Planes de estudio, se trabajó en conjunto con el responsable de dichas carreras en el análisis de los principales puntos que se plantean en la guía GSwE2009. En base al análisis realizado, se optó por realizar varias adaptaciones para que las carreras se adecúen mejor a nuestro contexto. En particular, se procuró respetar la realidad de las tecnologías de la información de Uruguay, los reglamentos de la UdelaR y la situación actual del grupo de

investigación en ingeniería de software. Estas adaptaciones fueron reflejadas en la versión final de los Planes de estudio.

En el marco de este trabajo, y con el fin de proponer un método que permita comparar la Especialización y la Maestría en Ingeniería de Software con respecto a la guía GSwE2009, se estudió sobre los fundamentos de la evaluación de carreras, los principales métodos de evaluación y la acreditación de carreras. Los principales métodos de evaluación utilizados están enfocados en evaluar los resultados esperados de aprendizaje.

Sin embargo, al evaluar solamente los resultados esperados de aprendizaje se podría perder la noción de lo que realmente está sucediendo con los temas impartidos en la carrera. Es importante definir qué temas se desean impartir en una carrera y a su vez tener indicadores sobre los niveles de conocimiento o habilidad que se están adquiriendo en la enseñanza de los mismos.

El hecho de contar con información sobre qué temas se desarrollan/imparten en una carrera permite hacer una conexión entre los resultados de aprendizaje obtenidos y lo que realmente está sucediendo en los cursos. Conocer las horas dedicadas a cada uno de los temas, permite tener una idea clara de cuáles conocimientos fueron impartidos a los estudiantes y cuánto tiempo se les dedicó a los mismos. A su vez, en muchos casos, también resulta interesante poder mapear estos temas a un cuerpo de conocimiento que se utilice como referencia. Estos mapeos sirven para analizar luego cuál es la cobertura que se logra de dicho cuerpo de conocimiento. Entonces, nos parece que otra perspectiva que es interesante de evaluar es el cubrimiento temático que se logra con una carrera. Conocer el cubrimiento temático, es particularmente de interés para los Planes de estudio que están basados en el GSwE2009, ya que el dominio del CBOK (cuerpo de conocimiento central) se define específicamente como un resultado esperado al egreso.

En la búsqueda de trabajos relacionados, se encontró que existen distintas universidades que utilizan la información del cubrimiento temático para la mejora de las carreras [Mishra and Yazici, 2011; Frezza et al., 2006; Ramakrishnan, 2007]. Sin embargo, en ninguno de estos artículos se presenta un método disciplinado para obtener la información de cubrimiento. Por tal motivo, se optó por definir un método disciplinado que permite medir, evaluar y contrastar el cubrimiento temático en horas de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento que se tome como referencia. En el caso particular de la Especialización y la Maestría en Ingeniería de Software, el método se puede utilizar para evaluar el cubrimiento de dichas carreras con respecto al CBOK.

El método propuesto toma en cuenta las horas reales que dedican los estudiantes a los cursos de la carrera. En líneas generales, el método consta de 4 grandes etapas que son realizadas para cada edición de los cursos dictados:

1. Registro del tiempo dedicado a cada uno de los temas.
2. Mapeo de los temas impartidos a los tópicos del cuerpo de conocimiento que se utiliza como referencia.
3. Revisión de la asignación con el docente responsable.
4. Procesamiento de los datos para evaluar el cubrimiento obtenido.

El método está compuesto por: un proceso definido, scripts que especifican los pasos para cada actividad, plantillas y una herramienta que permite registrar los datos y presentar los resultados obtenidos. Como ya se mencionó, el método que definimos para la evaluación de cubrimiento temático es genérico. Sin embargo, la herramienta definida, que fue implementada con una planilla excel, fue diseñada específicamente para conocer cómo se cubre temáticamente el CBOOK con los cursos de una carrera. La misma permite obtener distintos tipos de resultados relacionados al cubrimiento temático del CBOOK.

Finalmente, se evaluó el cubrimiento temático en horas para los cursos de las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software con respecto al CBOOK utilizando el método propuesto. Esta evaluación permitió detectar que en la implementación de estos Planes de estudio se está logrando una muy buena cobertura para la mayoría de las áreas de conocimiento del CBOOK. La información de cubrimiento también se pudo utilizar para comparar los resultados obtenidos con respecto al Plan de estudios. Esta evaluación fue de gran utilidad ya que permitió detectar numerosas oportunidades de mejora.

1.4 PUBLICACIONES

En el contexto de esta tesis se publicaron cuatro artículos en conferencias y un capítulo de un libro.

Uso del Currículo GSwE2009 en la Universidad de la República.

Vallespir, Diego and Camilloni, Lucía.

IX Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento, 2012 [Vallespir and Camilloni, 2012].

En este artículo se presenta la adaptación realizada del GSwE2009 para la creación de los Planes de estudio de la Especialización y la Maestría en inge-

niería de software. También se presentan las partes centrales de los Planes de estudio y una versión borrador de la primera Implementación del plan.

Using GSwE2009 in the Creation and Modification of Graduate Software Engineering Programs and Related Curricula.

Ardis, Mark; Bohner, Shawn; Camilloni, Lucía; Vallespir, Diego, and Ilieva, Sylvia.

26th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T), 2013 [Ardis et al., 2013].

La conferencia CSEE&T es la mejor conferencia en educación en ingeniería de software del mundo. En este artículo se presentan las experiencias de cuatro programas de posgrado pertenecientes a tres países distintos, que han utilizado el GSwE2009 para crear o mejorar sus Planes de estudio en ingeniería de software.

Using GswE2009 for the Creation and Evaluation of Masters Degree in Software Engineering: Case Study Universidad de la República.

Camilloni, Lucía and Vallespir, Diego.

XL Conferencia Latinoamericana en Informática (CLEI), 2014 [Camilloni and Vallespir, 2014].

En este artículo se presenta la adopción y la adaptación del GSwE2009 para la creación del Plan de estudios de la Maestría en ingeniería de software. Se explica cómo se utilizó el GSwE2009 para la creación del plan y las adaptaciones realizadas para respetar la realidad de las tecnologías de la información en Uruguay y los reglamentos de la Universidad. También se presenta el método para evaluación de cubrimiento definido y los primeros resultados que se obtuvieron a partir de la aplicación del mismo.

Using GswE2009 for the Evaluation of a Master Degree in Software Engineering in the Universidad de la República.

Camilloni, Lucía; Vallespir, Diego, and Ardis, Mark.

37th IEEE International Conference on Software Engineering (ICSE), 2015 [Camilloni et al., 2015].

El ICSE es una de las conferencias más reconocidas a nivel mundial en lo que refiere a la ingeniería de software. El artículo presenta brevemente la adaptación realizada del GSwE2009 para la creación del Plan de estudios de la Maestría en ingeniería de software, las principales características del método para evaluación de cubrimiento definido y los resultados obtenidos a partir de la aplicación de dicho método para la evaluación de la Maestría referentes al balance y al esfuerzo temático.

Libro Blanco de la Ingeniería de Software en América Latina, chapter V. La Formación en Ingeniería de Software.

Camilloni, Lucía; Vallespir, Diego.

Instituto Antioqueño de Investigación, (Editor: Serna M., Edgar), 2013 [Serna M., 2013, chapter V].

A su vez, además de presentar artículos en conferencias, en el marco de esta tesis se escribió un capítulo denominado “La Formación en Ingeniería de Software” en el “Libro Blanco de la Ingeniería de Software en América Latina”. En dicho capítulo se describe el SWEBOK, las guías curriculares de ingeniería de software para pregrado y posgrado y se presenta un análisis del nivel de la madurez de la ingeniería de software.

1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El informe consta de 7 capítulos además del actual. En el capítulo 2 “*Guías Curriculares en Ingeniería de Software*” se presentan las guías curriculares para ingeniería de software propuestas por la IEEE-CS y la ACM para pregrado y posgrado, y el cuerpo de conocimiento de la ingeniería de software. En este capítulo se hace especial énfasis en la guía curricular para posgrado GSwe2009.

En el capítulo 3 “*Especialización y Maestría en Ingeniería de Software en la Universidad de la República*” se presentan las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software de la Universidad de la República. A su vez, se presenta la adaptación realizada para adecuar a la realidad de nuestra Universidad los principales puntos que se plantean en el GSwE2009.

Luego, en el capítulo 4 “*Evaluación de Carreras*” se presentan los principales conceptos y métodos asociados a la evaluación de carreras así como una breve introducción al tema de acreditación de carreras. En el capítulo 5 “*Cubrimiento Temático*”, se presenta el concepto de cubrimiento temático, se explica para qué puede ser de utilidad conocer el cubrimiento temático de una carrera y los trabajos relacionados encontrados que utilizan este tipo de información para mejorar sus carreras.

En el capítulo 6 “*Método para la Evaluación del Cubrimiento Temático*” se presenta el método definido para la evaluación del cubrimiento temático de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia.

La aplicación del método definido para evaluar el cubrimiento temático de la Especialización en Ingeniería de Software se presenta en el capítulo 7 “*Evaluación de Cubrimiento Temático de la EIS*”. En dicho capítulo también se presentan los resultados obtenidos.

Finalmente, en capítulo 8 *“Conclusiones y Trabajos a Futuro”* se presentan las conclusiones acerca del trabajo y las tareas que serían de interés abordar en futuros trabajos.

La tesis contiene también un Anexo. En el Anexo A *“Activos del Proceso de Evaluación de Cubrimiento”* se presentan los distintos instructivos que se definieron como activos del método de evaluación de cubrimiento temático definido.

En este capítulo se presentan las guías curriculares para ingeniería de software propuestas por la IEEE-CS y la ACM y el cuerpo de conocimiento de la ingeniería de software, haciendo especial énfasis en la guía curricular para programas de Maestría Profesional en ingeniería de software *Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering* (GSWE2009).

En la sección 2.1 se presentan brevemente las guías curriculares propuestas por la IEEE-CS y la ACM para cinco carreras distintas de informática. Luego en la sección 2.2 se presenta la guía para el cuerpo de conocimiento de la ingeniería de software, el SWEBOK. La sección 2.3 presenta la guía curricular SE2004 para programas de pregrado en IS. Por último, en la sección 2.4 se describe en detalle la guía GSWE2009.

2.1 GUÍAS CURRICULARES PARA CARRERAS EN INFORMÁTICA

La disciplina de la computación ha crecido tanto en las últimas décadas, que hoy resulta imposible poder contar con una carrera que contemple todos sus aspectos. La IEEE-CS y la ACM proponen guías para la construcción y adaptación de currículos para pregrado y posgrado, para cinco carreras distintas de la informática [CC2005,2005]:

1. Ingeniería en Computación

La carrera de Ingeniería en Computación refiere al diseño y construcción de equipos y sistemas basados en computadoras. Implica el estudio del hardware, software, las comunicaciones y la interacción entre ellos.

2. Ciencias de la Computación

La Ciencia de la Computación es una disciplina muy amplia. Los egresados de esta carrera se dedican a:

- El diseño y la implementación de software.
- Idear nuevas formas de utilizar las computadoras.
- Desarrollar nuevas formas de resolver problemas computacionales.

3. Sistemas de Información

Los especialistas en Sistemas de Información se centran en la integración

de soluciones de tecnología de información y procesos de negocio para satisfacer las necesidades de información de las empresas y organismos de forma tal de que estas puedan alcanzar sus objetivos de una manera eficaz y eficiente. Esta disciplina hace hincapié en la información, y considera a la tecnología como un instrumento para la generación, procesamiento y la distribución de información.

4. Tecnologías de la Información
La carrera de Tecnologías de la Información busca preparar a los estudiantes para que estos puedan satisfacer las necesidades de tecnología de la información de negocios, el gobierno, el cuidado de la salud, las escuelas, y otros tipos de organizaciones. La carrera en Tecnologías de la Información hace énfasis en la tecnología en sí misma mas que en la información que transmite.
5. Ingeniería de Software
La Ingeniería de Software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, mantenimiento y operación del software [IEEE,1990]. Los principios y prácticas de esta disciplina son esenciales para el desarrollo de sistemas grandes, complejos y confiables.

Las guías curriculares propuestas por la IEEE-CS y la ACM son currículos de referencia, es decir, sirven como referencia para generar currículos adaptados a cierto contexto. Estas guías curriculares tienen en común que en cada una de ellas se definen: los conocimientos esperados al ingreso, un cuerpo de conocimiento central con estructura jerárquica y los conocimientos y habilidades esperadas al egreso.

En lo que refiere a la IS, la guía *Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering - Software Engineering 2004* (SE2004) es la guía curricular para pregrado [JTFCC,2004] y el *Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering* (GSWE2009) es la propuesta para programas de maestrías profesionales en IS [iSEEC,2009c]. Ambas guías curriculares utilizan el SWEBOK como base para la definición del cuerpo de conocimiento central.

2.2 SWEBOK

El *Software Engineering Body of Knowledge* (SWEBOK) es la guía para el cuerpo de conocimiento de la ingeniería de software. Es un proyecto de la IEEE-CS que describe el conocimiento generalmente aceptado de la IS.

El SWEBOK tiene como propósito brindar una caracterización consensuada de los límites de la disciplina de IS y proveer un acceso por tópicos al cuerpo de conocimiento que la soporta [Bourque and Fairley, 2014]. Esta guía no debe confundirse con el cuerpo de conocimiento en sí. No es posible poner el cuerpo de conocimiento completo en un único documento, por lo que surge la necesidad de contar con una guía.

El SWEBOK describe y organiza las porciones del cuerpo de conocimiento que son generalmente aceptadas, provee acceso por tópicos y referencias bibliográficas. La definición del término conocimiento “generalmente aceptado” proviene del Project Management Institute (PMI).² Este establece que el conocimiento generalmente aceptado es aquel que se aplica a la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo, y un amplio consenso valida el valor y la eficacia. En particular, este término se utiliza para distinguir este conocimiento del conocimiento avanzado y de investigación (prácticas innovadoras usadas por pocas organizaciones o que se encuentran en la etapa de investigación) y del conocimiento especializado (prácticas usadas sólo para el desarrollo de determinados tipos de software).

El SWEBOK tiene los siguientes objetivos:

1. Promover una visión consistente de la IS en todo el mundo.
2. Aclarar el lugar y establecer los límites de la IS con respecto a otras disciplinas tales como ciencias de la computación, gestión de proyectos, ingeniería en computación y matemáticas.
3. Caracterizar los contenidos de la disciplina de IS.
4. Proporcionar acceso por tópicos al cuerpo de conocimiento de IS.
5. Sentar las bases para el desarrollo de currículos, certificaciones individuales y material para el licenciamiento.

La primera versión del SWEBOK, SWEBOK versión *Strawman* [Bourque et al., 1998], consistió en un borrador que describe la lista de Áreas de Conocimiento y las disciplinas que interactúan con la IS. Esta versión, que fue publicada en 1998, buscó estimular el debate y el cuestionamiento. El SWEBOK versión 2004 [Bourque and Dupuis, 2004] fue un hito en la construcción del cuerpo de conocimiento; se tenía una primera versión no borrador de la Guía. La versión actual del SWEBOK es la versión 3 [Bourque and Fairley, 2014], esta versión fue publicada en enero de 2014.

² <http://www.pmi.org/>

El SWEBOK 2004 es una versión que tuvo una amplia repercusión y que se tomó como base para importantes proyectos que ayudaron a la evolución de la educación y la profesión en IS. En particular, en lo que refiere a educación en IS, el SE2004 y el GSwE2009 utilizan al SWEBOK versión 2004 como una de las principales fuentes para la definición del conocimiento central.

El SWEBOK versión 3 consta de 15 Áreas de Conocimiento. Las mismas se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Áreas de Conocimiento del SWEBOK V3

Áreas de Conocimiento	
Requerimientos de Software	Diseño de Software
Construcción de Software	Testing de Software
Mantenimiento de Software	Gestión de la Configuración del Software
Gestión de la Ingeniería de Software	Procesos de la Ingeniería de Software
Modelos y métodos de la Ingeniería de Software	Calidad de Software
Práctica profesional de la Ingeniería de Software	Economía de la Ingeniería de Software
Fundamentos de la Computación	Fundamentos matemáticos
Fundamentos de la Ingeniería	

2.3 CURRICULUM GUIDELINES FOR UNDERGRADUATE DEGREE PROGRAMS IN SOFTWARE ENGINEERING - SOFTWARE ENGINEERING 2004

En 1998 la IEEE-CS y la ACM establecieron un grupo de trabajo conjunto para crear una nueva versión de sus guías curriculares para programas de pregrado en computación. El proyecto *Computing Curricula 2001* (CC2001), llevó a la elaboración de cuatro volúmenes separados de guías curriculares para disciplinas relacionadas a la informática: ciencias de la computación, sistemas de información, ingeniería en computación e ingeniería de software. Luego de la publicación de CC2001, se ha agregado un volumen más que incorpora una guía curricular para la disciplina de tecnologías de la información [CC2005,2005].

El currículo de referencia *Software Engineering 2004*, SE2004 de aquí en más, es el volumen correspondiente al Plan de estudios de referencia para programas de pregrado en IS desarrollado por la IEEE-CS y la ACM. Esta tiene como objetivo servir de guía para las instituciones académicas y organismos de acreditación sobre lo que debería constituir una educación de pregrado en IS [JTFCC,2004].

Cuadro 2: Resultados esperados al egreso del SE2004

Resultado	Descripción
1	Mostrar dominio de los conocimientos y habilidades de la IS así como de las cuestiones profesionales necesarias para comenzar la práctica como ingeniero de software.
2	Poder trabajar de forma individual y como equipo para desarrollar y entregar productos de software de calidad.
3	Ser capaz de conciliar objetivos conflictivos de un proyecto, encontrando compromisos aceptables dentro de las limitaciones de tiempo, costo, conocimiento y sistemas existentes.
4	Diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación usando enfoques de la IS que integren cuestiones éticas, sociales, legales y económicas.
5	Demostrar que se comprende y se puede aplicar teorías actuales, modelos y técnicas que proveen una base para: la identificación y análisis de problemas, el diseño de software, el desarrollo, la implementación, la verificación y la documentación.
6	Comprender y apreciar la importancia de la negociación, los hábitos efectivos para el trabajo, el liderazgo y la buena comunicación con los <i>stakeholders</i> en un entorno de desarrollo típico.
7	Ser capaz de aprender nuevos modelos, técnicas y tecnologías cuando estas emergen. Apreciar la necesidad del desarrollo profesional continuo.

SE2004 establece un conjunto de siete resultados que se espera que los estudiantes logren alcanzar al completar una carrera de pregrado en IS. Estos son presentados en el cuadro 2. Como se puede apreciar los mismos son lo suficientemente genéricos como para que puedan ser adaptados a una variedad de programas en IS [JTFCC,2004].

Una parte central de la guía es la definición del *Software Engineering Education Knowledge* (SEEK), que es el cuerpo de conocimiento que debería ser incluido como mínimo en los programas de pregrado en ingeniería de software. El SEEK incluye conocimientos específicos en IS y a su vez conocimientos de disciplinas relacionadas tales como matemáticas, ciencias de la computación, ingeniería y economía [Inverardi and Jazayeri, 2006].

Para la definición de este cuerpo de conocimiento se tomó como base principal el SWEBOK 2004, pero se realizaron varios cambios. Estos cambios se deben a que el SEEK define el conocimiento a incluir en los planes de estudios de programas de pregrado, mientras que el SWEBOK caracteriza el contenido de la disciplina de ingeniería de software utilizado por los ingenieros de software en la práctica.

El SEEK está organizado de forma jerárquica en tres niveles: Área de Conocimiento (KA³), Unidad y Tópico. Esta jerarquía se presenta en la figura 2. En el cuadro 3 se presentan las KA que conforman el SEEK.



Figura 2: Estructura jerárquica del SEEK

Cuadro 3: Áreas de conocimiento del SEEK

Área de Conocimiento
Fundamentos en Computación
Fundamentos en Matemática e Ingeniería
Prácticas profesionales
Análisis y Modelado de Software
Diseño de Software
Verificación y Validación de Software
Evolución del Software
Procesos de Software
Calidad del Software
Gestión del Software

Dentro del SEEK se definió una parte como central (el núcleo). Este contiene el material esencial que los profesionales de la enseñanza en IS están de acuerdo que es necesario obtener en una carrera de pregrado en esta área; por ende es el mínimo que debe impartirse en una carrera de pregrado en IS que busca seguir la guía SE2004. En la construcción de este cuerpo de conocimiento se buscó que sea lo más chico posible, para darle a las instituciones la mayor flexibilidad

³ KA es la sigla en inglés correspondiente a *Knowledge Area*

posible para adaptarse a los distintos contextos. De esta forma, cada programa podrá agregar unidades adicionales que pertenezcan o no al núcleo.

Para cada Unidad del SEEK se indica el tiempo mínimo de dedicación expresado en horas que se le debería dedicar para lograr cubrir la Unidad con la profundidad deseada. Las horas indicadas para cada una de las Unidades deben interpretarse como la mínima cantidad de tiempo necesario para que un estudiante pueda lograr los objetivos de aprendizaje establecidos para esa Unidad. En este contexto, el tiempo corresponde al dedicado en clase para presentar un material en el formato de lectura tradicional (horas de contacto). Las horas especificadas no incluyen el tiempo dedicado fuera de clase. Como guía el SE2004 sugiere estimar al tiempo de dedicación fuera de clases como entre dos y tres veces las horas de contacto. Estas horas representan un nivel mínimo de cobertura en tiempo para lograr la profundidad deseada por lo que siempre resulta apropiado poder dedicarle más tiempo a una Unidad que lo expresado en el SEEK.

A su vez, para cada Tópico se indica la capacidad de dominio esperada expresada en niveles de Bloom. La taxonomía de Bloom es una clasificación de los diferentes objetivos y habilidades que los educadores pueden proponer a sus estudiantes. Es una taxonomía jerárquica donde el aprendizaje a niveles superiores (de la taxonomía) depende de la adquisición del conocimiento de los niveles inferiores [Bloom, 1956]. En el cuadro 4 se presenta una descripción de los niveles cognitivos de esta taxonomía. El SE2004 solamente utiliza los primeros tres niveles de la jerarquía de Bloom (Conocimiento, Comprensión y Aplicación) ya que el SEEK busca representar el conocimiento que razonablemente se puede adquirir con la educación de pregrado en IS.

En la actualidad, la IEEE-CS y la ACM están trabajando desde comienzos de 2011 en un proyecto conjunto para revisar el SE2004, de forma de mantener las guías actualizadas [Ardis et al., 2012].

2.4 CURRICULUM GUIDELINES FOR GRADUATE DEGREE PROGRAMS IN SOFTWARE ENGINEERING (GSWE2009)

La guía curricular *Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering* (GSWE2009) es la propuesta para programas de maestrías profesionales en IS.

A continuación se mencionan los aspectos centrales del GSWE2009: la arquitectura, el cuerpo de conocimiento central, los resultados esperados al egreso y el conocimiento esperado al ingreso.

Cuadro 4: Niveles Cognitivos de Bloom

Nivel	Competencia	Descriptor del objetivo
Conocimiento (K)	Recordar el material previamente aprendido.	Listar, definir, describir, identificar.
Comprensión (C)	Comprender la información.	Sumarizar, interpretar, predecir, contrastar.
Aplicación (A)	Capacidad para utilizar el material aprendido en situaciones nuevas y concretas	Aplicar, demostrar, calcular, ilustrar
Análisis (AN)	Capacidad para descomponer el material aprendido en sus distintos componentes con el fin de comprender la estructura del conjunto. Esto incluye ver patrones, organización de las partes, el reconocimiento de los significados ocultos, y, obviamente, la identificación de las partes	Analizar, separar, ordenar, explicar, clasificar.
Síntesis (S)	Capacidad para juntar las piezas para formar un nuevo conjunto. Esto implica el uso de las ideas existentes para crear otras nuevas.	Combinar, integrar, modificar
Evaluación (E)	Capacidad para emitir un juicio sobre el valor del material dentro de un contexto o propósito determinado. Esto implica hacer comparaciones y discriminar entre las ideas, evaluar el valor de las teorías, la toma de decisiones basadas en argumentos razonados.	Evaluar, decidir, recomendar, seleccionar.

De forma tal de poder brindar soporte y permitir una amplia aceptación del GSwE2009 se construyeron dos documentos complementarios a la guía. Estos documentos también son presentados brevemente.

2.4.1 Introducción a la Guía GSwE2009

El currículo de referencia GSwE2009 (en adelante se utilizará “el GSwE2009” para referirnos de forma abreviada al currículo de referencia GSwE2009) es un Plan de estudios de referencia para programas de Maestría Profesional en ingeniería de software [iSEEc,2009c]. Este puede ser utilizado como una guía para aquellas Facultades que están diseñando o mejorando sus programas de Maestrías Profesionales en IS. Se debe entender por Maestría Profesional a las Maestrías que forman a nivel de posgrado a aquellas personas que buscan ejercer una carrera en la práctica (esto en contraposición a una Maestría Académica).

El GSwE2009 comenzó a desarrollarse en el año 2007 como parte del proyecto *Integrated Software and Systems Engineering Curriculum* (iSEEc) en el *Stevens Institute of Technology*. Este proyecto fue financiado por la oficina del departamento de defensa de Estados Unidos y participaron por más de dos años más de 40 autores pertenecientes a la academia y a la industria. En otoño del año

2009 la IEEE-CS y la ACM adoptaron el GSwE2009 como parte de sus recomendaciones curriculares conjuntas en computación [Ardis et al., 2011]. Esto significa que el GSwE2009 cumple con sus expectativas en cuanto a la calidad del proceso de desarrollo de las guías y del producto en sí. Futuras versiones del GSwE2009 serán mantenidas por estas dos sociedades profesionales.

Esta guía curricular se basa en un conjunto de recomendaciones para la creación de Planes de estudio para programas de maestrías en ingeniería de software [Ardis and Ford, 1989], en el SWEBOK [Bourque and Dupuis, 2004] y en la propuesta de Plan de estudios de enseñanza de grado SE2004 [JTFFC,2004].

Según una encuesta realizada en el año 2008 a programas de posgrado en ingeniería de software [Pyster et al., 2009], en promedio las maestrías requieren entre 33 y 36 créditos americanos en cursos. El GSwE2009 está en consonancia con la práctica actual y recomienda que los programas de maestría en IS tengan una carga total de entre 33 y 36 créditos americanos. Un crédito americano equivale a 13 o 14 horas de aula (horas de contacto) más trabajo individual. Las horas de trabajo individual equivalen a dos o tres veces las horas de aula.

Esta guía se ha visto fuertemente influenciada por los principios enunciados en el SE2004 [JTFFC,2004]. Las diferencias principales radican en que el GSwE2009 cuenta con expectativas mayores en cuanto al nivel de educación y hace un reconocimiento más explícito la importancia de la relación entre la IS con otras disciplinas, en particular con la ingeniería de sistemas.

2.4.2 *Arquitectura del GSwE2009*

La arquitectura del GSwE2009 está compuesta por: contenido preparatorio, contenido central, contenido específico de la Universidad, contenido electivo y una experiencia final. Esto se presenta en la figura 3.

El contenido preparatorio es aquel que debe ser dominado por el estudiante antes de entrar al programa de maestría. Cada uno de los programas tendrá la libertad de definir cómo hacer para preparar a aquellos estudiantes que no cuenten con los conocimientos suficientes como para el ingreso a la maestría. Una opción posible es la realización de cursos nivelatorios previo al ingreso de la misma.

El GSwE2009 identifica habilidades y conocimientos fundamentales que todos los graduados de maestrías en ingeniería de software deberían tener. Estos definen el contenido central o cuerpo de conocimiento central (CBOK⁴).

La Universidad podrá incluir además otros contenidos que le permitan adaptar su programa para poder cumplir con los objetivos esperados al egreso defi-

⁴ CBOK es la sigla en inglés correspondiente a *Core Body Of Knowledge*

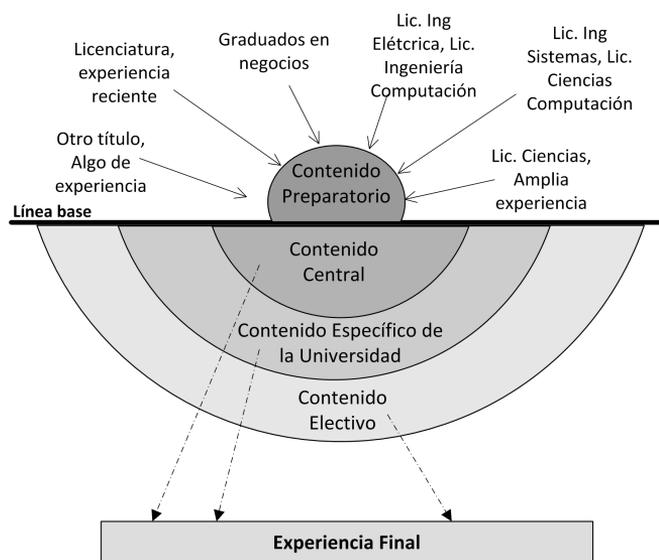


Figura 3: Arquitectura del GSwE2009 . Adaptado de GSwE2009

nidos para el mismo. Estos contenidos son denominados contenidos específicos de la Universidad. Por ejemplo, un programa que se enfoca en los sistemas críticos para la seguridad podría tener un curso obligatorio en este tipo de sistemas que serían parte de los contenidos específicos de la Universidad.

El contenido electivo permite que los estudiantes se enfoquen en sus intereses particulares, dentro del enfoque establecido por el programa.

Se espera que a través de una combinación del contenido central, del específico de la Universidad y del electivo se cumplan con los 10 resultados esperados al egreso (estos se mencionan en la sección 2.4.4).

El GSwE2009 recomienda que las maestrías cuenten con una experiencia final. Esta puede ser un proyecto, una práctica o una tesis. La carga horaria estimada de esta experiencia final es de entre 3 a 6 créditos americanos. Estos créditos forman parte de los 33 a 36 créditos totales recomendados para la maestría.

2.4.3 *Cuerpo de Conocimiento Central (CBOK)*

El CBOK es una descripción de las principales habilidades, conocimientos y experiencia que se espera que el estudiante adquiera para lograr cumplir con los resultados al egreso. Este fue desarrollado principalmente a partir del

SWEBOK 2004 [Bourque and Dupuis, 2004] y también se utilizó, de manera adicional, el SE2004 y el *INCOSE Systems Engineering Handbook* [Haskins, 2007].

El CBOK está organizado de forma jerárquica en tres niveles. El primer nivel son las Áreas de Conocimiento (KA). Cada Área de Conocimiento es dividida en Unidades y cada Unidad en Tópicos. Esto se puede ver en la figura 4. A nivel de Unidad (segundo nivel) se indica la profundidad de conocimiento que se espera que los estudiantes logren, en aproximadamente 200 horas de contacto (menos del 50 % del total de los créditos) expresada en la Taxonomía de Bloom.



Figura 4: Estructura jerárquica del CBOK

Tal como se mencionó previamente, la taxonomía de Bloom es una clasificación de los diferentes objetivos y habilidades que los educadores pueden proponer a sus estudiantes. El CBOK utiliza los cuatro primeros niveles de la jerarquía (Conocimiento, Comprensión, Aplicación y Análisis) para expresar la profundidad esperada en las Unidades del mismo (ver cuadro 4).

El cuerpo de conocimiento central está diseñado para comprender un poco menos del 50 % de las horas totales en base a los créditos definidos para una carrera de maestría. Por ende, el tiempo y los cursos adicionales pueden ser utilizados para lograr una mayor profundidad en las KA (en los niveles más altos de Bloom) así como para centrarse en un dominio de aplicación elegido.

En el estudio y análisis de las fuentes utilizadas para la elaboración del CBOK, se decidió que, si bien la organización y el contenido del SWEBOK 2004 dominarían, eran necesarios varios cambios en las KA y en los Tópicos. Estos cambios fueron realizados con el objetivo de dar soporte a los resultados esperados al egreso definidos en el GSWE2009 así como para adaptarse mejor a las necesidades y opiniones de la academia, la industria y las sociedades pro-

fesionales. Por ejemplo en el CBOK se añadieron dos KA que no están en el SWEBOK 2004. Estas son: Ingeniería de Sistemas, Ética y Conducta Profesional. Además, se añadieron, reorganizaron y modificaron algunas Unidades y Tópicos.

El CBOK está conformado por 11 Áreas de Conocimiento. Una breve descripción de cada una de estas se presenta a continuación [Bourque and Dupuis,2004; iSEEC,2009c]:

1. Ética y Conducta Profesional (ECP)

Los ingenieros de software desarrollan y mantienen productos que se encuentran en casi todas las áreas del quehacer humano: medicina y salud, transporte y comunicaciones, negocios y finanzas, educación, gobierno y leyes, y arte y entretenimiento. Para lograr entregar productos de manera eficiente y efectiva, los ingenieros de software deben comportarse de forma ética y profesional. Esta KA esboza las cuestiones y elementos de dicha conducta.

2. Ingeniería de Sistemas (ISIS)

Un sistema es un conjunto de componentes interconectados que existen dentro de un entorno e interactúan con el mismo. Los ingenieros de sistemas analizan las necesidades, desarrollan los conceptos de la solución y trabajan junto con especialistas en componentes y especialistas en calidad de atributos del sistema (seguridad, costo, performance, etc.) para sintetizar la definición de sistemas complejos constituidos por diversos tipos de componentes. Los ingenieros en sistemas también juegan un rol importante en la instalación y en el soporte de estos sistemas en su entorno operativo, así como en su eventual remoción del servicio y eliminación segura. Prácticamente todos los sistemas modernos dependen del software para coordinar las interconexiones entre componentes del sistema y para proporcionar la funcionalidad de los mismos. Por lo tanto, los ingenieros de software son miembros clave en los equipos de ingeniería de sistemas modernos.

3. Ingeniería de Requisitos (IR)

La ingeniería de requisitos es el área que se encarga de la obtención, análisis, especificación y validación de los requerimientos del sistema y del software. Los proyectos de ingeniería de software son sumamente vulnerables cuando las actividades de ingeniería de requerimientos se realizan mal. Los requerimientos de software expresan las necesidades y limitacio-

nes de un producto de software que contribuyen a la solución de algunos problemas del mundo real.

4. Diseño de Software (DS)

El diseño de software es comúnmente definido como “el proceso de definir la arquitectura, componentes, interfaces y otras características de un sistema o componente” o como el “el resultado de ese proceso”. Visto como un proceso, el diseño de software es la actividad del ciclo de vida de ingeniería de software en la cual los requerimientos son analizados con el fin de producir la descripción de la estructura interna del sistema que servirá como base para su construcción. Más precisamente, el diseño de software debe describir la arquitectura de software (es decir, cómo el software se descompone y se organiza en componentes) y las interfaces entre sus componentes. También debe describir los componentes con un nivel de detalle tal que permita su construcción.

5. Construcción de Software (CS)

La construcción de software se refiere a la creación de software significativo y que funcione a través de una combinación de codificación, verificación, pruebas unitarias, pruebas de integración y *debugging*.

6. Testing (TST)

El testing (o pruebas de software) es una actividad realizada para evaluar la calidad del producto y mejorarla, mediante la identificación de defectos y problemas. El testing consiste en la verificación dinámica del comportamiento de un programa contra el comportamiento esperado, mediante un conjunto finito de casos de prueba debidamente seleccionados del dominio infinito de ejecuciones.

7. Mantenimiento de Software (MS)

A medida que pasa el tiempo, el producto de software debe cambiar o evolucionar. Una vez en funcionamiento, los defectos “salen a la luz”, hay cambios de entorno y surgen nuevos requerimientos del usuario. La fase de mantenimiento del ciclo de vida comienza luego de un período de garantía, pero las actividades de mantenimiento se producen mucho antes. El mantenimiento de software se define como la modificación de un producto de software después de la entrega para corregir defectos, para mejorar el rendimiento u otros atributos, o para adaptar el producto a un entorno modificado.

8. Gestión de la Configuración (GC)

La gestión de la configuración es la disciplina que identifica la configuración de un sistema en distintos instantes en el tiempo, con el propósito de controlar sistemáticamente los cambios en la configuración y mantener la integridad y trazabilidad de la configuración a través de todo el ciclo de vida del sistema.

9. Gestión de la Ingeniería de Software (GIS)

La gestión de la ingeniería de software puede definirse como la aplicación de las actividades de gestión, como planificación, coordinación, medición, monitoreo, control y presentación de informes, para garantizar que el desarrollo y mantenimiento de software sea sistemático, disciplinado y cuantificado.

10. Procesos de la Ingeniería de Software (PIS)

El Área de Conocimiento de Procesos de ingeniería de software puede ser examinada en dos niveles diferentes. El primer nivel abarca las actividades técnicas y de gestión dentro de los procesos del ciclo de vida del software que son realizadas durante la adquisición, desarrollo, mantenimiento y retiro del software. El segundo nivel es un meta-nivel, que se ocupa de la definición, ejecución, evaluación, medición, gestión, cambio y mejora del propio ciclo de vida del proceso de software. El primer nivel es cubierto en las otras KA. Esta KA se relaciona con el segundo nivel, el meta-nivel.

11. Calidad del Software (Cals)

Con los años, autores y organizaciones han definido el término calidad de varias maneras. De forma reciente, la calidad se define como el grado con el que un conjunto de características inherentes cumplen con los requerimientos.

A nivel del cuerpo de conocimiento central se define la distribución del esfuerzo recomendada para cada KA. El objetivo de estos porcentajes es que se utilicen como una guía y no como una especificación exacta de un Plan de estudios. Estos porcentajes son aproximados y por eso mismo se indica un rango para cada KA. A su vez, estos porcentajes aplican solamente al núcleo central que representa aproximadamente el 50 % de la currícula. La figura 5 presenta los mismos.

