

Using GSwE2009 for the Creation and Evaluation of Master's Degree in Software Engineering: Case Study Universidad de la República

Lucía Camilloni
Universidad de la República
lcamilloni@fing.edu.uy

Diego Vallespir
Universidad de la República
dvallesp@fing.edu.uy

Abstract—This paper presents an adoption and adaptation of the Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering (GSwE2009) proposed by the IEEE-CS and the ACM for the creation of a curriculum for a Master's degree in software engineering at the Universidad de la República (Uruguay). The adaptation respects the reality of information technology in Uruguay and the University's regulations. A method for evaluating contents and its application is also presented. This evaluation allows us to know the coverage obtained both thematically and in depth and also provides information that enables the detection of numerous opportunities for the improvement in the implementation of the career.

Keywords—*Software engineering curriculum design; Evaluation of Contents; Thematic Coverage.*

I. INTRODUCCIÓN

La complejidad y funcionalidad de los sistemas software, así como la criticidad de los mismos, crece año a año. Debido a todo esto es necesario que el software sea desarrollado correctamente y eficientemente.

La Ingeniería de Software (IS) consiste en la aplicación de enfoques sistemáticos, disciplinados y cuantificables al desarrollo y mantenimiento del software [1]. Los profesionales del software (ingenieros de software) deben aplicar prácticas profesionales para lograr producir software de calidad, cumpliendo con las necesidades de los usuarios, en tiempo y dentro del presupuesto establecido [2].

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 [3]. La educación en IS debe ser distinta a la educación en las ciencias de la computación porque sus objetivos como disciplinas son diferentes [4], [5]. En este sentido la IEEE-CS y la ACM proponen guías para la construcción de currículos (pregrado y posgrado) diferentes para 5 profesiones en informática[2]. La guía curricular SE2004 es la propuesta para pregrado [6] y para posgrado es la guía curricular GSwE2009 [7], [8]. Estas guías son currículos de referencia, es decir, sirven como referencia para generar currículos adaptados a cierto contexto.

El currículo de referencia GSwE2009 (en adelante usaremos “*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. Este puede ser utilizado como una guía para aquellas Facultades que están diseñando o mejorando sus programas de Maestrías Profesionales en ingeniería de software [8]. 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). Si bien en el GSwE2009 se explicita que el mismo no está desarrollado para certificar programas de posgrado, sí se establece qué se debe cumplir para que un programa de posgrado cumpla con (satisfaga) la guía.

En la Universidad de la República (UdelaR) que se encuentra en Uruguay, desarrollamos los Planes de estudio de una Especialización y de una Maestría Profesional en IS basándonos en el GSwE2009. En este artículo primero presentamos el uso de la guía para la construcción de los planes de estudio mostrando las adaptaciones que tuvimos que realizar considerando nuestro contexto. Luego presentamos cómo se implementó ese Plan de estudios durante el año 2012 y 2013. Por último, realizamos una evaluación comparativa con el GSwE2009 de los contenidos impartidos durante 2012 y 2013. Esta comparación nos brinda oportunidades para realizar cambios al Plan de estudios y a su implementación, lo cual termina constituyendo un ciclo de mejora continua de nuestras carreras.

El resto del artículo se divide en las siguientes secciones. La sección II presenta el GSwE2009. La sección III presenta el uso del GSwE2009 en la UdelaR. La sección IV presenta el método de comparación de contenidos. Los resultados de la comparación se presentan en la sección V. Los trabajos relacionados se presentan en la sección VI. La sección VII presenta las conclusiones y el trabajo a futuro.

II. GSwE2009

El GSwE2009 es una guía curricular para programas de Maestría Profesional en ingeniería de software y es utilizado como currículo de referencia. Se basa en un conjunto de recomendaciones para la creación de Planes de estudio para programas de maestrías en ingeniería de software [9], en el Cuerpo de Conocimiento de la Ingeniería de Software (SWEBOK) [10] y en la propuesta de Plan de estudios de enseñanza de grado SE2004. La evolución y el mantenimiento del Currículo GSwE2009 son gestionados por la ACM y por la IEEE-CS.

En esta sección presentamos brevemente los aspectos centrales del GSwE2009: la arquitectura, el cuerpo de conocimiento central (CBOK), los resultados esperados al egreso y el conocimiento esperado al ingreso.

A. 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 1.

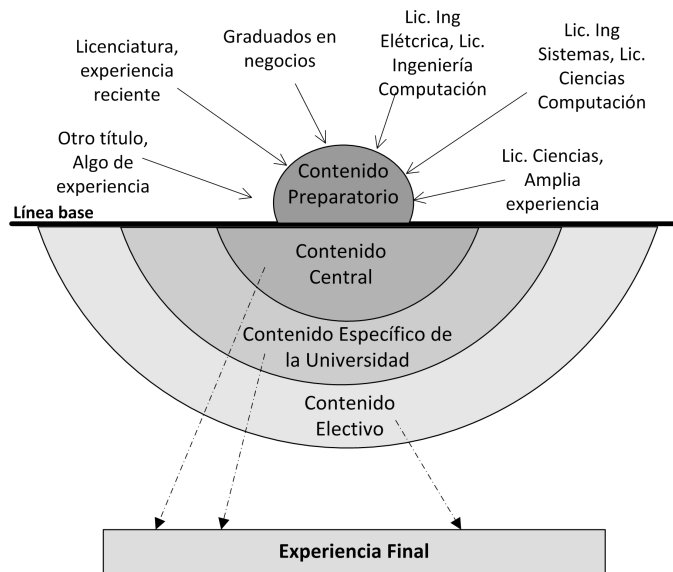


Figura 1. Arquitectura del GSwE2009 . Adaptado de GSwE2009[8]

El contenido preparatorio es aquel que debe ser dominado por el estudiante antes de entrar al programa de maestría.

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 (CBOK).

El contenido específico de la Universidad son aquellos contenidos que la institución podría incluir de forma tal de adaptar su programa para cumplir con sus objetivos específicos.

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 más adelante).

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 entre 3 a 6 créditos americanos.