Tal como se mencionó previamente, los contenidos específicos de la universidad y electivos podrían cubrir en mayor profundidad muchas de estas KA así

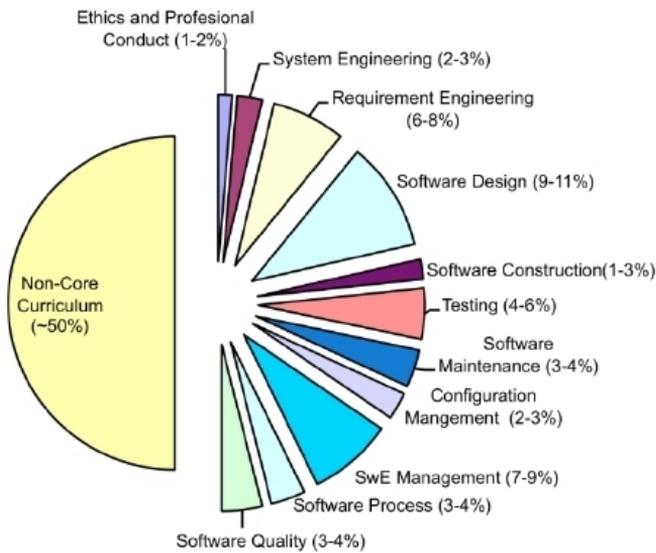


Figura 5: Distribución del Esfuerzo en Porcentaje. Fuente: GSWE2009

como también podrían cubrir material que se encuentre por fuera de estas KA, como por ejemplo el estudio de un dominio de aplicación en particular.

2.4.4 Resultados Esperados al Egreso

El Currículo de referencia GSWE2009 establece 10 resultados esperados al egreso. Es decir, describe las capacidades que deberían tener los estudiantes cuando se gradúan de un programa que está alineado con las recomendaciones establecidas en el GSWE2009. Estos resultados, reflejan los conocimientos y habilidades que se consideran necesarios para poder desempeñarse de manera exitosa en la práctica profesional como ingenieros de software. Cubren diversos aspectos como por ejemplo: técnicos, éticos y de aprendizaje. En el cuadro 5 se presentan los 10 resultados, junto con una breve descripción de cada uno de ellos.

2.4.5 Conocimiento Esperado al Ingreso

El número de créditos recomendados, combinado con los resultados esperados al egreso, determinan cuáles deberían ser los conocimientos de los estu-

Cuadro 5: Descripción de los resultados esperados al egreso

Resultado	Descripción
CBOK	Dominar el CBOK. El CBOK especifica niveles de Bloom que deberán ser cumplidos para cada Unidad de las KA.
Dominio	Dominar la ingeniería de software en un dominio y tipo de aplicación particular.
Profundidad	Dominar al menos una KA o sub-área del CBOK en el nivel de Bloom de Síntesis.
Ética	Ser capaz de tomar decisiones éticas y practicar un comportamiento ético profesional.
Ing. Sist.	Entender la relación entre la ingeniería de software y la ingeniería en sistemas. Ser capaz de aplicar principios y prácticas de la ingeniería de sistemas en la ingeniería de software.
Equipo	Ser un integrante efectivo de un equipo, pudiendo liderar un área del desarrollo o mantenimiento de software.
Conciliar	Ser capaz de conciliar objetivos conflictivos de un proyecto, encontrando compromisos aceptables dentro de las limitaciones de tiempo y costo.
Perspectiva	Entender y valorar el análisis de factibilidad, la negociación y las buenas comunicaciones con los <i>stakeholders</i> .
Aprender	Ser capaz de aprender nuevos modelos, técnicas y tecnologías cuando estas emergen. Aprender la necesidad del desarrollo profesional continuo.
Tecnología	Ser capaz de analizar tecnologías de software actuales, compararlas con tecnologías alternativas y especificar y promover mejoras o extensiones a esas tecnologías.

diantes que ingresan a la maestría. El GSwE2009 asume que los estudiantes que ingresan a la maestría cumplen con las siguientes condiciones:

- Son egresados de una carrera de pregrado en informática, ingeniería o científica con algún estudio en computación.
- Han realizado algún curso introductorio de ingeniería de software.
- Tienen al menos dos años de experiencia práctica en algún aspecto de la ingeniería de software. Esta experiencia debe incluir participación en equipos, desarrollo de programas y mantenimiento.

El conocimiento previo, al igual que el CBOK, está organizado en forma jerárquica en tres niveles: Áreas de Conocimiento, Unidades y Tópicos. A su vez, para cada Unidad se establece el nivel de Bloom que el estudiante debería tener al ingreso. Para determinar el conocimiento previo se utilizó el SE2004 como principal fuente.

2.4.6 Documentos Complementarios a la Guía

Además del GSwE2009, se escribieron dos documentos complementarios con el objetivo de brindar soporte y permitir una amplia aceptación del GSwE2009.

El documento complementario *Comparisons of GSwE2009 to Current Master's Programs in Software Engineering* tiene como objetivo informar y presentar los resultados obtenidos a partir de una serie de comparaciones realizadas entre las recomendaciones propuestas por el GSwE2009 y 12 programas de posgrado en ingeniería de software que actualmente se dictan [iSEEc,2009a].

Entre los resultados que se presentan en este documento se incluye:

- Un resumen de la información demográfica de los 12 programas participantes.
- Una serie de análisis y conclusiones de alto nivel basadas en los resultados obtenidos en relación a los resultados esperados al egreso del GSwE2009 para 34 estudiantes hipotéticos de las maestrías de estas universidades.
- Un análisis a fondo acerca del cumplimiento de los resultados esperados al egreso para 3 de los programas participantes.

Por otra parte, el documento complementario *Frequently Asked Questions on Implementing GSwE2009* contiene un conjunto de recomendaciones para la implementación de un programa de maestría profesional en ingeniería de software que satisfaga el GSwE2009 [iSEEc,2009b]. En particular en este documentos se presentan temas tales como: la planificación de la construcción de un nuevo programa, la obtención de recursos, la implementación, ejecución y evolución del programa y la comunicación interna y externa.

ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE EN LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

En este capítulo se presentan las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software dictadas por el Centro de Posgrados y Actualización Profesional en Informática (CPAP) de la Universidad de la República (UdelaR). Estas carreras fueron construidas basándose en la guía curricular de referencia GSwE2009.

En la sección 3.1 se presentan las características generales comunes a todos los posgrados profesionales de la UdelaR y se describe el rol del CPAP en los posgrados en Informática. Luego en la sección 3.2 se describe el Plan de Estudios de la Especialización y de la Maestría en Ingeniería de Software. Finalmente en la sección 3.3 se presenta la adaptación realizada para adecuar a la realidad de nuestra Universidad los principales puntos que se plantean en el GSwE2009.

3.1 GENERALIDADES DE LOS POSGRADOS EN UDELAR

La UdelaR es la principal institución de educación superior y de investigación del Uruguay y es la única pública. En colaboración con una amplia gama de actores institucionales y sociales, realiza también múltiples actividades orientadas al uso socialmente valioso del conocimiento y a la difusión de la cultura. Es una institución pública, autónoma y cogobernada por sus docentes, estudiantes y egresados.⁵

Para los posgrados profesionales la UdelaR definen dos tipos de titulaciones: Especialización y Maestría Profesional.

Las carreras de Especialización tienen por objetivo el perfeccionamiento en el dominio de un tema o área determinada dentro de una profesión o de un campo de aplicación de varias profesiones. Están dirigidas a ampliar la capacitación profesional lograda en programas de pregrado, ya sea con profundidad y/o extensión; en particular, a través de una formación que incluya prácticas profesionales.⁶

⁵ http://www.universidad.edu.uy/renderPage/index/pageId/108#heading_926

⁶ <http://www.fing.edu.uy/ensenanza/carreras-de-posgrado>

Las carreras de Maestría Profesional tienen los mismos objetivos que las especializaciones pero, además, se pretende que el egresado logre profundidad en un campo del conocimiento. Para lograr este último objetivo las maestrías de la UdelaR cuentan con la preparación individual de una tesis final.

Las carreras, tanto de pregrado como de posgrado en la UdelaR, se definen en dos niveles: Plan de estudios e Implementación del plan de estudios. El Plan de estudios se aprueba a nivel central en la Universidad mientras que la Implementación se aprueba en la Facultad que propone la Implementación sin requerir una aprobación de la Universidad.

Uno de los principales componentes de los Planes de estudio es la definición de las Áreas de Conocimiento (llamadas Materias). El Plan de estudio define la cantidad de créditos mínimos necesarios en cada Materia para obtener la graduación. A su vez, en algunos casos también se indica una cantidad de Materias mínimas que deben ser cubiertas (para las cuales se debe contar con al menos un crédito). El crédito es una medida del esfuerzo total que debe realizar un estudiante promedio para aprobar un curso. Un crédito equivale a 15 horas de trabajo del estudiante. Estas horas se dividen en: asistencia a clases, estudio individual, realización de laboratorios, y todo otro esfuerzo por parte del estudiante para realizar y aprobar el curso. El Plan define también la cantidad de créditos mínimos totales que el estudiante debe realizar para obtener el título (la suma de los créditos mínimos por Materia puede ser menor al total requerido), los requisitos para el ingreso y los resultados esperados al egreso [FING,1997].

La Implementación del plan es un conjunto de restricciones sobre el Plan de estudios. De forma simplificada se puede entender a la Implementación como la definición de un conjunto de cursos que los estudiantes deben realizar de forma obligatoria para obtener el título y un conjunto de cursos electivos. Cada curso otorga créditos en una o más Materias del Plan de estudios. Pueden existir distintas Implementaciones para un mismo Plan; en este caso cada una es llamada Perfil. La figura 6 representa las relaciones existentes entre un Plan de estudios, la Implementación de un plan, las Materias y los cursos en un Modelo Entidad Relación (MER).

3.2 PLAN DE ESTUDIOS PARA LA ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

El Centro de Posgrados y Actualización Profesional en Informática (CPAP), de la Facultad de Ingeniería, de la UdelaR, es el responsable de la formación

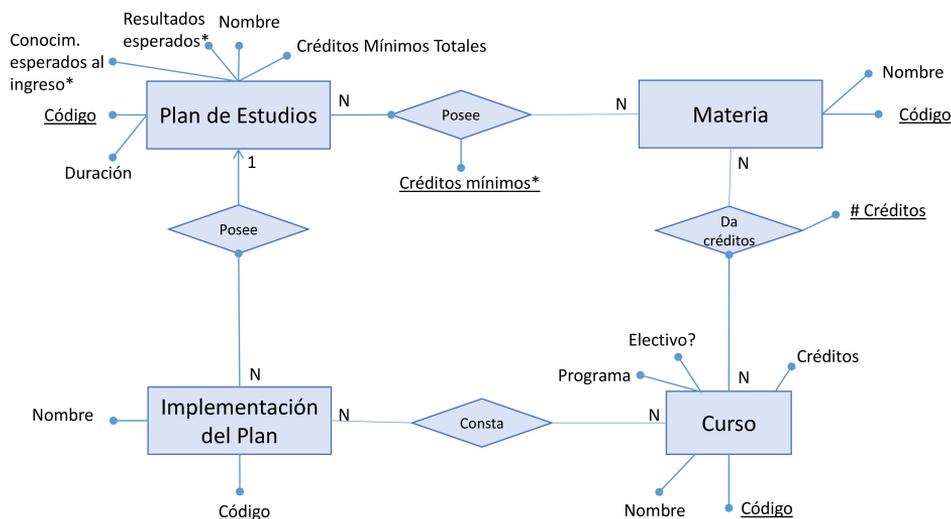


Figura 6: Relaciones existentes entre Plan de estudios e Implementación del plan de estudios

de posgrado profesional en Informática de la Universidad.⁷ En este papel el CPAP es responsable de ofrecer cursos de actualización profesional, carreras de especialización y maestrías profesionales.

En el CPAP se entiende la importancia tanto de la educación en ingeniería de software como de las certificaciones y planes de estudios internacionales. En un mundo y en una disciplina tan globalizada como lo es la ingeniería de software, es razonable y necesario adoptar propuestas internacionales de planes de estudio; más aún cuando estas son propuestas de las dos sociedades de informática más grandes del mundo: la IEEE-CS y la ACM.

Durante el primer semestre de 2011 el CPAP construyó un Plan de estudios basado en GSWE2009 para una Especialización en ingeniería de software (EIS) y otro para una Maestría en ingeniería de software (MIS). Los Planes de estudio de la EIS y de la MIS son idénticos a menos que la MIS requiere de la realización de una tesis de maestría luego de culminados los cursos. Debido a esto, el “camino” del estudiante en esta formación profesional en ingeniería de software es realizar primero la EIS y luego, quien así lo desee, desarrollar una tesis de maestría para culminar la MIS. A continuación se presentan los aspectos principales del Plan de estudios de la MIS [CPAP,2012].

⁷ <http://www.fing.edu.uy/cpap/>

3.2.1 *Objetivos*

El objetivo fundamental del Plan de estudios es la formación de profesionales altamente capacitados en IS al grado de maestría, que puedan analizar y resolver problemas complejos en dicha área. Esta Maestría en IS se dirige a profesionales en informática, que deseen especializarse en el área IS.

Esta maestría brinda una formación mucho más profunda y específica en temas de actualidad dentro de las distintas disciplinas de la ingeniería de software que la que se brinda en el pregrado.

La Maestría apunta a lograr profesionales capaces de abordar con solvencia la resolución de problemas de importancia en el área. Se busca promover la actualización de los conocimientos en las distintas disciplinas de la IS, así como generar recursos humanos capaces de afrontar y resolver problemas de la industria nacional de software, aumentando así la calidad de servicios y de vida de la sociedad.

El trabajo de tesis se orienta al manejo activo del conocimiento en el marco de un tema concreto o aplicación específica, incluyendo el empleo de bibliografía actualizada, preferentemente aquella publicada en conferencias y/o revistas arbitradas y reconocidas en el área del tema de tesis.

3.2.2 *Perfil del Egresado*

El egresado adquirirá la capacidad de aplicar con profundidad y solvencia en su actividad profesional los temas de estudio incluidos en la maestría; asimismo, adquirirá los elementos metodológicos que, junto con la capacidad de abordar bibliografía especializada, le permitan comprender y emplear las nuevas tecnologías para la resolución de problemas relativos a la IS en su actividad profesional. Entre otros el egresado tendrá la capacidad para:

- Dominar las áreas fundamentales de la IS.
- Ser capaz de tomar decisiones éticas y practicar un comportamiento ético profesional.
- Entender la relación entre IS e Ingeniería de Sistemas y ser capaz de aplicar principios y prácticas de la Ingeniería de Sistemas en la IS.
- Ser un integrante efectivo de un equipo, incluyendo equipos que están geográficamente distribuidos, pudiendo liderar un área del desarrollo o mantenimiento de software. Para esto, también tendrá la capacidad de comunicarse correctamente tanto de forma oral como escrita.

- Ser capaz de conciliar objetivos conflictivos de un proyecto, encontrando compromisos aceptables dentro de las limitaciones de costo, tiempo, conocimiento, sistemas existentes y organizaciones.
- Entender y valorar el análisis de factibilidad, la negociación y las buenas comunicaciones con los *stakeholders* de un ambiente de desarrollo de software típico. Ser capaz de realizar estas tareas de forma correcta, tener hábitos efectivos de trabajo y ser un líder.
- Aprender nuevos modelos, técnicas y tecnologías cuando éstas emergen, y apreciar la necesidad de ese desarrollo profesional continuo.
- Analizar tecnologías de software actuales, articular sus fuerzas y debilidades, compararlas con tecnologías alternativas y especificar y promover mejoras o extensiones a esas tecnologías.
- Ser capaz de analizar y profundizar en un tema concreto mediante una revisión bibliográfica en profundidad.

3.2.3 *Requisitos de Ingreso*

Podrán ingresar a la Maestría en Ingeniería de Software quienes cumplan con al menos una de las siguientes condiciones:

- Condición 1: Contar con un título de pregrado, en informática, otorgado por la Universidad de la República de al menos 360 créditos. Ejemplo: título de Ingeniero en Computación.
- Condición 2: Contar con formación equivalente que, a juicio de la Comisión de Posgrado, permita la realización y aprovechamiento del Plan de Estudios de la Maestría en Ingeniería de Software.

3.2.4 *Formación*

Para poder aprobar la maestría los estudiantes deben cumplir con los siguientes requisitos de formación:

- Contar con un mínimo de 70 créditos en actividades programadas (cursos de posgrado, seminarios, etc.) y
- Contar con créditos en 6 Materias o áreas temáticas diferentes. Para este mínimo no cuenta la materia "Asignaturas sin materia específica" (el detalle de las materias se presenta en la sección 3.2.5).

- La realización de una Tesis la cual deberá ser defendida en una exposición oral y pública ante un tribunal designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería a propuesta de la Comisión Académica de Posgrado.

El número mínimo de créditos y la exigencia de contar con créditos en al menos 6 materias es imprescindible para poder transmitir el conocimiento necesario, tanto en amplitud como en profundidad, de forma de desarrollar las habilidades deseadas en el estudiante.

El trabajo de tesis tendrá un esfuerzo estimado de 40 créditos. En la elaboración de la Tesis, el estudiante deberá conocer sobre el estado del arte y desarrollar un análisis en profundidad del tema elegido.

3.2.5 Estructura del Plan de Estudios

El plan de estudios de la MIS está estructurado en Materias y Asignaturas (cursos) que otorgan créditos dentro de las Materias. Una asignatura puede otorgar créditos en varias materias a la vez.

Las materias que conforman el Plan de estudios se presentan en el cuadro 6. La materia “Asignaturas sin materia específica” incluye asignaturas que pueden integrar esta Maestría pero que no se corresponden con ninguna de las materias descritas.

3.3 ADAPTACIÓN REALIZADA

Los planes fueron desarrollados en base a la guía curricular GSwE2009. En la construcción de dichos planes de estudio, se realizaron varias adaptaciones para que las carreras se adecúen mejor a nuestro contexto. En particular se procuró respetar la realidad de las tecnologías de la información de Uruguay, los reglamentos de la Udelar y la situación actual del grupo de investigación en ingeniería de software.

En esta sección se describe la adaptación realizada para adecuar a la realidad de nuestra Universidad los principales puntos que se plantean en el GSwE2009. Dado que la MIS y la EIS solamente se diferencian en la tesis final, se presenta la adaptación utilizando el Plan de estudios de la MIS. Para cada una de las adaptaciones se mencionan los motivos existentes que nos obligaron a realizarlas.

Cuadro 6: Materias del Plan de Estudios

Materia
Ética y conducta profesional
Ingeniería de sistemas
Ingeniería de requisitos
Diseño de software
Construcción de software
Pruebas (testing)
Mantenimiento de software
Gestión de la configuración
Gestión de la ingeniería de software
Procesos de ingeniería de software
Calidad de software
Asignaturas sin materia específica

3.3.1 Arquitectura del Plan

De forma tal de estar alineados con el GSwE2009 la arquitectura del Plan de estudios la definimos de tal modo que las Materias (Áreas de Conocimiento de un Plan de estudios de la UdelAR) coinciden con las 11 KA del CBOOK.

Tal como se menciona en el capítulo 2 el GSwE2009 busca cubrir estas 11 KA. El grupo de investigación en ingeniería de software (GrIS) de nuestra Universidad cuenta con un plantel de docentes escaso. Este está formado actualmente por 12 docentes, de los cuales solamente 2 tienen una dedicación total en la Universidad.

Al igual que en el GSwE2009, la intención del Plan estudios de la MIS es que el egresado tenga la capacidad de dominar las áreas fundamentales de la ingeniería de software. Sin embargo, teniendo en cuenta la cantidad de docentes del GrIS, se optó por no incluir en el Plan restricciones que después resulten complejas de cumplir al momento de dictar los cursos. Por tal motivo se decidió no exigir créditos mínimos por Materia pero exigir que los estudiantes deban contar con al menos un crédito en al menos 6 Materias. Esto significa que podrían no tratarse temas de 5 KA, lo cual pone en riesgo el resultado esperado de dominar el CBOOK. Cabe aclarar que los Planes de estudio se mantienen sin

cambiar por años, mientras que las Implementaciones son más dinámicas. En este sentido es mediante la Implementación que se puede o no cumplir con el resultado esperado de dominio del CBOK.

3.3.2 *Resultados Esperados al Egreso*

Para la definición de los resultados esperados al egreso se partió de los definidos en el GSwE2009 y se hizo un análisis de cada uno de estos para ver si efectivamente se deseaba incluirlos o no en el Plan de estudios.

El Plan de estudios propuesto busca alcanzar 9 de los 10 resultados esperados al egreso que propone la guía curricular GSwE2009. El resultado que no se incluye en el Plan es el de Dominio (dominar la ingeniería de software en un dominio y tipo de aplicación de software particular). Esto implica que los cursos que se impartan en la MIS serán genéricos en cuanto al dominio de aplicación.

Esta decisión fue tomada por diversos motivos. En primer lugar el GrIS no se enfoca en el estudio de la ingeniería de software para un dominio de aplicación particular.

A su vez, nuestra percepción y conocimiento de la situación local y de Sudamérica es que hoy en día resulta común que los profesionales vinculados a las tecnologías de la información y en particular los que ejercen de ingenieros de software cambien regularmente de trabajo. Esto hace que dichos profesionales deban aprender asiduamente nuevos dominios de aplicación. En este contexto no parece razonable realizar una carrera de posgrado en la cual se desarrolle en profundidad un dominio de aplicación particular sino todo lo contrario.

3.3.3 *Requisitos de Ingreso*

Para definir los requisitos de ingreso a la MIS se analizaron los requisitos esperados al ingreso establecidos en la guía y los requisitos de ingreso ya definidos para las otras carreras de posgrado dictadas por el CPAP. De forma tal de uniformizar los requisitos de ingreso de las carreras del CPAP, se optó por utilizar los mismos requisitos de ingreso que los que se tiene para las otras carreras ofrecidas por el centro de posgrados y realizar cursos nivelatorios en caso de ser necesario.

Los requisitos de ingreso a la MIS indican solamente que se debe contar con un título de pregrado en informática de al menos 360 créditos (carreras de pregrado de al menos 4 años). Esto hace que los requisitos de ingreso resulten

menores a los esperados en GSwE2009 ya que no se exige experiencia práctica previa ni haber realizado algún curso en ingeniería de software (ver figura 3).

Sin embargo, es importante destacar que en el Uruguay la realidad actual es que la inmensa mayoría de los estudiantes comienzan su actividad laboral en los años previos a la finalización de su carrera de pregrado. A su vez, se espera que la mayoría de los estudiantes que ingresan a la maestría hayan egresado de la carrera de pregrado de Informática de la UdelaR.

Esta carrera de pregrado consta de 450 créditos (5 años) y cuenta con dos cursos obligatorios relacionados con la ingeniería de software: Introducción a la ingeniería de software y Proyecto de ingeniería de software.

El curso Introducción a la ingeniería de software es de 10 créditos. Este tiene como objetivo brindar un panorama de los aspectos más relevantes de la ingeniería de software. Tiene un fuerte componente teórico y cuenta con trabajos prácticos (en papel) que realizan los estudiantes en grupos de entre 6 y 8 personas. En particular se realizan prácticos de: especificación de requisitos, modelado de arquitectura de software y desarrollo de un plan de pruebas.

El Proyecto de ingeniería de software es un curso de 15 créditos. Este tiene como objetivo afirmar y profundizar los conocimientos de ingeniería de software, contrastarlos con su aplicación práctica e integrarlos con conocimientos de otros cursos. En este curso se realizan proyectos con grupos de 10 a 15 estudiantes para un cliente real (empresas del medio). Para esto se sigue un proceso símil al *Rational Unified Process* [Kruchten, 2004] donde cada uno de los estudiantes tiene uno o varios roles específicos [Triñanes, Jorge, 2004].

Estos dos cursos compensan de cierta manera los conocimientos esperados al ingreso sugeridos en el GSwE2009. Evaluando el conocimiento de preparación previo que siguiere el GSwE2009 observamos que todas las KA propuestas son consideradas en los cursos obligatorios de nuestra carrera de pregrado. Sin embargo, actualmente no tenemos establecido el nivel de Bloom en cada una como lo hace el GSwE2009.

3.3.4 *Experiencia Final*

Otro aspecto que tuvimos que considerar en la definición del Plan de estudios es la experiencia final. Nuestra Universidad exige que todas las maestrías finalicen con una tesis realizada de forma individual. Dentro de esto se admite la realización de proyectos de forma individual siempre y cuando se culmine con una tesis. Esto implicó una restricción en la definición del Plan de estudios y otra diferencia con el GSwE2009 (que admite tesis finales, proyectos o prácticas como experiencia final). Sin embargo, consideramos que la misma no

afecta los resultados esperados al egreso ya que es una de las posibles opciones propuestas por la guía.

Mediante la realización de la tesis final se busca que el estudiante profundice sus conocimientos en una determinada área de conocimiento; aportando fuertemente a que se logre cumplir con el resultado esperado al egreso de Profundidad.

3.3.5 *Carga Total de Trabajo del Estudiante*

La carga total de trabajo del estudiante es otro de los aspectos que consideramos en la definición del Plan. En este aspecto se buscó quedar alineados con la guía y a su vez cumplir con las restricciones impuestas por la Udelar para las maestrías profesionales.

GSwE2009 estima que las maestrías tienen una carga horaria total de entre 1287 y 2016 horas (entre 33 y 36 créditos americanos).⁸ La carga horaria total esperada de la MIS es de 1650 horas, por lo que se encuentra dentro del rango estimado por el GSwE2009. Esta se descompone en 1050 horas destinadas a cursos y 600 horas para la tesis final. La cantidad de horas de dedicación para la tesis es la que se estima para todas las carreras de maestría ofrecidas por el CPAP y es aproximadamente el doble de la carga horaria de la experiencia final propuesta en el GSwE2009.

La figura 7 presenta de forma gráfica la adaptación realizada de las principales características del GSwE2009.

3.3.6 *Lecciones aprendidas*

El hecho de contar con un currículo de referencia tal como el GSwE2009 facilitó el armado del Plan de estudios y la definición de los cursos de la MIS. Consideramos que el GSwE2009 es un buen aporte para aquellas universidades que están construyendo o actualizando sus Planes de estudio para maestrías profesionales en IS. La guía es flexible y permite su adaptación a diferentes contextos.

⁸ Un crédito americano equivale a 13 o 14 horas de aula directa más horas de trabajo individual. Las horas de trabajo individual equivalen a dos o tres veces las horas de aula. La carga total en créditos del GSwE2009 va desde 33 créditos (mínimo) a 36 créditos (máximo). Para calcular el mínimo de horas se utiliza la menor carga de GSwE2009 (33 créditos) y la menor cantidad de horas por crédito: 13 horas de aula más dos veces esas horas dedicadas a trabajo individual. Esto es igual a 1287 horas $(13 + 13 \times 2) \times 33$. Utilizando 36 créditos y el máximo de carga por créditos se llega a las 2016 horas.

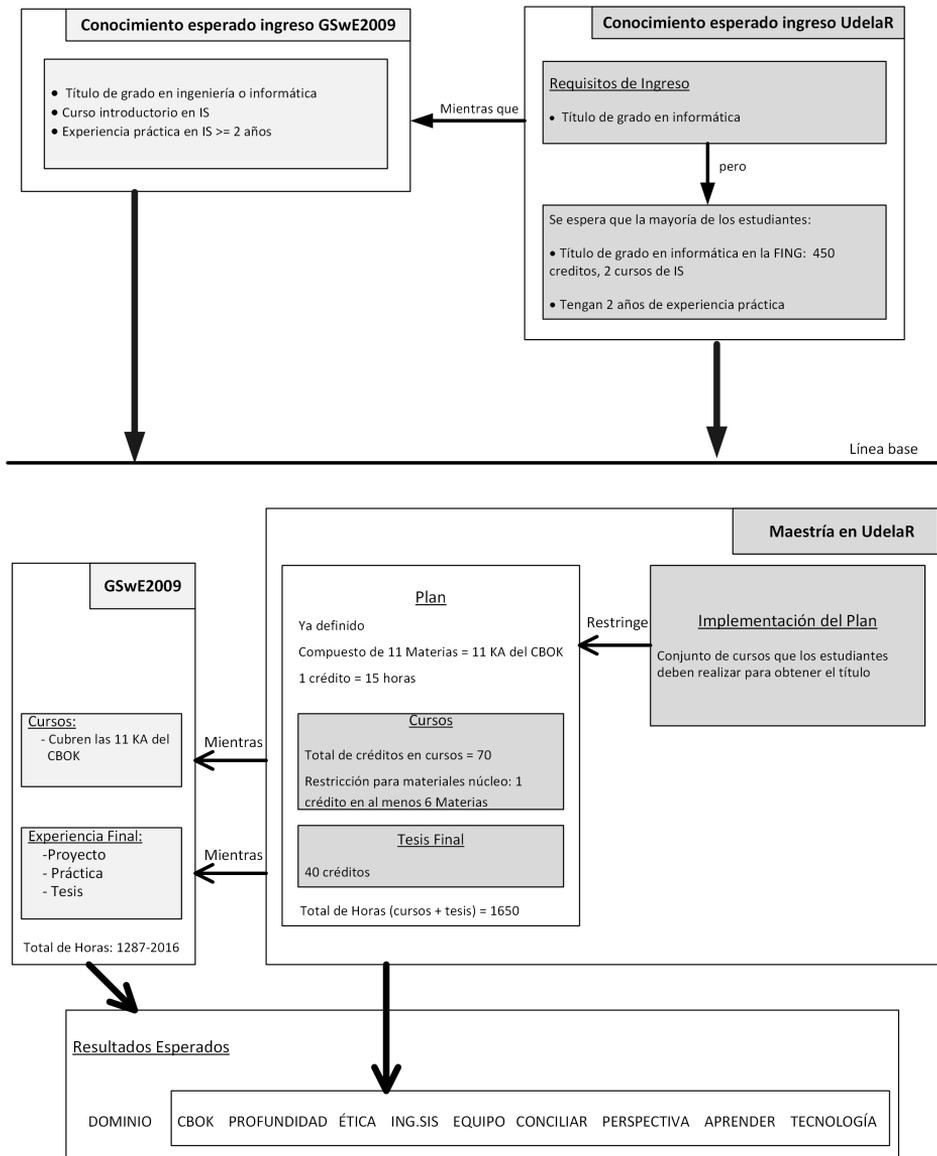


Figura 7: La adaptación del GSwE2009 en la UdelaR.

Si bien el GSwE2009 sirve como referencia, resulta muy importante al momento de diseñar un Plan de estudios basado en esta guía prestar especial atención a las características propias de la Universidad.

Uno de los aspectos principales refiere al cuerpo docente. En particular es importante considerar la cantidad de docentes disponibles, sus conocimientos y disponibilidad. Tal como se mencionó previamente, en el caso de la Udelar, este aspecto impactó directamente en la definición del Plan de estudios.

A su vez, hay que tener en cuenta las restricciones impuestas por la Facultad o Universidad en la cual se realiza el programa. Ejemplo de restricciones podrían ser: tener que respetar una estructura preestablecida para el Plan de estudios, la definición de la cantidad de créditos necesarios para obtener la titulación, la duración del programa y los requisitos a cumplir en la experiencia final.

En nuestra experiencia el CBOK fue de utilidad ya que sirvió como base para la definición de las Materias del Plan de estudios. Tal como se menciona en la sección 2.4, el CBOK está basado principalmente en el SWEBOK versión 2004. En el GSWE2009 solamente se explican los cambios más importantes con respecto a dicha versión del SWEBOK. Otros cambios más pequeños no son explicados lo cual dificulta en cierta forma su comprensión. Por ejemplo, falta la descripción y lista de referencias asociadas a algunos Tópicos del CBOK que no están presentes en el SWEBOK. En este sentido, el SWEBOK resultó ser una fuente muy valiosa para la comprensión y búsqueda de referencias de cada uno de los Tópicos pertenecientes al mismo.

En la búsqueda de publicaciones relacionadas a la dificultad encontrada para comprender ciertos temas del CBOK, se encontró el artículo *“Mapping A Knowledge Areas of The SWEBOK Standard With The CBOK in Software Engineering Field Using A Set Theory”* que realiza una investigación para determinar las diferencias entre el SWEBOK V3 (última versión del SWEBOK) y el CBOK [Meridji and Al-Sarayreh, 2015]. En dicho artículo se define un enfoque formal para realizar el mapeo, utilizando la teoría de conjuntos. Dicho enfoque es luego utilizado para analizar el mapeo a nivel de Área de Conocimiento entre el SWEBOK y el CBOK. Como parte del trabajo a futuro de dicho artículo, se plantea realizar el mapeo pero a nivel de Tópicos, lo cual sería de gran utilidad para comprender los cambios existentes entre estos dos cuerpos de conocimiento.

EVALUACIÓN DE CARRERAS

Para poder cumplir con el objetivo de esta tesis (evaluar las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software con respecto al GSwE2009), resulta importante conocer los fundamentos y las buenas prácticas asociadas a la evaluación de carreras. En este sentido, también es interesante comprender cuáles son los principales criterios y métodos que se utilizan para la acreditación de las carreras en IS.

Por tal motivo, en este capítulo se presentan los principales conceptos y métodos asociados a la evaluación de carreras así como una breve introducción al tema de acreditación de carreras.

En la sección 4.1 se presentan brevemente conceptos básicos asociados a la evaluación de carreras, el proceso de evaluación y las buenas prácticas de evaluación. Luego en la sección 4.2 se explica el objetivo de la acreditación de carreras y se presenta a ABET, el organismo acreditador más importante en el mundo.

Finalmente, en la sección 4.3 se presenta una clasificación de los métodos de evaluación y se describe brevemente los métodos de evaluación más utilizados.

Las secciones 4.1 y 4.3 de este capítulo se basan fuertemente en el libro “*Design Better Engineering Education Through Assessment*” [Spurin et al., 2008].

4.1 FUNDAMENTOS DE LA EVALUACIÓN DE CARRERAS

La evaluación de carreras es la recopilación, revisión y utilización de la información sobre los programas educativos realizadas con el objetivo de mejorar el aprendizaje y desarrollo de los estudiantes [Palomba and Banta, 1999].

La evaluación es un proceso que se enfoca en el aprendizaje del estudiante; es un proceso que implica la revisión y reflexión sobre el desempeño del estudiante (lo que los estudiantes pueden hacer). Se enfoca en el Plan de estudios y busca evaluar el desempeño en forma planificada, deliberada y cuidadosa [Ewell, 2002].

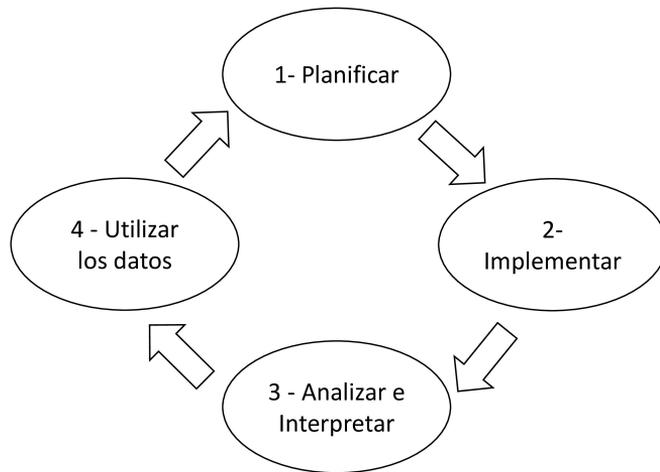


Figura 8: Modelo del proceso de evaluación

4.1.1 Proceso para la Evaluación de Carreras

En la literatura asociada a la educación en ingeniería existen distintos modelos para describir el proceso de evaluación. La mayoría de estos modelos tienen cuatro fases comunes [McGourty et al., 1998]:

1. Planificar el proceso de evaluación en base al aprendizaje deseado para los estudiantes.
2. Implementar el plan de evaluación.
3. Analizar e interpretar los datos recolectados.
4. Utilizar los datos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes y mejorar en sí el proceso de evaluación.

Estas fases se pueden conceptualizar como formando un ciclo. Tal como sugiere la figura 8, luego de culminar la fase cuatro, el proceso de evaluación comienza nuevamente pero con un plan de evaluación nuevo o revisado y/o con un programa nuevo o revisado.

Este modelo para procesos de evaluación tiene embebido la mejora continua y está muy relacionado con el ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) de Shewhart [Shewhart, 1939].

4.1.2 *Buenas Prácticas en las Evaluaciones*

Resulta importante a la hora de definir la forma de evaluar una carrera conocer cuáles son las características que hacen a las buenas evaluaciones.

A continuación se presentan principios, correspondientes a buenas prácticas para la evaluación de carreras:

- Las buenas evaluaciones son utilizadas.
La información recolectada a partir de la evaluación se utiliza para tomar importantes decisiones tales como mejorar el Plan de estudios y la pedagogía.
Independientemente de la eficacia del método de evaluación utilizado, si los resultados no son utilizados o no se toman en cuenta las acciones que surgen en base a la misma, entonces la evaluación no es efectiva.
- Las buenas evaluaciones son efectivas en relación al costo, especialmente en términos de tiempo.
Las evaluaciones deben producir un valor que justifique el tiempo y los gastos a los que se incurren. Para lograr esto, es importante, entre otras cosas, enfocarse en objetivos que sean claros e importantes, utilizar la información con la que ya se cuenta y procurar mantener la evaluación lo más simple posible.
- Las buenas evaluaciones producen resultados razonablemente exactos y veraces.
Si bien las evaluaciones no tienen porque retornar resultados exactos, se debe buscar que tengan la calidad suficiente como para que puedan ser utilizadas, teniendo el grado de confianza necesario, como para poder tomar decisiones acerca del Plan de estudios y la pedagogía. Para lograr esto, una buena práctica es utilizar más de una técnica de evaluación para luego poder triangular los resultados obtenidos.
- Las buenas evaluaciones son valoradas.
Una de las formas más importantes en las que una institución puede valorar una evaluación es usando la información obtenida a partir de la misma para tomar importantes decisiones. A su vez, existen otras formas en las que la institución puede desarrollar un clima que valore los esfuerzos realizados en la evaluación. Por ejemplo: otorgando el tiempo y los recursos que sean necesarios para poder realizar la evaluación, reconociendo mediante incentivos o recompensas las buenas evaluaciones, otorgando retroalimentación, etc.