B. Cuerpo de conocimiento central (CBOK)

El CBOK es una descripción de las principales habilidades, conocimientos y experiencias que se espera que el estudiante

adquiera para lograr cumplir con los resultados al egreso. El CBOK fue desarrollado principalmente a partir del SWEBOK [10].

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. 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 Bloom¹.

El CBOK contiene 11 KA. Por motivos de espacio no podemos brindar una descripción de cada una de las KA. De todas formas los nombres de las mismas son suficientemente nemotécnicos como para tener una idea de qué trata cada una: Ética y conducta profesional (ECP), Ingeniería de sistemas (ISis), Ingeniería de requisitos (IR), Diseño de software (DS), Construcción de software (CS), Pruebas (P), Mantenimiento de software (MS), Gestión de la configuración (GC), Gestión de la ingeniería de software (GIS), Proceso de la ingeniería de software (PIS) y Calidad de software (CaIS). A nivel de KA se define la distribución del esfuerzo (tiempo utilizado por el estudiante) en forma porcentual. Estos porcentajes (establece explícitamente el GSwE2009) deben utilizarse como una guía y no como una precisa especificación de un currículo. La Figura 2 presenta los mismos.

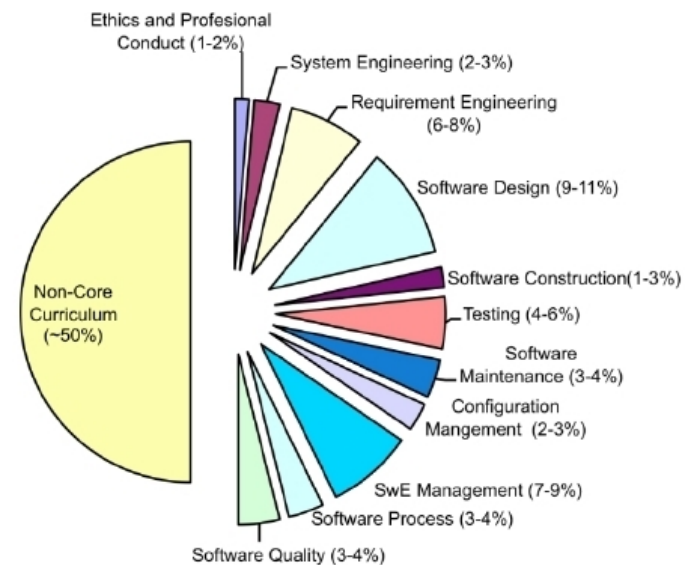


Figura 2. Distribución del Esfuerzo en Porcentaje. Fuente: GSwE2009 [8]

C. Resultados esperados al egreso

El Currículo GSwE2009 establece 10 resultados esperados al egreso. Es decir, establece resultados que se espera asimile el estudiante al culminar la maestría. Estos resultados cubren diversos aspectos como por ejemplo: técnicos, éticos y de

¹La 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 [11].

aprendizaje. En el Cuadro I se presentan los 10 resultados, junto con una breve descripción de cada uno de ellos.

D. Conocimiento Esperado al Ingreso

El GSWE2009 recomienda que los programas tengan entre 33 y 36 créditos americanos. Se espera que un estudiante de tiempo completo pueda terminar el programa en un tiempo de entre 18 a 24 meses.

El número de créditos recomendados, combinado con los resultados esperados al egreso, determinan cuáles deberían ser los conocimientos de los estudiantes 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, se presenta dividido en KA. Para cada una de estas se establece el nivel de Bloom que el estudiante debería tener al ingreso.

III. PLAN DE ESTUDIOS BASADO EN GSWE2009 EN LA UDELAR

La Universidad de la República (UdelaR) es la más grande de las universidades del Uruguay y la única pública. En esta entendemos 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.

La carrera de grado en Informática de la UdelaR pertenece a la Facultad de Ingeniería. Esta carrera tiene similitudes con los *Curriculums Guidelines for Undergraduate Degree Programs of Computer Science* [12] y *Software Engineering* [6] desarrollados por la IEEE-CS y la ACM. La duración prevista de esta carrera es de 5 años.

Para los posgrados profesionales la UdelaR define 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.

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 a nivel de la Facultad que propone la Implementación (sin requerir una aprobación posterior de la Universidad).

El Plan de estudios tiene entre sus componentes principales la definición de áreas de conocimiento (Materias) y los créditos mínimos que son necesarios en cada Materia para obtener la graduación. Dicho Plan no utiliza la definición del Crédito Latinoamericano de Referencia (CLAR) [13] ya que debe seguir la Ordenanza que determina que se deben usar los créditos de UdelaR. En este sentido, el crédito de UdelaR es una medida del esfuerzo estimado 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).

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. La Figura 3 presenta las componentes más importantes de un Plan de estudios y una Implementación de ese Plan.

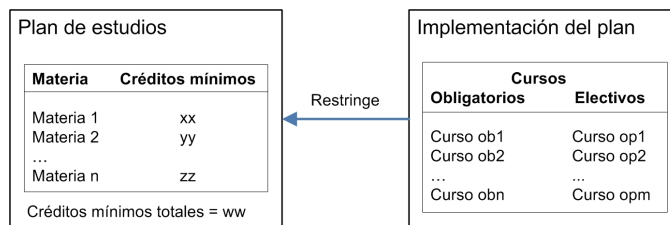


Figura 3. Plan de estudios e Implementación del plan de estudios

A. Plan de Estudios para EIS y MIS

Durante el primer semestre de 2011 construimos 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 difieren únicamente en que la MIS requiere de la realización de una tesis de maestría. Debido a esto, el “camino” del estudiante en esta formación de posgrado 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.

En esta sección presentamos una descripción de la adaptación realizada para adecuar a la realidad de nuestra

Resultado	Descripción
CBOK	Dominar el CBOK. El CBOK especifica niveles de Bloom que deberán ser cumplidos para cada 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.

Universidad los principales puntos que se plantean en el GSwE2009. Debido a que la MIS y la EIS solamente se diferencian en la tesis presentamos la adaptación utilizando el Plan de estudios de la MIS. Para cada una de las adaptaciones presentamos los motivos existentes que nos obligan a realizarlas.

Arquitectura del Plan MIS-UdelaR

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 CBOK. El GSwE2009 busca cubrir estas 11 KA. En cambio, el Plan de estudios que desarrollamos no exige créditos mínimos a obtener en cada Materia, pero exige que los estudiantes deban contar con al menos un crédito en al menos 6 Materias. Esto significa que podría no tratarse temas de 5 KA.

La cantidad total de créditos exigidos en la MIS en cursos es 70. Esto equivale a un esfuerzo por parte del estudiante de 1.050 horas. El conjunto de cursos forman, como ya se mencionó, los requisitos requeridos para el egreso de la EIS.

El Plan de estudios de la MIS contiene además una tesis de maestría de 40 créditos. Es decir, una tesis de maestría que requiere 600 horas de esfuerzo por parte del estudiante.

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 de nuestro Plan de 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 exige solamente cubrir al menos 6 Materias para no incluir en el Plan restricciones que después resulten imposibles de cumplir al momento de dictar los cursos. Esta decisión compromete el poder alcanzar el resultado esperado al egreso del GSwE2009 de dominar el CBOK.

Resultados Esperados al Egreso MIS-UdelaR

El Plan de estudios propuesto busca alcanzar 9 de los

10 resultados esperados al egreso que propone el Currículo 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).

El GrIS no se enfoca en el estudio de la ingeniería de software para un dominio de aplicación particular. Esto implica que los cursos que se impartan en la MIS serán genéricos en cuanto al dominio de aplicación. Debido a esto los egresados de la MIS no alcanzarán un conocimiento profundo en un dominio de aplicación (como establece el resultado Dominio del GSwE2009).

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. Este es el otro motivo por el cual se decidió priorizar una mayor profundidad en el CBOK antes que lograr cumplir con el resultado al egreso de Dominio.

Si bien decidimos priorizar el CBOK, el dominio de este, que es otro de los resultados esperados, corre riesgo de no cumplirse en la MIS. Como se presentó anteriormente, esto se debe a la decisión de exigir créditos en solamente 6 Materias. Cabe aclarar que los Planes de estudio de la UdelaR se mantienen sin cambios por varios 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.

Requisitos de Ingreso MIS-UdelaR

En el GSwE2009 se asume que los estudiantes que ingresan a la maestría son egresados de una carrera de pregrado de informática o ingeniería, han realizado algún curso introductorio de ingeniería de software y cuentan con al menos 2 años de experiencia práctica en algún aspecto de la ingeniería de software. Caso contrario el GSwE2009 sugiere la realización de cursos nivelatorios que cubran parte o todo el Contenido

Preparatorio (ver Figura 1).

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 con los estándares de la UdelaR). Esto hace que los requisitos de ingreso resulten menores a los exigidos en el GSwE2009.

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. Además, 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. Éste 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. A su vez en este curso se busca introducir al estudiante en el uso de algunas técnicas y herramientas particulares para que pueda ejecutar distintos roles en un proyecto de ingeniería de software.

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 similar al Rational Unified Process [14] donde cada uno de los estudiantes tiene uno o varios roles específicos [15].

Estos dos cursos compensan de cierta manera los conocimientos esperados al ingreso sugeridos en el GSwE2009. Evaluando el conocimiento de preparación previo que sigue 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.

Experiencia Final MIS-UdelaR

El GSwE2009 cuenta con una experiencia final que puede ser una tesis, un proyecto o una práctica. Esta puede realizarse tanto de forma individual como en equipo.

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.

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.

Carga Total de Trabajo del Estudiante MIS-UdelaR

GSwE2009 estima que las maestrías tienen una carga horaria total de entre 1287 y 2016 horas (entre 33 y 36 créditos americanos)². 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. Las 600 horas de tesis son aproximadamente el doble de la carga horaria de la experiencia final propuesta en el GSwE2009.

La Figura 4 presenta de forma gráfica la adaptación realizada de las principales características del GSwE2009.

B. Implementación del Plan de la MIS

La primera Implementación del Plan de estudios de la MIS se elaboró a finales de 2011. La primera generación de estudiantes de la MIS comenzó sus cursos en abril de 2012. Esta generación culminó sus estudios a finales de 2013.

La intención de la Implementación es tener al menos un curso por cada KA del GSwE2009 a pesar de las limitaciones actuales del GrIS (si bien el Plan sólo exige contar con créditos en al menos 6 Materias). Algunos de los cursos de posgrado ya se dictaban hace unos años en el marco de otra maestría y otros fueron creados especialmente para la MIS. Para los cursos que se desarrollaron especialmente para la MIS fueron asignados docentes del GrIS a áreas temáticas y se les dio libertad para armar los cursos en dicha área. Estas dos situaciones de los cursos (cursos existentes y cursos nuevos con libertad de cátedra) constituyen uno de los motivos para realizar la evaluación comparativa de contenidos con el GSwE2009 que presentamos más adelante.

Los cursos tomados por la primera generación de estudiantes durante 2012 y 2013 y las horas reales totales de cada uno se presentan en el Cuadro II. Las horas reales totales fueron registradas por uno de los autores que realizó cada uno de los cursos como estudiante. Los nombres de los cursos dan una idea del tipo de tema que trata cada uno. La descripción completa de los cursos puede encontrarse en <http://www.fing.edu.uy/cpap/cursos>.

IV. MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DEL CUBRIMIENTO

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,

²Un 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 + 13x2)x33. Utilizando 36 créditos y el máximo de carga por créditos se llega a las 2016 horas.