- Las buenas evaluaciones se centran y fluyen en base a objetivos claros e importantes.

Además de estos principios, otro aspecto a considerar es la documentación del proceso de evaluación. Documentar el proceso de evaluación es importante para poder mostrar la mejora continua en la educación. El plan de evaluación de cada programa y el proceso deberían estar documentados y disponibles públicamente para todos los docentes y autoridades de la carrera. También es importante documentar los resultados obtenidos, las decisiones tomadas y qué tan bien se está con respecto a las métricas de rendimiento utilizadas.

4.2 ABET

Los programas universitarios pueden ser acreditados por organismos de control que determinan si el programa ofrece una educación adecuada. Esto busca asegurar que los profesionales que egresen de programas acreditados puedan comenzar su vida profesional con los conocimientos necesarios [McConnell and Tripp, 1999].

Actualmente, las exigencias del mercado en las áreas de Ingeniería y Ciencias de la Computación apuntan a la búsqueda de profesionales globalizados, capaces de manejarse sin problemas en diferentes contextos y bajo diferentes prácticas. Debido a esto, se ha vuelto de suma importancia para las instituciones de educación superior a nivel mundial el ofrecer a sus estudiantes carreras con reconocimiento a nivel internacional [Chiluiza et al., 2014].

Las acreditaciones internacionales son el medio que más interés ha generado para conseguir este objetivo ya que proveen de mecanismos estructurados que le permiten a una carrera valorar, evaluar y mejorar su calidad [Reif and Mathieu, 2009].

El *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) es una organización no gubernamental sin fines de lucro dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria o terciaria en disciplinas de ciencias aplicadas, ciencias de la computación, ingeniería y tecnología.⁹

Actualmente ABET ha acreditado más de 3.400 programas en cerca de 700 colegios y universidades de 28 países. Es el organismo acreditador más conocido de Estados Unidos.

ABET ofrece una acreditación especializada y programática que evalúa cada programa (Plan de estudios) en forma individual, en lugar de evaluar a

⁹ <http://www.abet.org/>

la institución en su conjunto. La acreditación de programas es un proceso voluntario. Esta es lograda mediante un proceso de revisión por pares. El proceso de acreditación busca asegurar que el programa de la universidad cumple con los estándares de calidad establecidos por la profesión para la cual se prepara a los estudiantes.

En el año 1997 ABET creó un criterio de acreditación para carreras de ingeniería denominado *Engineering Criteria 2000* (EC2000). Este criterio fue considerado como muy revolucionario para la época. El mismo se focalizó en evaluar lo que los estudiantes aprenden en los cursos, en lugar de lo que es enseñado (esta era la forma anterior que utilizaba ABET para acreditar). Es decir, se busca evaluar si se cumple con los resultados esperados al egreso.¹⁰

ABET define que una carrera en busca de la acreditación debe estar en capacidad de reportar un ciclo completo de valoración de resultados de aprendizaje que incluya [Chiluiza et al., 2014]:

1. la definición de objetivos educacionales y de los resultados de aprendizaje de la carrera,
2. la definición de las herramientas que se usarán para la valoración de estos objetivos y resultados, y
3. la evaluación de dicha valoración con el objetivo de mejorar la carrera.

ABET define explícitamente los siguientes términos: objetivos educativos del programa y resultados de aprendizaje. Los objetivos educativos del programa, más conocidos en inglés como *Program Educational Objectives* (PEO's), son amplias proposiciones que describen qué esperan obtener los graduados pocos años después de la graduación. Estos son importantes ya que representan la medida final para juzgar la calidad de un programa [Abbadeni et al., 2013].

Los resultados de aprendizaje de los estudiantes, más conocidos en inglés como *Student Outcomes*, describen lo que los alumnos deben saber y ser capaces de hacer en el momento de la graduación. Estos refieren a los conocimientos, habilidades y comportamientos que los alumnos adquieren a medida que progresan a través del programa. EC2000 especifica 11 resultados de aprendizaje. Para acreditarse, los programas deben demostrar que sus estudiantes cumplen con estos resultados.

El hecho de tomar en cuenta los resultados de aprendizaje para la acreditación permite que los profesores y los encargados de los cursos tengan más

¹⁰ <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/04/EngineeringChange-executive-summary.pdf>

flexibilidad en la forma de plantear los cursos, siendo libres para elegir los temas y métodos con los que se va a enseñar, siempre y cuando los estudiantes alcancen los resultados esperados.

4.2.1 *Acreditación de Carreras en Ingeniería de Software*

La acreditación de los programas en IS está comenzando a ser cada vez más importante en los Estados Unidos. Cada vez hay más programas en ingeniería de software y por motivos de competitividad y reconocimiento las instituciones educativas buscan acreditar sus programas [Thayer and Dorfman, 2013, chapter 11].

El criterio para acreditación de programas en IS en Estados Unidos fue desarrollado en 1998-1999 y los primeros programas acreditados fueron en 2003 [Ellis et al., 2008]. La acreditación de los programas de IS es manejada por el *Engineering Accreditation Commission* (EAC) de ABET. A setiembre de 2013, ABET ha acreditado 27 programas de pregrado en IS.

Luego de que empezó el esfuerzo para acreditar programas en IS, ABET se fusionó en el 2001 con CSAB, el organismo acreditador para ciencias de la computación. A partir de esta fusión, se creó la *Computing Accreditation Commission* (CAC). Al igual que otras disciplinas de ingeniería, la IS es manejada por el EAC, mientras que el CAC maneja la acreditación de los programas de ciencias de la computación, sistemas de información y tecnologías de la información [Ellis et al., 2008, chapter XIII].

4.2.2 *Criterios para acreditación de programas*

Todos los programas de pregrado en ingeniería que busquen la acreditación de ABET deben demostrar que satisfacen los siguientes criterios generales [ABET, 2015]:

1. Estudiantes.

Se debe evaluar y monitorear el desempeño de los estudiantes, de forma tal de fomentar el éxito en el logro de los resultados esperados de aprendizaje.

2. Objetivos Educativos del Programa.

El programa debe tener publicado los objetivos educativos del programa y estos deben ser consistentes con la misión de la institución, las necesidades del programa y estos criterios.

3. Resultados de aprendizaje de los estudiantes.

El programa debe tener documentado los resultados de aprendizaje de los estudiantes y que estos preparen a los graduados para alcanzar los objetivos educativos del programa. ABET define un conjunto de 11 resultados de aprendizaje. Los resultados de los estudiantes son los resultados que define ABET más los resultados adicionales que puedan ser articulados por el programa.

4. Mejora continua.

El programa debe utilizar regularmente procesos documentados apropiados para evaluar el grado en que se están alcanzando los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Los resultados de estas evaluaciones deben utilizarse sistemáticamente como insumo para la mejora continua del programa.

5. Plan de Estudios.

Los requisitos del plan de estudios especifican las áreas correspondientes a la ingeniería, pero no prescriben cursos específicos. La facultad debe asegurar que el plan de estudios dedica la atención y el tiempo adecuado para cada componente, en consonancia con los resultados y los objetivos del programa y de la institución.

6. Plantel docente.

El programa debe demostrar que se cuenta con un número suficiente de docentes y que estos tienen las competencias para cubrir todas las áreas curriculares del programa.

7. Infraestructura y equipamiento.

Los salones de clase, oficinas, laboratorios y equipos deben ser adecuados para apoyar el logro de los resultados de aprendizaje de los estudiantes y deben proporcionar un ambiente propicio para el aprendizaje.

8. Soporte institucional.

El apoyo institucional y el liderazgo deben ser adecuadas para garantizar la calidad y continuidad del programa.

Los programas de pregrado, además de satisfacer estos criterios generales, también deben satisfacer los criterios específicos definidos por ABET para la disciplina particular que se busca acreditar. Los criterios específicos refieren a los requisitos específicos del programa dentro del área de especialización.

En lo que refiere a la acreditación de programas de maestría, ABET establece que los programas deben desarrollar, publicar y revisar

periódicamente los objetivos educativos y los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Los criterios para la acreditación de los programas de maestría son el cumplimiento de los criterios generales definidos para la educación de pregrado, el cumplimiento de los criterios del programa correspondientes al área de especialización a un nivel de maestría, y contar con un año académico de estudio además del de pregrado. A su vez, el programa debe demostrar que los graduados tienen la capacidad de aplicar los conocimientos en el área especializada de la ingeniería relacionada con el área del programa a un nivel de maestría.

4.3 MÉTODOS DE EVALUACIÓN

El propósito de la evaluación de los Planes de estudio es mejorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes. En este contexto uno se podría plantear, por ejemplo, las siguientes preguntas: ¿Cómo podemos saber si los estudiantes están logrando los resultados esperados al egreso? ¿Cuál es la calidad general del programa? ¿Cuáles métodos y herramientas se pueden utilizar para obtener evidencia que indique qué necesita ser mejorado?

En la sección 4.3.1 se presenta una clasificación posible de los métodos de evaluación.

Teniendo en cuenta la amplia repercusión que tuvo el criterio EC2000 de ABET, hoy en día es común que los programas evalúen si están cumpliendo con los resultados de aprendizaje y los objetivos educativos definidos en el Plan de estudios. Tener resultados sobre la evaluación de estos aspectos es muy útil ya que permite conocer qué es lo que los estudiantes saben al egresar del programa y en el corto plazo luego de egresar. En la sección 4.3.2 se presentan brevemente métodos comúnmente utilizados para evaluación de resultados de aprendizaje y en la sección 4.3.3 los métodos para evaluar objetivos educativos de un programa.

4.3.1 *Clasificación de los Métodos de Evaluación*

Los métodos de evaluación se pueden clasificar en: métodos directos y métodos indirectos.

Los métodos de evaluación directos son aquellos que juzgan los trabajos o proyectos del estudiante que fueron desarrollados como resultado de las experiencias de aprendizaje. Ejemplos de métodos directos son: rúbricas, exámenes finales, tesis y desempeño en exámenes o pruebas externas. Una ventaja de los

métodos directos es que proveen datos que permiten medir directamente el logro de los resultados esperados de aprendizaje.¹¹

Los métodos indirectos recopilan información sobre el aprendizaje de los estudiantes mirando indicadores de aprendizaje, pero sin utilizar el trabajo en sí de los estudiantes.¹² O sea, infieren las capacidades desarrolladas y los conocimientos adquiridos por los estudiantes en lugar de observar la evidencia directa de estos. Este tipo de métodos reflejan la percepción de los estudiantes, miembros de la facultad u otras personas involucradas en el proceso de evaluación. Ejemplos de métodos indirectos de evaluación son: encuestas sobre la satisfacción de los estudiantes, entrevistas individuales o grupales y estudios estadísticos sobre los graduados. Los métodos indirectos tienen como ventaja que por lo general son fáciles de administrar y que por lo general son útiles para verificar valores y creencias. Por otro lado, la desventaja de estos métodos es que sólo proporcionan impresiones y opiniones, no pruebas contundentes. A su vez, este tipo de métodos suelen consumir mucho tiempo de dedicación y es común contar con un número pequeño de respuestas.

4.3.2 *Métodos para evaluar Resultados de Aprendizaje*

Para la evaluación de los resultados de aprendizaje, se sugiere la utilización de más de un método de evaluación. A su vez, es aconsejable que se utilice al menos un método directo.

Es importante saber que, cuánto mejor estén definidos los resultados de aprendizaje, más sencillo resulta definir los métodos de evaluación.

A continuación se presentan dos ejemplos de métodos de evaluación que han resultado útiles para la evaluación de resultados de aprendizaje:

- **Evaluaciones basadas en cursos.**

Consiste en identificar y adquirir trabajos realizados por los estudiantes para cursos específicos que mejor se relacionen con un resultado esperado específico. Las evaluaciones basadas en cursos son una forma efectiva y eficiente de realizar evaluaciones ya que los profesores pueden utilizar las tareas, pruebas, proyectos y artículos escritos por los estudiantes para la evaluación del programa.

Un aspecto clave para este tipo de evaluaciones es cómo determinar qué evaluaciones utilizar para este propósito. Para esto, es útil hacer un aná-

¹¹ <http://www.cs.usfca.edu/~benson/usf/assessment/Assessment%20methods%20Direct%20vs%20Indirect.pdf>

¹² <http://wp.missouristate.edu/assessment/3122.htm>

lisis para determinar qué cursos se relacionan a qué resultados de aprendizaje. Este tipo de análisis se conoce como mapeo curricular. Luego, una vez que se tiene el mapeo curricular, se consulta a los profesores que dictan los cursos que más se relacionan con un resultado de aprendizaje, qué trabajos se podrían utilizar.

- Encuestas relacionadas a los resultados de aprendizaje.
La mayoría de los programas realizan encuestas a sus graduados como parte de la evaluación. Esto es útil para la triangulación pero no debe ser utilizado como el único método de evaluación.

Este tipo de encuestas se pueden utilizar, por ejemplo, para que los graduados califiquen que tan balanceado está el programa respecto a su cobertura de las capacidades, competencias, y resultados esperados. Las encuestas proveen una evaluación de todos los resultados esperados basada en la percepción del egresado. Son especialmente útiles para evaluar aquellos resultados esperados que no son fáciles de evaluar con métodos directos.

También se pueden realizar encuestas a los profesores, por ejemplo para saber su opinión sobre el rendimiento de los estudiantes.

4.3.3 *Métodos para Evaluar Objetivos Educativos de un Programa*

Los objetivos educativos de un programa (PEO) suelen ser amplias proposiciones y por lo general resultan difíciles de evaluar.

A continuación se presentan ejemplos de métodos que se suelen utilizar para evaluar los objetivos educativos:

- Encuestas a los ex-alumnos.
Las encuestas son realizadas a ex-alumnos que se han graduado dentro de los últimos tres a cinco años. Este tipo de encuestas es común realizarlas cada tres a cinco años, según se necesite. Por lo general este tipo de encuestas preguntan sobre el nivel de preparación de los ex-alumnos y su percepción sobre la importancia de temas tratados en el programa para su situación actual. El diseño de la encuesta deberá presentar un mapeo entre las preguntas y los PEO para brindar la capacidad de evaluar cada PEO de forma independiente.
- Encuestas a los empleadores.
Las encuestas a los empleadores son más difíciles de llevarse a cabo. Los principales obstáculos que se presentan en este tipo de encuestas son:

la dificultad para identificar a los empleadores y para obtener suficientes respuestas de los mismos, la dificultad para obtener permiso de los ex-alumnos para contactar a sus empleadores y la resistencia del propio empleador a responder múltiples encuestas de distintas instituciones.

CUBRIMIENTO TEMÁTICO

En este capítulo se introduce el concepto de cubrimiento temático y se presentan los principales conceptos asociados al mismo. En la sección 5.1 se presenta la noción de cubrimiento temático en horas para una carrera y para qué puede ser de utilidad tener esta información. Luego en la sección 5.2 se describen otros conceptos asociados al cubrimiento temático. Finalmente, en la sección 5.3 se presentan trabajos relacionados que han utilizado la información del cubrimiento temático para construir o mejorar sus planes de estudios.

5.1 INTRODUCCIÓN

Tal como se presenta en el capítulo 4, desde la concepción del criterio EC2000 de ABET, la mayoría de las evaluaciones de los planes de estudio se enfocan en evaluar lo que los estudiantes aprenden en los cursos, en lugar de lo que es enseñado. Es decir, se busca evaluar si se cumple con los resultados esperados al egreso y con los objetivos educativos del programa. Esto permite que los profesores tengan una mayor flexibilidad en la forma de plantear los cursos, siendo libres para elegir los temas y métodos con los que se va a enseñar, siempre y cuando los estudiantes alcancen los resultados esperados.

Como ya se presentó en la sección 4.3, distintos tipos de evaluaciones pueden ser llevadas a cabo en distintos momentos (durante la carrera, al finalizar la carrera o unos años después de egresar) para evaluar el cumplimiento de los resultados esperados de aprendizaje y los objetivos educativos del programa.

Sin embargo, al evaluar solamente estos aspectos se podría perder la noción de lo que realmente está sucediendo con los temas impartidos en la carrera. Uno se podría plantear distintas preguntas en este sentido tales como: ¿Sabemos qué temas se están realmente impartiendo? ¿Estamos impartiendo todos los temas que deseamos que los estudiantes aprendan?

Una disciplina madura debe contar con un cuerpo de conocimiento. Sin este es difícil consensuar la educación, otorgar licencias, crear certificaciones y acreditar planes de estudio para que puedan garantizar la formación de profesionales competentes [Bourque and Fairley, 2014; Ford and Gibbs, 1996]. Es importante entonces poder definir qué temas se desean impartir en una carrera y a su vez tener indicadores sobre los niveles de conocimiento o habilidad

que se están adquiriendo en la enseñanza de los mismos. No en vano, las guías curriculares propuestas por la IEEE-CS y la ACM para pregrado (SE2004) y posgrado (GSWE2009), además de definir los resultados esperados de aprendizaje, definen cada una un cuerpo de conocimiento central que debería ser incluido como mínimo en dichas carreras (ver capítulo 2). En el caso del SE2004 también se define para cada Unidad del SEEK (cuerpo de conocimiento central) el tiempo mínimo de dedicación expresado en horas que se le debería dedicar para lograr cubrir la Unidad con la profundidad deseada. En el GSWE2009, el dominio del CBOOK (cuerpo de conocimiento central) se define específicamente como un resultado esperado al egreso.

El hecho de contar con información sobre qué temas se desarrollan/imparten en una carrera permite hacer una conexión entre los resultados de aprendizaje obtenidos y lo que realmente está sucediendo en los cursos. Por ejemplo, si se realiza una evaluación de la carrera y se detecta que no se está cumpliendo con un resultado esperado al egreso, se podría llegar a utilizar la información de los temas impartidos para analizar por qué es que esto sucede. En particular contar con esta información ayuda determinar si efectivamente se está trabajando en los cursos para procurar lograr dicho resultado esperado.

Conocer qué se cubre temáticamente en una carrera puede verse como una lista de temas del cuerpo de conocimiento donde la medida de cubrimiento es binaria: se cubre o no se cubre cierto tema. Sin embargo, conocer cómo se cubre temáticamente es bien diferente. Se podría pensar en un cubrimiento evaluando el nivel de Bloom adquirido por el estudiante luego de finalizar un conjunto de cursos, o luego de finalizada la carrera. En este sentido se podría proponer una evaluación al egreso; con la dificultad de que evaluar al egreso todos los temas puede ser una tarea imposible. Se podría pensar también en una evaluación de habilidades del egresado (más allá de los conocimientos), se podría pensar en que cada docente de cada curso realice una evaluación intentando conocer qué se está cubriendo del cuerpo de conocimiento. Cada una de estas evaluaciones tiene sus pros y sus contras.

Evaluar los niveles de Bloom que se están logrando para un conjunto de temas no es una tarea sencilla. Para poder realizar este tipo de evaluaciones es importante que cada curso tenga claramente definido su objetivo y los niveles de conocimiento que busca lograr. Luego, dependiendo del nivel de Bloom que se desee evaluar, existen distintas técnicas de evaluación recomendadas. A modo de ejemplo, para evaluar un tema en el nivel Conocimiento (K) se sugiere utilizar preguntas del estilo múltiple opción o verdadero/falso mientras que para el nivel Comprensión (C) se sugiere utilizar preguntas abiertas, tareas escritas o la realización de presentaciones. Esto implica que las preguntas a

utilizar para la evaluación deben ser pensadas y clasificadas según el nivel de Bloom que desean evaluar, lo cual muchas veces no resulta trivial [Espinosa, 2008].

Por otro lado, conocer las horas reales dedicadas a cada uno de los temas es más sencillo y permite tener una idea clara de cuáles conocimientos fueron impartidos a los estudiantes y cuánto tiempo se les dedicó a los mismos. Luego, estos resultados de dedicación se podrían contrastar, por ejemplo, con pruebas a los estudiantes de forma tal de saber si realmente están aprendiendo lo que se quiere y qué niveles de conocimiento se están logrando. Este tipo de evaluaciones terminan generando un ciclo de mejora continua en la carrera.

5.2 CONCEPTOS RELACIONADOS AL CUBRIMIENTO TEMÁTICO

Resulta de interés, entonces, para poder detectar oportunidades de mejora en una carrera, contar con información acerca del cubrimiento temático de la misma. A continuación se presentan los distintos conceptos y entidades relacionados al cubrimiento temático. Algunos de los conceptos que se presentan, tales como la definición del Plan de estudios y de la Implementación del plan corresponden a la realidad de la Facultad de Ingeniería de UdelaR, pero estos pueden ser fácilmente adaptados para que se adecúen mejor a otras realidades.

Los planes de estudio o currículas definen las cuestiones generales de una carrera: los créditos o dedicación horaria, la definición de las materias (Áreas de Conocimiento), la dedicación mínima o créditos mínimos por materia, los resultados de aprendizaje (resultados esperados al egreso), los objetivos educativos del programa, los requisitos de ingreso, etc.

La implementación del plan es un conjunto de restricciones sobre el plan de estudios. O sea, la implementación se puede ver como una instancia del plan, que cumple con el plan, pero a su vez es particularizado. De forma simplificada, se puede ver a la implementación como la definición de un conjunto de cursos que los estudiantes deben realizar de forma obligatoria para obtener la titulación y un conjunto de cursos electivos.

Cada uno de los cursos que se dictan en la implementación del plan cuenta con un programa que detalla, entre otras cosas, los objetivos del curso y la cantidad de créditos o dedicación estimada.

La ejecución de la implementación es el dictado en sí de los cursos de la implementación del plan. Cada vez que se dicta un curso, se tiene una nueva edición del mismo. Cada edición de un curso tiene un conjunto de características específicas, que pueden no coincidir con otras ediciones del mismo. Por ejemplo, pueden existir variaciones en lo que refiere a las horas totales de de-

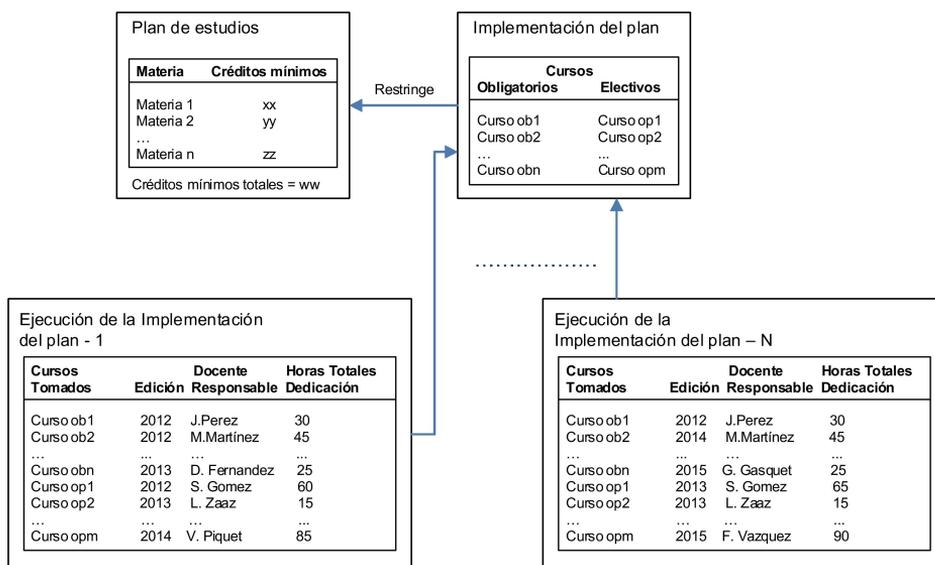


Figura 9: Plan de estudios, implementación y ejecución del Plan

dicación, docente responsable del mismo, temas impartidos, estudiantes que asisten, etc. Cada edición de un curso es dictada por uno o varios docentes, pero siempre se cuenta con un único docente que actúa como responsable del mismo. En la figura 9 se puede ver un ejemplo de los componentes principales de un plan de estudios, una implementación de dicho plan y un conjunto de ejecuciones para dicha implementación.

En el programa del curso se definen los créditos (esfuerzo) estimados de cada curso. Sin embargo, es a nivel de la ejecución de la implementación que se conoce cuál fue la dedicación real de los estudiantes para la edición del curso.

Si se desea obtener el cubrimiento temático desde un punto de vista “real” y no desde los “papeles” (planes de estudio y programas de cada curso) se deben considerar entonces las horas de dedicación para cada tema de cada edición de los cursos.

En cada edición de un curso se imparten un conjunto de temas y a cada tema se le dedica un cierto número de horas. Con el objetivo de tener mayor información en cuanto al cubrimiento temático, resulta útil conocer los tiempos dedicados a cada tema distinguiendo por tipo de hora. Las horas de dedicación del estudiante se pueden dividir en:

- **Horas de teórico presencial**
Se corresponden con el tiempo dedicado en clase para la presentación de material teórico por parte de los profesores del curso o por parte de estudiantes.
- **Horas de práctico presencial**
Se corresponden con el tiempo dedicado en clase para la presentación y/o resolución de ejercicios prácticos. El trabajo práctico incluye la realización de ejercicios de aplicación asociados a la teoría impartida en el teórico, así como la lectura y el análisis de artículos que haya designado el profesor. Estos trabajos prácticos son normalmente realizados en papel y son relativamente pequeños.
- **Horas de práctico no presencial**
Se corresponden con el tiempo dedicado fuera de clase para la resolución de ejercicios prácticos.
- **Horas laboratorio presencial**
Se corresponden con el tiempo dedicado en clase a la presentación y/o resolución de laboratorios. Los laboratorios permiten enfatizar la experimentación de técnicas y métodos descritos en los cursos teóricos. También pueden implicar la realización de trabajos aplicados de acuerdo a la teoría. Los laboratorios son normalmente de mayor tamaño que los prácticos y pueden requerir el uso de herramientas de soporte. El laboratorio se entiende como más abarcativo mientras que el práctico trabaja sobre algo más puntual.
- **Horas de laboratorio no presencial**
Se corresponden con el tiempo dedicado fuera de clase a la presentación y/o resolución de laboratorios.
- **Horas de evaluación**
Se corresponden con el tiempo dedicado a la realización de pruebas que permitan evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes en el marco de un curso.
- **Horas de estudio**
Se corresponden a las horas que utiliza el estudiante para estudio de forma individual o grupal por fuera del resto de las horas definidas.

De esta forma, la cantidad de horas totales dedicadas por cada estudiante en un cierto tema se calcula como la suma de los distintos tipos de horas que se utilizaron en dicho tema.

En algunos casos, además de conocer los temas impartidos y su dedicación, también interesa realizar un mapeo de estos temas a un cuerpo de conocimiento que se utilice como referencia. Estos mapeos sirven para analizar luego cuál es el cubrimiento temático que se logra de dicho cuerpo de conocimiento.

Los cuerpos de conocimiento de referencia por lo general tienen una estructura jerárquica arborescente. El largo de la estructura jerárquica (el largo del árbol) va a depender de la cantidad de niveles del cuerpo de conocimiento de referencia. En caso que el cuerpo de conocimiento tenga una estructura plana se puede considerar como que tiene una estructura jerárquica de un único nivel.

Un cuerpo de conocimiento está conformado por un conjunto de ítems de conocimiento. Estos ítems de conocimiento deben ser de los niveles definidos para el cuerpo de conocimiento y se pueden a su vez descomponer en varios ítems de conocimiento (de un nivel de la jerarquía de mayor nivel de detalle). Llamamos Tópicos a los ítems de conocimiento de mayor nivel de desagregación del cuerpo de conocimiento (los de mayor nivel de detalle). A modo de ejemplo, si se quisiera definir el cuerpo de conocimiento CBOOK de la guía curricular GSwE2009 (que se presenta en el capítulo 2), se definiría un cuerpo de conocimiento que contiene tres niveles. El primer nivel se denomina “Área de Conocimiento”, el segundo nivel “Unidad” y el tercer nivel “Tópico”. Tomando como base dicho ejemplo, “Gestión de la Configuración” es un ítem de conocimiento del nivel “Área de Conocimiento” del CBOOK y “Identificación de la Configuración” es un ítem de conocimiento de nivel “Unidad”. Dicha Unidad es “hija” del Área de Conocimiento de “Gestión de la Configuración”. El ítem de conocimiento “Librería de Software” es del nivel “Tópico” y es “hijo” de la Unidad “Identificación de la Configuración”.

En los casos de contar con un cuerpo de conocimiento de referencia, se debería contar con mecanismos para poder mapear los temas impartidos a los ítems de conocimiento, de forma tal de poder conocer cuál es el cubrimiento temático (medido en horas) para todos los ítems de conocimiento del cuerpo de conocimiento de referencia. En la figura 10 se presenta gráficamente un ejemplo que muestra el análisis de cubrimiento temático para un curso y el mapeo de los temas impartidos al cuerpo de conocimiento de referencia. En dicho ejemplo se puede observar que para la edición del año 2012 del Curso de “Gestión de la Configuración” se realizó un análisis para determinar los tiempos que son dedicados a cada uno de los temas impartidos (discriminando por tipo de hora) y un mapeo de los temas al cuerpo de conocimiento CBOOK (utilizado como referencia).

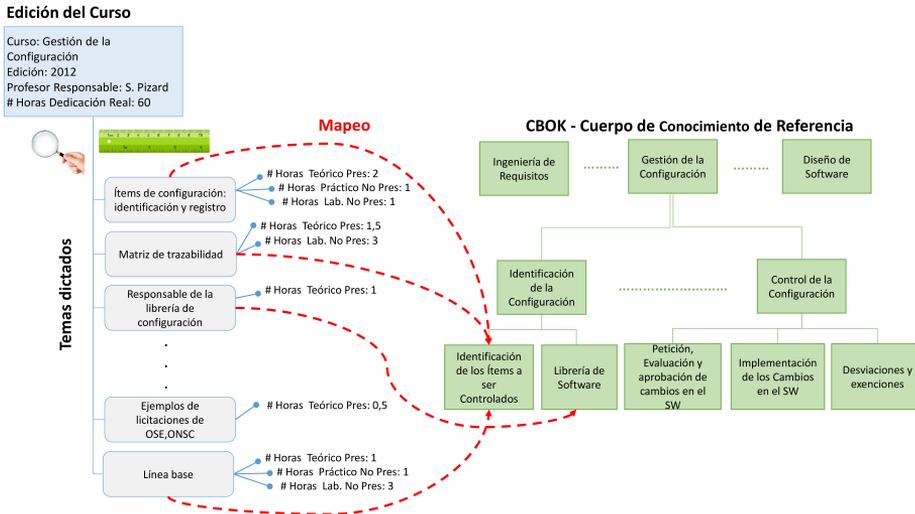


Figura 10: Ejemplo de registro del cubrimiento temático y mapeo a Tópicos

5.2.1 Definición del Modelo Entidad-Relación

Para modelar la realidad planteada se definió un Modelo Entidad-Relación (MER). El MER es un modelo de datos conceptual de alto nivel propuesto por Peter P. Chen en 1976. Éste fue diseñado para modelar la realidad como la percibe el usuario y no para describir la forma en que los datos serán almacenados [Elmasri and Navathe, 2010].

Este modelo describe el “mundo real” como un conjunto de entidades y de relaciones entre ellas. Una entidad es una cosa u objeto del mundo real con existencia física o conceptual. Una entidad particular es descrita por los valores de sus atributos. Una relación es una asociación entre entidades (objetos).

En la figura 11 se presenta el MER para la realidad planteada. Para el modelo definido se han identificado las siguientes restricciones no estructurales:

- Una persona no puede ser a la vez docente y estudiante de una edición del curso.
- La cantidad total de horas dedicadas por tema es mayor o igual a la suma de la cantidad de horas dedicadas por ítem de conocimiento asociadas a dicho tema (podrían existir temas que no son mapeados a ningún ítem de conocimiento).

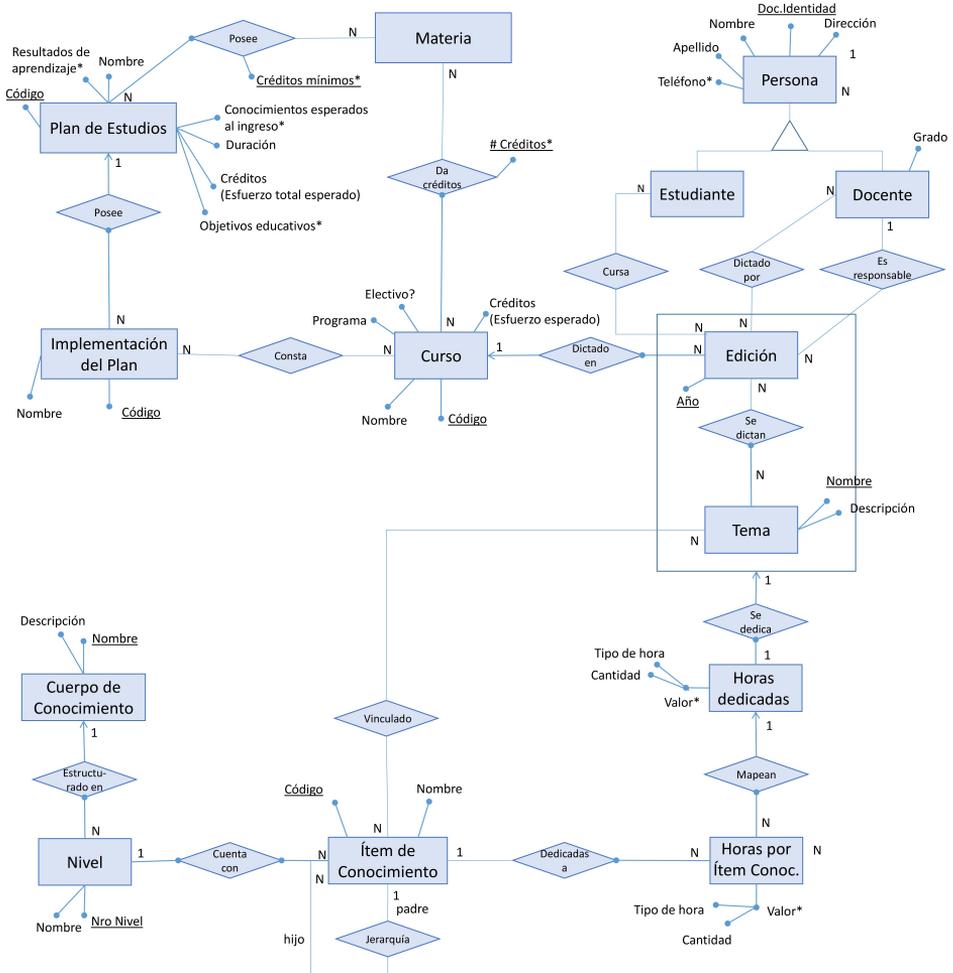


Figura 11: Modelo Entidad-Relación de Cubrimiento Temático

- Los ítems de conocimiento deben poseer una estructura jerárquica de forma arborescente:
 - Un ítem de conocimiento no puede ser “padre” de sí mismo.
 - Los “hijos” de un ítem de conocimiento no pueden ser “padres” de su “padre” o de sus predecesores.
 - Un ítem de conocimiento debe tener un único “padre”.
 - Para cada ítem de conocimiento, el nivel asociado al mismo debe ser igual a el nivel del ítem de conocimiento “padre” más uno. O sea, se debe cumplir que $\text{Nivel}(\text{ítem conocimiento}) = \text{Nivel}(\text{ítem conocimiento (padre)}) + 1$.
 - Los ítems de conocimiento de nivel igual a 1 no tienen “padre”.

5.3 TRABAJO RELACIONADO

En lo que refiere a la ingeniería de software, a partir de la creación del SWE-BOK, el SE2004 y el GSwE2009 distintas universidades del mundo han utilizado estas guías para crear sus carreras en IS así como para adaptar, comparar y evaluar los planes de estudio existentes.

En las búsqueda de trabajos relacionados encontramos que existen pocos artículos publicados relacionados a estos temas. Los artículos que hemos encontrado y que presentan comparaciones o evaluaciones con respecto a estas guías, lo hacen en base a un análisis del cubrimiento temático de sus planes de estudio.

Once universidades de Turquía que imparten carreras de pregrado en IS han sido comparadas con el cuerpo de conocimiento SEEK del SE2004 [Mishra and Yazici, 2011]. El análisis realizado compara únicamente las horas sugeridas por el SE2004 por KA con las horas dedicadas en cada plan de estudios de cada universidad a cada KA. Las horas de cada uno de los planes de estudio de las distintas universidades fueron tomadas de las páginas web donde se describen los cursos. A partir de esta comparación se detectó que todos los programas cubren la mayoría de los Tópicos de las KA de “Fundamentos en Computación y Fundamentos en Matemática & Ingeniería”. A su vez, en nueve de los once programas la KA de “Evolución de Software” falta o está cubierta en forma parcial. De manera similar, se detectó una baja cobertura en la KA de “Procesos de Software”. Sin embargo, para las Áreas de Conocimiento de “Gestión de Software” y “Calidad de Software” se detectó que se le dedica más tiempo que el indicado como mínimo en el SEEK.

En la universidad de Gannon (Pennsylvania) se diseñó un programa de pregrado en ingeniería de software que buscó alinearse con SE2004 y cumplir con los criterios establecidos para poder ser acreditado por ABET. En el diseño del plan de estudios se debieron respetar ciertas restricciones impuestas por la Universidad tales como contar con ciertos cursos centrales de la misma y se buscó reutilizar la máxima cantidad de cursos existentes posibles. Para cada uno de los cursos reutilizados, se indicó la cantidad de horas de contacto y se realizó un mapeo para determinar qué Unidades del SEEK cubren. Los resultados de la evaluación de cubrimiento temático fueron utilizados para definir cómo distribuir las horas restantes en cursos específicos en el área de ingeniería de software, de modo de tratar lo mejor posible las Áreas de Conocimiento restantes del SEEK [Frezza et al., 2006].

La Universidad de Monash de Australia desarrolló un plan de estudios de pregrado en ingeniería de software. En el artículo "*Accreditation of Monash University Software Engineering (MUSE) Program*" se presentan los esfuerzos para acreditar dicho programa, la evolución del programa durante 10 años y comparaciones con el SWEBOK y SE2004 [Ramakrishnan, 2007]. En este caso, los autores introducen la noción de evaluar clase por clase analizando las horas dedicadas a cada tema y comparando con los temas que se cubren del SWEBOK.

Como se puede apreciar en todos estos casos, fue muy útil contar con la información del cubrimiento temático para mejorar las carreras. Sin embargo, consideramos que estos trabajos tienen algunas limitaciones. En primer lugar, estos trabajos derivan el cubrimiento temático a partir de la información los planes de estudio y de los programas de cada curso (o sea de lo que dicen los papeles); y no toman en cuenta la dedicación "real" del estudiante, por lo que podrían no reflejar lo que en finalmente sucede en el dictado de cada uno de los cursos. A su vez, en ninguno de los casos se presenta un método disciplinado que defina claramente cómo registrar la dedicación temática y cómo efectuar el mapeo a los Tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia. Por último, si bien estos trabajos realizan un mapeo de los temas impartidos al cuerpo de conocimiento de referencia, lo hacen a niveles altos de abstracción (primer o segundo nivel de la estructura jerárquica del cuerpo de conocimiento), sin llegarse a determinar, en ninguno de los casos, el cubrimiento temático obtenido para el mayor nivel de detalle (desagregación) del cuerpo de conocimiento utilizado como referencia.

MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DEL CUBRIMIENTO TEMÁTICO

En el marco de este trabajo de tesis se define un método para evaluar el cubrimiento temático de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento que se tome como referencia.

En la sección 6.1 se describe en líneas generales cuáles son los objetivos del método. El método está compuesto por: un proceso definido, un conjunto de activos (plantillas e instructivos) y una herramienta que permite registrar los datos y presentar los resultados obtenidos. En la sección 6.2 se presenta la notación utilizada para representar el proceso. Luego, en la sección 6.3 se describe el proceso para evaluación de cubrimiento temático de cursos. Dependiendo de si es un curso nuevo o en gestión de la configuración se ejecutan los subprocesos correspondientes. Estos son presentados en las secciones 6.4 y 6.5.

En la sección 6.6 se presentan los distintos instructivos y planillas electrónicas que son utilizadas como activos en el método de evaluación de cubrimiento. Luego, en la sección 6.7 se presenta la herramienta definida para la recolección de datos de cubrimiento temático y la generación de resultados a partir de esos datos.

En la sección 6.8 se presenta la justificación de las decisiones tomadas en la construcción del método. Por último, en la sección 6.9 se describe el trabajo a futuro.

6.1 INTRODUCCIÓN

Tal como se menciona en el capítulo 5, conocer el cubrimiento temático en horas, permite tener una idea clara de cuáles conocimientos se les enseña a los estudiantes y cuánto tiempo se les dedica a los mismos.

En la búsqueda de trabajos relacionados a la evaluación del cubrimiento temático que se presenta en la sección 5.3, se encontró que existen distintas universidades que utilizan la información del cubrimiento temático para la mejora de la carrera. Sin embargo, la información que se utiliza en estos casos para derivar el cubrimiento temático es obtenida de los planes de estudio y de los programas de cada curso; por lo que no refleja lo que en realidad sucede en la ejecución de la implementación de cada una de las ediciones de los cursos.

Resulta interesante, entonces, poder contar con un método disciplinado y documentado para medir, evaluar y contrastar el cubrimiento “real” de cada una de las ediciones de los cursos y realizar un mapeo de dicho cubrimiento al cuerpo de conocimiento que se tome como referencia. Es importante que el método para realizar esta evaluación sea lo más objetivo posible.

No es trivial evaluar el cubrimiento temático de una carrera respecto a una guía o estándar. Diversas decisiones deben ser tomadas a la hora de definir el método para la evaluación y, esas decisiones, determinarán ciertas limitaciones de los resultados. Por ejemplo, la evaluación podría basarse en los programas de estudio de los cursos y la cantidad de créditos que otorga el curso, en entrevistas con los docentes, en entrevistas con los estudiantes, en expertos externos, etc. Cualquiera de estas formas termina sesgando de alguna manera los resultados y limitando las conclusiones.

El método que aquí se presenta sirve de marco para la evaluación del cubrimiento temático de la ejecución de la implementación de un Plan de estudios con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia.

En la definición del método optamos por no utilizar el programa de cada asignatura (curso) donde se especifica un estimado de las horas que demanda el curso. Preferimos, para obtener información más precisa de las horas dedicadas, tomar en cuenta la cantidad de horas reales que le lleva a un estudiante realizar un curso. En líneas generales el método de evaluación de cubrimiento definido consta de 4 grandes etapas que son realizadas para cada edición de los cursos dictados:

1. Registro de tiempos dedicados a cada uno de los temas: consiste en registrar las horas de dedicación para cada uno de los temas impartidos en la edición del curso.
2. Asignación de horas por tópico para el curso: consiste en realizar un mapeo de los temas impartidos a los tópicos del cuerpo de conocimiento que se utiliza como referencia.
3. Revisión de la asignación con el docente responsable: consiste en revisar y validar la asignación realizada con el docente responsable. Esta etapa busca confirmar que la asignación de temas a tópicos y la distribución de horas en los mismos es una adecuada representación de la realidad.
4. Procesamiento de los datos para evaluar el cubrimiento obtenido: la información de cubrimiento obtenida para la edición del curso se actualiza en el repositorio que cuenta con la información de cubrimiento de todas las ediciones de los cursos dictados.

Estas etapas son representadas gráficamente en la figura 12.

El método de evaluación de cubrimiento temático definido es genérico ya que puede ser aplicado para evaluar el cubrimiento temático de la ejecución de la Implementación de un Plan de estudios con respecto a cualquier cuerpo de conocimiento de referencia que posea una estructura jerárquica. Este método fue utilizado en un caso de estudio en particular: evaluar el cubrimiento temático de la Especialización en Ingeniería de Software del CPAP con respecto al CBOK del GSwE2009. Los resultados de la evaluación del cubrimiento temático obtenidos para el caso de estudio son presentados en el capítulo 7.

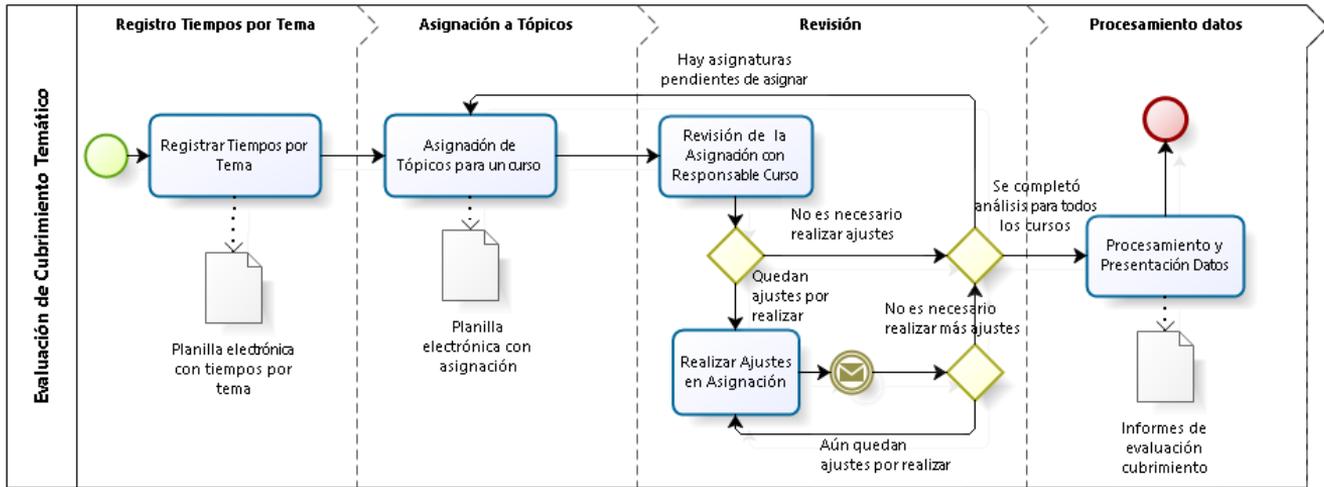


Figura 12: Grandes etapas del método de evaluación de cubrimiento

6.2 NOTACIÓN

A continuación se presenta la plantilla (*template*) a utilizar para la definición del proceso para evaluar cubrimiento temático y la notación *Business Process Model and Notation* (BPMN) utilizada para representarlos de forma gráfica.

La norma internacional ISO 9000:2005 define a los procesos como “un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” [ISO,2009]. Según dicha norma cualquier actividad, o conjunto de actividades, que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en resultados puede considerarse como un proceso.

Para cada uno de los procesos definidos se cuenta con una descripción escrita de los mismos y con una representación gráfica.

De forma tal de homogeneizar la definición de los procesos se optó por utilizar una plantilla. En el cuadro 7 se presenta dicha plantilla y se describen los datos a completar.

Cuadro 7: Plantilla para definición de procesos

Proceso	Nombre del Proceso
Dueño del proceso	« Responsable del proceso. Es quien controla el proceso.»
Descripción	« Descripción en líneas generales el proceso en cuestión y los objetivos del mismo.»
Entradas	« Entradas del proceso. Estas pueden ser por ejemplo: materiales, información, datos, documentos, etc.»
Salidas	« Descripción de los resultados o salidas del proceso.»
Roles	« Detalle de los roles que participan el proceso.»
Activos / Referencias	« Lista de activos y referencias utilizadas en el proceso. Ejemplos de estos son: Procedimientos utilizados, Instructivos, etc.»
Actividades	« Secuencia de actividades realizadas en el proceso.»

Dentro de la información a completar en la definición del proceso se incluye los roles que participan en el mismo. El término rol se utiliza para referirse a la función o papel que cumple alguien o algo. Una persona podría tener más de un rol así como un rol podría ser asignado a más de una persona.

Los procesos pueden utilizar activos y referencias. Un tipo posible de activo que se utilizó en el proceso definido son los instructivos. En los instructivos se describe paso a paso las actividades a realizar con un amplio nivel de detalle. Por lo general los instructivos son más volátiles que los procesos y muchas veces para poder seguirlos es necesario contar con conocimientos específicos. En los procesos se indica qué se hace mientras que en los instructivos cómo se hace.

En las actividades de los procesos, cuando se utiliza un determinado activo, se distingue al nombre que identifica al mismo con letra itálica. El objetivo de esto es dejar claramente identificado y visible el uso de dichos activos.

Para representar el modelado de los procesos de forma gráfica se optó por utilizar el estándar BPMN desarrollado por el *Object Management Group* (OMG).¹³

El objetivo principal de BPMN es proporcionar una notación que resulte fácilmente comprensible por todos los usuarios del negocio como por ejemplo los analistas de negocio que crean los borradores iniciales de los procesos, los desarrolladores responsables de implementar la tecnología que llevará a cabo dichos procesos y los empresarios que se gestionarán y controlarán los procesos. Por lo tanto, BPMN crea un puente estandarizado para la brecha existente entre el diseño de los procesos de negocio y la implementación de los mismos [OMG,2011].

Los modelos de procesos de negocio expresados con BPMN muestran:

- Quiénes participan en el proceso (roles, secciones).
- Las actividades operativas distinguibles y su secuencia.
- Entradas, salidas, recursos, eventos, etc.

6.3 PROCESO PARA EVALUACIÓN DE CUBRIMIENTO TEMÁTICO

El proceso principal definido para evaluar el cubrimiento temático con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia es denominado: Evaluación de Cubrimiento Temático. Este proceso es iniciado cada vez que se realiza una nueva edición de un curso.

En líneas generales el proceso de evaluación de cubrimiento temático lo que hace es determinar si se trata de un curso nuevo (para el cual aún no se ha realizado el registro de cubrimiento temático) o si se trata de un curso que ya se encuentra bajo gestión de la configuración (para el cual ya se hizo, para una edición anterior del mismo, el análisis de cubrimiento temático con respecto al

¹³ <http://www.bpmn.org>

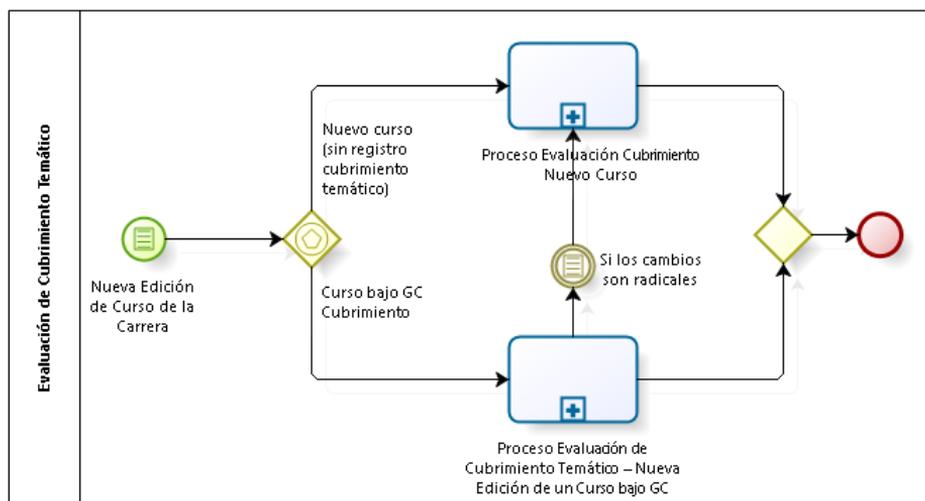


Figura 13: Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático

cuerpo de conocimiento). Dependiendo de si es un curso nuevo o en gestión de la configuración se ejecutan los sub-procesos correspondientes.

En la figura 13 se presenta de forma gráfica el proceso y en el cuadro 8 se describe el proceso utilizando la plantilla definida para tal fin.

En caso que se trate de un curso nuevo se realiza el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso”. Dicho sub-proceso es presentado en la sección 6.4. En caso contrario, se realiza el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo GC” que se presenta en la sección 6.5.

Una vez que se ha terminado de efectuar el proceso correspondiente, se cuenta con la información del tiempo dedicado a cada uno de los temas tratados en la edición del curso, la información de cubrimiento temático por tópico para el cuerpo de conocimiento de referencia y se han actualizado los documentos que contienen la información consolidada del cubrimiento temático de todas las ediciones de los cursos.

El proceso de evaluación de cubrimiento temático utiliza como activos distintos instructivos y planillas electrónicas preformateadas. Éstos activos son presentados en la sección 6.6.

Cuadro 8: Proceso de Evaluación de Cubrimiento Temático

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático
Dueño del proceso	Responsable de la asignación del cubrimiento.
Descripción	Define el método a seguir para asignar el cubrimiento temático de los cursos de la carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia.
Entradas	Nuevo dictado de un curso de la carrera.
Salidas	* Asignación de cubrimiento por tópico del curso realizada y planillas actualizadas. * Planilla Consolidada de Asignación de horas a Tópicos del Cuerpo de Conocimiento actualizada.
Roles	* Responsable de la asignación del cubrimiento. * Responsable del curso. * Responsable del registro de temas.
Activos / Referencias	* Proceso para evaluación de cubrimiento temático nuevo curso. * Proceso para evaluación de cubrimiento temático - Nueva edición de un curso bajo GC.
Actividades	1) Comienza una nueva edición de un curso dictado en la carrera. El Responsable de la asignación del cubrimiento analiza si ya existe asignación de cubrimiento temático para alguna edición previa del curso. En caso de que se trate de un curso nuevo para el cual nunca se ha realizado el análisis del cubrimiento temático se continúa en el paso 2. En caso contrario (si ya se hizo una evaluación de cubrimiento para alguna edición anterior del curso), se pasa al punto 3. 2) Se procede a realizar el análisis del cubrimiento temático del curso siguiendo el "Proceso para evaluación de cubrimiento temático - Nuevo curso". Continúa en el paso 4. 3) Se procede a realizar el análisis de los cambios en cuanto a cubrimiento temático de la nueva edición del curso siguiendo el "Proceso para evaluación de cubrimiento temático - Nueva edición de un curso bajo GC". 4) Se da por finalizado el registro de cubrimiento temático para el curso. Fin.

6.4 PROCESO PARA EVALUACIÓN DE CUBRIMIENTO TEMÁTICO - NUEVO CURSO

En esta sección se presenta el proceso definido para la evaluación de cubrimiento temático de cursos nuevos para los cuales aún no se ha realizado nunca la evaluación.

Las grandes etapas de este proceso consisten en: explicar al Responsable del curso el trabajo a realizar y establecer la persona encargada de registrar el cubrimiento temático, registrar los tiempos que son dedicados a cada uno de los temas, realizar un mapeo a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia, validar la asignación realizada con el Responsable del curso y actualizar las planillas con los datos de cubrimiento obtenido.

Los roles que participan en este proceso son:

- Responsable del registro de temas: es el encargado de registrar los tiempos dedicados a cada tema para todos los tipos de hora definidos.
- Responsable de la asignación de cubrimiento: es el encargado de realizar el mapeo de los temas impartidos a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia, validar la asignación y actualizar los datos finales asociados al cubrimiento temático del curso. Para poder tener este rol es necesario tener un buen conocimiento del cuerpo de conocimiento de referencia.
- Responsable del curso: es el encargado de dictar el curso. Participa en la etapa de validación de la asignación de horas a tópicos.

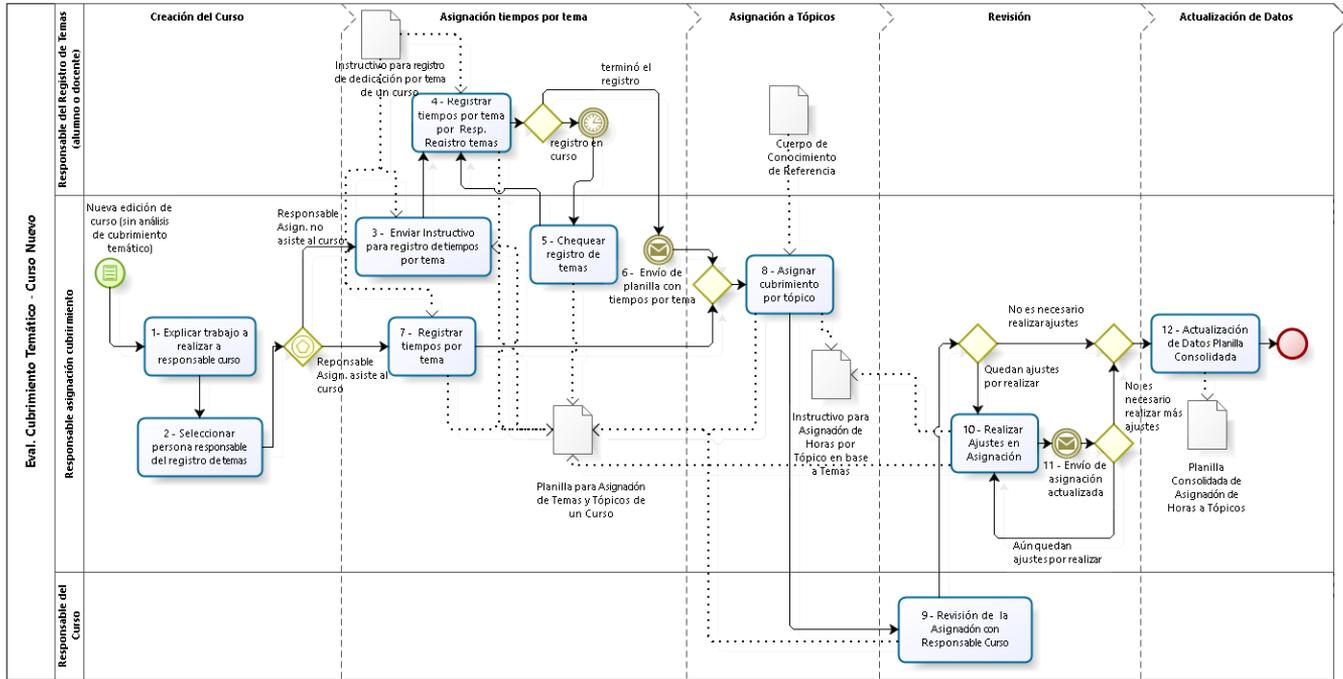


Figura 14: Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso

En la figura 14 se presenta gráficamente el modelo del proceso y en el cuadro 9 se describe el proceso utilizando la plantilla definida para tal fin. Este proceso utiliza diversos activos tales como instructivos y planillas electrónicas preformateadas. Estos activos son presentadas en la sección 6.6.

Cuadro 9: Proceso de Registro de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso
Dueño del proceso	Responsable de la asignación del cubrimiento.
Descripción	Define el método a seguir para asignar por primera vez el cubrimiento temático de un curso. Para esto se deben registrar las duraciones de cada uno de los temas impartidos discriminando por tipo de hora y realizar un mapeo de dichos temas a tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia.
Entradas	Nuevo dictado de un curso de la carrera, para el cual no se cuenta con registro de cubrimiento temático.
Salidas	* Planilla para Asignación de Temas y Tópicos del curso completa con: asignación de cubrimiento temático por tópico del cuerpo de conocimiento para el curso y detalle de cantidad de horas por tema (discriminado por tipo de hora) y mapeo de cada tema a tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia. * Planilla consolidada de asignación de horas a tópicos del cuerpo de conocimiento actualizada.
Roles	* Responsable de la asignación del cubrimiento. * Responsable del curso. * Responsable del registro de temas.
Activos / Referencias	* Cuerpo de conocimiento de referencia. * Fuentes utilizadas para el dictado del curso: diapositivas, libros, videos, etc. * Instructivo para registro de dedicación por tema de un curso.

Continúa en la siguiente página

Cuadro 9 – Continuación de la página anterior

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso
	<p>* Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso.</p> <p>* Instructivo para Asignación de Horas por Tópico en base a Temas.</p> <p>* Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos.</p>
Actividades	<p>1) El Responsable de la asignación del cubrimiento se comunica con el Responsable del curso para explicarle el trabajo a realizar.</p> <p>2) El Responsable de la asignación del cubrimiento determina quién será la persona encargada de registrar las horas dedicadas a cada tema (o sea quien tendrá el rol de Responsable del registro de temas). La selección de esta persona se hará de la siguiente forma:</p> <p>(2.a) Si el Responsable de la asignación de cubrimiento participa como estudiante del curso, éste será quien se encargue de registrar las horas por tema. En dicho caso se pasa al paso 7.</p> <p>(2.b) Si el Responsable de la asignación de cubrimiento no participa como estudiante del curso, se deberá evaluar si hay algún estudiante que pueda registrar los tiempos por tema (ya que se busca en lo posible registrar las horas reales del curso). En caso que lo haya, se selecciona dicho estudiante para ser el Responsable de registro de temas para esta edición del curso.</p> <p>(2.c) En caso contrario, el Responsable del curso registra los temas y actúa también como Responsable del registro de temas.</p> <p>3) El Responsable de la asignación del cubrimiento le explica el trabajo a realizar al Responsable del registro de temas y le envía por mail el <i>Instructivo para registro de dedicación por tema de un curso</i> y la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i>.</p>
<i>Continúa en la siguiente página</i>	

Cuadro 9 – Continuación de la página anterior

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso
	<p>4) El Responsable del registro de temas registra los tiempos asociados a cada tema impartido (siguiendo el <i>Instructivo para registro de dedicación por tema de un curso</i>) y completando la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i> procurando ser lo más exhaustivo y exacto posible.</p> <p>5) El Responsable de la asignación del cubrimiento verifica periódicamente que la asignación de temas se esté realizando de forma correcta y guía al Responsable del registro de temas en caso de dudas.</p> <p>6) Una vez que se termina de dictar el curso y que el Responsable del registro de temas termina su registro, se envía la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i> con los datos de la dedicación temática al Responsable de la asignación de cubrimiento. Continúa en el paso 8.</p> <p>7) El Responsable de la asignación de cubrimiento registra los tiempos asociados a cada tema impartido (siguiendo el <i>Instructivo para registro de dedicación por tema de un curso</i>) y completando la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i> procurando ser lo más exhaustivo y exacto posible.</p> <p>8) El Responsable de la asignación del cubrimiento analiza la Planilla con el detalle de los temas y procede a realizar la asignación de horas a tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia, siguiendo el <i>Instructivo para Asignación de Horas por Tópico en base a Temas</i> y completando la planilla destinada para tal fin.</p>
<i>Continúa en la siguiente página</i>	

Cuadro 9 – Continuación de la página anterior

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso
	<p>9) Una vez completado la asignación de horas a tópicos se realiza una reunión con el Responsable del curso para validar la asignación realizada. En dicha reunión se revisa la asociación de temas del curso a tópicos del cuerpo de conocimiento y su respectiva distribución. A su vez, en caso de que la asignatura tenga trabajos prácticos y/o laboratorios no presenciales se le presenta al docente la cantidad de horas registradas para estos trabajos. En caso de haber desviaciones en las horas no presenciales con respecto a las horas estimadas en el programa para estos fines se discute con el docente si es conveniente dejar las horas reales (por ejemplo cuando el trabajo propuesto se sabe que tuvo más horas que las indicadas en el programa) o si habría que considerar las horas que dice el programa (por ejemplo cuando se hizo un trabajo con mayor profundidad y esfuerzo (horas) que el esperado). Este paso busca validar la asignación realizada e intenta garantizar que la asignación de temas a tópicos y la distribución de horas en los mismos es una adecuada representación de la realidad.</p> <p>10) Una vez finalizada la reunión con el Responsable del curso, el Responsable de la asignación del cubrimiento realiza los ajustes necesarios en la asignación de tópicos para el curso (en base a lo surgido en la reunión de validación).</p> <p>11) En caso que en la revisión se hayan indicado muchos cambios a realizar, se envía mediante correo electrónico la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i> con los datos del cubrimiento obtenido al Responsable del curso para que éste revise si los cambios realizados quedaron acorde a sus comentarios.</p>
<i>Continúa en la siguiente página</i>	

Cuadro 9 – Continuación de la página anterior

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nuevo Curso
	12) Se procede a actualizar la <i>Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos</i> . Esta planilla contiene la información de cubrimiento temático de todas las ediciones de los cursos dictados. Se debe completar la información solicitada en base a los datos que previamente se registraron en la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i> . Fin.

6.5 PROCESO PARA EVALUACIÓN DE CUBRIMIENTO TEMÁTICO - NUEVA EDICIÓN DE UN CURSO BAJO GC

A continuación se presenta el proceso definido para la evaluación de cubrimiento temático de cursos que están bajo gestión de la configuración. Tal como se mencionó previamente se considera que un curso está bajo gestión de la configuración si ya se hizo, para una edición anterior del mismo, el análisis de cubrimiento temático con respecto al cuerpo de conocimiento de referencia.

El mapeo de los temas impartidos a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia es una actividad que requiere de mucho esfuerzo. Por tal motivo, el proceso definido busca minimizar dicho esfuerzo registrando solamente las modificaciones con respecto a la edición anterior del curso. En la sección 6.8 se presenta la justificación asociada a la decisión de registrar sólo las modificaciones.

Las grandes etapas de este proceso consisten en: comunicar al Responsable del curso que dicho curso se encuentra bajo gestión de la configuración y el trabajo a realizar, registrar únicamente los tiempos asociados a los temas que cambiaron con respecto a la edición anterior del curso, realizar un mapeo a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia para los temas modificados y reutilizar el mapeo existente para el resto de los temas del curso, validar la asignación realizada con el Responsable del curso y actualizar las planillas con los datos de cubrimiento obtenido.

Los roles que participan en este proceso son:

- Responsable del curso: encargado de dictar el curso. Registra las modificaciones con respecto a la edición anterior del curso y participa en la etapa de validación de la asignación de horas a tópicos.

- Responsable de la asignación de cubrimiento: encargado de realizar el mapeo de los temas impartidos a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia, validar la asignación y actualizar los datos finales asociados al cubrimiento temático del curso.

En la figura 15 se presenta gráficamente el modelo del proceso y en el cuadro 10 se describe el proceso utilizando la plantilla definida para este fin. Al igual que para los otros procesos definidos, este proceso utiliza diversos activos tales como instructivos y planillas electrónicas preformateadas (se presentan en la sección 6.6).

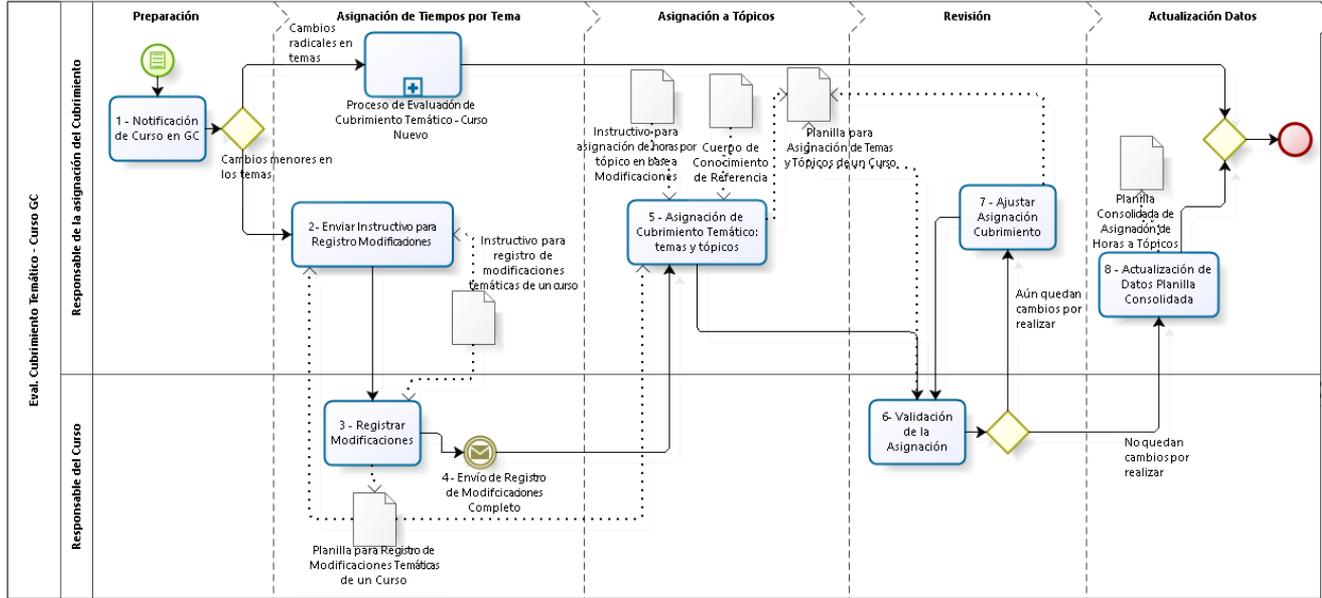


Figura 15: Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva edición de un curso bajo GC

Cuadro 10: Evaluación de Cubrimiento Temático - Curso bajo GC

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo Gestión de la Configuración
Dueño del proceso	Responsable de la asignación de cubrimiento.
Descripción	Define el método a seguir para asignar el cubrimiento temático de una nueva edición de un curso que ya se encuentra bajo gestión de la configuración (curso para el cual ya se hizo previamente el análisis de cubrimiento temático con respecto al cuerpo de conocimiento de referencia). De forma tal de maximizar la relación costo/beneficio, este proceso busca reusar al máximo la asignación de cubrimiento temático realizada para la edición anterior del curso. Por ende, la idea es solamente volver a realizar la asignación de cubrimiento para aquellos temas que tuvieron cambios con respecto a la edición anterior del curso.
Entradas	<ul style="list-style-type: none"> * Nuevo dictado de un curso de la carrera, para el cual ya se cuenta con información acerca del cubrimiento temático logrado en una edición anterior del mismo. * Planilla electrónica con el resultado de la asignación de cubrimiento temático de la edición anterior del curso (<i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i>) con detalle de tiempos por tema y asignación de cubrimiento por tópico del cuerpo de conocimiento de referencia.
Salidas	<ul style="list-style-type: none"> * Planilla para Asignación de Temas y Tópicos del curso actualizada para la nueva edición del curso. * Planilla con el detalle de las modificaciones realizadas en cuanto a temas con respecto a la edición anterior del curso. * Planilla consolidada de asignación de horas a tópicos del cuerpo de conocimiento actualizada.
Roles	* Responsable de la asignación del cubrimiento.
<i>Continúa en la siguiente página</i>	

Cuadro 10 – *Continuación de la página anterior*

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo Gestión de la Configuración
	* Responsable del curso.
Activos/ Referencias	<p>* Instructivo para registro de modificaciones temáticas de un curso.</p> <p>* Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso.</p> <p>* Cuerpo de conocimiento de referencia.</p> <p>* Fuentes utilizadas para el dictado del curso: diapositivas, libros, videos, etc.</p> <p>* Instructivo para Asignación de Horas por Tópico en base a Temas.</p> <p>* Instructivo para asignación de horas por tópico en base a Modificaciones.</p> <p>* Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso.</p> <p>* Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso.</p> <p>* Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos.</p>
Actividades	<p>1) El Responsable de la asignación del cubrimiento se comunica con el Responsable del curso (previo al comienzo del mismo) para explicarle que su curso se encuentra bajo gestión de la configuración y que todos los cambios en cuanto a contenidos temáticos deberán ser registrados. Se consulta al Responsable del curso si los cambios que tiene previstos en el curso son menores o si realizará cambios radicales.</p> <p>(1.1) Si el Responsable del curso indica que se realizarán cambios menores se sigue en el punto 2.</p>
<i>Continúa en la siguiente página</i>	

Cuadro 10 – Continuación de la página anterior

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo Gestión de la Configuración
	<p>(1.1) Si se realizarán cambios radicales se procede a tratar el curso como que fuera un curso para el cual no se realizó una evaluación de cubrimiento temático y se debe seguir el “Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso”. Fin.</p> <p>2) El Responsable de la asignación del cubrimiento le envía al responsable del curso el <i>Instructivo para registro de modificaciones temáticas de un curso</i> (que explica los pasos a seguir y los campos a completar) y la <i>Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso</i> (planilla electrónica pre formateada que deberá utilizarse para registrar las modificaciones en los temas).</p> <p>3) El Responsable del curso registra en la <i>Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso</i> cada una de las modificaciones en los temas (siguiendo el <i>Instructivo para registro de modificaciones temáticas de un curso</i>) procurando ser lo más exhaustivo posible.</p> <p>4) Una vez que se termina de dictar el curso el Responsable del mismo envía por mail al Responsable de la asignación de cubrimiento la planilla electrónica completa con las modificaciones en cuanto a temas o duración de los mismos con respecto a la edición anterior del curso.</p> <p>5) El Responsable de la asignación del cubrimiento analiza la planilla de modificaciones enviada por el docente y procede a realizar el análisis de cubrimiento temático completando la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i>. Para realizar esta actividad se sigue el <i>Instructivo para asignación de horas por tópico en base a Modificaciones</i>.</p>
<i>Continúa en la siguiente página</i>	

Cuadro 10 – Continuación de la página anterior

Proceso	Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo Gestión de la Configuración
	<p>6) Una vez completado la asignación de horas a tópicos se debe validar que dicha asignación sea una adecuada representación de la realidad. Para esto, se manda un mail al Responsable del curso detallando la asignación realizada para que la valide.</p> <p>7) En caso que a partir de la validación con el Responsable del curso surjan cambios a realizar, se procede a realizar los mismos y se pasa nuevamente al punto 6. Caso contrario se continúa en el paso 8.</p> <p>8) Se procede a actualizar la <i>Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos</i>. Esta planilla contiene la información de cubrimiento temático de todas las ediciones de los cursos dictados. Se debe completar la información solicitada en base a los datos que previamente se registraron en la <i>Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso</i>. Fin.</p>

6.6 ACTIVOS DEL PROCESO

A continuación se presentan los distintos activos definidos para dar soporte al proceso de evaluación de cubrimiento temático. Básicamente se trata de distintas planillas electrónicas preformateadas e instructivos. Para cada uno de los activos se indica su propósito y para las planillas también se indica cuáles son los principales datos a completar.

El proceso definido para evaluación de cubrimiento temático es genérico y puede ser aplicado para evaluar el cubrimiento con respecto a cualquier cuerpo de conocimiento. Sin embargo, los instructivos y las planillas electrónicas definidas están adaptados para el caso de estudio en particular realizado (conocer cómo se cubre temáticamente el CBOK del GSwE2009 con la Especialización de Ingeniería de Software del CPAP). Si bien no contamos con instructivos y planillas genéricas, éstas podrían ser fácilmente adaptables a partir de los que definimos. A modo de ejemplo, las planillas electrónicas están definidas de forma tal que asumen un cuerpo de conocimiento de referencia de 3 niveles (Área

de Conocimiento, Unidad y Tópico). A su vez, en los instructivos y planillas muchas veces se habla del CBOOK. Ambos aspectos podrían ser cambiados muy sencillamente para que se considere el cuerpo de conocimiento de referencia con respecto al cual se desea evaluar.