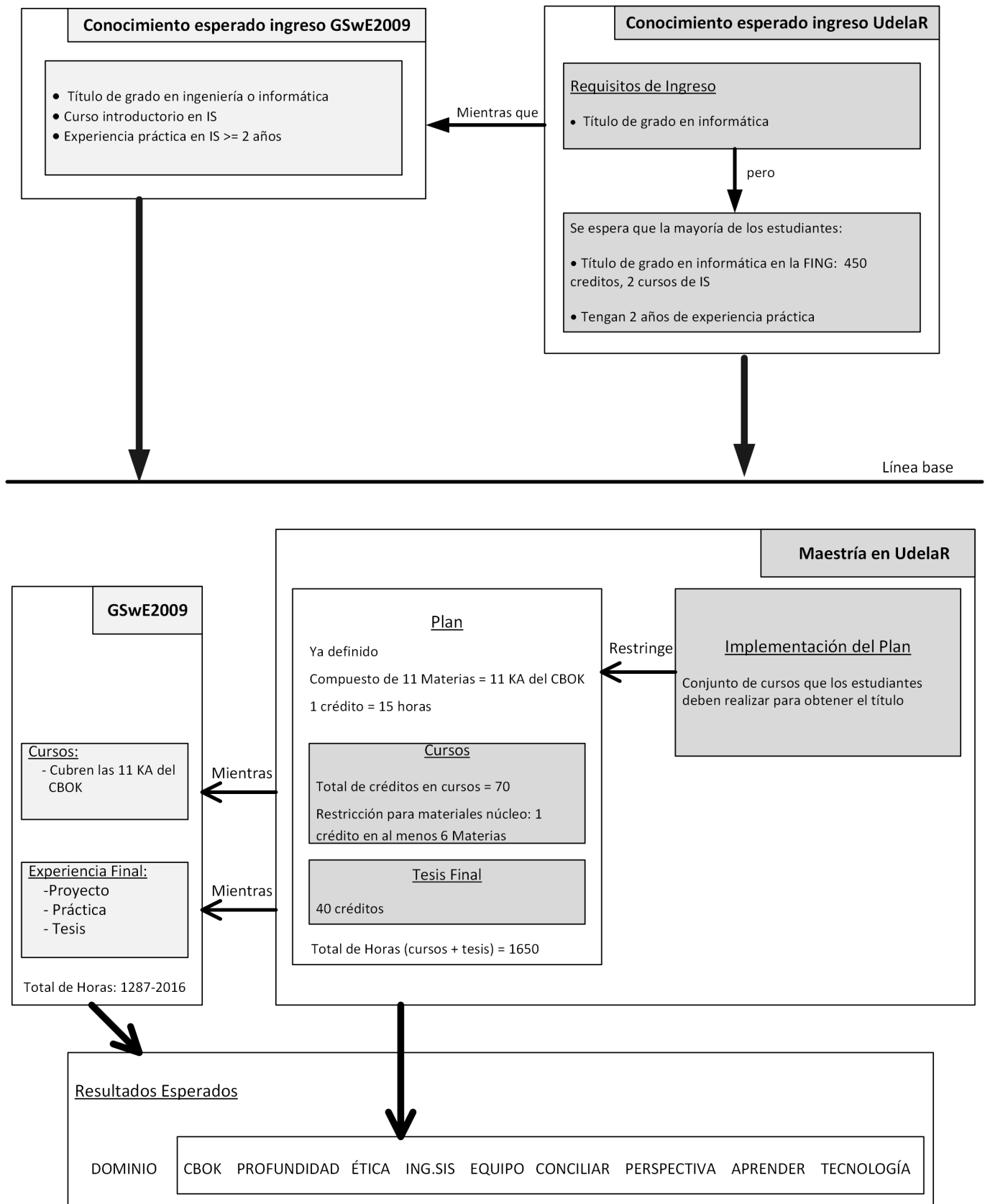


Figura 4. La adaptación del GSwE2009 en la UdelaR.

Cuadro II. CURSOS Y HORAS TOTALES

Nombre del Curso	Horas Totales
Prácticas de Desarrollo de IS - Requisitos	21,50
Prácticas de Desarrollo de IS - Diseño de Software	21,00
Prácticas de Desarrollo de IS - Construcción	14,00
Prácticas de Desarrollo de IS - Testing	21,00
Arquitectura de Software	145,00
Costos para Ingeniería de Software	77,50
Gestión de la Configuración	60,00
Modelado y Simulación de Procesos de Negocio	69,50
Introducción al CMMI-DEV	44,00
Inspección de Software: El proceso de Inspección	71,00
Estimación de Proyectos de Desarrollo y Mantenimiento de SW	39,00
Testing en el proceso de desarrollo de software	113,75
Mantenimiento de Software	70,25
Construcción de Software	57,00
Gestión de Proyectos de Software	102,25
Introducción al CMMI-ACQ	42,50

en entrevistas con los estudiantes, en expertos externos, etc. Cualquiera de estas formas termina sesgando de alguna manera los resultados y limitando las conclusiones.

A. Cubrimiento temático medido en horas

Nuestra evaluación tiene como objetivo conocer cómo se cubre temáticamente el CBOK en la MIS. Conocer qué se cubre temáticamente puede verse como una lista de temas del CBOK (KA, unidades y/o tópicos) 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 finalizado ciertos cursos, o luego de finalizada la MIS. 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 CBOK. Cada una de estas evaluaciones tiene sus pros y sus contras y comentarlos queda por fuera del alcance de este artículo.

En este trabajo definimos “cómo se cubre temáticamente” como conocer qué temas son cubiertos y cuántas horas dedica en cada tema un estudiante considerando todos los cursos de la carrera MIS. Para esto 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 un curso. Las horas que se consideran son tanto las horas presenciales (horas en clase con el profesor) como las no presenciales (horas realizadas fuera del salón de clase).

Dividimos las horas de dedicación del estudiante durante los cursos en:

Horas 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.

Horas 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. Este es el único caso de horas estimadas y no reales. 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. Dicho de otra forma, el valor de Horas estudio es igual al valor Horas teórico presencial.

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.

Las horas presenciales son divididas en temas a medida que transcurre el curso. Para las horas no presenciales (de práctico y laboratorio) uno de los autores realizó cada uno de los cursos como estudiante y utilizó su dedicación real como una estimación de la dedicación real promedio 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 relacionado con un trabajo no presencial.