6.6.1 *Instructivo para registro de dedicación por tema de un curso*

El Instructivo para registro de dedicación por tema de un curso es utilizado en el “Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso” en las Actividades número: 3, 4 y 7 (ver sección 6.4). En la figura 16 se muestra una vista ampliada del proceso en las actividades que utilizan dicho instructivo.

Proceso de Eval. Cubrimiento Temático – Nuevo Curso

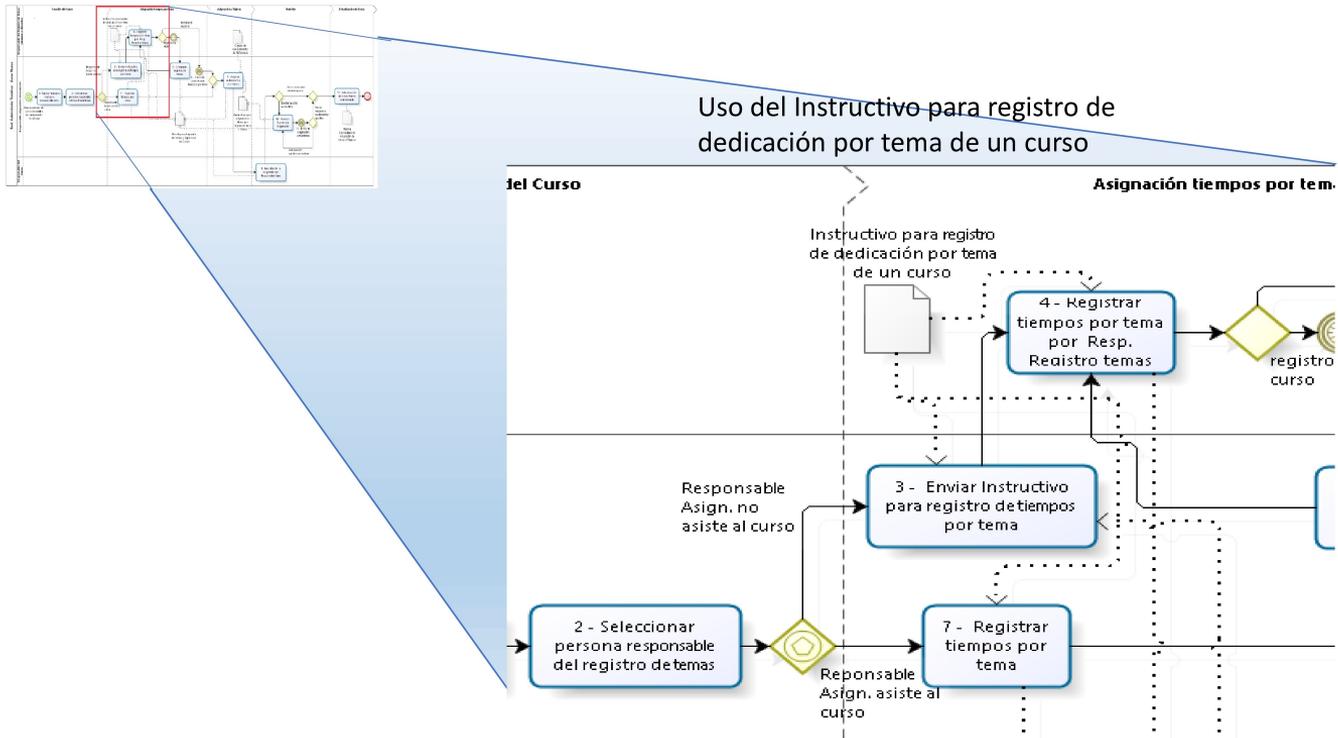


Figura 16: Uso del Instructivo p/registro dedicación por tema

El instructivo guía en el trabajo a realizar para registrar los tiempos por tema y explica cómo se debe completar la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* (esta es presentada en la sección 6.6.3). La información a completar consiste en información general del curso (docente, edición del curso, número de créditos, etc.) y la información asociada a la dedicación por tema (tema, fuente utilizada para dictado del tema, cantidad de horas, tipo de hora, etc.).

El instructivo completo se encuentra en el Anexo A.1.

6.6.2 *Instructivo para asignación de horas por tópico en base a temas*

El Instructivo para asignación de horas por tópico en base a temas es utilizado en el “Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso” en la Actividad número 8 (ver sección 6.4). También sirve como referencia para la actividad 10 de dicho proceso. En la figura 17 se muestra una vista ampliada del proceso en las actividades que utilizan dicho instructivo.

Proceso de Eval. Cubrimiento Temático – Nuevo Curso

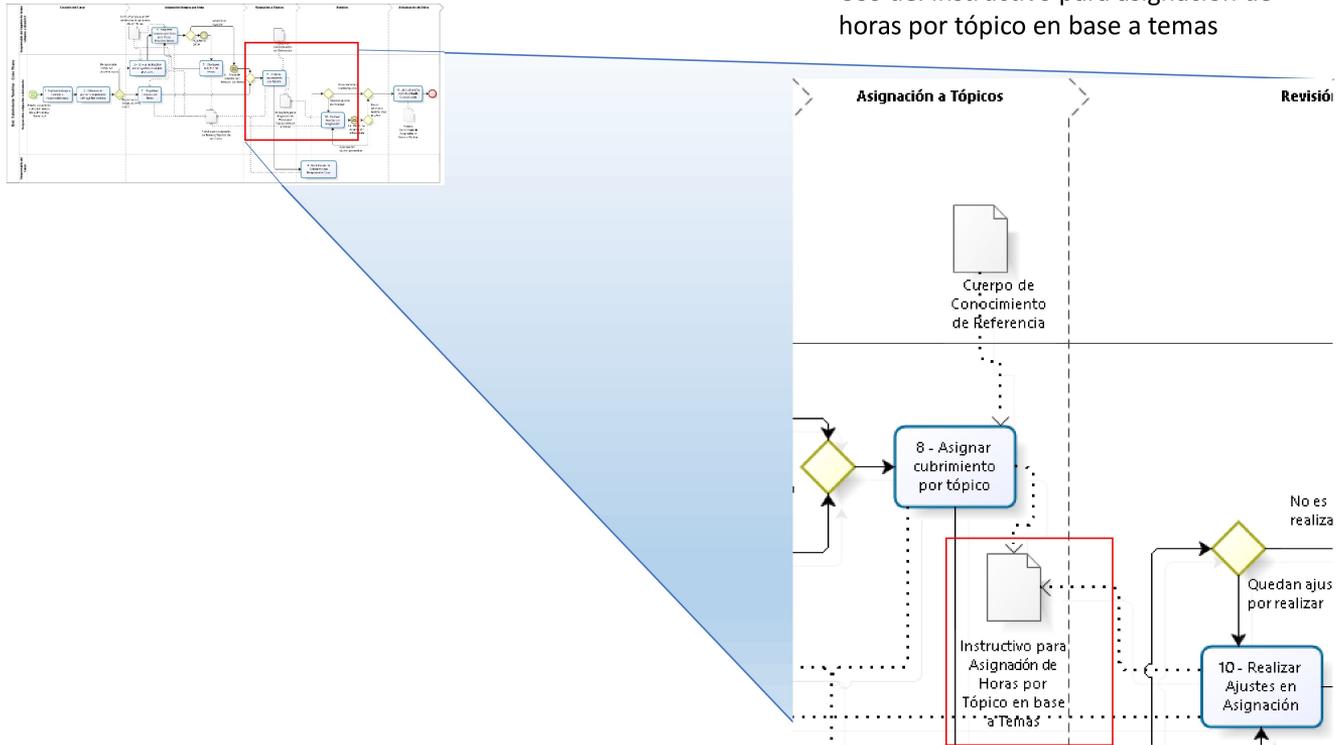


Figura 17: Uso del Instructivo p/asignación de horas por tópico

Una vez que se tiene el registro de los tiempos por tema, se procede a realizar un mapeo entre los temas impartidos y los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia. Este instructivo sirve como guía para realizar dicho mapeo. La información del mapeo de temas a tópicos queda registrada en la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* (esta se presenta más adelante en la sección 6.6.3).

El instructivo busca uniformizar la forma en que se realiza el mapeo y especifica por ejemplo:

- Cómo se debe realizar el mapeo cuando las horas se corresponden a más de un tópico del cuerpo de conocimiento de referencia.
- Cómo se debe realizar el mapeo cuando un tema no se corresponde con ningún tópico del cuerpo de conocimiento, pero sí existe una correspondencia con algún nivel superior de abstracción del mismo.
- Cómo registrar las horas que no se corresponden con ningún ítem del cuerpo de conocimiento de referencia.
- Cómo realizar el mapeo de temas a tópicos para las horas de evaluación.

El instructivo completo se encuentra en el Anexo A.2.

6.6.3 *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso*

La Planilla para asignación de temas y tópicos de un curso (Planilla-ParaAsignacionDeTemasYTopicosDeUnCurso.ods) es utilizada en el “Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso” en las Actividades número: 3, 4, 6, 7, 11, 12 (ver sección 6.4) y en el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo GC” en las Actividades número: 5, 6 y 7 (ver sección 6.5). La planilla electrónica se puede descargar de: <http://www.fing.edu.uy/~lcamilloni/PlanillaParaAsignacionDeTemasYTopicosDeUnCurso.ods>

La planilla consta de tres hojas en las cuales se registra información asociada al curso, a los tiempos impartidos por tema y las horas dedicadas a cada tópico del cuerpo de conocimiento de referencia:

1. Créditos Curso: en esta hoja se registra la información general referida a la edición del curso (nombre del curso, profesor responsable, año de dictado, créditos y dedicación horaria estimada en base a los créditos). A su vez, se presentan las horas reales de dedicación del curso discriminando por: horas de teórico (presenciales), horas práctico y laboratorio (presenciales)

y no presenciales) y horas de evaluación. Los datos de las horas reales son obtenidos de forma automática a partir de la información cargada en la hoja “Horas en base a CuerpoC”. En la parte izquierda de la figura 18 se presenta la plantilla y en la parte derecha un ejemplo de cómo se completó la misma para una edición de un curso.

2. Temas Dados: en esta hoja se registra la información asociada a los temas impartidos y el mapeo correspondiente a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia.

Para cada tema impartido se debe registrar: el día en que se dictó, la fecha, la fuente (nombre de la presentación, libro, ejercicio, etc. utilizado para el dictado del tema), la descripción del tema y del subtema, los tópicos del cuerpo de conocimiento al que se corresponde el tema (en la planilla esta información es registrada en la columna “Tópicos CBOK” ya que la misma está adaptada para el caso de estudio en particular que realizamos), las horas de dedicación en el tema y el tipo de hora (en este campo sólo se admite ingresar los tipos de hora predefinidos).

En el caso que un tema se corresponda con más de un tópico del cuerpo de conocimiento de referencia, se debe indicar para cada tópico del cuerpo de conocimiento de referencia al cual mapea cuántas horas se le va a asignar. En la parte superior de la figura 19 se presenta la plantilla y en la parte inferior un ejemplo que muestra cómo se completó la misma para una edición de un curso. En particular, en este ejemplo, se puede ver que el primer tema impartido mapea a dos tópicos del CBOK y que por ende se ha indicado cuánto tiempo se corresponde a cada tópico.

3. Horas en base a CuerpoC: en esta hoja se registra, de forma sumariada, cuántas horas se le dedicó a cada tópico del cuerpo de conocimiento de referencia tratado en el curso. Para completar esta hoja se utiliza la información previamente completada del mapeo de temas a tópicos registrada en la hoja “Temas dados”.

En esta hoja se piden los datos de Área de Conocimiento, Unidad y Tópico ya que la misma se encuentra adaptada para el caso de estudio que realizamos, pero estas columnas pueden ser sustituidas por los nombres de los niveles del cuerpo de conocimiento con el cual se desea evaluar el cubrimiento. Las horas se registran discriminando por tipo de hora: horas de teórico(presencial), horas práctico (presencial y no presencial), horas de laboratorio(presencial y no presencial) y horas de evaluación. Las horas totales son calculadas de forma automática en base al resto de las horas (en la sección 6.8.1 se explica cómo se calculan las horas totales).

PLANTILLA

Nombre del Curso	
Responsable	
Año	

Créditos	
Horas de dedicación en base a los créditos (estimadas)	

Horas Reales Curso	
Horas de Teórico (presenciales)	
Horas práctico + laboratorios	
Horas de Evaluación	
Total horas real curso	

*Cantidad Horas Totales = Horas Teóricas Presenciales Reales*2 + Horas Laboratorio/Práctico + Horas Evaluación*

EJEMPLO DE CURSO

Nombre del Curso	Gestión de Proyectos de Software
Responsable	Daniel Meerhoff
Año	2013

Créditos	7
Horas de dedicación en base a los créditos (estimadas)	105

Horas Reales Curso	
Horas de Teórico (presenciales)	27,75
Horas práctico + laboratorios	46,75
Horas de Evaluación	
Total horas real curso	102,25

Figura 18: Planilla Asignación Temas y Tópicos Curso, créditos curso

En la parte superior de la figura 20 se presenta la plantilla y en la parte inferior un ejemplo que muestra cómo se completó esta información para una edición de un curso dictado.

PLANTILLA

DÍA	FECHA	FUENTE	TEMA	SUBTEMA	TÓPICOS CBOK	HORAS	TIPO DE HORA
		Nombre de la ppt, ejercicio, libro, etc usado para dar el tema	Descripción del tema	Descripción del subtema	Tópicos del CBOK asociados al tema	Horas de dedicación en el tema	

EJEMPLO DE CURSO

DÍA	FECHA	FUENTE	TEMA	SUBTEMA	TÓPICOS CBOK	HORAS	TIPO DE HORA
Jueves	17/10/2013	Riesgos INCO'13	Repaso sobre gestión de riesgos	Conceptos y Proceso para la gestión de riesgos	*KA: Gestión de la Ingeniería de Software. Tópico: 2.1 Conceptos de gestión de riesgos (0,25 hr). *KA: Gestión de la Ingeniería de Software. Tópico: 2.2 Proceso de gestión de riesgos (0,25 hr)	0,5	TEÓRICO PRESENCIAL
Jueves	17/10/2013	Ninguna	Identificación del proyecto a realizar. Análisis de opciones.		*KA: Ingeniería de Requisitos. Tópico: 3.1 Determinación y negociación de los requerimientos	1	LABORATORIO PRESENCIAL
Lunes	21/10/2013	Gestión de las Adquisiciones INCO13	Compras y contratos en proyectos		*KA: Gestión de la Ingeniería de Software. Tópico: 3.2 Gestión de contratos con el proveedor.	2	TEÓRICO PRESENCIAL

Figura 19: Planilla Asignación Temas y Tópicos Curso, temas dados

PLANTILLA

NOMBRE DEL CURSO														
KA (Área de Conocimiento)	Nro Unidad	Unidad	Nro Tópico	Tópico	Subtópico	Comentarios	Horas Teórico (presencial)	Horas Práctico Presencial	Horas Práctico No Presencial	Horas Laboratorio Presencial	Horas Lab No Presencial	Horas Evaluación	Horas Totales	
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	
SUBTOTAL							0	0	0	0	0	0	0	TOTAL HORAS

EJEMPLO DE CURSO

NOMBRE DEL CURSO														
Gestión de Proyectos de Software														
KA (Área de Conocimiento)	Nro Unidad	Unidad	Nro Tópico	Tópico	Subtópico	Comentarios	Horas Teórico (presencial)	Horas Práctico Presencial	Horas Práctico No Presencial	Horas Laboratorio Presencial	Horas Lab No Presencial	Horas Evaluación	Horas Totales	
Gestión de la Ingeniería de Software	1	Planificación de un Proyecto de Software	1.1	Objetivos y metas del proyecto			1,75	0,5		2	4		10	
Gestión de la Ingeniería de Software	1	Planificación de un Proyecto de Software	1.4	Suposiciones del proyecto y previsión			1	0,5		0,25	0,5		3,25	
Ingeniería de Requisitos	2	Proceso de Ingeniería de Requerimientos	2.2	Actores del proceso			0,25			0,75			1,25	
...	
...	
...	
Procesos de la Ingeniería de Software	4	Mediciones del Producto y del Proceso	4.4	Técnicas de medición	Técnicas analíticas, técnicas de evaluación comparativa		0,25						0,5	
SUBTOTAL							27,75	4	0	7,75	35	0	102,25	TOTAL HORAS

Figura 20: Planilla Asignación Temas y Tópicos Curso, horas en base al cuerpo de conocimiento

6.6.4 *Instructivo para registro de modificaciones temáticas de un curso*

El Instructivo para registro de modificaciones temáticas de un curso es utilizado en el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo GC” en las Actividades número: 2 y 3 (ver sección 6.5). En la figura 21 se muestra una vista ampliada del proceso en las actividades que utilizan dicho instructivo.

Proceso de Eval. Cubrimiento Temático – Curso bajo GC

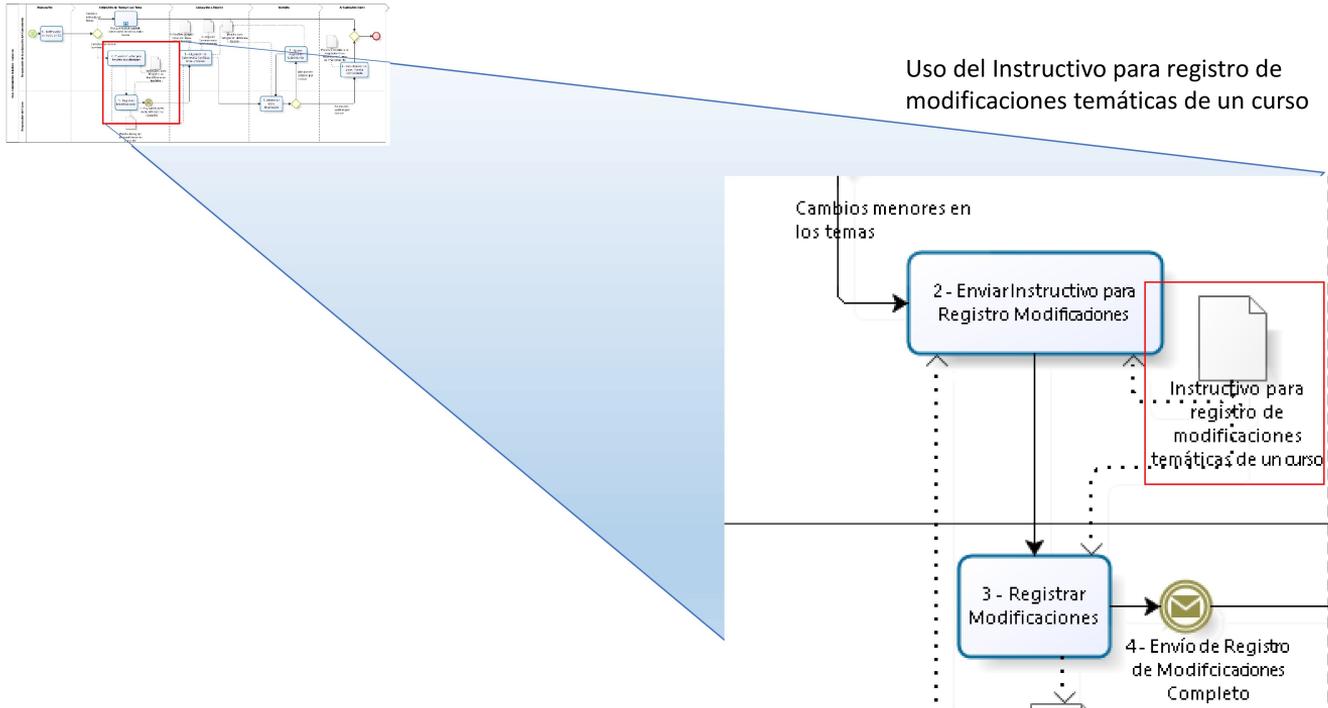


Figura 21: Uso del Instructivo p/registro modificaciones temáticas

Tal como se menciona previamente, el proceso para registro de cubrimiento temático de los cursos que están bajo gestión de la configuración busca reusar al máximo la asignación de cubrimiento temático realizada para la edición anterior del curso, registrando solamente las modificaciones temáticas. El instructivo para registro de modificaciones temáticas en cursos describe los pasos a seguir para el registro de dichas modificaciones y cómo se debe completar la *Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso*.

El instructivo define cómo y qué registrar para cada uno de los temas nuevos, modificados y eliminados con respecto a la edición anterior del curso. Un tema se considera nuevo si no se dictaba en la edición anterior del curso. Ejemplos de modificaciones en los temas impartidos pueden ser: cambios en la distribución horaria, modificación de la fuente sobre la cual se elaboran las presentaciones teóricas, cambio en los subtemas, etc. Por último un tema se considera eliminado si en la edición anterior del curso se dictaba y en la nueva ya no.

El instructivo completo se encuentra en el Anexo [A.3](#).

6.6.5 *Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso*

La Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso (*PlanillaParaRegistroDeModificacionesTematicasDeUnCurso.ods*) es utilizada en el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo GC” en las Actividades número: 2 y 3 (ver sección [6.5](#)). En esta planilla se registran las modificaciones en cuanto a los temas impartidos con respecto a la edición anterior del curso. El objetivo es registrar los temas nuevos que son impartidos, los temas que tuvieron modificaciones y los temas que se eliminaron. La planilla se puede descargar de: <http://www.fing.edu.uy/~lcamilloni/PlanillaParaRegistroDeModificacionesTematicasDeUnCurso.ods>.

Dicha planilla consta de tres hojas las cuales se describen a continuación:

1. Datos Generales: en esta hoja se registran los datos generales del curso tales como el nombre de la asignatura, el año, el docente responsable y la cantidad de créditos que otorga. En la parte superior de la figura [22](#) se presenta la plantilla y en la parte inferior un ejemplo de cómo se completó la misma para una edición de un curso.
2. Temas Nuevos: en esta hoja se registran los datos asociados a temas nuevos (que en la edición anterior del curso no se dictaban). Para cada tema nuevo se deben ingresar los siguientes datos: fecha, fuente, tema y subtema, cantidad de horas y tipo de hora. En la parte superior de la figura

PLANTILLA	
Asignatura:	<i>[Nombre de asignatura]</i>
Año:	<i>[Año en que se dictó la asignatura]</i>
Docente:	<i>[Nombre del docente]</i>
Créditos:	<i>[Número de créditos de la asignatura]</i>
EJEMPLO DE CURSO	
Asignatura:	<i>Costos para ingeniería de software</i>
Año:	<i>2014</i>
Docente:	<i>Ariel Sabiguero</i>
Créditos:	<i>5</i>

Figura 22: Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, datos generales

23 se presenta la plantilla y en la parte inferior un ejemplo de cómo se completó la información asociada a un tema nuevo para un curso.

3. Temas Modificados: en esta hoja se registran los datos asociados a los temas que tuvieron modificaciones con respecto a la edición anterior del curso. Para cada uno de los temas que tuvo alguna variación se debe indicar: fecha, fuente, tema y subtema, cantidad de horas dedicadas, tipo de hora, tipo de cambio y detalle del cambio (descripción ampliada del cambio realizado). La columna tipo de cambio puede ser completada con un conjunto de valores predefinidos. Los posibles valores para esta columna son: aumento de carga horaria, disminución de carga horaria, modificación de documentos fuente para el dictado, cambio en subtemas y otros. En la parte superior de la figura 24 se presenta la plantilla y en la parte inferior un ejemplo de cómo se registró en esta planilla la disminución de la carga horaria para un tema en un curso.
4. Temas Eliminados: en esta hoja se registran los temas eliminados. En la parte superior de la figura 25 se presenta la plantilla y en la parte inferior un ejemplo.

PLANTILLA

FECHA	FUENTE	TEMA	SUBTEMA	HORAS	TIPO DE HORA
	<i>[Nombre de la ppt, ejercicio, libro, etc usado para dictar el tema. Especificar hoja desde y hasta]</i>	<i>[Descripción del tema]</i>	<i>[Descripción de los subtemas si es que existen]</i>	<i>[Cantidad de horas dedicadas]</i>	

EJEMPLO DE CURSO

FECHA	FUENTE	TEMA	SUBTEMA	HORAS	TIPO DE HORA
09/06/2014	Ninguna	Herramientas para la toma de decisiones económicas	TCO (Tasa costo oportunidad)	1	TEÓRICO PRESENCIAL

Figura 23: Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, temas nuevos

PLANTILLA

FECHA	FUENTE	TEMA	SUBTEMA	HORAS	TIPO DE HORA	TIPO DE CAMBIO	DETALLE DEL CAMBIO
	<i>[Nombre de la ppt, ejercicio, libro, etc usado para dictar el tema. Especificar hoja desde y hasta]</i>	<i>[Descripción del tema]</i>	<i>[Descripción de los subtemas (si es que existen)]</i>	<i>[Cantidad de horas dedicadas]</i>			<i>[Explicar en detalle el cambio realizado]</i>

EJEMPLO DE CURSO

FECHA	FUENTE	TEMA	SUBTEMA	HORAS	TIPO DE HORA	TIPO DE CAMBIO	DETALLE DEL CAMBIO
10/06/2014	Ninguna	Fundamentos de la economía en ingeniería	VAN/TIR		2 TEÓRICO PRESENCIAL	Disminución de carga horaria	En las mismas horas que antes se daba VAN/TIR ahora se da VAN/TIR y TCO

Figura 24: Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GF, temas modificados

PLANTILLA
TEMA
<i>[Descripción del tema]</i>
EJEMPLO DE CURSO
TEMA
<i>Guía metodológica para evaluar alternativas de inversión en TI</i>

Figura 25: Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso en GE, temas eliminados

6.6.6 Instructivo para asignación de horas por tópico en base a Modificaciones

El Instructivo para asignación de horas por tópico en base a modificaciones es utilizado en el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo GC” en la Actividad número 5 (ver sección 6.5). En la figura 26 se muestra una vista ampliada del proceso en la actividad que utiliza el instructivo.

Una vez que se registraron todos los temas que tuvieron modificaciones con respecto a la edición anterior del curso, se procede a realizar un mapeo entre los temas impartidos y los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia. El instructivo busca guiar en la realización del mapeo y explicar cómo se debe completar la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* considerando los temas que no cambiaron con respecto a la edición anterior del curso (para los cuales hay que obtener la información de cubrimiento temático registrada para la edición anterior del curso) y los temas modificados (registrados en la *Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso*).

Proceso de Eval. Cubrimiento Temático – Curso bajo GC

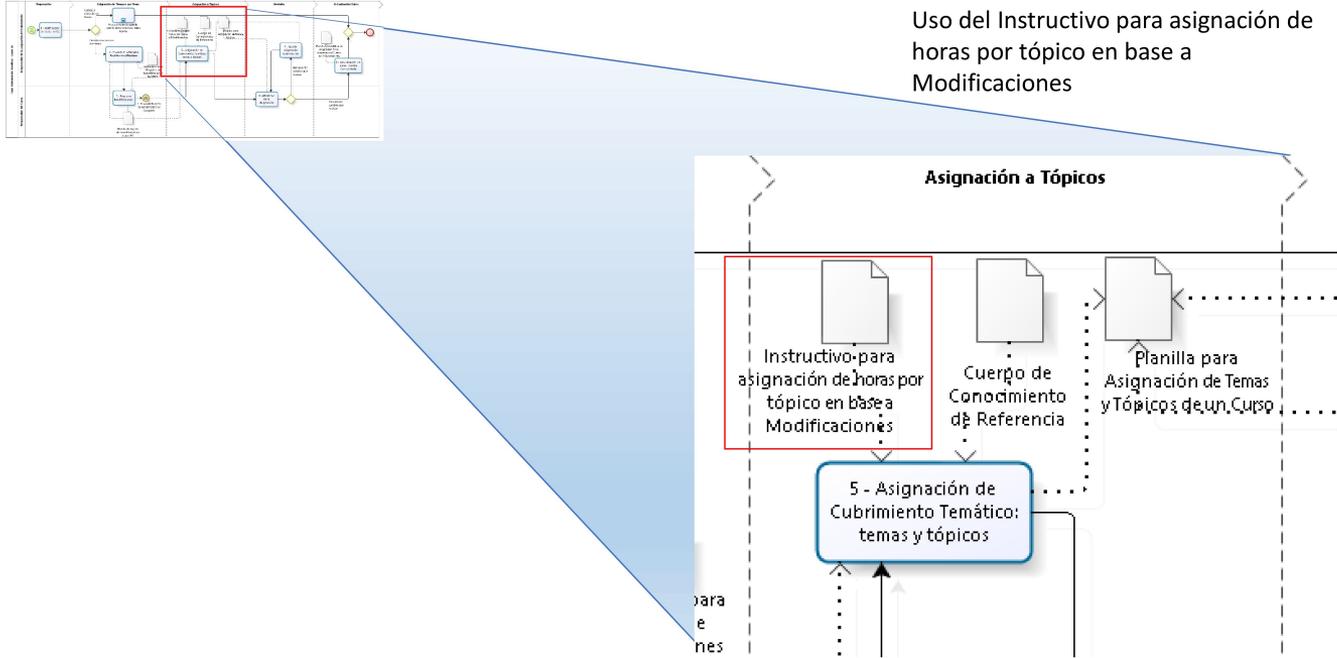


Figura 26: Uso del Instructivo p/asignación de horas por tópico en base a modificaciones

El instructivo completo se encuentra en el Anexo [A.4](#).

6.6.7 *Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos*

La planilla consolidada para asignación de horas a tópicos (*PlanillaConsolidadaDeAsignacionHorasATopicos.xlsx*), tal como su nombre lo indica, contiene la información consolidada del cubrimiento de tópicos para todas las ediciones de los cursos dictados. Es utilizada en el “Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso” en la Actividad número 12 (ver sección 6.4) y en el “Proceso para Evaluación de Cubrimiento Temático - Nueva Edición de un Curso bajo GC” en la Actividad número 8 (ver sección 6.5). La planilla está adaptada para el caso de estudio en particular que realizamos y se puede descargar de: <http://www.fing.edu.uy/~lcamilloni/PlanillaConsolidadaDeAsignacionHorasATopicos.xlsx>.

La planilla consta de 7 hojas. Como parte del proceso de evaluación de cubrimiento lo que se hace es completar solamente la primer hoja denominada “CBOOK”. Esta planilla sirve también como herramienta, ya que a partir de los datos de cubrimiento ingresados en la hoja “CBOOK” para las distintas ediciones de los cursos se puede obtener, de forma automática, distintos tipos de información acerca del cubrimiento temático global obtenido. El uso de la herramienta para la visualización de los resultados de cubrimiento se presenta en la sección 6.7.

En la hoja “CBOOK” se debe ingresar un registro por cada tópico cubierto en la edición del curso con los siguientes datos: nombre de la asignatura, edición (año), KA, Unidad, Tópico, Subtópico, comentarios y horas (discriminando por tipo de hora). Los datos de esta planilla son completados en base a los datos que previamente fueron registrados en la hoja “Horas en base a CuerpoC” de la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso*. En la figura 27 se muestra un ejemplo con datos registrados para esta hoja de la planilla.

Asignatura	Edición (Año)	Área de Conocimiento (KA)	Nro Uni	Unidad	Nro Tóp	Tópico	Subtópico	Comentarios	H. Teo	Pract. Pres	Pract. No Pres	H. Lab. Pres	Lab. No Pres	H. Eval	Horas Totales
Inspección de Software	2013	K - Calidad del Software	1	Fundamentos de la Calidad del Software	1.1	Cultura y ética en la ingeniería de software						0		0	0
Inspección de Software	2013	K - Calidad del Software	1	Fundamentos de la Calidad del Software	1.2	Valor y costos de la calidad			0,5			0		0	1
Inspección de Software	2013	K - Calidad del Software	1	Fundamentos de la Calidad del Software	1.3	Modelos y características de la calidad	Calidad de procesos de software, Calidad de productos de software		1			0		0	2
Inspección de Software	2013	K - Calidad del Software	1	Fundamentos de la Calidad del Software	1.4	Mejora de la calidad del software			3,5			0		0	7
Inspección de Software	2013	K - Calidad del Software	1	Fundamentos de la Calidad del Software	1.5	Requerimientos de calidad de la aplicación	Criticidad de los sistemas, Confianza, Niveles de integridad del Software					0		0	0
Inspección de Software	2013	K - Calidad del Software	1	Fundamentos de la Calidad del Software	1.6	Caracterización de defectos			1						2

Figura 27: Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, hoja CBOOK

6.7 HERRAMIENTA PARA SOPORTE A LA EVALUACIÓN: VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CUBRIMIENTO

Tal como se menciona en la sección 6.6.7, la planilla consolidada para asignación de horas a tópicos (PlanillaConsolidadaDeAsignacionHorasATopicos.xlsx) es una herramienta que permite, a partir de los datos de cubrimiento registrados para las distintas ediciones de los cursos e ingresados en la primer hoja de la misma (hoja "CBOOK"), obtener de forma automática distintos tipos de información acerca del cubrimiento temático global obtenido.

La herramienta con los datos de ejemplo se puede descargar de: <http://www.fing.edu.uy/~lcamilloni/HerramientaPlanillaConsolidadaDeAsignacionHorasATopicos.xlsx>.

Esta herramienta fue diseñada específicamente para conocer cómo se cubre temáticamente el CBOOK del GSWE2009 con los cursos de una carrera. La misma permite que el usuario seleccione el conjunto de cursos que desea considerar para el análisis y a partir de los mismos se genera de forma automática información del cubrimiento total obtenido.

La herramienta permite visualizar:

- El cubrimiento temático obtenido por KA, Unidad y Tópico del CBOOK (tanto a nivel de horas de contacto como a nivel de horas totales).
- Qué KA son tratadas en cada edición de los cursos.
- El esfuerzo temático logrado (dedicación) y una comparación de este esfuerzo con el esperado en el GSWE2009.
- El balance por KA y una comparación de dicho balance con el sugerido en el GSWE2009.

A continuación se describen las hojas de la planilla y la información que brinda cada una de las mismas:

1. CBOOK: en esta hoja se registran los datos del cubrimiento temático obtenido para el cuerpo de conocimiento de referencia para cada edición de los cursos. Esta es la única hoja de la planilla que debe ser completada por el usuario (ya que el resto se generan en forma automática en base a los datos de esta hoja).
2. Nivel KA: en esta hoja se puede ver la información sumariada del cubrimiento temático expresado en horas obtenido a nivel de KA para un conjunto de cursos seleccionados por el usuario (el usuario cuenta con un

filtro, que le permite seleccionar las ediciones de los cursos a considerar). Para cada KA se puede saber el esfuerzo dedicado para cada tipo de hora. En la figura 28 se presenta un ejemplo de los datos que se pueden obtener en esta hoja. Como se puede ver en dicho ejemplo, el usuario también cuenta con filtros por Unidad y Tópico. Estos filtros son especialmente útiles si se desea excluir de la información de cubrimiento a obtener las horas relacionadas a la KA pero que no tienen un mapeo directo con ningún Tópico de la misma (ver sección 6.8.2).

3. Nivel Unidad: en esta hoja se puede ver la información sumariada del cubrimiento temático expresado en horas obtenido a nivel de Unidad para cada una de las KA del CBOOK.
4. Nivel Tópico: en esta hoja se puede ver la información sumariada del cubrimiento temático expresado en horas obtenido para cada Tópico de cada Unidad del CBOOK.
5. KA x asignatura: en esta hoja se ve la información de cubrimiento obtenido desde la perspectiva de cada edición de los cursos. O sea, para cada edición de un curso se muestra las KA que son tratadas y cuánto tiempo se le dedica a cada una de estas. En la figura 29 se presenta un ejemplo de la información desplegada en esta hoja.
6. Esfuerzo temático: en esta hoja se muestra el esfuerzo temático (dedicación), medido en horas, obtenido para los cursos seleccionados y se realiza una comparación con el GSwE2009. La comparación se realiza tanto a nivel de horas totales como a nivel de horas de contacto. En la figura 30 se muestra un ejemplo de la comparación que se realiza a nivel de esfuerzo para las horas totales. Luego, en la sección 7.2.2 se explica en mayor detalle la forma de realizar la comparación a nivel de esfuerzo con respecto al GSwE2009.
7. Balance: en esta hoja se muestra el balance obtenido por área de conocimiento para los cursos seleccionados y se realiza una comparación con el balance sugerido en GSwE2009. La información se balance se muestra tanto para las horas de contacto como para las horas totales. En la figura 31 se muestra un ejemplo de una comparación realizada a nivel de balance para un conjunto de cursos seleccionados. En la parte superior de la figura se muestra una tabla que indica para cada KA si se está por arriba o por abajo del rango recomendado en el GSwE2009. Luego en la parte

inferior de la figura se presenta la misma información pero con un gráfico de puntos. En la sección [7.2.3](#) se explica en mayor detalle la forma de realizar la comparación a nivel de balance temático con el GSwE2009.

1	Asignatura (Edición)	(Varios elementos)						
2	Nro Unidad	(Todas)						
3	Nro Tópico	(Todas)						
4								
			Suma de Horas Práctico (presencial)	Suma de Horas Práctico (no presencial)	Suma de Horas Laboratorio (presencial)	Suma de Horas Laboratorio (no presencial)	Suma de Horas Evaluación	Suma de Horas Totales
5	Área de Conocimiento (KA)	<input checked="" type="checkbox"/> Suma de Horas Teórico (presencial)						
6	A - Ética y Conducta Profesional		1,5	0	0	0	0	3
7	B - Ingeniería de Sistemas		0,625	0	0	0	0	1,25
8	C - Ingeniería de Requisitos		15,625	4	0	3	4	24,625
9	D - Diseño de Software		51,5	6,25	13	0	31,5	91,25
10	E - Construcción de Software		31,25	0	0	0	0	31,25
11	F - Testing		36,5	1,5	5	0	22,25	65,25
12	G - Mantenimiento de Software		13,75	2,75	1,5	4	16,25	34,25
13	H - Gestión de la Configuración		20,625	0	7	0	16,75	34,375
14	I - Gestión de la Ingeniería de Software		69,375	15,125	5	6,75	56	106,25
15	J - Procesos de la Ingeniería de Software		36	1,75	0	0	3	41,5
16	K - Calidad del Software		30	0	16	0	4	50
17	L - Ninguna		19,25	0,375	7	6	21	43,625
18	Total general		326	31,75	54,5	19,75	174,75	596,25
19								
20								
21								
22								

Figura 28: Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, cubrimiento por KA

2	Asignatura	Edición	Área de Conocimiento (KA)	Suma de Horas Totales	
3	Arquitectura de Software	2012	D - Diseño de Software	126	
4			E - Construcción de Software	18	
5			J - Procesos de la Ingeniería de Software	1	
6			Total 2012	145	
7		2014	D - Diseño de Software	126	
8			E - Construcción de Software	18	
9			J - Procesos de la Ingeniería de Software	1	
10			Total 2014	145	
11		CMMI ACQ	2013	B - Ingeniería de Sistemas	1
12				C - Ingeniería de Requisitos	3,5
13			G - Mantenimiento de Software	3	
14			H - Gestión de la Configuración	0,5	
15			I - Gestión de la Ingeniería de Software	26	
16			J - Procesos de la Ingeniería de Software	8	
17			K - Calidad del Software	0,5	
18		Total 2013	42,5		

Figura 29: Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, cubrimiento por asignatura

ESFUERZO TEMÁTICO PARA HORAS TOTALES					
Área de Conocimiento	% por KA	Basado en 600 hs (hs)	Basado en 800 hs (hs)	MIS (hs)	
A - Ética y Conducta Profesional	2	12,0	16	3,0	●
B - Ingeniería de Sistemas	3	18,0	24	1,3	●
C - Ingeniería de Requisitos	8	48,0	64	44,8	●
D - Diseño de Software	11	66,0	88	156,8	●
E - Construcción de Software	3	18,0	24	67,5	●
F - Testing	6	36,0	48	67,5	●
G - Mantenimiento de Software	4	24,0	32	55,0	●
H - Gestión de la Configuración	3	18,0	24	68,5	●
I - Gestión de la Ingeniería de Software	9	54,0	72	228,6	●
J - Procesos de la Ingeniería de Software	4	24,0	32	80,8	●
K - Calidad del Software	4	24,0	32	82,0	●

Nota: para el análisis se utiliza el mayor % del rango por KA definido en el GSWE2009

Figura 30: Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, esfuerzo temático

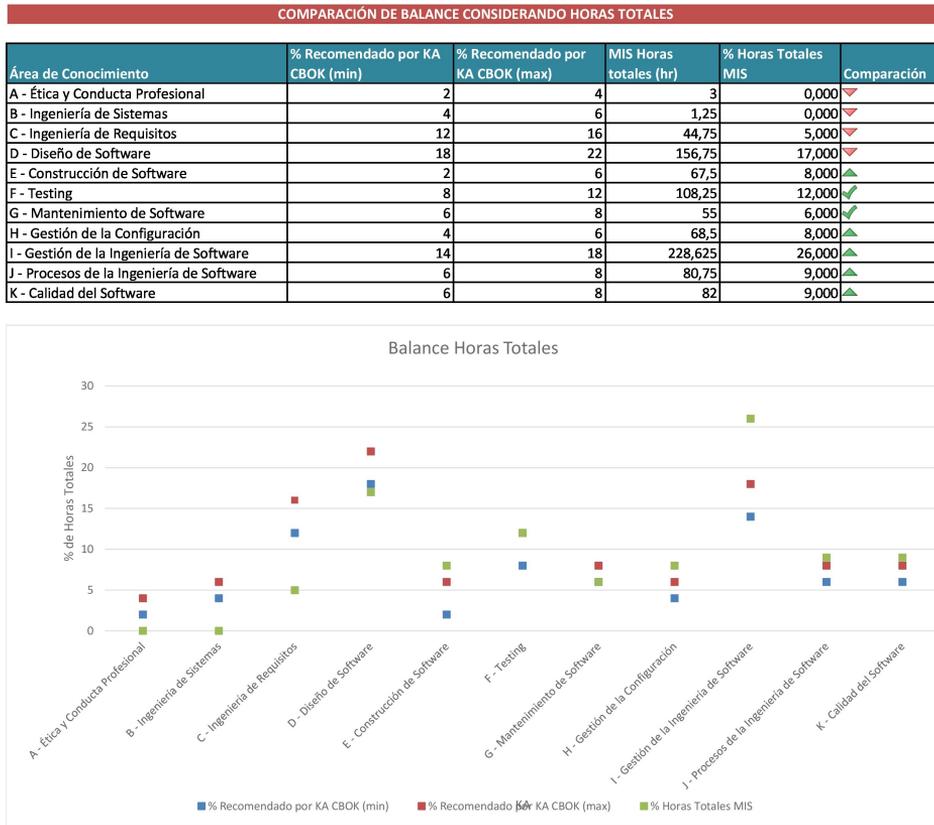


Figura 31: Planilla Consolidada de Cubrimiento Temático, balance

6.8 DISCUSIÓN DEL MÉTODO

A continuación se presentan y fundamentan las decisiones tomadas en la definición del método para evaluar el cubrimiento temático. En particular se tratan los siguientes temas: las decisiones tomadas en cuanto al registro de temas y el mapeo de los temas a tópicos y la categorización de los cursos en cursos nuevos y cursos bajo gestión de la configuración.

6.8.1 *Registro de Tiempos por Tema*

Tal como se menciona en la sección 6.1 el método definido busca obtener el cubrimiento temático desde un punto de vista “real” y no desde los “papeles”. Por tal motivo optamos por no utilizar el programa de cada asignatura donde se especifica un estimado de las horas que demanda el curso. Preferimos, para obtener información más precisa de las horas dedicadas, tomar en cuenta la cantidad de horas reales que le lleva a un estudiante realizar cada edición de un curso.

Se optó por dividir las horas de dedicación del estudiante durante el curso en: horas de teórico presencial, horas de práctico presencial, horas de práctico no presencial, horas de laboratorio presencial, horas de laboratorio no presencial, horas de evaluación y horas de estudio.

De esta forma, la cantidad de horas totales dedicadas por un estudiante en un cierto tema se calcula como la suma de los distintos tipos de horas que se utilizaron en dicho tema.

6.8.1.1 *Criterio para asignación del Rol de Responsable del Registro de Temas*

Como parte del “Proceso para Registro Cubrimiento Temático - Nuevo Curso” definimos un criterio para la asignación del rol “Responsable del registro de temas”. En base a este criterio se selecciona una persona que será la encargada de registrar los tiempos por tema para una edición de un curso. El criterio es el siguiente:

- Si el Responsable de la asignación de cubrimiento participa como estudiante del curso, éste será quien se encargue de registrar las horas por tema (o sea, el Responsable de de asignación de cubrimiento también actuará como Responsable del registro de temas).
- Si el Responsable de la asignación de cubrimiento no participa como estudiante del curso, se deberá evaluar si es viable delegar este tarea a un estudiante. El registro de tiempos por tema es entonces realizado por un estudiante, cuando el Responsable de la asignación del cubrimiento temático entiende que éste puede hacer la tarea y además el estudiante acepta la misma.
- En caso contrario, el Responsable del curso registra los temas y actúa también como Responsable del registro de temas.

Que el registro de tiempos por tema lo haga una única persona tiene sus pros y sus contras. El ser una única persona hace que el esfuerzo total sea menor y

el proceso quede más simple y fácil de gestionar. Sin embargo, al registrar la información de un único estudiante no se sabe con certeza si la información recolectada (de horas no presenciales) está de acuerdo al promedio del resto de los estudiantes.

Si se quisiera obtener la información real de dedicación temática para cada uno de los estudiantes, además de registrarse las horas presenciales (que podrían ser registradas por un único estudiante ya que coinciden para todos los estudiantes), cada uno de los estudiantes debería mantener un registro de su dedicación para las horas no presenciales. Sin embargo, hay que tener presente que para realizar el registro de tiempos por tema hay que seguir metódicamente el instructivo destinado para tal fin y que esto implica un esfuerzo adicional para los estudiantes. Consideramos que sería muy difícil lograr que todos los estudiantes accedan a realizar este trabajo extra con el nivel de detalle necesario. A su vez, tener múltiples estudiantes registrando los tiempos por tema implicaría un esfuerzo (tiempo) demasiado grande en relación al beneficio a obtener y complicaría la gestión y el seguimiento del proceso de evaluación de cubrimiento.

Otras opción posible sería que las horas de dedicación sean registradas por un conjunto acotado de estudiantes (por ejemplo entre dos y cuatro estudiantes) y que luego se tomen en cuenta los promedios y las desviaciones estándar. Sin embargo, este enfoque complejizaría el proceso definido en lo que refiere a la recolección y el análisis de los datos e implicaría un mayor esfuerzo. A su vez, hay que tener presente que para ciertos trabajos no presenciales (prácticos y laboratorios), podrían existir variaciones en los temas tratados dependiendo del trabajo que le fue asignado al estudiante. Por ejemplo, si a cada estudiante se le da un artículo distinto a leer, los temas podrían no coincidir para los distintos estudiantes. Para estos casos habría que también definir un criterio para determinar los tiempos por tema.

Por tales motivos, y con el fin de simplificar la etapa de registro de tiempos por tema, se definió que se seleccionará a una única persona como Responsable del registro de tiempos por tema. Consideramos que de esta forma igual se logra contar con información de buena calidad (con respecto a la dedicación real de los estudiantes), ya que las variaciones con respecto a las horas no presenciales deberían ser mínimas en relación a las horas totales de dedicación.

6.8.1.2 *Asignación de Horas a Temas*

Las horas presenciales son divididas en temas a medida que transcurre el curso. Para las horas no presenciales se toman las horas registradas por el Responsable del registro de temas como una estimación de la dedicación real pro-

medio del resto de los estudiantes. Se optó por tomar estas horas, en lugar de las estimadas por los docentes, ya que resulta complejo que los docentes puedan estimar con exactitud cuánto se va a dedicar a cada uno de los temas relacionados con un trabajo no presencial.

Para las horas de estudio es el único caso en que se toman en cuenta las horas estimadas y no las reales. En este caso se optó por estimar estas horas ya que las mismas varían mucho de estudiante a estudiante. Para un correcto aprovechamiento de cada curso se entiende que los estudiantes deben estudiar una hora por cada hora de teórico presencial, siendo la hora de estudio dedicada a los mismos temas que los tratados en el teórico presencial. Dicho de otra forma, la distribución y el valor de horas por tema para las Horas de estudio es igual a la de Horas de teórico presencial.

Como ya se menciona en la sección 6.8.1.1 esta forma de medición de las horas no presenciales tiene sus limitaciones. Teniendo en cuenta esto, el método propuesto cuenta con una etapa para la validación con el profesor Responsable.

El hecho de tomar en cuenta la cantidad de horas totales tiene como ventaja que permite tener un panorama más global acerca del cubrimiento temático obtenido. Sin embargo, las horas no presenciales son menos exactas ya que pueden presentar una variabilidad importante entre distintos estudiantes por lo que deben ser tomadas sólo como una aproximación.

6.8.2 *Mapeo de Temas a Tópicos*

El método definido asume que el cuerpo de conocimiento de referencia que se utiliza como base para evaluar el cubrimiento temático tiene una estructura jerárquica de forma arborescente, donde la cantidad de niveles de la jerarquía puede ser variable.

Para realizar el mapeo de los temas impartidos a los ítems del cuerpo de conocimiento de referencia, se optó por realizar, siempre que sea posible, este mapeo a nivel de tópico. Por tópico nos referimos a la unidad más granular del cuerpo de conocimiento de referencia; la idea es que partir de la información recolectada a este nivel, simplemente sumalizando, se pueda obtener la misma información en los niveles superiores de la jerarquía del cuerpo de conocimiento.

Al realizar un mapeo de temas a tópicos, pueden existir casos en que un tema impartido se corresponda con más de un tópico del cuerpo de conocimiento de referencia. En tales casos se decidió que se debe realizar un prorrateo para determinar cuántas horas le corresponden a cada tópico. Si se cuenta con diapositivas o material teórico, el prorrateo se hace considerando la cantidad de

hojas del tema asociadas específicamente al tópico en cuestión. Para el resto de los casos (por ejemplo horas no presenciales), se calcula en forma proporcional en base al peso de cada tópico en las horas totales consideradas para mapear.

A su vez, pueden existir casos en que los temas impartidos no puedan ser directamente mapeados a la unidad más granular del cuerpo de conocimiento de referencia (o sea a nivel de tópico). En dicho caso, se estableció que se debe buscar, partiendo de los niveles más detallados y yendo hacia los niveles menos detallados (niveles superiores de la jerarquía), si el tema impartido está relacionado con alguno de éstos ítems de conocimiento. En caso que exista un mapeo con algún nivel superior de la jerarquía del cuerpo de conocimiento se debe registrar el mapeo a ese nivel. Finalmente, si el tema no está relacionado con ningún ítem del cuerpo de conocimiento se deben registrar dichas horas por fuera de las áreas temáticas del cuerpo de conocimiento de referencia.

Para las horas de evaluación se procede de manera diferenciada al resto de los tipos de hora definidos. Se maneja un tratamiento especial ya que es común que en una evaluación de un curso se traten una amplia cantidad de temas y si se intentara dividir las horas por temas el prorrateo de horas a nivel de tópicos sería insignificante. En este caso la asignación se realiza de la siguiente forma:

- Si la evaluación está asociada solamente a un tema o a pocos temas, entonces se procede de igual manera que en la asignación de horas de los otros tipos de hora (se determina a qué tópicos se mapea el tema y se realiza un prorrateo).
- Si la evaluación cubre distintos tópicos, pero que están fuertemente vinculados a un ítem de conocimiento de un nivel superior de abstracción (menos detallado), se registran las horas como asociadas al ítem de conocimiento del nivel superior de abstracción (sin realizar un prorrateo entre los tópicos).
- Si la evaluación cubre distintos tópicos, que están vinculados a distintos ítems de conocimiento de un nivel superior de abstracción, se realiza un prorrateo pero entre los ítems de conocimiento del nivel superior.
- Si la evaluación no está asociada a temas que tengan una correspondencia con el cuerpo de conocimiento de referencia, se registra por fuera del mismo.

En la definición del método para evaluar cubrimiento se optó por definir que la actividad asociada al mapeo de temas a tópicos sea realizado por un Responsable para la asignación de cubrimiento. Cabe destacar que quien asuma

este rol debe contar con conocimientos sobre los temas impartidos y sobre el cuerpo de conocimiento de referencia. Esto es necesario para poder hacer un mapeo adecuado.

Uno de los principios, correspondientes a buenas prácticas para la evaluación de carreras indica que las buenas evaluaciones producen resultados razonablemente exactos y veraces (ver sección 4.1.2). Resulta entonces muy importante poder validar que la asignación de temas a tópicos y la distribución de horas en los mismos sea una adecuada representación de la realidad. Por tal motivo, se optó por tener una fase en el método para validar la asignación realizada. La validación es realizada con el profesor responsable del curso. A su vez, como parte de la validación, en caso de que el curso tenga trabajos prácticos y/o laboratorios no presenciales se le presenta al docente la cantidad de horas registradas para estos trabajos. En caso de haber desviaciones en las horas no presenciales con respecto a las horas estimadas en el programa para estos fines se discute con el docente si es conveniente dejar las horas reales (por ejemplo cuando el trabajo propuesto se sabe que tuvo más horas que las indicadas en el programa) o si habría que considerar las horas que dice el programa (por ejemplo cuando se hizo un trabajo con mayor profundidad y esfuerzo (horas) que el esperado).

6.8.3 *Cursos Nuevos y Cursos bajo Gestión de la Configuración*

Tal como se describe en el capítulo 5, cada vez que se dicta un nuevo curso se tiene una nueva edición del mismo. En las distintas ediciones de un curso pueden existir variaciones en la dedicación y en los temas impartidos. Por ejemplo, se puede decidir quitar un tema, modificar la carga horaria de un tema o agregar algún tema de interés. Debido a esto, para poder realizar una evaluación continua de la carrera es importante registrar el cubrimiento temático de cada edición de los cursos.

Como ya se mencionó el proceso de evaluación de cubrimiento categoriza los cursos en: Cursos nuevos y Cursos bajo gestión de la configuración.

En la búsqueda de alternativas para definir los pasos a seguir para realizar la asignación de cubrimiento de los cursos que están bajo gestión de la configuración manejamos dos opciones posibles:

1. Registrar solamente las modificaciones con respecto a la edición anterior del curso.
2. Registrar siempre todos los tiempos por tema y después analizar los temas con diferencias con respecto a la edición anterior del curso.

El registro de tiempos por tema y el mapeo de los temas a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia son actividades que requieren de mucho esfuerzo. La primera alternativa, busca reutilizar al máximo la asignación de cubrimiento temático realizada para la edición anterior del curso. Al registrar solamente las modificaciones planificadas con respecto a la edición anterior del curso se minimiza de forma considerable el esfuerzo asociado al trabajo de realizar la asignación del cubrimiento temático.

La segunda alternativa brinda resultados más exactos para la nueva edición del curso. Sin embargo, resulta considerablemente más costosa que la primera ya que implica que cada vez que se dicte una nueva edición del curso se deba realizar todo el análisis nuevamente, o sea que se deba realizar la recolección de los tiempos por tema y el mapeo al cuerpo de conocimiento en cuestión.

A su vez, hay que tener presente que si se decidiera registrar siempre los tiempos de cada tema, independientemente que el docente no tenga pensado hacer cambios en el curso (tenga estimada la misma dedicación horaria para cada uno de los temas con respecto a la edición anterior del curso), en la mayoría de los casos igualmente van a existir diferencias de dedicación por tema. Esto se debe a que el tiempo que efectivamente se dedica a un tema puede variar, en más o menos con respecto a lo planeado, dependiendo de aspectos tales como: los conocimientos del grupo de alumnos, las preguntas realizadas, el interés por el tema en cuestión por parte de los alumnos, etc. Estas diferencias no deberían generar grandes impactos en cuanto a la información de cubrimiento pero generan un costo adicional importante.

Uno de los principios, correspondientes a buenas prácticas para la evaluación de carreras indica que las buenas evaluaciones son efectivas en relación al costo, especialmente en términos de tiempo (ver sección 4.1.2). Entonces, teniendo en cuenta este principio y en base a los motivos expuestos previamente, se optó por utilizar la primera alternativa: Registrar solamente las modificaciones.

6.9 TRABAJOS A FUTURO

El método definido analiza el cubrimiento temático en horas. Esto tiene ciertas limitantes, ya que el hecho de que se le dediquen varias horas a un tema no asegura que el estudiante adquiera los niveles de conocimientos deseados.

A su vez, podrían existir cursos que enseñen exactamente el mismo tema, con el mismo nivel de profundidad. El método que definimos sumaría “doble” las horas de dedicación al tema (logrando una mayor dedicación temática en dicho tema) y no hay forma de diferenciar estas horas “dobles” de las horas que fueron registradas de forma “simple”. No obstante, el tener los datos de

cubrimiento temático, sirve para la mejora continua de una carrera ya que estos resultados luego se pueden contrastar con otras evaluaciones.

Con respecto al método para evaluación de cubrimiento temático definido, consideramos que a futuro se podría trabajar en al menos cuatro aspectos:

1. Construir un sistema de información, con una base de datos relacional como repositorio de los datos, para dar soporte al mismo. Contar con un sistema de información para tal fin resultaría muy útil por un tema de escala; en la medida en que el volumen de datos con que se cuente crezca mucho las planillas van a resultar difíciles de mantener y gestionar.
2. Mejorar la forma de medir las horas no presenciales. Para esto se podría cambiar el criterio de asignación del rol de "Responsable del Registro de Temas" para permitir tener más de un estudiante por curso registrando su dedicación temática. Hay que tener presente que esto implicaría cambiar el proceso y definir una forma para consolidar la información registrada por los distintos estudiantes. El proceso pasaría a ser más complejo de gestionar y requeriría un mayor esfuerzo en horas. A su vez, hay que tener presente que no es sencillo encontrar más estudiantes que estén dispuestos a realizar un trabajo extra.
3. Realizar una encuesta a las distintas personas que utilizaron el proceso, en base a los roles que ocuparon en el uso del mismo. En dicha encuesta se podría consultar, por ejemplo, si resultó sencillo seguir el proceso, qué tan útiles fueron los instructivos, qué dificultades encontraron, qué opinan sobre la relación costo/beneficio, qué opinan sobre la información que se puede obtener mediante la aplicación del método, etc.
4. Utilizar el método definido en otro caso de estudio, además del ya realizado, para asegurarnos que no hayan aspectos prácticos (que puedan surgir en otras aplicaciones) no considerados desde la teoría.

A su vez, más allá de la evaluación del cubrimiento temático, existen otras perspectivas a evaluar que resultan muy interesantes. Por ejemplo, cómo se conforma el cuerpo docente, qué habilidades adquieren los estudiantes al egresar, qué nivel de Bloom adquiere un egresado en cada tópico introducido durante la carrera, cuánto ha mejorado en conocimientos un egresado comparado con su conocimiento al ingreso de la carrera, se están logrando los objetivos esperados estipulados en el plan, etc. Por tales motivos nos planteamos desarrollar como trabajo a largo plazo un Marco de Evaluación de Implementaciones de planes de estudio basados en guías o sugerencias de currículos internacionales que

contemple todas estas perspectivas además de la evaluación del cubrimiento temático.

EVALUACIÓN DE CUBRIMIENTO TEMÁTICO DE LA EIS

El método de evaluación de cubrimiento definido en el capítulo 6 fue utilizado en un caso de estudio en particular: evaluar el cubrimiento temático de la Especialización en Ingeniería de Software (EIS) del CPAP con respecto al CBOOK del GSwE2009.

Se optó por evaluar la Especialización en lugar de la Maestría ya que los planes de estudio son iguales sólo que la EIS no requiere la realización de una tesis. O sea, para el análisis del cubrimiento temático se tomaron en cuenta los cursos de las carreras (que coinciden) pero no se consideró la tesis, ya que los temas cubiertos en las mismas varían mucho dependiendo del área temática de cada tesis.

En este capítulo se presenta la aplicación del método definido para la evaluación de cubrimiento temático de la EIS y los resultados obtenidos.

En la sección 7.1 se describen los cursos que fueron considerados para la evaluación de cubrimiento temático. Luego en la sección 7.2 se presenta una comparación de cubrimiento temático de la EIS con respecto al GSwE2009. En particular se presentan resultados de: cubrimiento temático, esfuerzo y balance. En la sección 7.3 se realiza una comparación de los resultados obtenidos en esta ejecución de la implementación del plan con respecto al Plan de estudios definido para la EIS. Finalmente en la sección 7.4 se presentan las conclusiones sobre la evaluación realizada, sobre el uso del método y los trabajos a futuro relacionados con la evaluación de la EIS.

7.1 DEFINICIÓN DE CURSOS A EVALUAR

La primera generación de estudiantes de la EIS comenzó sus cursos en abril de 2012. A partir del inicio de la EIS, para cada uno de los cursos dictados en la misma, se viene realizando la evaluación de cubrimiento temático siguiendo el método definido.

La implementación del Plan de estudios de la EIS está formada por un conjunto de cursos obligatorios y otros opcionales. Por ende, no todos los estudiantes de una generación asisten a los mismos cursos. En base a la información recolectada a partir de la aplicación del método de evaluación de cubrimiento, se realizó un análisis del cubrimiento alcanzado para los cursos más relevan-

tes que fueron cursados por la primera generación de estudiantes de la EIS. Esta generación culminó la realización de los cursos a finales de 2013. Los cursos más relevantes son aquellos cursos obligatorios y optativos que están más fuertemente vinculados con la ingeniería de software.¹⁴

El conjunto de cursos seleccionados para la evaluación representa una carga de trabajo equivalente a 69 créditos; sin embargo la EIS exige un total de 70 créditos en cursos. Se optó por no agregar más cursos en la evaluación del cubrimiento ya que se prefirió contar con un conjunto de cursos que tuvieran una carga de trabajo lo más similar posible a la exigida por la EIS.

A continuación se describen brevemente los cursos que fueron tenidos en cuenta para el análisis del cubrimiento temático.

- Prácticas de Desarrollo de IS - Requisitos
 - Temas principales del curso: fundamentos del área de ingeniería de requisitos. El curso está basado en el *SWEBOK Certificate Program*(SCP).¹⁵
 - # Créditos: 2.
- Prácticas de Desarrollo de IS - Diseño de Software
 - Temas principales del curso: fundamentos del diseño de software. El curso está basado en el SCP.
 - # Créditos: 2.
- Prácticas de Desarrollo de IS - Construcción
 - Temas principales del curso: fundamentos de la construcción de software. El curso está basado en el SCP.
 - # Créditos: 2.
- Prácticas de Desarrollo de IS - Testing
 - Temas principales del curso: fundamentos del testing de software. El curso está basado en el SCP.
 - # Créditos: 2.
- Arquitectura de Software

¹⁴ Luego, para la generación que ingresó en el año 2014, la mayoría de los cursos que fueron considerados como más relevantes en este análisis fueron definidos como obligatorios en la implementación del plan de estudios.

¹⁵ <http://www.computer.org/portal/web/certification/training/rep>s

- Temas principales del curso: conceptos básicos de la arquitectura de software, importancia y rol de la arquitectura de software dentro del proceso de desarrollo y rol del arquitecto de software.
- # Créditos: 10.
- Costos para Ingeniería de Software
 - Temas principales del curso: fundamentos de la economía aplicada al software, herramientas utilizadas para presentar ideas y proyectos desde el punto de vista económico.
 - # Créditos: 5.
- Gestión de la Configuración
 - Temas principales del curso: fundamentos y prácticas de la gestión de la configuración, presentación de aspectos teóricos de la disciplina así como también ejemplos prácticos reales.
 - # Créditos: 3.
- Modelado y Simulación de Procesos de Negocio
 - Temas principales del curso: fundamentos del modelado de procesos de negocio, buenas prácticas del modelado, introducción a la simulación de procesos de negocio, estándar *Business Process Model and Notation* (BPMN 2.0).
 - # Créditos: 4.
- Introducción al CMMI-DEV
 - Temas principales del curso: introducción al proyecto CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) del Software Engineering Institute (SEI) y profundización en la constelación de CMMI-DEV (*Development*).
 - # Créditos: 3.
- Inspección de Software: El proceso de Inspección
 - Temas principales del curso: técnica de inspección de software, el proceso de inspección de software, uso de los métodos estadísticos de la gestión de la calidad.
 - # Créditos: 5.
- Estimación de Proyectos de Desarrollo y Mantenimiento de SW

- Temas principales del curso: desarrollo de estimaciones para proyectos de desarrollo y mantenimiento de software, comunicación de las estimaciones e inclusión de las estimaciones en los contratos.
- # Créditos: 3.
- Testing en el proceso de desarrollo de software
 - Temas principales del curso: conceptos, métodos, técnicas y procesos relativos a las múltiples actividades del testing dentro del proceso de desarrollo.
 - # Créditos: 8.
- Mantenimiento de Software
 - Temas principales del curso: principios del mantenimiento de software y de su evolución, fundamentos para efectuar, controlar y gestionar cambios en sistemas de software.
 - # Créditos: 5.
- Construcción de Software
 - Temas principales del curso: fundamentos de la construcción de software, elementos básicos que componen una solución de software y buenas prácticas para mejorar la calidad del código.
 - # Créditos: 4.
- Gestión de Proyectos de Software
 - Temas principales del curso: fundamentos de la gestión de proyectos, técnicas existentes para especificar, planificar, ejecutar y controlar proyectos, a fin de lograr proyectos “exitosos”.
 - # Créditos: 7.
- Introducción al CMMI-ACQ
 - Temas principales del curso: conceptos básicos del modelo CMMI-ACQ.
 - # Créditos: 4.

La descripción completa de los cursos puede encontrarse en: <http://www.fing.edu.uy/cpap/cursos>.

7.2 COMPARACIÓN CON EL GSWE2009

Tal como se menciona en el capítulo 3 el Plan de estudios de la EIS fue definido tomando como referencia el GSwE2009. En particular las Áreas de Conocimiento definidas en el Plan de estudio coinciden con las 11 KA del CBOK. Resulta interesante entonces, poder evaluar cómo se cubre temáticamente el CBOK en la EIS.

En este trabajo definimos “cómo se cubre temáticamente” como conocer qué temas son cubiertos y cuántas horas dedica en cada tema un estudiante considerando los cursos de la EIS. Para esto se utiliza la información obtenida a partir de la aplicación del método para evaluación del cubrimiento temático.

A continuación se presentan los resultados de cubrimiento temático, esfuerzo temático y balance para los cursos seleccionados de la EIS en comparación con el GSwE2009. Estos resultados fueron extraídos de forma directa a partir de la información registrada en la herramienta de soporte (ver sección 6.7).

7.2.1 *Cubrimiento Temático*

En esta sección se presenta el análisis del cubrimiento de los temas del GSwE2009 mostrando cuáles de estos temas son considerados en los cursos de la EIS. Esto da una visión a nivel de KA, Unidad y Tópico de cuáles temas han sido abordados y cuáles no.

El conjunto de cursos considerado para el análisis tiene una dedicación horaria total de aproximadamente 970 horas. De estas horas, un total de 897 horas se utilizan para dictar temas pertenecientes al CBOK y sólo 73 horas se dedican a temas por fuera del CBOK (esto representa menos de un 8 % del total de horas de la EIS).

Como ejemplo del tipo de resultado que se puede obtener, la parte superior de la figura 32 presenta el cubrimiento alcanzado a nivel de KA, Tópico y Unidad para la KA “Ética y Conducta Profesional” y la parte inferior el cubrimiento alcanzado para la KA “Testing” considerando las horas totales (horas presenciales y no presenciales). Este tipo de información sirve para conocer qué KA, Unidades y/o Tópicos no están cubiertos o están bien cubiertos por la Implementación del Plan de estudios (respecto a GSwE2009).

Como ya se mencionó en la sección 2.4, el CBOK está organizado de forma jerárquica en tres niveles. El primer nivel son las KA. Cada KA es dividida en Unidades y cada Unidad en Tópicos.

Se define que un Tópico del GSwE2009 está cubierto por la EIS si aplicando el método descrito en el capítulo 6, se asignaron horas al mismo. Los Tópicos

A - Ética y Conducta Profesional	
1 - Cuestiones sociales, legales e históricas	1.1 - Confidencialidad de datos y seguridad, vigilancia y privacidad 1.2 - Cuestiones de desarrollo histórico, sexo, minorías y culturas 1.3 - Contratos y responsabilidad, propiedad intelectual y libertad de la información 1.4 - Delito informático y la aplicación de la ley
2 - Códigos de ética y conducta profesional	2.1 - Responsabilidad frente a la sociedad 2.2 - Modelos para el profesionalismo y Sociedades Profesionales 2.3 - Código de ética y práctica
3 - La naturaleza y el rol de los estándares de la ingeniería de software	3.1 - Naturaleza y rol de los estándares 3.2 - Estándares internacionales, estándares y organizaciones de armonización 3.3 - Cuerpos de conocimiento, prácticas aceptadas y mejores prácticas
F - Testing	
1 - Fundamentos del testing	1.1 - Testing de sistema y testing de software 1.2 - Terminología relacionada al testing 1.3 - Cuestiones claves 1.4 - Relaciones entre el testing y otras actividades
2 - Niveles de pruebas	2.1 - El blanco del testing 2.2 - Los objetivos del testing 2.3 - Pruebas de componentes 2.4 - Pruebas de integración 2.5 - Pruebas de sistema 2.6 - Pruebas de aceptación
3 - Técnicas de testing	3.1 - Basadas en la intuición y experiencia del verificador 3.2 - Basadas en la especificación 3.3 - Basadas en el código 3.4 - Basadas en las fallas 3.5 - Basadas en el uso 3.6 - Basadas en la naturaleza de la aplicación 3.7 - Selección y combinación de técnicas
4 - Mediciones relacionadas a las pruebas	4.1 - Evaluación del programa o sistema bajo prueba 4.2 - Evaluación de las pruebas realizadas
5 - Proceso de Prueba	5.1 - Referente a la gestión 5.2 - Actividades de pruebas

Figura 32: Cubrimiento temático para Ética y Conducta Profesional y Testing

Área de Conocimiento	%Tópicos Cubiertos
A - Ética y Conducta Profesional	20,00%
B - Ingeniería de Sistemas	7,69%
C - Ingeniería de Requisitos	90,63%
D - Diseño de Software	100,00%
E - Construcción de Software	100,00%
F - Testing	95,24%
G - Mantenimiento de Software	93,33%
H - Gestión de la Configuración	92,31%
I - Gestión de la Ingeniería de Software	76,47%
J - Procesos de la Ingeniería de Software	93,33%
K - Calidad del Software	72,73%

Figura 33: Cubrimiento Temático a Nivel de KA

coloreados con verde son cubiertos por algún curso de la EIS y los coloreados con naranja no son cubiertos.

El cubrimiento de Unidades se define en base al porcentaje de Tópicos cubiertos de la misma: entre 0 y 15 % No Cubierto (NC), entre +15 % y 50 % Cubierto Parcialmente (CP), entre +50 % y 85 % Cubierto Ampliamente (CA) y entre +85 % y 100 % Totalmente Cubierto (TC). Para la definición de estos porcentajes y conceptos se tomó como base el estándar ISO/IEC 15504-2 [ISO/IEC, 2003]. Las Unidades se colorean entonces según el concepto: las NC en naranja, CP en amarillo, CA en verde claro y TC en verde. Definimos que la Unidad está cubierta cuando está CP, CA o TC. Este concepto se usa para definir el cubrimiento de las KA.

Para las KA se utiliza lo mismo que para las Unidades pero se consideran las Unidades en lugar de los Tópicos. O sea, el cubrimiento de la KA se determina según el porcentaje de Unidades cubiertas de la misma. Las KA se colorean de igual forma que las Unidades, en base al concepto de la misma.

En el ejemplo que se presenta en la figura 32 se puede ver que la KA “Ética y Conducta Profesional” así como sus Unidades y Tópicos no son casi cubiertos en la EIS y que la KA “Testing” es ampliamente cubierta por la EIS (se cubren todos los Tópicos de la misma salvo uno).

En la figura 33 se presenta el cubrimiento temático alcanzado, utilizando los colores mencionados previamente, para cada una de las KA del GSwE2009. También se muestra el porcentaje de Tópicos cubiertos para cada una de las mismas.

La figura 34 muestra el cubrimiento a nivel de Unidad para cada KA. O sea, para cada KA se muestra el porcentaje de Unidades no cubiertas, cubiertas

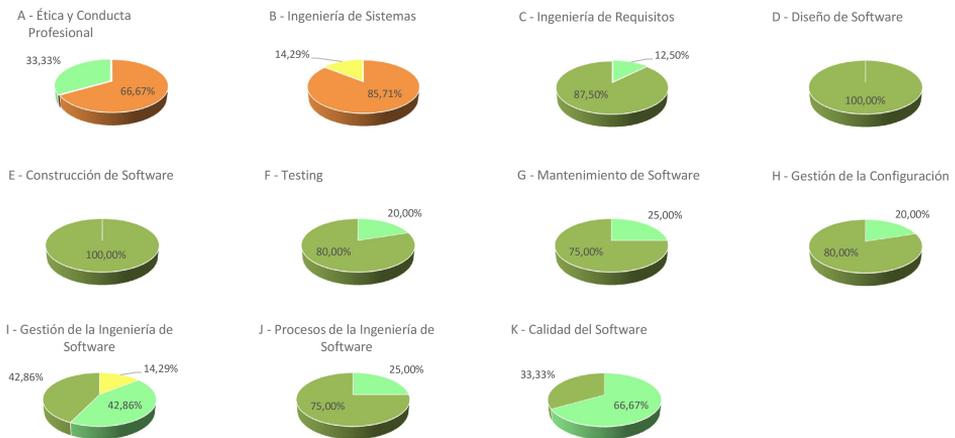


Figura 34: Cubrimiento de Unidades para cada KA

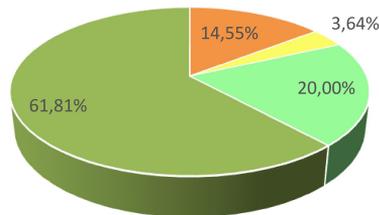


Figura 35: Unidades NC, CP, CA y CT

parcialmente, cubiertas ampliamente y cubiertas totalmente. Este tipo de figura permite mostrar información más detallada que la que se presenta en la figura 33. Por ejemplo, de las KA que están cubiertas totalmente, se puede observar que “Calidad del Software” tiene una cantidad significativa de Unidades que están cubiertas ampliamente. A su vez, la KA de “Gestión de la Ingeniería de Software” tiene un porcentaje de Unidades cercano al 14% que están cubiertas parcialmente. En ambos casos surgen oportunidades para mejorar la EIS.

Luego, en la figura 35 se presenta el porcentaje de Unidades por concepto. Finalmente, respecto al cubrimiento temático, de los 202 Tópicos del GSwE2009, 164 son cubiertos por la EIS. Esto representa un 81%.