Esta forma de medición de las horas no presenciales tiene sus limitaciones. Sin embargo, en el marco de la MIS era difícil o casi imposible pedirle a todos los estudiantes que llevaran registro del esfuerzo utilizado. Teniendo en cuenta esta debilidad es que también se consultó a los profesores responsables de cada curso si estaban de acuerdo con las horas registradas por el estudiante o si sería conveniente ajustarlas para que reflejen de mejor manera lo que el docente estima que en promedio deberían llevar dichos trabajos.

El hecho de tomar en cuenta la cantidad de horas totales

(presenciales y no presenciales) tiene como ventaja que permite tener un panorama más global acerca del cubrimiento temático en horas de la MIS. 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.

B. Método de asignación de horas por tópico

El cubrimiento temático del CBOK se realiza asignando las horas descritas por tópico. El tópico es la unidad más granular del CBOK y a partir de la información recolectada a este nivel, simplemente sumando, se puede obtener la misma información a nivel de unidad o de KA. Esta asignación se hace para cada curso que compone la MIS. Por ende, al final, se tiene una asignación de horas a nivel de tópico, unidad y KA del CBOK para toda la MIS.

El método para asignación de horas por tópico contiene tres pasos: la asignación de horas por tópico para el curso, la revisión de esta asignación con el docente y por último el procesamiento de los datos para evaluar el cubrimiento obtenido. Los primeros dos pasos se realizan para cada uno de los cursos de la MIS y el último paso se realiza una única vez luego de que se terminó de asignar las horas para todos los cursos. Esto se presenta en la Figura 5.

El primer paso de la asignación de horas por tópico es realizado por uno de los autores de este trabajo en su rol de estudiante de cada curso. Para cada curso se registra en una planilla electrónica la cantidad de horas (discriminando por tipo de hora) dedicada a cada tema. Luego se analizan todos los tópicos del CBOK del GSWE2009 y se asignan las horas de cada tema del curso a los tópicos correspondientes del CBOK (nuevamente discriminado por tipo de hora). La asignación de las Horas de estudio se distribuyen igual que fueron distribuidas las Horas teórico presencial.

Para los temas de cursos que no pueden ser mapeados a tópicos del CBOK 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 la mayoría de los cursos dictados se opta por no asignar a tópicos las Horas de evaluación. Esto se debe a que en general en las evaluaciones se cubren temas de muchos tópicos y si se intentara dividir por temas el prorrateo de horas a nivel de cada tópico sería insignificante. No obstante, para aquellos cursos que están fuertemente asociadas a una KA en particular (en los cuales la amplia mayoría de los temas dados pertenecen a una KA) se decide asignar las horas de evaluación a la KA en cuestión (sin asociarles unidad ni tópico). A su vez, en la implementación del plan existen algunos (pocos) cursos en los cuales la mayor parte del contenido del curso está asociado a un tópico en particular del CBOK. Para estos cursos, como por ejemplo el de “Inspección de Software: El proceso de

Inspección”, se opta por asignar las Horas de evaluación a nivel de tópico.

Luego de culminada la distribución de horas por tópico de un curso se pasa a realizar una revisión con el profesor responsable del mismo (segundo paso del método). Para esto se realiza una reunión con el profesor donde primero se le explica el trabajo realizado y luego se revisa la asociación de temas del curso a tópicos del CBOK y su respectiva distribución horaria. 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). Una vez finalizada la reunión, se realizan los ajustes necesarios en la asignación de tópicos para el curso. En caso que en la revisión se hayan indicado muchos cambios a realizar, se envía mediante correo electrónico la planilla de asignación de horas al profesor para que éste revise si los cambios realizados quedaron acorde a sus comentarios. Este paso busca validar la asignación realizada en el primer paso 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.

Finalmente, el tercer paso del método se realiza una vez que se culmina la asignación de horas a tópicos para todos los cursos. En este paso se procede a procesar todos los datos recabados en una única plantilla (planilla electrónica preformateada). Esta plantilla permite dar soporte para la obtención de distintas métricas asociadas al cubrimiento obtenido en los distintos niveles de abstracción del CBOK.

V. RESULTADO DE LA COMPARACIÓN DE CONTENIDOS TEMÁTICOS DE LA MIS CON EL GSWE2009

En esta sección presentamos algunos de los resultados que hemos obtenido en nuestro trabajo de evaluación de la MIS. Presentamos resultados de cubrimiento temático y de profundidad temática alcanzada en la MIS en comparación con el GSWE2009.

A. Cubrimiento Temático

A continuación presentamos el cubrimiento de los temas del GSWE2009 mostrando cuáles de estos temas son considerados en los cursos de la MIS. Esto nos da una visión a nivel de KA, unidad y tópico de cuáles temas han sido abordados y cuáles no.

La Figura 6 presenta el cubrimiento alcanzado a nivel de KA, tópico y unidad para la KA “Ética y Conducta Profesional”. Este tipo de información sirve para conocer qué KA, unidades y/o tópicos no están cubiertas o están bien cubiertas por la Implementación del plan de estudios (respecto a GSWE2009). Los tópicos coloreados con verde son cubiertos por algún curso de la MIS y los coloreados con naranja no son cubiertos. Que un tópico sea cubierto en la MIS quiere decir que, aplicando el método descrito en la

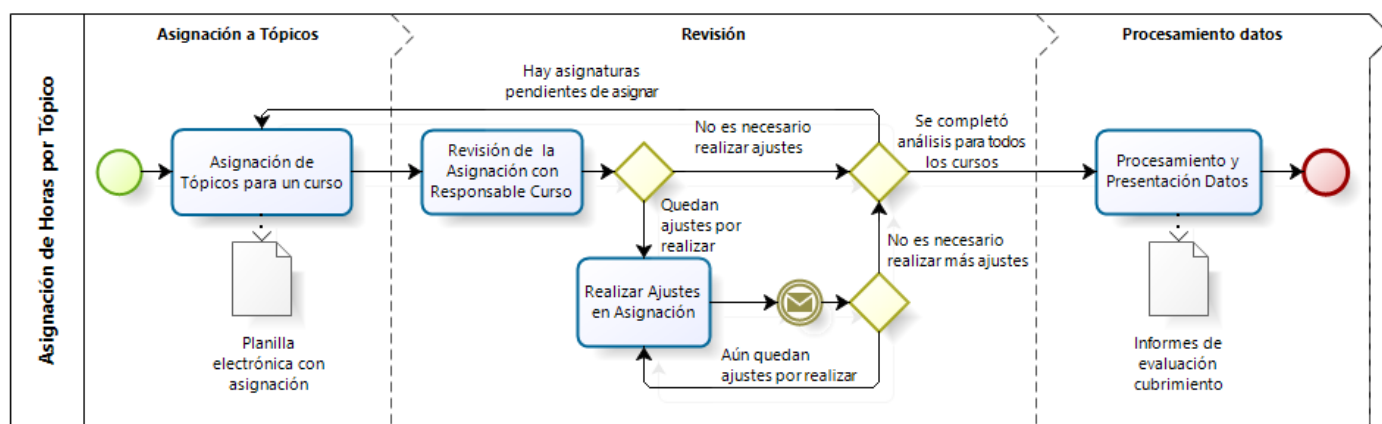


Figura 5. Pasos del método de asignación de horas por tópico

sección anterior, se asignaron horas al mismo. Las unidades se colorean según el porcentaje de tópicos cubiertos de la misma: entre 0 y 15 % naranja, entre +15 % y 50 % amarillo, entre +50 % y 85 % verde claro, entre +85 % y 100 % verde. Estos colores se corresponden a los conceptos: No cubierto, cubierto parcialmente, cubierto ampliamente, totalmente cubierto. Para las KA se utiliza lo mismo que para las unidades pero se consideran las unidades en lugar de los tópicos. O sea las KA se colorean según el porcentaje de unidades cubiertas de la misma. Una unidad se considera cubierta cuando la misma está cubierta parcialmente, cubierta ampliamente o cubierta totalmente.

En el ejemplo se puede ver que la KA Ética y Conducta Profesional así como sus unidades y tópicos no son casi cubiertos en la MIS.

Por motivos de espacio presentamos únicamente de forma completa el nivel de cubrimiento temático alcanzado en cada KA. Esto se puede ver en la Figura 7 que utiliza los colores mencionados previamente.

Este tipo de análisis, utilizando colores, 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 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. A partir de los resultados obtenidos, el equipo de coordinadores de la MIS se encuentra trabajando en cubrir de mejor manera la KA Ética y Conducta Profesional para el año 2015 con el ingreso de la cuarta generación de estudiantes.

B. Profundidad Temática

La profundidad con la cual se abordan los distintos temas puede ser medida de diferentes maneras. Una de las formas más sencillas de medirla es conocer cuánto tiempo se ha dedicado a los distintos temas. En nuestro estudio utilizamos el tiempo total por tema (suma de los distintos tipos de horas presentados anteriormente).

La profundidad alcanzada puede ser estudiada a nivel de KA, unidad o tópico. En este caso particular presentamos los resultados a nivel de KA porque queremos realizar una comparación con el GSwE2009. El GSwE2009 presenta una

distribución en porcentajes del esfuerzo esperado únicamente a nivel de KA. Además, plantea que el CBOK 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 CBOK), 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 CBOK 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 CBOK (ver Figura 2). 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 CBOK.

Aspiramos a que la profundidad de los temas de nuestra MIS sea similar a la del GSwE2009. En este caso particular, mediante el uso del total de horas por KA, consideramos que el nivel de profundidad es similar al del GSwE2009 cuando las horas de la MIS están por encima de las horas sugeridas por el GSwE2009 utilizando 800 horas totales.

En el Cuadro III se presentan los resultados de este análisis. La primera columna es la KA, la segunda el porcentaje máximo sugerido por el GSwE2009 (suman más de 50 % debido a que es una aproximación), la tercera son las horas totales en cada KA basándose en un total de 600 horas, la cuarta basándose en 800 horas, la quinta presenta las horas totales calculadas para la MIS y la última columna un color que representa la satisfacción de la profundidad temática, medida en horas, 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

A - Ética y Conducta Profesional	
Unidad	Tópico
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

Figura 6. Cubrimiento temático alcanzado para la KA Ética y Conducta Profesional

Área de Conocimiento (KA)
A - Ética y Conducta Profesional
B - Ingeniería de Sistemas
C - Ingeniería de Requisitos
D - Diseño de Software
E - Construcción de Software
F - Testing
G - Mantenimiento de Software
H - Gestión de la Configuración
I - Gestión de la Ingeniería de Software
J - Procesos de la Ingeniería de Software
K - Calidad del Software

Figura 7. Cubrimiento Temático a Nivel de KA

del mínimo deseado. El color amarillo indica que se utiliza un número mayor de horas que lo sugerido respecto a 600 horas totales pero no mayor respecto a 800 horas totales. El color verde indica que las horas de la MIS superan las sugeridas con 800 horas totales; que es lo que deseamos.

Cuadro III. COMPARACIÓN DE ESFUERZO EN HORAS TOTALES DEL CBOK

KA	% por KA	Basado en 600 hs (hs)	Basado en 800 hs (hs)	MIS (hs)	Comparar
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	●
P	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	●

Este resultado permite conocer la profundidad temática (al menos utilizando una medida de horas dedicadas por KA) en comparación con el GSwE2009. Podemos observar que hay tres KA que no son adecuadamente tratadas en la MIS.

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 subsección anterior) no se le dedica el tiempo suficiente como para poder tratar estos temas con la profundidad que deseamos alcanzar. Este análisis nos brinda también oportunidades de mejora identificando áreas que deben contar con más horas de dedicación.

C. Conclusiones sobre la Evaluación

Evaluar y, en lo posible de forma continua una carrera, permite la mejora continua. Siguiendo el ciclo PDCA de Shewhart [16] o tomando el cambio propuesto por Deming más adelante PDSA (Planificar, Hacer, Estudiar, Ajustar), nos encontramos en este momento analizando (Estudiando) los datos que hemos recabado de nuestra evaluación de la Implementación del plan de estudios de la MIS. Este análisis, que es 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 MIS 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 MIS (o no).