Además de realizarse este tipo de análisis considerando las horas totales de dedicación del estudiante, se optó por realizar el mismo análisis pero considerando solamente las horas de contacto (tal como se mencionó previamente, las horas de contacto son más exactas que las hora totales, ya que para las horas

Área de Conocimiento	%Tópicos Cubiertos (Horas Totales)	%Tópicos Cubiertos (Horas de Contacto)
A - Ética y Conducta Profesional	20,00%	20,00%
B - Ingeniería de Sistemas	7,69%	7,69%
C - Ingeniería de Requisitos	90,63%	90,63%
D - Diseño de Software	100,00%	100,00%
E - Construcción de Software	100,00%	100,00%
F - Testing	95,24%	95,24%
G - Mantenimiento de Software	93,33%	93,33%
H - Gestión de la Configuración	92,31%	92,31%
I - Gestión de la Ingeniería de Software	76,47%	73,53%
J - Procesos de la Ingeniería de Software	93,33%	93,33%
K - Calidad del Software	72,73%	72,73%

Figura 36: Cubrimiento Temático a Nivel de KA, Comparación entre Horas Totales y Horas de Contacto

no presenciales podría existir una variabilidad importante entre los distintos estudiantes del curso).

Al analizar el resultado del cubrimiento temático expresado en colores a nivel de KA para las horas de contacto se observó que el resultado de cubrimiento temático coincide con el obtenido cuando se consideran las horas totales. A su vez, el porcentaje de Tópicos cubiertos para cada una de las mismas coincide para todas las KA, salvo para “Gestión de la Ingeniería de Software” que es levemente menor que si se consideran las horas totales. Esto se puede ver en la figura 36.

Este tipo de análisis, utilizando colores por concepto, permite a nivel de Tópico, Unidad o KA tener una rápida visión de qué temas son poco cubiertos o que no se cubren en lo absoluto. Esto permite detectar oportunidades de mejora en la EIS. Por ejemplo, se podrían elaborar nuevos cursos que aborden ciertas temáticas no cubiertas o distribuir estos temas en uno o varios cursos ya existentes si se cree que es necesario y positivo cubrirlos.

7.2.2 Esfuerzo Temático

En este análisis utilizamos el término esfuerzo temático para hacer referencia a la dedicación temática (expresada en horas). El GSwE2009 define a nivel de KA el esfuerzo temático que se estima que es necesario para que los estudiantes asimilen los temas tratados con el nivel de profundidad deseado. Se optó por

utilizar en este caso el término esfuerzo temático, en lugar de dedicación, con el objetivo de respetar la terminología utilizada en el GSwE2009.

El esfuerzo temático puede ser estudiado a nivel de KA, Unidad o Tópico. En este caso particular se presentan los resultados a nivel de KA porque se desea realizar una comparación con el GSwE2009. El GSwE2009 presenta una distribución en porcentajes del esfuerzo esperado necesario para asimilar los temas únicamente a nivel de KA. Además, plantea que el CBOOK debe ocupar alrededor del 50 % del tiempo dedicado a la maestría para alcanzar los niveles de Bloom esperados. El resto del tiempo es utilizado en cursos opcionales (que pueden o no buscar cubrir el CBOOK), en cursos destinados a cubrir contenidos específicos de la universidad y en la experiencia final.

En particular, y como ya fue mencionando, el GSwE2009 propone utilizar 200 horas presenciales para impartir el CBOOK de forma de alcanzar la profundidad establecida en el propio currículo. Además, el currículo establece que cada hora presencial requiere de entre 2 y 3 horas más de estudio individual. Considerando esto, se tiene que, para abordar con la profundidad deseada los temas del GSwE2009, se requieren entre 600 ($200+2*200$) y 800 ($200+3*200$) horas totales.

Para dividir el esfuerzo esperado por KA se utilizan los porcentajes presentados en el CBOOK (ver figura 5). Estos porcentajes son aproximados y por eso mismo indican un máximo y un mínimo. Esto es razonable que así sea por la dificultad (verdaderamente imposible) que presenta establecer esfuerzos exactos en horas para alcanzar ciertos niveles de conocimiento. Para nuestro análisis utilizamos el mayor porcentaje del rango, de esta forma intentamos asegurar que las horas que nuestros estudiantes utilizan en cada KA son suficientes para alcanzar los conocimientos esperados al egreso referidos al CBOOK.

Aspiramos a que el esfuerzo dedicado en los temas de nuestra EIS sea similar al del GSwE2009. En este caso particular, mediante el uso del total de horas por KA, consideramos que el esfuerzo es similar al del GSwE2009 cuando las horas de la EIS están por encima de las horas sugeridas por el GSwE2009 utilizando 800 horas totales (el máximo sugerido por el GSwE2009).

En el cuadro 11 se presentan los resultados de este análisis. La primer columna es la KA, la segunda el porcentaje máximo sugerido por el GSwE2009 (suman más de 50 % ya que utilizamos el mayor porcentaje del rango para cada una de las KA), la tercera son las horas totales en cada KA distribuidas según los porcentajes máximos, utilizando un total de 600 horas de dedicación al CBOOK, la cuarta son las horas totales en cada KA, distribuidas según los porcentajes máximos, utilizando un total de 800 horas de dedicación al CBOOK y la última columna presenta las horas totales calculadas para la EIS. El color de la última columna indica la satisfacción del esfuerzo temático, medido en horas,

Cuadro 11: Comparación de Esfuerzo en Horas Totales del CBOK

KA	% por KA	Basado en	Basado en	EIS (hs)
		600 hs (hs)	800 hs (hs)	
ECP	2	12,0	16,0	3,0
ISis	3	18,0	24,0	1,3
IR	8	48,0	64,0	44,8
DS	11	66,0	88,0	156,8
CS	3	18,0	24,0	67,5
TST	6	36,0	48,0	108,3
MS	4	24,0	32,0	55,0
GC	3	18,0	24,0	68,5
GIS	9	54,0	72,0	228,6
PIS	4	24,0	32,0	80,8
CalS	4	24,0	32,0	82,0

en comparación con el GSwE2009. El color rojo indica que se está por debajo de las horas sugeridas utilizando 600 horas totales. Esto para nosotros significa que se está lejos del mínimo deseado. El color amarillo indicaría que se utiliza un número mayor de horas que lo sugerido respecto a 600 horas totales pero no mayor respecto a 800 horas totales (esto no sucedió al evaluar la EIS). El color verde indica que las horas de la EIS superan las sugeridas con 800 horas totales; que es lo que deseamos.

Este resultado permite comparar el esfuerzo temático con el propuesto en el GSwE2009 (al menos utilizando la medida de horas dedicadas por KA). Podemos observar que hay tres KA que no son adecuadamente tratadas en la EIS. En particular las dos primeras ya lo sabíamos del análisis anterior, pero resulta que si bien Ingeniería de Requisitos es ampliamente cubierta temáticamente en sus Unidades y Tópicos (análisis de la sección 7.2.1) no se le dedica el tiempo suficiente como para poder tratar estos temas con la profundidad que deseamos

alcanzar. Este análisis brinda también oportunidades de mejora identificando áreas que deben contar con más horas de dedicación.

7.2.3 *Balance Temático*

Tal como se mencionó previamente, el GSwE2009 define la distribución del esfuerzo a nivel de KA del CBOOK (ver figura 5). O sea, para cada KA se establece un rango de porcentajes (mínimo y máximo), que indican el peso relativo en horas que se recomienda dedicar a la KA con respecto al total de horas dedicadas al CBOOK, para lograr los niveles de profundidad deseados.

Estos porcentajes (establece explícitamente el GSwE2009) deben utilizarse como una guía y no como una especificación exacta de un currículo. El GSwE2009 plantea que el CBOOK debe ocupar alrededor del 50 % del tiempo dedicado a la maestría para alcanzar los niveles de Bloom esperados. La EIS busca ocupar el esfuerzo total de la misma para lograr el dominio del CBOOK. Debido a esto, para la comparación de balance temático, se utiliza la distribución del esfuerzo del CBOOK como el 100 % del esfuerzo total (y no el 50 %).

Las figuras 37 y 38 presentan de dos formas distintas los resultados de la comparación del balance de la EIS con respecto al GSwE2009. La figura 37 muestra el porcentaje mínimo y máximo propuesto por el GSwE2009 para cada una de las KA y el porcentaje de esfuerzo total para la EIS. La última columna indica si el porcentaje de esfuerzo de la EIS está por debajo del mínimo (pirámide invertida roja), por arriba del máximo (pirámide verde) o entre el mínimo y el máximo (tilde verde) de los porcentajes propuestos por el GSwE2009. La figura 38 muestra exactamente lo mismo pero con una gráfica de puntos. Esta figura permite ver más claramente cómo la distribución de la EIS “sigue” la forma conformada por los mínimos y máximos establecidos en el GSwE2009.

Este análisis muestra que el balance de la EIS difiere “mucho” del balance del GSwE009 en las KA de: Ética y Conducta Profesional, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería de Requisitos y Gestión de la Ingeniería de Software. Para las tres primeras KA el porcentaje de esfuerzo dedicado es menor y para la última mayor. A su vez, se puede ver que el resto de las KA tienen una distribución que podría llamarse adecuada (es muy cercana o está dentro del área determinada por los mínimos y máximos).

Este tipo de análisis puede ser utilizado en conjunto con el análisis de cubrimiento y esfuerzo temático. Para lograr cubrir los temas que no son cubiertos, o que no están siendo cubiertos con la profundidad necesaria, se deben agregar nuevos cursos o cambiar los existentes. En cualquiera de los dos casos esto implica cambiar el balance de la implementación del Plan de estudios. Entonces,

Área de Conocimiento	%Min	%Max	% EIS	Comparación
A - Ética y Conducta Profesional	2	4	0,0	▼
B - Ingeniería de Sistemas	4	6	0,0	▼
C - Ingeniería de Requisitos	12	16	5,0	▼
D - Diseño de Software	18	22	17,0	▼
E - Construcción de Software	2	6	8,0	▲
F - Testing	8	12	12,0	✓
G - Mantenimiento de Software	6	8	6,0	✓
H - Gestión de la Configuración	4	6	8,0	▲
I - Gestión de la Ingeniería de Software	14	18	26,0	▲
J - Procesos de la Ingeniería de Software	6	8	9,0	▲
K - Calidad del Software	6	8	9,0	▲

Figura 37: Balance Temático

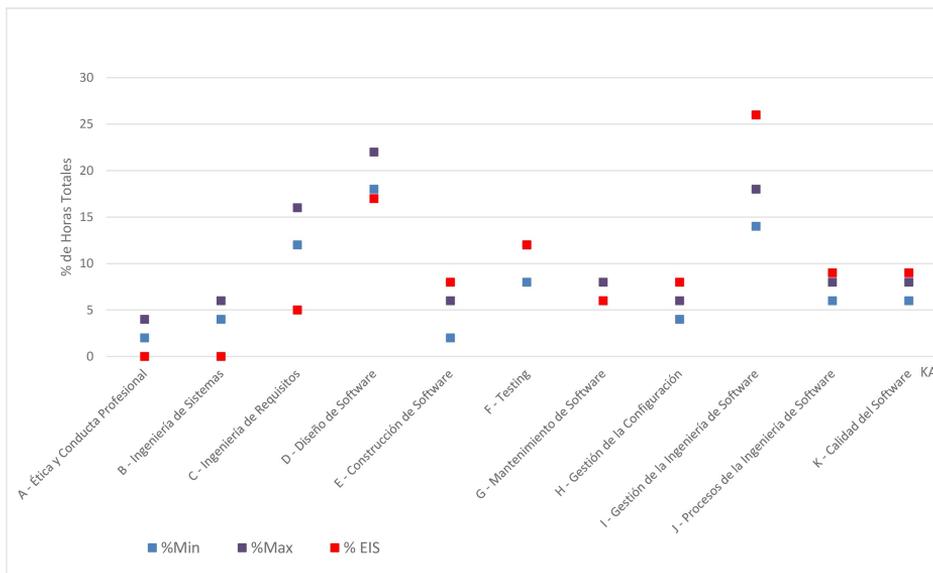


Figura 38: Balance Temático, vista en gráfico de puntos

conocer el balance y poder compararlo con el del GSwE2009 ayuda a tomar este tipo de decisiones. A modo de ejemplo, en el caso de la EIS, se debería analizar si sería conveniente remover parte del esfuerzo destinado a la KA de Gestión de la Ingeniería de Software, para alocar dicho esfuerzo a otras KA con menor cobertura. También podría pasar que por distintas razones se desee tener un balance distinto al propuesto por el GSwE2009. En dicho caso es una buena práctica documentarlo.

7.3 COMPARACIÓN CON EL PLAN DE ESTUDIOS

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos en esta ejecución de la implementación del plan con respecto al Plan de estudios definido para la EIS. En particular se hace un análisis para evaluar la cantidad de Materias del plan que fueron cubiertas con al menos un crédito y se compara las horas reales en relación a las horas estimadas en base a los créditos para cada uno de los cursos analizados.

7.3.1 *Créditos por Materia*

Tal como se menciona en la sección 3.3.1, la arquitectura del Plan de estudios de la EIS exige que los estudiantes deban contar con al menos un crédito en al menos 6 Materias (Áreas de Conocimiento del CBOK). Esto significa que podrían no tratarse temas de 5 KA. Esta decisión, pone en riesgo el poder alcanzar el resultado esperado al egreso del GSwE2009 de dominar el CBOK.

Resulta interesante entonces verificar qué fue lo que sucedió en la ejecución de la implementación del plan asociada a los cursos seleccionados para evaluar, con respecto a la cantidad de Materias cubiertas con al menos un crédito. O sea, se desea determinar si se pudo a nivel de implementación del plan lograr una mejor cobertura de las KA que la requerida como mínimo en el Plan de estudios.

Tal como se menciona en la sección 3.1 un crédito equivale a 15 horas de trabajo del estudiante. Entonces, para calcular la cantidad de créditos por Materia lo que se hace es sumar las horas dedicadas a cada una de las KA y luego dividir estas horas entre 15.

En base a la información recolectada a partir de la aplicación del método de evaluación de cubrimiento se realizó este cálculo para obtener la cantidad de créditos por Materia. Como resultado se obtuvo que se cuenta con al menos un crédito en 9 de las 11 Materias. O sea, esta implementación del plan logra un mejor dominio del CBOK que el requerido como mínimo en el Plan de estudios.

Las únicas dos Materias para las cuales se les dedica menos de un crédito son: Ética y Conducta Profesional e Ingeniería de Sistemas.

En la figura 39, se presenta la dedicación temática de cada uno de los cursos analizados. Si se analiza la información presentada de forma horizontal (filas de la grilla), se puede ver para cada uno de los cursos la cantidad de horas del mismo que se le dedica a cada una de las KA del CBOK. En la última columna se muestra cuántas horas se le dedica a temas por fuera del CBOK. Esta figura permite ver claramente que muchos de los cursos dictados en la EIS son bastante transversales en lo que refieren al cubrimiento del CBOK (tratan temas de varias KA).

Por otro lado, si se analiza de forma vertical la información presentada en dicha figura, se puede obtener la dedicación horaria total para cada una de las KA del CBOK y de los temas por fuera del mismo. Las horas totales de las KA de Ética y Conducta Profesional e Ingeniería de Sistemas están marcadas en rojo ya que son las únicas dos KA que tienen una dedicación horaria total inferior a 15 horas (un crédito).

7.3.2 *Horas Reales vs. Créditos*

Como ya se mencionó en la sección 6.8.1, el método definido para evaluar el cubrimiento utiliza las horas reales que le lleva a un estudiante realizar dicho curso (presenciales y no presenciales). En particular, para las horas no presenciales de práctico y laboratorio se toman las horas registradas por un estudiante como una estimación de la dedicación real promedio del resto de los estudiantes. Las horas de estudio son el único caso en que se toman horas estimadas y no reales y se asume que los estudiantes deben estudiar una hora por cada hora de teórico presencial.

Esta forma de determinar las horas no presenciales tiene sus limitaciones; si bien sabemos que existe variabilidad entre las horas no presenciales para los distintos estudiantes, no tenemos cuantificado cuánto es. Por tal motivo, se optó por realizar una comparación entre las horas reales y las horas calculadas en base a los créditos de los cursos (o sea las horas establecidas en el programa del curso). En la figura 40 se presentan los resultados de este análisis. Para cada uno de los cursos se muestran los siguientes datos: la cantidad de créditos, las horas que se estiman en base a los créditos, las horas reales registradas, la diferencia entre las horas reales y las horas estimadas, el porcentaje de desvío (que representa la diferencia entre las horas reales y las estimadas con respecto a las horas estimadas en base a los créditos) y por último la diferencia en horas medida en créditos.

Curso	Áreas de Conocimiento											Temas por fuera CBOK
	ECP	ISIS	IR	DS	CS	TST	MS	GC	GIS	PIS	CaIS	
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Requisitos		✓ 0,3	✓ 21,25									
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Diseño de Software				✓ 21								
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Construcción					✓ 14							
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Arquitectura de Software				✓ 126	✓ 18	✓ 21				✓ 1		
Costos para Ingeniería de Software									✓ 77,5			
Gestión de la Configuración			✓ 0,5					✓ 60				
Modelado y Simulación de Procesos de Negocio			✓ 8				✓ 1,5					✓ 60
Introducción al CMMI			✓ 1		✓ 0,5			✓ 0,5	✓ 1,5	✓ 39	✓ 1,5	
Inspección de Software										✓ 3	✓ 68	
Estimación de Proyectos de Desarrollo y Mantenimiento de Software			✓ 0,5	✓ 0,5					✓ 33,88			✓ 4,13
Testing en el proceso de desarrollo de software	✓ 3					1	✓ 83,8	✓ 1	✓ 1,5	✓ 3	12	✓ 8,5
Mantenimiento de				✓ 3,75		✓ 0,5	✓ 50	✓ 5,3	✓ 2,75	✓ 8,5		
Construcción de Software			✓ 2	✓ 5,5	✓ 34	✓ 3		✓ 0,8	✓ 1,75	✓ 0,5	✓ 3,5	✓ 6
Gestión de Proyectos de Software			✓ 8					✓ 0,5	✓ 82,25	✓ 8,8		✓ 2,75
CMMI ACQ		✓ 1	✓ 3,5				✓ 3	✓ 0,5	✓ 26	✓ 8	✓ 0,5	
TOTALES(HORAS)	3	1,25	44,75	156,75	67,50	108,25	55,00	68,50	228,63	80,75	82,00	72,88

Figura 39: Dedicación temática por curso

Cursos	Créditos	Horas en base a créditos	Horas Totales Reales	Diferencia HR-HC	% Desvío	Diferencia en créditos
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Requisitos	2	30	21,5	-8,5	-28,33	→ -0,57
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Diseño de Software	2	30	21	-9	-30,00	→ -0,60
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Construcción	2	30	14	-16	-53,33	↓ -1,07
Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Testing	2	30	21	-9	-30,00	→ -0,60
Arquitectura de Software	10	150	145	-5	-3,33	→ -0,33
Costos para Ingeniería de Software	5	75	77,5	2,5	3,33	→ 0,17
Gestión de la Configuración	3	45	60	15	33,33	↑ 1,00
Modelado y Simulación de Procesos de Negocio	4	60	69,5	9,5	15,83	→ 0,63
Introducción al CMMI	3	45	44	-1	-2,22	→ -0,07
Inspección de Software	5	75	71	-4	-5,33	→ -0,27
Estimación de Proyectos de Desarrollo y Mantenimiento de Software	3	45	39	-6	-13,33	→ -0,40
Testing en el proceso de desarrollo de software	8	120	113,75	-6,25	-5,21	→ -0,42
Mantenimiento de Software	5	75	70,25	-4,75	-6,33	→ -0,32
Construcción de Software	4	60	57	-3	-5,00	→ -0,20
Gestión de Proyectos de Software	7	105	102,25	-2,75	-2,62	→ -0,18
CMMI ACQ	4	60	42,5	-17,5	-29,17	↓ -1,17

Figura 40: Cubrimiento Horas reales VS Horas en base a créditos

Los cursos en la UdelaR, tienen que otorgar un número entero de créditos. Por tal motivo, para todos aquellos cursos para los cuales el valor absoluto de la diferencia en créditos sea menor que uno significa que los créditos estimados “coinciden” con los reales; esto se marca con una flecha horizontal naranja en la figura. Tal como se puede observar en dicha figura, la amplia mayoría de los cursos están en esta situación. El curso “Gestión de la Configuración” está marcado con una flecha vertical verde, ya que tiene una diferencia en créditos mayor o igual que uno (para este curso las horas estimadas son menores a las horas reales). Los cursos de “Prácticas de Desarrollo de Ingeniería de Software - Construcción” y “CMMI ACQ” están marcados con una flecha vertical roja, ya que tienen una diferencia en créditos menor que menos uno (las horas estimadas son mayores que las horas reales).

Como se puede ver, para la mayoría de los casos las horas totales registradas coinciden con la carga estipulada del curso, por lo que se podría pensar que las medidas tomadas resultan bastante fiables.

A su vez, el hecho de conocer las horas reales de dedicación para cada uno de los cursos, puede servir para proponer ajustes en los programas de dichos

cursos. Es particular, se podría pensar en ajustar los créditos que otorga cada curso, para que éstos queden conformes a la dedicación real de los estudiantes.

7.4 CONCLUSIONES SOBRE LA EVALUACIÓN

A continuación se presentan las conclusiones sobre la evaluación desde dos perspectivas distintas: los resultados en sí obtenidos en la evaluación de la EIS con respecto al cubrimiento temático y las primeras conclusiones obtenidas sobre la aplicabilidad y uso del método definido. A su vez, se presentan los trabajos a futuro relacionados con la evaluación realizada.

7.4.1 *Análisis y Conclusiones sobre los Resultados Obtenidos*

Evaluar y, en lo posible de forma continua una carrera, permite la mejora continua. Siguiendo el proceso para evaluación de carreras definido en la sección 4.1.1 o tomando el ciclo PDSA (Planificar, Hacer, Estudiar, Ajustar) propuesto por Deming [Deming, 1993], nos encontramos en este momento ajustando los cursos de la carrera en base a los datos que hemos recabado de nuestra evaluación de la Implementación del Plan de estudios de la EIS.

La evaluación realizada de cubrimiento temático, esfuerzo y balance brinda una noción de la realidad del cubrimiento temático de la EIS así como numerosas oportunidades para mejorar la implementación de la carrera.

En base al análisis realizado se detectó que la inmensa mayoría de los temas impartidos en la EIS pertenecen al CBOOK. En particular, el 92 % de las horas totales de la EIS son dedicadas a enseñar temas de dicho cuerpo de conocimiento. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que esta Implementación del Plan está enfocada en cubrir el CBOOK.

El análisis de cubrimiento temático resultó de utilidad para detectar que existen dos Áreas de Conocimiento que son muy poco cubiertas temáticamente en la EIS. Estas son: Ética y Conducta Profesional e Ingeniería en Sistemas. Para las otras nueve Áreas de Conocimiento se detectó que se está logrando una muy buena cobertura temática; en siete de estas áreas se cubren más del 90 % de los Tópicos de las mismas y para las restantes dos áreas se cubren más del 70 % de sus Tópicos. Finalmente, si se considera el cubrimiento global de todos los Tópicos de las distintas Áreas de Conocimiento, se tiene que, de los 202 Tópicos del GSwE2009, 164 son cubiertos por la EIS. Esto representa un 81 %, lo cual consideramos que es una muy buena cobertura para tratarse de la primera Implementación del Plan.

Por otro lado, el análisis de esfuerzo temático permitió detectar que existen tres Áreas de Conocimiento con baja dedicación horaria. Dos de estas áreas son: Ética y Conducta Profesional e Ingeniería de Sistemas, áreas que a su vez, como ya se mencionó, tienen bajo cubrimiento temático. También se detectó que, si bien el área de Ingeniería de Requisitos es ampliamente cubierta temáticamente, no se le dedica el tiempo suficiente como para poder tratar estos temas con la profundidad deseada. Cabe destacar que para el resto de las Áreas de Conocimiento las horas de dedicación en la EIS están por encima de las horas sugeridas (como mínimo) por el GSwE2009.

En la sección 4.1.2 se presentan una serie de principios asociados a las buenas evaluaciones. En particular hay dos principios que están relacionados al uso de las evaluaciones, que establecen que las buenas evaluaciones son usadas y valoradas. En nuestro caso, los resultados obtenidos en este análisis referentes a la dedicación temática y esfuerzo temático fueron utilizados para mejorar la definición de la Implementación del Plan de estudios de la EIS del año 2014. En particular, muchos de los cursos analizados, que brindan una buena cobertura del CBOK y que originalmente eran opcionales, se definieron como obligatorios para la generación del 2014. A su vez, se está trabajando en definir un curso nuevo para mejorar la cobertura del área de Ética y Conducta Profesional.

El balance de las KA de la EIS difiere significativamente para las KA de: Ética y Conducta Profesional, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería de Requisitos y Gestión de la Ingeniería de Software. Para las tres primeras es menor (esto es consistente con el resultado obtenido de esfuerzo temático) y para la última es considerablemente mayor. El resto de las áreas tienen una distribución que es muy similar a la propuesta por el GSwE2009. En base a estos resultados, sería recomendable analizar si resulta conveniente remover parte del esfuerzo destinado a la KA de Gestión de la Ingeniería de Software, para alocar dicho esfuerzo a otras KA con menor cobertura.

El análisis comparativo con el GSwE2009, debe realizarse con cuidado. Que no se cubran ciertos temas del GSwE2009 no quiere decir que deban ser cubiertos. Que la proporción de esfuerzo indicada por el GSwE2009 sea diferente a la de la EIS no significa que hay que rebalancear los cursos. Simplemente, en cualquiera de los dos casos, son cuestiones a analizar con detenimiento, para luego, en la etapa de Ajuste, proponer mejoras a la EIS (o no).

Los resultados obtenidos de la ejecución de la implementación también fueron comparados con respecto al Plan de estudios. Este análisis permitió observar que se logró una mejor cobertura del CBOK que la especificada como mínimo en el Plan. El Plan establece que como mínimo se debe contar con un

crédito en 6 materias y con esta implementación se está contando con al menos un crédito en 9 de las 11 materias. Esto representa una mejora considerable.

Esta evaluación realizada proporcionó información útil sobre los temas tratados en la carrera. Con esta información se han detectado varias oportunidades de mejora para la EIS. Algunas de estas mejoras ya se han realizado mediante cambios en la Implementación del plan de estudios y se están estudiando otras.

7.4.2 Conclusiones sobre el Uso y Aplicación del Método para Evaluación de Cubrimiento Temático

La aplicación del método nos permitió elaborar las primeras conclusiones referentes al uso y aplicabilidad del método.

En primer lugar, cabe destacar que el aplicar sistemáticamente el método definido, nos permitió obtener la información deseada relacionada al cubrimiento temático. Resultó sencillo, a partir de los datos registrados, obtener información relevante del cubrimiento temático para la mejora de la carrera. Los resultados de cubrimiento, esfuerzo y balance temático se derivan fácilmente a partir de la aplicación del método. En particular la *Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos* resultó ser una herramienta muy útil para el análisis de los datos.

Si bien el método permitió obtener información de interés, hay que tener presente que fue costoso aplicarlo ya que requirió de un esfuerzo considerable en horas. La actividad de registrar tiempos por tema por lo general resultó sencilla y no llevó mucho tiempo. Hasta el momento, los estudiantes han sido muy colaborativos y no hemos tenido inconvenientes en encontrar, para cada uno de los cursos, un estudiante que acceda a realizar dicho registro. La mayor parte del esfuerzo se concentró en la actividad de mapear los temas impartidos a los Tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia. Esta actividad implica un esfuerzo considerable ya que, para cada uno de los temas impartidos, se deben analizar de forma exhaustiva todos los Tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia para ver si existe un mapeo.

Si bien en este capítulo se presentan los resultados de la evaluación de cubrimiento para el conjunto de cursos más relevantes de la primera generación de estudiantes de la EIS, este método se viene aplicando desde el inicio de la carrera para todos los cursos dictados. En base a esto, se detectó que la aplicación del método resultó mucho más costosa para los cursos nuevos que para los cursos que ya están bajo gestión de la configuración. Para estos últimos, el esfuerzo fue considerablemente menor y por lo general la tarea de mapeo resultó sencilla y rápida de realizar.

El método definido cuenta con una actividad para validar la asignación realizada con el docente del curso. En nuestro caso, para la mayoría de los cursos, tuvimos una buena respuesta por parte de los docentes. En algunos cursos puntuales, la respuesta no fue tan rápida como se esperaba, pero siempre se logró realizar la instancia de validación.

Otro aspecto que resulta interesante evaluar, con respecto a la aplicación del método, refiere al registro de las horas no presenciales. Para este caso de estudio se obtuvo que las horas estimadas para la mayoría de los cursos (horas del programa de cada curso) coinciden con las horas de dedicación real, por lo que se podría pensar que las medidas tomadas resultan bastante fiables.

Como ya se mencionó, el método de evaluación de cubrimiento que definimos se viene utilizando desde que comenzó la EIS y se planea seguir utilizándolo ya que se considera que brinda información de utilidad para la mejora de la carrera. En la medida que se siga utilizando el método y que los cambios en la carrera sean introducidos en forma gradual, se estima que el esfuerzo de aplicar el método será menor, ya que la mayoría de los cursos estarán bajo gestión de la configuración.

Sin embargo, hay que tener presente que de seguir utilizándose el método para evaluar la cobertura de la EIS, el volumen de datos continuará creciendo. En la medida que el volumen de datos con que se cuente crezca mucho, las planillas van a resultar difíciles de mantener y gestionar. Por tal motivo, tal como se menciona en la sección 6.9, consideramos que a futuro va a resultar necesario construir un sistema de información, con una base de datos relacional como repositorio de datos, para dar un mejor soporte al mismo.

7.4.3 *Trabajos a Futuro*

En este capítulo se presentan los resultados del análisis realizado para los cursos más relevantes que fueron cursados por la primera generación de estudiantes de la EIS. Sin embargo, no todos los estudiantes de la EIS de dicha generación optaron por realizar los mismos cursos (recordar que existen cursos obligatorios y opcionales). A su vez, en los años posteriores al comienzo de la EIS se incorporaron nuevos cursos a la carrera. Por tal motivo, los distintos egresados de la EIS pueden haber tomado un conjunto de cursos distinto que el analizado. Debido a esto, como trabajo a futuro se prevee realizar el análisis del cubrimiento temático obtenido para cada uno de los egresados de la carrera. En este sentido resulta interesante evaluar cómo varía el cubrimiento logrado por los distintos estudiantes de la misma en base a los cursos que fueron tomados.

Es decir, contar con una visión por individuo en lugar de una visión a nivel general de la carrera.

Como trabajo a futuro también nos planteamos utilizar el documento que se definió como complemento a la guía denominado “*Comparisons of GSwE2009 to Current Master’s Programs in Software Engineering*” (ver sección 2.4.6) para comparar los resultados de aprendizaje obtenidos por la EIS con respecto al GSwE2009.

A su vez, tal como se menciona en la sección 6.9, nos planteamos desarrollar como trabajo a largo plazo un Marco de Evaluación de Implementaciones de planes de estudio basados en guías o sugerencias de currículos internacionales que contemple otras perspectivas además de la evaluación del cubrimiento temático, por ejemplo los niveles de Bloom adquiridos por los estudiantes. Una vez que se cuente con dicho Marco, se prevee extender la evaluación de la EIS para considerar las otras perspectivas del mismo. Esto permitirá contrastar los resultados de cubrimiento obtenidos con los niveles de conocimiento que se están logrando; lo cual nos permitirá tanto mantener el control de la carrera como mejorarla en el futuro, pudiendo planificar cambios a corto como a mediano plazo.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO

En este capítulo se presentan las conclusiones de la tesis y los trabajos planteados a futuro.

8.1 CONCLUSIONES

La educación es un pilar fundamental para cualquier profesión; es difícil concebir una profesión madura sin contar con una educación madura [Ford and Gibbs, 1996]. En los últimos años se han elaborado guías curriculares propuestas por la IEEE-CS y la ACM para educación de pregrado (SE2004) y de posgrado (GSWE009) en IS.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UdelaR) comenzó a construir en el año 2011 un Plan de estudios basado en el GSWE2009 para una Especialización en ingeniería de software (EIS) y otro para una Maestría en ingeniería de software (MIS). Estas carreras comenzaron a dictarse en el año 2012. Los Planes de estudio de la Especialización y la Maestría son idénticos a menos que la Maestría requiere de la realización de una tesis de maestría luego de culminados los cursos.

Evaluar y, en lo posible de forma continua una carrera, permite la mejora continua. El objetivo general en el cual está inmerso este trabajo es la construcción de un marco que permita dar soporte a la evaluación de carreras con respecto a guías curriculares de referencia. Teniendo en cuenta esto, el objetivo particular de esta tesis consiste en la evaluación de las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software de nuestra Facultad con respecto al GSWE2009.

En esta tesis se estudió sobre el estado actual de la educación en ingeniería de software, haciendo énfasis en el estudio de las guías curriculares para IS y el SWEBOOK. Partiendo de lo estudiado y tomando en cuenta el contexto local, se propusieron un conjunto de adaptaciones a realizar en los Planes de estudios de la Especialización y la Maestría en IS. Estas adaptaciones respetan la realidad de las tecnologías de la información en Uruguay, los reglamentos de la UdelaR y la situación actual del grupo de investigación en ingeniería de software.

La adaptación busca cubrir 9 de los 10 resultados esperados al egreso que se definen en el GSWE2009. El resultado esperado que no se considera explícita-

mente en los Planes es el de Dominio (dominar un dominio o tipo de aplicación).

Teniendo en cuenta la conformación del cuerpo docente con que se cuenta en la UdelaR, en la construcción de los Planes de estudio fuimos cautelosos y restringimos la cantidad mínima obligatoria de Materias (áreas de conocimiento) a cubrir, exigiendo que los estudiantes deban contar con al menos un crédito en al menos 6 Materias. Esto significa que podrían no tratarse temas de 5 áreas de conocimiento. Por tal motivo, los planes propuestos no aseguran cumplir con el resultado esperado de dominio del cuerpo de conocimiento central (CBOK). Cabe aclarar que los Planes de estudio se mantienen sin cambiar por años, mientras que las implementaciones son más dinámicas. En este sentido es mediante la implementación que se puede o no cumplir con el resultado esperado de dominio del CBOK.

El hecho de contar con un currículum de referencia tal como el GSwE2009 facilitó el armado de los Planes de estudio y la definición de los cursos. En nuestra experiencia, el CBOK fue de especial utilidad ya que sirvió como base para la definición de las Materias de los Planes de estudio.

Consideramos que el GSwE2009 es un buen aporte para aquellas universidades que están construyendo o actualizando sus Planes de estudio para maestrías profesionales en IS. La guía es flexible y permite su adaptación a diferentes contextos. Si bien el GSwE2009 sirve como referencia, resulta muy importante al momento de diseñar un Plan de estudios basado en esta guía, prestar especial atención a las características propias de la Universidad. En particular, es recomendable considerar al menos los siguientes aspectos: la conformación del cuerpo docente (conocimientos y disponibilidad), los requisitos existentes en cuanto a la estructura del Plan de estudios, la duración preestablecida para los posgrados y los requisitos para el ingreso y la experiencia final.

Las guías curriculares de referencia para IS han sido utilizadas por distintas universidades del mundo para crear sus carreras en IS así como para adaptar, comparar y evaluar los planes de estudio existentes. Sin embargo, existen pocos artículos publicados relacionados a estos temas. Los artículos que hemos encontrado y que presentan comparaciones o evaluaciones con respecto a estas guías, lo hacen en base a un análisis del cubrimiento temático de sus planes de estudio. Sin embargo, consideramos que estos trabajos tienen ciertas limitaciones. En primer lugar, derivan el cubrimiento temático a partir de la información los planes de estudio y no toman en cuenta la dedicación "real" del estudiante. A su vez, en ninguno de los artículos se presenta un método disciplinado que defina claramente cómo registrar la dedicación temática y cómo efectuar el mapeo a los tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia. Por último, si bien

estos trabajos realizan un mapeo de los temas impartidos al cuerpo de conocimiento de referencia, este mapeo lo hacen solamente considerando los niveles altos de abstracción del cuerpo de conocimiento, sin llegarse a determinar el cubrimiento temático obtenido para el mayor nivel de detalle (desagregación) del mismo.

Teniendo en cuenta esto, uno de los aspectos centrales de este trabajo es la definición de un método que permite medir, evaluar y contrastar el cubrimiento temático en horas de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia. Este método supera lo planteado como objetivo particular de la tesis (proponer un método que permita comparar la Especialización y Maestría en Ingeniería de Software con respecto a la guía curricular de referencia GSWE2009), ya que el método definido es genérico y puede ser utilizado para evaluar cualquier carrera con respecto a cualquier cuerpo de conocimiento de referencia. Por ende, el método definido podría ser utilizado por distintas universidades del mundo para obtener información acerca del cubrimiento temático logrado en sus carreras.

Conocer el cubrimiento temático en horas, permite tener una idea clara de cuáles conocimientos se les enseña a los estudiantes y cuánto tiempo se les dedica a los mismos. En la construcción del método se procuró seguir los principios, correspondientes a buenas prácticas para la evaluación de carreras.

El método está compuesto por: un proceso definido, scripts que especifican los pasos para cada actividad, plantillas y una herramienta que permite registrar los datos y presentar los resultados obtenidos.

A grandes rasgos, el método consta de 4 grandes etapas que son realizadas para cada edición de los cursos dictados. Primero se registran los tiempos dedicados a cada uno de los temas (se toman en cuenta las horas reales de dedicación). Luego, se realiza un mapeo de los temas impartidos a los tópicos del cuerpo de conocimiento que se utiliza como referencia. Esta asignación es luego revisada y validada con el docente responsable del curso. Finalmente, se procesan los datos obtenidos para evaluar el cubrimiento logrado.

Si bien estas 4 etapas son realizadas para todos los cursos a evaluar, las actividades específicas a realizar varían dependiendo de si se trata de un curso nuevo (para el cual aún no se ha realizado el registro de cubrimiento temático) o de un curso que ya se encuentra bajo gestión de la configuración (para el cual ya se hizo, para una edición anterior del mismo, el análisis de cubrimiento temático con respecto al cuerpo de conocimiento). Con el fin de minimizar los costos asociados a la ejecución del método, para los cursos que están bajo gestión de la configuración se optó por registrar solamente las modificaciones con respecto a la edición anterior del curso.

En el contexto de esta tesis, también implementamos una herramienta con una planilla excel que permite, a partir de los datos de cubrimiento ingresados para cada uno de los cursos, conocer cómo se cubre temáticamente el CBOOK del GSWE2009 en una carrera. La misma permite visualizar: el cubrimiento temático para cada tópico del CBOOK, el esfuerzo temático logrado y una comparación de éste esfuerzo con el esperado en el GSWE2009 así como el balance por área de conocimiento. La herramienta implementada también podría ser utilizada por otros posgrados en IS que deseen conocer el cubrimiento temático con respecto al CBOOK. A su vez, esta herramienta podría ser fácilmente adaptada en caso de querer evaluar el cubrimiento con respecto a otro cuerpo de conocimiento.

El método definido fue utilizado para evaluar el cubrimiento temático de los cursos de la EIS. Dado que la MIS consiste en los cursos de la EIS más una tesis final, también se evaluó el cubrimiento de los cursos de la MIS. En base a esta primera aplicación, pudimos obtener las primeras conclusiones sobre la aplicabilidad y el uso del mismo. Constatamos que efectivamente, al aplicar sistemáticamente el método definido, se obtiene una gran cantidad de información relevante asociada al cubrimiento temático, que puede ser utilizada para mejorar la carrera. En particular, resulta sencillo a partir de la información disponible, realizar distintos tipos de evaluaciones relacionadas al cubrimiento. En el caso particular del análisis del cubrimiento con respecto al CBOOK, notamos que la *Planilla Consolidada de Asignación de Horas a Tópicos* resultó ser una herramienta muy útil para el análisis de los datos.

Por otro lado, notamos que el método definido es costoso, ya que para aplicarlo hay que dedicar un esfuerzo considerable en horas. Sin embargo, hemos constatado que la aplicación de este método es mucho más costosa para los cursos nuevos que para los cursos que están bajo gestión de la configuración. Por lo tanto, si se utiliza este método de forma continua para evaluar una carrera, es de esperarse que los costos tiendan a ser menores que los de la primera ejecución del método (en la medida que no se cuenten con muchos cursos nuevos y que los cursos existentes vayan entrando en gestión de la configuración).

En la literatura asociada a la educación en ingeniería existen distintos modelos para describir el proceso de evaluación. La mayoría de estos modelos tienen cuatro fases comunes: planificar, implementar, analizar e interpretar los datos y utilizar los datos para la mejora [McGourty et al., 1998]. Estas fases se pueden conceptualizar como formando un ciclo. En el marco de esta tesis, se han realizado estas cuatro fases para la evaluación de la EIS.

La fase de planificación consistió en definir el proceso de evaluación. En este caso se optó por utilizar el método de evaluación de cubrimiento definido. El

objetivo específico definido fue el de conocer cómo se cubre temáticamente el CBOOK con la EIS. Luego, el proceso de evaluación fue implementado. Para este primer ciclo de evaluación se optó por aplicar el método para los cursos más relevantes de la primera generación de estudiantes de la EIS.

Los resultados de la evaluación de cubrimiento temático de la EIS fueron analizados e interpretados. En particular se hicieron análisis de: cubrimiento temático, esfuerzo y balance. Estos resultados nos dieron una noción del cubrimiento temático de la EIS así como numerosas oportunidades para mejorar la implementación de la carrera.

En base al análisis realizado se detectó que la inmensa mayoría de los temas impartidos en la EIS pertenecen al CBOOK. En particular, el 92% de las horas totales de la EIS son dedicadas a enseñar temas de dicho cuerpo de conocimiento.

El análisis de cubrimiento temático permitió detectar que existen dos áreas de conocimiento (KA): Ética y Conducta Profesional e Ingeniería en Sistemas, que son muy poco cubiertas temáticamente en la EIS. A su vez, el análisis de esfuerzo temático sirvió para detectar que existe una KA más, Ingeniería de Requisitos, que si bien es ampliamente cubierta temáticamente, no se le dedica el tiempo suficiente como para poder tratar estos temas con la profundidad deseada. Para el resto de las KA se encontró que se está logrando una muy buena cobertura temática.

En cuanto al balance, se encontró que difiere significativamente con respecto al GSwE2009 para las KA: Ética y Conducta Profesional, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería de Requisitos y Gestión de la Ingeniería de Software. Para las tres primeras es menor (esto es consistente con el resultado obtenido de esfuerzo temático) y para la última es considerablemente mayor. El resto de las áreas tienen una distribución que es muy similar a la propuesta por el GSwE2009.

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación de cubrimiento de la EIS también fueron comparados con respecto al Plan de estudios. Este análisis permitió observar que se logró una mejor cobertura del CBOOK que la especificada como mínimo en el Plan. El Plan establece que como mínimo se debe contar con un crédito en 6 materias y con esta implementación se está contando con al menos un crédito en 9 de las 11 materias. Esto representa una mejora considerable.

A partir de la evaluación realizada constatamos que este tipo de evaluaciones sirven para la mejora de las carreras y en particular para la mejora de las Implementaciones de los Planes de estudios. En nuestro caso, los resultados obtenidos en este análisis referentes a la dedicación temática y esfuerzo temático fueron utilizados para mejorar la definición de la Implementación del Plan de

estudios de la EIS del año 2014. En particular, muchos de los cursos analizados, que brindan una buena cobertura del CBOOK y que originalmente eran opcionales, se definieron como obligatorios para la generación del 2014. A su vez, se está trabajando en definir un curso nuevo para mejorar la cobertura del área de Ética y Conducta Profesional.

En resumen, los aportes de este trabajo de tesis son los siguientes:

1. La adaptación de los Planes de estudio de la Especialización y Maestría en Ingeniería de Software para satisfacer la guía GSwE2009, adecuando a la realidad de las tecnologías de la información de Uruguay y de nuestra Universidad los principales puntos que se plantean en la misma.
2. La definición de un método genérico que permite evaluar el cubrimiento temático en horas de una carrera con respecto a un cuerpo de conocimiento de referencia.
3. Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método propuesto para evaluar la carrera de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software que permitieron la mejora de la carrera.

8.2 TRABAJOS A FUTURO

Si bien en esta tesis se ha trabajado con el fin de evaluar las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería de Software con respecto al GSwE2009, aún quedan aspectos interesantes que no se han considerado.

Consideramos que debemos seguir trabajando principalmente en tres líneas:

1. Mejorar el método de evaluación de cubrimiento propuesto.
2. Extender la evaluación realizada para la EIS y la MIS.
3. Definir un marco de evaluaciones de planes de estudio en IS que contemple un conjunto de perspectivas distintas a evaluar.

El método de evaluación de cubrimiento definido utiliza un conjunto de planillas electrónicas para almacenar los datos registrados. En la medida en que el volumen de datos crezca, las planillas van a resultar difíciles de mantener y gestionar. Por tal motivo, se plantea la necesidad de contar con un sistema de información, con una base de datos relacional como repositorio de los datos, para dar soporte al mismo.

Otro aspecto del método que sería bueno volver a analizar es la forma de medir las horas no presenciales. En el método propuesto dichas horas son registradas por un sólo estudiante, por lo cual podrían no reflejar la dedicación

del promedio del resto de los estudiantes. Para mejorar la medición de las horas no presenciales, se podría tener más de un estudiante por curso registrando su dedicación temática. Esto implicaría realizar algunos cambios el proceso y definir una forma para consolidar la información registrada por los distintos estudiantes. Si bien contar con más de un estudiante registrando las horas no presenciales mejoraría la exactitud de la información obtenida, habría que evaluar cuánto aporta realmente y qué sucede en cuanto a la complejidad y esfuerzo asociado al uso del método.

A su vez, consideramos que también sería importante para poder detectar otras oportunidades de mejora, contar con más información relacionada al uso y aplicabilidad del método. En esta línea, se podría pensar en realizar una encuesta a las distintas personas que utilizaron el método, considerando sus respectivos roles. También, consideramos que sería bueno utilizar el método en otros casos de estudio, para asegurarnos que no hayan aspectos prácticos (que puedan surgir en otras aplicaciones) no considerados desde la teoría.

En este trabajo se presenta la evaluación realizada de cubrimiento temático para la primera generación de estudiantes de la especialización. Siguiendo en este sentido, como trabajo a futuro, se prevee realizar el análisis del cubrimiento temático obtenido para cada uno de los egresados de la carrera. Esto permitirá analizar cómo varía el cubrimiento logrado por los distintos estudiantes de la carrera en base a los cursos obligatorios y electivos que fueron tomados.

A su vez, consideramos que sería beneficioso, para mejorar la implementación de la EIS y la MIS, utilizar la guía "*Comparisons of GSwE2009 to Current Master's Programs in Software Engineering*" para comparar los resultados de aprendizaje obtenidos en estas carreras con respecto al GSwE2009 [iSEEc,2009a].

Más allá de la evaluación del cubrimiento temático, existen otras perspectivas a evaluar en los planes de estudio en IS que resultan muy interesantes. Teniendo esto presente, nos planteamos como trabajo a futuro la construcción de un marco de evaluaciones de planes de estudio en IS que contemple un conjunto de perspectivas distintas a evaluar. Sería útil que el marco contemple, además del cubrimiento temático, aspectos tales como: la conformación del cuerpo docente, las habilidades que adquieren los estudiantes al egresar así como el grado de cumplimiento de los resultados de aprendizaje y los objetivos educativos estipulados en el plan.

Finalmente, consideramos que una vez que se cuente con el marco para la evaluación de carreras en IS, sería muy importante extender la evaluación realizada para la EIS y la MIS, de forma tal de considerar las otras perspectivas del marco. Esto permitirá contrastar los resultados de cubrimiento obtenidos con los niveles de conocimiento que se están logrando; lo cual nos permitirá

tanto mantener el control de la carrera como mejorarla en el futuro, pudiendo planificar cambios a corto como a mediano plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbadeni, Nouredine; Ghoneim, Ahmed, and AlGhamdi, Abdullah. Program Educational Objectives Definition and Assessment for Accreditation Purposes. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3, 2013.
- ABET. Criteria for accrediting engineering programs, 2015-2016, 2015. URL <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2015-2016>.
- Ardis, Mark and Ford, Gary. SEI Report on Graduate Software Engineering Education. Technical Report CMU/SEI 89-T-21, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1989.
- Ardis, Mark; Bourque, Pierre; Hilburn, Thomas; Lasfer, Kahina; Lucero, Scott; McDonald, James; Pyster, Art, and Shaw, Mary. Advancing Software Engineering Professional Education. *IEEE Software*, 28(4):58 –63, 2011. ISSN 0740-7459. doi: 10.1109/MS.2010.133.
- Ardis, Mark; Budgen, David, and Hislop, Greg. Revisions to Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. In *Annual Conference of the American Society for Engineering Education*, 2012.
- Ardis, Mark; Bohner, Shawn; Camilloni, Lucía; Vallespir, Diego, and Ilieva, Sylvia. Using GSWE2009 in the creation and modification of graduate software engineering programs and related curricula. In *IEEE 26th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET 2013)*, pages 109–118, May 2013. doi: 10.1109/CSEET.2013.6595242.
- Bloom, Benjamin, editor. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook 1: Cognitive Domain*. David McKay Company, 1956.
- Bourque, Pierre and Dupuis, Robert. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)*. IEEE Computer Society Press, 2004.
- Bourque, Pierre and Fairley, Richard E. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)*. IEEE Computer Society Press, 2014.

- Bourque, Pierre; Dupuis, Robert; Abran, Alain; Moore, James W.; Tripp, Leonard; Shyne, Karen; Pflug, Bryan; Maya, Marcela, and Tremblay, Guy. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, A Straw Man version*. IEEE Computer Society Press, 1998.
- Camilloni, Lucía and Vallespir, Diego. Using GSwE2009 for the Creation and Evaluation of Masters Degree in Software Engineering: Case Study Universidad de la República. In *XL Conferencia Latinoamericana en Informática (CLEI 2014)*, Setiembre 2014. doi: 10.1109/CLEI.2014.6965192. URL <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84919458656&partnerID=40&md5=6aaa7bf9fb5db868a0b32cc34501c0f4>.
- Camilloni, Lucía; Vallespir, Diego, and Ardis, Mark. Using GSwE2009 for the Evaluation of a Master Degree in Software Engineering in the Universidad de la República. In *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering (ICSE 2015)*, volume 2, pages 323–332, May 2015. doi: 0.1109/ICSE.2015.165.
- CC2005 - The Association for Computing Machinery and The Association for Information Systems and The Computer Society. *Computing Curricula 2005 - The Overview Report*. ACM, 2005.
- Chiluiza, Katherine; Wong-Villacrés, Marisol, and Duque, Jorge. En búsqueda de la acreditación ABET: Estrategias exitosas en una institución de educación superior pública de Sudamérica. In *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI 2014)*, page 10, Julio 2014.
- CPAP - Centro de Posgrados y Actualización Profesional en Informática. Plan de Estudios Especialización en Ingeniería de Software, 2011. URL <http://www.fing.edu.uy/cpap>.
- CPAP - Centro de Posgrados y Actualización Profesional en Informática. Plan de Estudios Maestría en Ingeniería de Software, 2012. URL <http://www.fing.edu.uy/cpap>.
- Deming, Edwards. *The New Economics*. MIT Press, 1993.
- Ding, Eryu; Luo, Bin; Zhang, Daliang; Ge, Jidong; Shao, Dong, and Wang, Hao-ran. Research and Practice on Software Engineering Undergraduate Curriculum NJU-SEC2006. In *IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training (ICSE 2011)*, pages 492–496, 2011.

- Ellis, Heidi J.C; Demurjian, Steven A., and Naveda, J. Fernando. *Software Engineering Effective Teaching and Learning Approaches and Practices*. Information Science Reference, 2008.
- Elmasri, Ramez and Navathe, Shamkant. *Fundamentals of Database Systems*. Addison-Wesley Publishing Company, USA, 6th edition, 2010. ISBN 0136086209, 9780136086208.
- Espinosa, Jaime Oyarzo. Guía: Diseño de objetivos específicos de aprendizaje, actividades y evaluación. <http://www.musico.cl/cmmaps/TaxonomiaBloom-GuiaV21.pdf>, 2008.
- Ewell, Peter. *An emerging scholarship: A brief history of assessment*. Jossey-Bass, 2002.
- FING - Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Plan de Estudios de la carrera Ingeniería en Computación, 1997. URL http://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/3125/plan_computacion.pdf.
- Ford, Gary and Gibbs, Norman. A Mature Profession of Software Engineering. Technical report, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, CMU/SEI-96-TR-004, 1996.
- Frezza, Stephen T.; Tang, Mei-Huei, and Brinkman, Barry J. Creating an Accreditable Software Engineering Bachelor's Program. *IEEE Software*, 23(6):27-35, Nov 2006. ISSN 0740-7459. doi: 10.1109/MS.2006.156.
- Haskins, C., editor. *INCOSE Systems Engineering Handbook. Version 3.1*. INCOSE, 2007.
- Humphrey, Watts S. The Personal Software Process. In *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 1997.
- IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. IEEE Standard, 1990.
- Inverardi, Paola and Jazayeri, Mehdi, editors. *Software Engineering Education in the Modern Age, Software Education and Training Sessions at the International Conference on Software Engineering, ICSE 2005, St. Louis, MO, USA, May 15-21, 2005, Revised Lectures*, volume 4309 of *Lecture Notes in Computer Science*, 2006. Springer. ISBN 3-540-68203-1.

- iSEEC - Integrated Software & Systems Engineering Curriculum project. *Comparisons of GSwE2009 to Current Masters Programs in Software Engineering, Graduate Software Engineering 2009 (GSwE2009) Companion Document*. Stevens Institute of Technology, 2009a.
- iSEEC - Integrated Software & Systems Engineering Curriculum project. *Frequently Asked Questions on Implementing GSwE2009 - Graduate Software Engineering 2009 (GSwE2009) Companion Document*. Stevens Institute of Technology, 2009b.
- iSEEC - Integrated Software & Systems Engineering Curriculum project. *Graduate Software Engineering 2009 (GSwE2009) Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering*. Stevens Institute, 2009c.
- ISO - International Organization for Standardization. ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary, 2009. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=42180.
- ISO/IEC. Standard ISO/IEC 15504-2:2003. Information Technology - Process assessment - Part 2 Performing an assessment. ISO/IEC, 2003.
- JTFCC - Joint Task Force on Computing Curricula. Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. Technical report, IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery, 2004.
- Kruchten, Philippe. *The Rational Unified Process: An Introduction (3ra edición)*. Addison Wesley Professional, 2004.
- McConnell, Steve and Tripp, Leonard. Professional Software Engineering-Fact or Fiction? *IEEE Software*, 16(6):13–18, Nov 1999.
- McGourty, Jack; Sebastian, Catherine, and Swart, William. Developing a Comprehensive Assessment Program for Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 87(4):355–361, 1998. ISSN 2168-9830. doi: 10.1002/j.2168-9830.1998.tb00365.x. URL <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.1998.tb00365.x>.
- Meridji, Kenza and Al-Sarayreh, Khalid T. Mapping A Knowledge Areas of The SWEBOK Standard With The CBOK in Software Engineering Field Using A Set Theory. In Mastorakis, Nikos and Psarris, Kleanthis, editors, *14th International Conference on Software Engineering, Parallel and Distributed Systems*. Advances In Software Engineering and Systems, February 2015.

- Mishra, Alok and Yazici, Ali. An Assessment of the Software Engineering Curriculum in Turkish Universities: IEEE/ACM Guidelines Perspective. *Croatian Journal of Education*, 13(1), 2011. ISSN 1848-5197.
- OMG - Object Management Group. Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0. Technical report, Object Management Group (OMG), Jan 2011. URL <http://taval.de/publications/BPMN20>.
- Palomba, Catherine A. and Banta, Trudy W. *Assessment essentials: Plan, implementing, and improving assessment in higher education*. Jossey-Bass, 1 edition, 1999.
- Pyster, Arthur; Turner, Richard; Henry, Devanandham; Lasfer, Kahina, and Bernstein, Lawrence. Masters Degrees in Software Engineering: An Analysis of 28 University Programs. *IEEE Software*, September-October 2009:94-101, 2009.
- Ramakrishnan, Sita. Accreditation of Monash University Software Engineering (MUSE) Program. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 4: 73-89, 2007.
- Reif, Harry L. and Mathieu, Richard G. Global Trends in Computing Accreditation. *IEEE Computer*, 42(11):102-104, 2009. URL <http://dblp.uni-trier.de/db/journals/computer/computer42.html#ReifM09>.
- Serna M., Edgar, editor. *Libro Blanco de la Ingeniería de Software en América Latina*, chapter V. La Formación en Ingeniería de Software. Instituto Antioqueño de Investigación (IAI), 1 edition, Dec 2013.
- Shewhart, Walter Andrew. *Statistical method from the viewpoint of quality control*. University of Michigan, 1939.
- Sommerville, Ian. *Software Engineering*. Addison-Wesley, Harlow, England, 9 edition, 2010. ISBN 978-0-13-703515-1.
- Spurin, Joni E; Rajala, Sarah A., and Lavelle, Jerome P., editors. *Designing Better Engineering Education Through Assessment*. Stylus Publishing, 2008.
- Thayer, Richard H. and Dorfman, Merlin. *Software Engineering Essentials, Volume II: The Supporting Processes*. Software Management Training Press, 2013.
- Triñanes, Jorge. Construcción de un banco de pruebas de modelos de proceso. In *IV Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento*, 2004.

Vallespir, Diego and Camilloni, Lucía. Uso del Currículo GSwE2009 en la Universidad de la República. In *IX Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento*, pages 7–14, Nov 2012.



ACTIVOS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE CUBRIMIENTO

En este anexo se presentan los distintos instructivos que se definieron como activos del método de evaluación de cubrimiento temático definido.

A.1 INSTRUCTIVO PARA REGISTRO DE DEDICACIÓN POR TEMA DE UN CURSO

El plan de estudios de la especialización en Ingeniería de Software del CPAP está basado en el currículo de referencia para maestrías profesionales GSWE2009. La guía GSWE2009 define un cuerpo de conocimiento central (CBOK), que contiene las principales habilidades y conocimientos que se espera que el estudiante adquiera al egresar del programa de posgrado.

El objetivo de este trabajo es poder evaluar de forma continua la Especialización para de esta forma poder detectar oportunidades de mejora. Para el primer dictado de cada uno de los cursos de la especialización se realizan las siguientes actividades.

1. Registrar la cantidad de horas dedicada a cada uno de los temas impartidos en el curso discriminando por tipo de hora.
2. Realizar un mapeo de los temas impartidos a los Tópicos del CBOK. Este mapeo se realizará para luego poder realizar una evaluación de contenidos con el objetivo de conocer cómo se cubre temáticamente el CBOK (qué temas son cubiertos y cuántas horas se les dedica).

Este instructivo describe los pasos a seguir para realizar la primera de estas actividades.

A.1.1 *Pasos a seguir*

A continuación se describen los pasos a seguir y los campos a completar. Se busca mediante esta actividad registrar los tiempos de todos los temas dados (tanto horas presenciales como no presenciales) con el mayor detalle posible.

Para eso se debe registrar en la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* (PlanillaParaAsignacionDeTemasYTopicosDeUnCurso.ods) los siguientes datos:

- En la hoja “Créditos Curso”:
 - Nombre del curso: nombre del curso dictado.
 - Responsable: profesor responsable del dictado del curso.
 - Año: año en que se dictó el curso.
 - Créditos: cantidad de créditos que otorga el curso.
 - Horas de dedicación en base a los créditos (estimadas): este campo no se debe completar ya que se calcula de manera automática en base a la cantidad de créditos ingresados.
 - Horas reales del curso: estos campos no se deben completar ya que se calculan de manera automática a partir del resto de la información ingresada.
- En la hoja “Temas dados”:
 - Día: día de la semana en que se dictó el tema. Este es un campo opcional, pero en caso de tener el dato es conveniente que se ingrese.
 - Fecha: fecha en que se dictó el tema. Este es un campo opcional, pero en caso de tener el dato es conveniente que se ingrese.
 - Fuente: fuente que se utilizó para dictar el tema. Por ejemplo podría ser: nombre de archivo PPT, nombre de artículo, ejercicio tal, nombre de video, etc. En caso de ser presentaciones con diapositivas indicar de manera adicional página desde y hasta.
 - Tema: descripción del tema dado.
 - Subtema: en caso que el tema se divida en varios subtemas, habría que tener un renglón por cada subtema. La idea es tener la información lo más desagregada posible.
 - Tópicos CBOK: esta columna debería quedar vacía (se completará a posteriori cuando se haga el mapeo a Tópicos del CBOK).
 - Horas: horas de dedicación en el tema/subtema. Se deben registrar todas las horas dedicadas en el curso: tanto presenciales como no presenciales.
 - Tipo de Hora: Las horas de dedicación del estudiante durante el curso están divididas en los siguientes tipos:

- Horas de teórico presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado en clase para la presentación de material teórico por parte de los profesores del curso o por parte de estudiantes.
- Horas práctico presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado en clase para la presentación y/o resolución de ejercicios prácticos. El trabajo práctico incluye la realización de ejercicios de aplicación asociados a la teoría impartida en el teórico, así como la lectura y el análisis de artículos que haya designado el profesor. Estos trabajos prácticos son normalmente realizados en papel y son relativamente pequeños.
- Horas práctico no presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado fuera de clase para la resolución de ejercicios prácticos.
- Horas laboratorio presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado en clase a la presentación y/o resolución de laboratorios. Los laboratorios permiten enfatizar la experimentación de técnicas y métodos descritos en los cursos teóricos. También pueden implicar la realización de trabajos aplicados de acuerdo a la teoría. Los laboratorios son normalmente de mayor tamaño que los prácticos y pueden requerir el uso de herramientas de soporte. El laboratorio se entiende como más abarcativo mientras que el práctico trabaja sobre algo más puntual.
- Horas laboratorio no presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado fuera de clase a la presentación y/o resolución de laboratorios.
- Horas evaluación: Se corresponden con el tiempo dedicado a la realización de pruebas que permitan evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes en el marco de un curso.

A.2 INSTRUCTIVO PARA ASIGNACIÓN DE HORAS POR TÓPICO EN BASE A TEMAS

Este instructivo es una guía que explica los pasos a seguir para realizar un mapeo entre los temas impartidos y los Tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia.

A.2.1 Entradas

Para poder realizar esta actividad es necesario que previamente se haya completado el registro de dedicación por tema utilizando la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* (PlanillaParaAsignacionDeTemasYTopicosDeUnCurso.ods). En particular se debe haber completado en la hoja “Temas dados” el detalle de todos los temas dados con su respectiva carga horaria (distribuida por tipo de hora).

A.2.2 Pasos a seguir

A continuación se describen los pasos a seguir para realizar la asignación de horas por Tópico del CBOOK en base a los temas impartidos de un curso. Las horas por Tópico quedarán registradas también en la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso*.

1. Para cada tema detallado en la hoja “Temas dados” de la plantilla realizar un mapeo de los temas impartidos con los Tópicos del CBOOK. Este mapeo debe ser registrado en la columna “TÓPICOS CBOOK” de dicha hoja. El mapeo se debe realizar de la siguiente forma:
 - Analizar todos los Tópicos del CBOOK para ver con cuáles se corresponde el tema. En el caso de los Tópicos no están descritos en detalle en el GSwE2009 se debe consultar el SWEBOK.
 - En el caso que un tema se corresponda a más de un Tópico del CBOOK se realiza un prorrateo para determinar cuántas horas le corresponde a cada Tópico. Si se cuenta con diapositivas o material teórico, el prorrateo se hace considerando la cantidad de hojas del tema asociadas específicamente al Tópico en cuestión. Para el resto de los casos (por ejemplo horas no presenciales) se calcula en forma proporcional en base al peso de cada Tópico en las horas totales.
 - Para los temas de cursos que no pueden ser mapeados a Tópicos del CBOOK se analiza en el nivel superior de abstracción (Unidad). En caso que el tema del curso se relacione con cierta Unidad se asignan esas horas a la Unidad pero no quedan asignadas a ningún Tópico de la misma. En caso que no se encuentre ninguna Unidad que contemple el tema se analiza a nivel de KA y se procede de igual manera si existiese alguna KA que está relacionada con el tema del curso. Por último, si el tema del curso no estuviera relacionado con

ninguna KA se registran esas horas como por fuera del cubrimiento de las áreas temáticas del CBOK.

- Para las horas de evaluación se procede de manera diferenciada al resto de los tipos de hora. Se maneja un tratamiento especial ya que es común que en una evaluación de un curso se traten una amplia cantidad de temas y si se intentara dividir las horas por temas el prorrateo de horas a nivel de Tópicos sería insignificante.

La asignación de las horas de evaluación se realiza de la siguiente forma:

- Si la evaluación cubre muchos Tópicos de distintas Unidades, pero está fuertemente asociada a una KA en particular (o sea la amplia mayoría de los temas dados pertenecen a una KA) asignar las horas de evaluación a dicha KA (sin asociarles Unidad ni Tópico).
- Si la evaluación cubre muchos Tópicos pero de una única Unidad, asignar las horas de evaluación de dicha Unidad.
- Si la evaluación cubre distintos Tópicos, que están vinculados a distintas KA, se realiza un prorrateo a nivel de KA (sin asociarles Unidad ni Tópico).
- Si la mayor parte de la evaluación está asociado a un Tópico en particular del CBOK, asignar las horas de evaluación a dicho Tópico.

2. Una vez que se tiene el mapeo de los temas a Tópicos del CBOK se debe completar la hoja “Horas_en_base_a_CuerpoC”. Esta hoja deberá contener la sumarización del tiempo total dedicado a cada Tópico del CBOK discriminando por tipo de hora. A su vez se debe registrar el tiempo total de cada tema que está por fuera del CBOK.

Se deben completar los siguientes datos:

- KA:
 - Si el tema está asociado a una KA del CBOK, se debe poner el nombre del Área de Conocimiento.
 - En caso de que el tema no esté asociado a ninguna KA del CBOK se debe completar con el texto “Ninguna”.
- Nro Unidad:
 - Si el tema está asociado a una Unidad del CBOK se debe poner el número de dicha Unidad.

- Para el caso de las horas del tipo “Evaluación” en las que se hayan tratado varias Unidades de dicha KA presentes en el CBOOK (y no se realizó prorrateo por Unidad) se debe completar con el texto “VA”.
 - En caso de que el tema no se corresponda con una Unidad del CBOOK se debe completar con el texto “NG”.
- Unidad: Se debe completar con el nombre de la Unidad del CBOOK en caso de que haya sido asignada a una. Si en el número de Unidad se completó con el texto “VA” aquí se debe ingresar el texto “Varios”. Si en el número de Unidad se completó con el texto “NG” aquí se debe ingresar el texto “Ninguna”.
 - Nro Tópico: Número de tópico del CBOOK
 - Si el tema está asociado a un Tópico del CBOOK se debe poner el número de Tópico. El número de Tópico debe ponerse con el siguiente formato: “NROUNIDAD.NROTOPICO”. Ejemplo: 1.1 representa Unidad 1 y Tópico 1 dentro de esa Unidad.
 - Para el caso de las horas del tipo “Evaluación” en las que se hayan tratado varios Tópicos de una Unidad en particular o varias Unidades de la KA (y no se realizó prorrateo por Tópico ni Unidad) se debe completar con el texto “VA”.
 - En caso de que el tema no se corresponda con un Tópico del CBOOK se debe completar con el texto “NG”.
 - Tópico: Se debe completar con el nombre del Tópico del CBOOK en caso de que haya sido asignada a uno. Si en el número de Tópico se completó con el texto “VA” aquí se debe ingresar el texto “Varios”. Si en el número de Tópico se completó con el texto “NG” aquí se debe registrar la descripción del tema dado.
 - Subtópico: descripción de los Subtópicos (en caso de que existan) asociados al Tópico.
 - Comentarios: se puede ingresar en caso que se desee un comentario con referencia a la asignación realizada.
 - Horas Teórico (presencial): suma de las horas de teórico de los temas asociados a este Tópico.
 - Horas Práctico Presencial: suma de las horas de práctico presencial de los temas asociados a este Tópico.

- Horas Práctico No Presencial: suma de las horas de práctico no de los temas asociados a este Tópico.
- Horas Laboratorio Presencial: suma de las horas de laboratorio presencial de los temas asociados a este Tópico.
- Horas Laboratorio No Presencial: suma de las horas de laboratorio no presencial de los temas asociados a este Tópico.
- Horas Totales: este campo no hay que completarlo ya que es calculado en base al resto de las horas de la siguiente forma: Horas Totales = Horas Teórico*2 + Horas Práctico Presencial + Horas Práctico No Presencial + Horas Laboratorio Presencial + Horas Laboratorio No Presencial + Horas Evaluación.

A.3 INSTRUCTIVO PARA REGISTRO DE MODIFICACIONES TEMÁTICAS DE UN CURSO

Este instructivo describe los pasos a seguir para registrar las modificaciones con respecto a la edición anterior del curso en lo que refiere al cubrimiento temático. Esta información será utilizada luego para analizar cómo dichos cambios impactan en el cubrimiento temático del CBOK.

A.3.1 Pasos a seguir

A continuación se describen los pasos a seguir y los campos a completar para registrar las modificaciones en los temas impartidos en un curso.

Para esto se debe registrar en la *Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso* (PlanillaParaRegistroDeModificacionesTematicasDeUnCurso.ods) solamente las modificaciones existentes con respecto al dictado anterior del curso.

1. Completar la hoja "Datos Generales".

Datos a completar:

- Nombre del curso
- Año de dictado
- Docente
- Cantidad de créditos

2. Para cada tema nuevo, registrar los datos de la hoja "Temas nuevos".

Datos a completar:

- Fecha
- Fuente: nombre de la fuente utilizada para dictar el tema (ppt, ejercicio, libro, etc.). Se debe especificar también hojas desde y hasta¹⁶.
- Tema: descripción del tema dictado.
- Subtema: descripción de los subtemas si es que existen.
- Horas: cantidad de horas utilizadas dedicadas al tema. Para el caso de las horas presenciales se debe considerar las horas reales. Para el caso de las no presenciales se debe considerar las horas reales de dedicación (si se cuenta con esta información) y en caso contrario las horas estimadas en el programa del curso.
- Tipo de hora: las horas se dividen en distintos tipos de hora. Las opciones posibles son:
 - Horas de teórico presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado en clase para la presentación de material teórico por parte de los profesores del curso o por parte de estudiantes.
 - Horas práctico presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado en clase para la presentación y/o resolución de ejercicios prácticos. El trabajo práctico incluye la realización de ejercicios de aplicación asociados a la teoría impartida en el teórico, así como la lectura y el análisis de artículos que haya designado el profesor. Estos trabajos prácticos son normalmente realizados en papel y son relativamente pequeños.
 - Horas práctico no presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado fuera de clase para la resolución de ejercicios prácticos.
 - Horas laboratorio presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado en clase a la presentación y/o resolución de laboratorios. Los laboratorios permiten enfatizar la experimentación de técnicas y métodos descritos en los cursos teóricos. También pueden implicar la realización de trabajos aplicados de acuerdo a la teoría. Los laboratorios son normalmente de mayor tamaño que los prácticos y pueden requerir el uso de herramientas de soporte. El laboratorio se entiende como más abarcativo mientras que el práctico trabaja sobre algo más puntual.

¹⁶ De ser posible enviar por mail las fuentes utilizadas para el dictado de estos temas, ya que serán utilizadas luego para realizar el mapeo con los Tópicos del CBOOK.

- Horas laboratorio no presencial: Se corresponden con el tiempo dedicado fuera de clase a la presentación y/o resolución de laboratorios.
 - Horas evaluación: Se corresponden con el tiempo dedicado a la realización de pruebas que permitan evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes en el marco de un curso.
3. Para cada tema que tuvo una modificación con respecto a la edición anterior del curso, registrar los datos de la hoja "Temas modificados". Ejemplo de modificaciones son: cambio en distribución horaria, modificación de la fuente sobre la cual se elaboran las presentaciones teóricas, se cambian los subtemas, etc.

Datos a completar: se deben completar los mismos datos que para la pestaña "Temas nuevos" y adicionalmente los siguientes campos:

- Tipo de cambio: las opciones son:
 - Aumento de carga horaria
 - Disminución de carga horaria
 - Modificación de documentos fuente para el dictado
 - Cambio en subtemas
 - Otros
- Detalle del cambio: explicación detallada del cambio.

4. Para cada tema eliminado (tema que en la edición anterior del curso se impartía y en la nueva edición no), registrar los datos de la hoja "Temas eliminados".

Datos a completar:

- Tema: descripción del tema eliminado.

A.4 INSTRUCTIVO PARA ASIGNACIÓN DE HORAS POR TÓPICO EN BASE A MODIFICACIONES

En el proceso para registro de cubrimiento temático de los cursos que están bajo gestión de la configuración, una vez que se registraron todos los temas que tuvieron modificaciones con respecto a la edición anterior del curso, se procede a realizar un mapeo entre los temas impartidos y los Tópicos del cuerpo de conocimiento de referencia.

La información completa del mapeo de temas a Tópicos queda registrada en la planilla *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* (PlanillaParaAsignacionDeTemasYTopicosDeUnCurso.ods).

El instructivo busca guiar en esta actividad y explicar cómo se debe completar la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* considerando los temas que no cambiaron con respecto a la edición anterior del curso y los temas modificados.

A.4.1 Entradas

Para realizar esta actividad es necesario contar con:

1. El resultado de la asignación de cubrimiento temático de la edición anterior del curso con detalle de tiempos por tema y asignación de cubrimiento por Tópico del CBOK (o sea contar con la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* completa para la edición anterior del curso).
2. La información de las modificaciones temáticas del curso con respecto a la edición anterior (*Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso* completa).

A.4.2 Pasos a seguir

A continuación se describen los pasos a seguir para realizar la asignación de horas por Tópico del CBOK en base a las modificaciones. Este procedimiento busca reutilizar al máximo la asignación de Tópicos realizada para la edición anterior del curso.

1. Tomar como base la *Planilla para Asignación de Temas y Tópicos de un Curso* de la edición anterior del curso y crear una nueva planilla para registrar los temas y Tópicos del curso actual (copiando el contenido de la planilla que contiene los resultados para la edición anterior del curso).
2. Para los temas que no han cambiado con respecto a la edición anterior del curso, la asignación de se mantiene.
3. Se analiza los cambios registrados en la *Planilla para Registro de Modificaciones Temáticas de un Curso*.
 - Para los temas que ya no se dictan, se deben eliminar los mismos de la hoja "Temas dados". A su vez se deben quitar las horas asociadas.

das a los Tópicos que se corresponden con dichos temas de la hoja "Horas_en_base_a_CuerpoC".

- Para cada tema que tuvo cambios, si ya se tiene la asociación de Tópicos para el tema (o sea el tema ya era impartido antes pero cambió la distribución horaria) se ajusta la carga horaria del mismo en la hoja "Temas dados" . En la hoja "Horas_en_base_a_CuerpoC" se ajustan las horas (para que refleje la nueva carga horaria) de cada uno de los Tópicos que cambió su distribución horaria.
- Para cada tema nuevo se realiza el mapeo a Tópicos del CBOK siguiendo los mismos pasos que establece en el *Instructivo para Asignación de Horas por Tópico en base a Temas*.

4. Fin.