Los procesos de evaluación de planes de estudio, aún más de las implementaciones, son normalmente largos y costosos e incluso a veces no se sabe exactamente qué evaluar. Durante nuestro trabajo estamos construyendo un Marco de Evaluación de Implementaciones de planes de estudio basados en guías o sugerencias de currículos internacionales. Este marco permitirá conocer qué es lo que se podría (o debería) evaluar de cierta carrera que intenta satisfacer un currículo. En este trabajo presentamos dos dimensiones de este Marco aplicadas a la carrera MIS de la UdelaR. Esto nos permite tanto mantener el control de la carrera como mejorarla en el futuro, pudiendo planificar cambios a corto como a mediano plazo.

Si bien nuestra evaluación tiene limitaciones, es claro que proporcionó mucha información útil y que brinda diversas oportunidades de mejora de la carrera MIS. En este momento nos encontramos haciendo los ajustes que entendemos necesarios para los cursos de la tercera generación de estudiantes. Estos ajustes se basan principalmente en los resultados recabados en este trabajo de evaluación.

Otras dimensiones a construir para desarrollar nuestro marco deben incluir otras perspectivas a evaluar. 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, etc.

VI. TRABAJOS RELACIONADOS

Es muy difícil concebir una profesión madura sin contar con una educación madura en el área debido a que sin una educación de este tipo, es imposible concebir profesionales altamente capacitados [17], [3]. Un avance que entendemos sumamente importante tanto para la profesión como para la educación en IS fue el desarrollo de la Guía para el Cuerpo de Conocimiento de la Ingeniería de Software (SWEBOK). Un proyecto que comienza en conjunto la ACM y la IEEE-CS pero que ahora sigue adelante únicamente la IEEE-CS. Esta guía describe el conocimiento generalmente aceptado de la ingeniería de software. 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 [18].

La primera versión del SWEBOK, SWEBOK versión *Strawman* [19], consistió en un borrador que describe la lista de áreas de conocimiento (KA) y las disciplinas que interactúan con la IS. Esta versión buscó estimular el debate y el cuestionamiento y fue publicada en 1998. El SWEBOK versión 2004 [10] 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 [18], esta versión fue publicada en enero de 2014.

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. Por ejemplo, en lo que refiere a educación en IS, la IEEE-CS y la ACM proponen una guía curricular para carreras en IS a nivel de pregrado (SE2004) [6] (actualmente en revisión) y para el posgrado el GSWE2009 [8], ambas propuestas utilizan al SWEBOK versión 2004 como una de las principales fuentes para la definición del conocimiento central.

A partir de la creación del SE2004 y del 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. La evaluación de los planes de estudio, como se menciona en el SE2004, es necesaria para mantener la calidad del currículo creado. Son pocos los artículos publicados que refieren a la adopción, creación de planes de estudio y evaluación de carreras basándose en estas guías. A continuación se presentan los encontrados en nuestra búsqueda de trabajos relacionados.

Once universidades de Turquía que imparten carreras de grado en IS han sido comparadas con el SWEBOK [20]. El análisis compara únicamente las horas sugeridas por el SWEBOK por KA con las horas dedicadas en cada plan de estudios de cada universidad a cada KA. Las horas del plan de estudios de las universidades son tomadas de las páginas web donde se describen los cursos. Nuestro método de comparación es más riguroso que el método utilizado en este estudio y por lo

tanto provee resultados más confiables. El tipo de comparación realizada es muy similar a la nuestra.

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 el *Accreditation Board for Engineering and Technology* (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 indica la cantidad de horas de contacto y se realiza un mapeo para determinar qué unidades del SEEK cubren. Las horas restantes se distribuyen en cursos específicos para ingeniería de software de modo de tratar las KA restantes del SEEK [21]. La forma en la cuál se creó esta carrera es similar a la forma en la cual creamos nuestra MIS.

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 [22]. De forma parecida a nuestro método de evaluación los autores introducen la noción de evaluar clase por clase comparando con los temas que se cubren del SWEBOK. Al igual que en nuestra propuesta utilizan las horas dedicadas a cada tema.

Al ser el GSWE2009 una guía más reciente que la SE2004 existen pocos artículos de creación de planes de estudio o evaluación de contenidos usando la misma. En nuestra revisión bibliográfica en este sentido encontramos solamente dos artículos. En uno de estos artículos se presenta cómo cuatro Universidades (una es la nuestra) de tres países distintos han usado esta guía para la construcción y adaptación de programas de Maestrías en IS [23]. El otro trabajo es nuestra presentación inicial de adaptación del GSWE2009 para crear el plan de estudios de la MIS [24]. En dicho trabajo también presentamos las ideas iniciales de la implementación del plan.

Ultimamente en la región se han publicado artículos relacionados con nuestro trabajo. En el artículo “Evolution of the Computing Curricula for Computer Science in Latin America 2013” se presenta una propuesta para generar y mantener actualizada una malla curricular de acuerdo a cualquier currículo de referencia. Además, esta propuesta genera indicadores diversos respecto a la propuesta internacional [25]. El artículo “Design, construction and implementation of a professional education program of software engineering: Design curriculum experience for the software industry” presenta un enfoque curricular de enseñanza seguido por la Fundación Universitaria Panamericana basado en competencias y en el desarrollo humano por ciclos propedéuticos cuyo objetivo es garantizar la idoneidad para la industria [26]. En dicho artículo también se presenta como se armaron las bases para un programa de pregrado en IS para la Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana partiendo del marco común propuesto para la institución, donde se privilegia la formación por competencias y se busca poder responder disciplinariamente a las exigencias de la industria, y utilizando un pensamiento sistémico, el SWEBOK y las series construidas por la IEEE-CS y la ACM para los currículos en computación [26], [2].

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

En este artículo se presenta una adopción y adaptación del GSwE2009 para la creación de los Planes de estudios de una EIS y de una MIS. Esta adaptación respeta la realidad de las tecnologías de la información en Uruguay, los reglamentos de la UdelaR y la situación actual del GrIS. 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 explícitamente en el Plan es el de Dominio (dominar un dominio o tipo de aplicación). A su vez, se busca cubrir los contenidos temáticos del CBOK con la profundidad establecida por el GSwE2009.

Presentamos también un método de evaluación de contenidos y su aplicación en un caso real en la MIS de la UdelaR. La evaluación de la MIS en comparación temática, tanto en cubrimiento de temas como en su profundidad, brinda noción de la realidad de cubrimiento temático de la MIS así como numerosas oportunidades para mejorar la implementación de la carrera. En este sentido detectamos que dos KA son muy poco cubiertas temáticamente y que una KA más es poco cubierta en cuanto a la profundidad con la cual se imparten sus tópicos. Estos resultados, cuantificados mediante el esfuerzo del estudiante para asimilar diversos temas, nos permite contar con un resultado de la ejecución de los cursos y de la carrera que la representa desde un punto de vista “real” y no desde los “papeles” (planes de estudio y programas de cada curso).

Como trabajo futuro pretendemos evaluar la carrera desde otros puntos de vista. Por ejemplo, evaluar las habilidades adquiridas por lo estudiantes durante la carrera o el nivel de conocimiento (medido en niveles de Bloom) de los distintos tópicos impartidos. Este tipo de evaluación complementarán el Marco de Evaluación de Implementaciones de carreras que nos encontramos construyendo.

REFERENCIAS

- [1] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, 1990.
- [2] The Association for Computing Machinery (ACM); The Association for Information Systems (AIS); The Computer Society (IEEE-CS), *Computing Curricula 2005 - The Overview Report covering undergraduate degree programs in Computer Engineering, Computer Science, Information Systems, Information Technology, Software Engineering*, 2005.
- [3] G. Ford and N. Gibbs, “A mature profession of software engineering,” Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, CMU/SEI-96-TR-004, Tech. Rep., 1996.
- [4] D. Parnas, “Software engineering - missing in action: A personal perspective,” *Computer*, vol. 44, no. 10, pp. 54–58, Oct 2011.
- [5] M. Shaw, “Continuing prospects for an engineering discipline of software,” *IEEE Software*, vol. 26, no. 6, pp. 64–67, Nov 2009.
- [6] Joint Task Force on Computing Curricula, “Software engineering 2004: Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in software engineering,” IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery, Tech. Rep., 2004.
- [7] M. Ardis, P. Bourque, T. Hilburn, K. Lasfer, S. Lucero, J. McDonald, A. Pyster, and M. Shaw, “Advancing software engineering professional education,” *IEEE Software*, vol. 28, no. 4, pp. 58–63, 2011.
- [8] A. Pyster, *Graduate Software Engineering 2009 (GSWE2009) Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering*. Stevens Institute, 2009.
- [9] M. Ardis and G. Ford, “SEI report on graduate software engineering education,” Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Tech. Rep. CMU/SEI 89-T-21, 1989.
- [10] P. Bourque and R. Dupuis, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)*. IEEE Computer Society Press, 2004.
- [11] B. S. Bloom, Ed., *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook 1: Cognitive Domain*. David McKay Company, 1956.
- [12] A.-I.-C. J. T. F. on Computing Curricula, “Computer science curricula 2013,” ACM Press and IEEE Computer Society Press, Tech. Rep., December 2013. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/2534860>
- [13] (2013, Septiembre) Crédito latinoamericano de referencia (clar). Proyecto Tuning. [Online]. Available: <http://www.unmsm.edu.pe/occaa/documentos/tuning-clar.pdf>
- [14] P. Kruchten, *The Rational Unified Process: An Introduction (3ra edición)*. Addison Wesley Professional, 2004.
- [15] J. Triñanes, “Construcción de un banco de pruebas de modelos de proceso,” in *IV Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento*, 2004.
- [16] W. A. Shewhart, *Statistical method from the viewpoint of quality control*. University of Michigan, 1939.
- [17] S. McConnell and L. Tripp, “Professional software engineering—fact or fiction?” *IEEE Software*, vol. 16, no. 6, pp. 13–18, Nov 1999.
- [18] P. Bourque and R. E. Fairley, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)*. IEEE Computer Society Press, 2014.
- [19] P. Bourque, R. Dupuis, A. Abran, J. W. Moore, L. Tripp, K. Shyne, B. Pflug, M. Maya, and G. Tremblay, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, A Straw Man version*. IEEE Computer Society Press, 1998.
- [20] A. Mishra and A. Yazici, “An assessment of the software engineering curriculum in Turkish universities : IEEE/ACM guidelines perspective,” *Croatian Journal of Education*, vol. 13, no. 1, 2011.
- [21] S. T. Frezza, M.-H. Tang, and B. Brinkman, “Creating an accreditable software engineering bachelor’s program,” *IEEE Software*, vol. 23, no. 6, pp. 27–35, Nov 2006.
- [22] S. Ramakrishnan, “Accreditation of monash university software engineering (MUSE) program,” *Issues in Informing Science and Information Technology*, vol. 4, pp. 73–89, 2007.
- [23] M. Ardis, S. Bohner, L. Camilloni, D. Vallespir, and S. Ilieva, “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 (CSEE&T)*, May 2013, pp. 109–118.
- [24] D. Vallespir and L. Camilloni, “Use of GSwE2009 curriculum at the University of the Republic,” in *9th Latin American Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, Nov 2012, pp. 1–8.
- [25] E. Cuadros-Vargas, A. Silva-Sprock, D. Delgado-Castillo, Y. Hernandez-Bieliukas, and C. Collazos, “Evolution of the computing curricula for computer science in Latin America 2013,” in *XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI)*, Oct 2013, pp. 1–10.
- [26] E. Holguin Ontiveros and S. Valbuena Antolinez, “Design, construction and implementation of a professional education program of software engineering: Design curriculum experience for the software industry,” in *XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI)*, Oct 2013, pp. 1–12.