



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

**DESARROLLO DE UNA
HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN
PARA LA ENSEÑANZA EN GESTIÓN DE
LA CONSTRUCCIÓN**

NICOLÁS NORIEGA PERDOMO

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
SR. ALFREDO SERPELL BLEY

Santiago de Chile, Agosto, 2011



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN PARA LA ENSEÑANZA EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

NICOLÁS NORIEGA PERDOMO

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

SR. ALFREDO SERPELL B.

SR. ALBERTO URETA.

SR. CLAUDIO MOURGUES.

SR. SERGIO MATURANA.

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, Agosto, 2011

A mi familia y esposa

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis representa la culminación de un gran esfuerzo y dedicación, que no hubiera sido posible sin el valioso aporte de varias personas. A todos ellos les expreso mi más sincera gratitud.

En primer lugar, quiero agradecer a mi profesor supervisor, don Alfredo Serpell, por realizar su labor con la mejor disposición, por su constante apoyo y ayuda para lograr los objetivos planteados, y superar las dificultades que se presentaran en el camino. También quiero agradecer a los diferentes profesionales y estudiantes que participaron en el proceso de pruebas y retroalimentación. Su activa participación fue un indiscutible aporte para el proyecto en todo sentido.

Finalmente, quiero agradecer especialmente a mi familia y esposa, quienes me acompañaron desde el inicio de este recorrido, y nunca dejaron de apoyarme y animarme para llegar a la meta.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	x
I.- INTRODUCCIÓN	1
I.1.- Antecedentes Generales	1
I.2.- Objetivos de la Investigación.....	3
I.2.1.- Objetivo General	3
I.2.2.- Objetivos Específicos.....	3
I.3.- Hipótesis.....	4
I.4.- Descripción General de la Tesis.....	4
II.- MARCO TEÓRICO.....	6
II.1.- Competencias para el desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.....	6
II.2.- Corrientes educativas actuales para el incentivo de competencias en Gestión de la Construcción.	15
II.3.- Uso de simuladores computacionales para la enseñanza en Gestión de la Construcción.	27
II.4.- Herramienta Propuesta: SEGEC	36
III.- METODOLOGÍA	44
III.1.- Estudio con alumnos	44
III.1.1.- ¿Qué información se necesita?.....	45
III.1.2.- ¿Cuál es la población relevante?.....	46

III.1.3.-	¿Cómo se seleccionarán los elementos de la muestra?	47
III.1.4.-	¿Cómo se obtendrá la información?.....	47
III.1.5.-	¿Cómo se usará la información de la muestra para realizar inferencias sobre la población?	53
III.1.6.-	¿Qué conclusiones pueden obtenerse sobre la población?.....	54
III.2.-	Entrevista con profesionales	54
IV.-	RESULTADOS.....	56
IV.1.-	Estudio con alumnos	56
IV.1.1.-	Test Inicial: Línea Base.....	56
IV.1.2.-	Interacción con el simulador	58
IV.1.3.-	Test Final.....	64
IV.1.4.-	Comparación Test Inicial vs. Test Final	65
IV.1.5.-	Encuesta de Opinión para Alumnos.....	70
IV.2.-	Entrevista con profesionales	75
IV.3.-	Conclusiones y Recomendaciones	80
IV.4.-	Perspectivas futuras.....	83
V.-	BIBLIOGRAFÍA	85
A N E X O S		92
ANEXO A: ANÁLISIS DE COMPETENCIAS. SIMULACIÓN COMPUTACIONAL VERSUS OTRAS TÉCNICAS.....		93
ANEXO B: DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE AVANCE		95
ANEXO C: FORMATO TEST INICIAL.....		99
ANEXO D: DOCUMENTOS TAREA CON SIMULADOR SEGEC.....		104
ANEXO F: FORMATO TEST FINAL.....		109

ANEXO E: FORMATO ENCUESTA A PROFESIONALES	113
ANEXO G: PAUTA SOLUCIÓN TEST INICIAL Y FINAL	115
ANEXO H: MANUAL DEL USUARIO - SEGEC.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Competencias Funcionales para el desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.	13
Tabla II.2: Competencias Conductuales necesarias para el desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.....	13
Tabla II.3: Motivos y Estrategias de Aprendizaje.....	19
Tabla III.1: Encuesta para estudiantes sobre el Simulador SEGEC.....	53
Tabla III.2: Encuesta para profesionales sobre el Simulador SEGEC	55
Tabla IV.1: Resumen de puntajes obtenidos por alumnos en Test Inicial	57
Tabla IV.2: Resultaos simulación por grupos	59
Tabla IV.3: Indicadores simulación por grupos	60
Tabla IV.4: Resumen de puntajes obtenidos por alumnos en Test Final	65
Tabla IV.5: Cálculo de factores para test de hipótesis	67
Tabla IV.6: Resumen de puntajes asignados por alumnos en encuesta	70
Tabla IV.7 Resumen de puntajes asignados por profesionales en encuesta	76

RESUMEN

La simulación computacional se presenta en la literatura como una posible herramienta para llenar algunos vacíos que persisten al usar técnicas educativas convencionales en el ámbito de la educación en Gestión de la Construcción.

La dificultad para posibilitar experiencias a los estudiantes en donde estos puedan interactuar con el sistema complejo que representa la gestión de un proyecto de construcción, hace que los nuevos profesionales carezcan de ciertas competencias necesarias para desempeñarse de manera exitosa en ciertos roles de los proyectos, competencias que tendrán que ser adquiridas en el sector después de un largo periodo de entrenamiento.

El objetivo de la presente investigación es desarrollar y validar una herramienta de simulación computacional que permita a los estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción, experimentar de manera virtual aspectos relevantes de toma de decisiones en proyectos reales, entregándoles de esta manera algunas competencias que presentan dificultades para ser transmitidas mediante otros métodos convencionales.

Como resultado, se ha desarrollado el Simulador para la Educación en Gestión de Construcción “SEGEC”, sometido a diferentes pruebas realizadas con la participación de estudiantes y profesionales, que respaldan de alguna manera el potencial de la herramienta para desarrollar competencias clave en los futuros profesionales.

A partir de instrumentos de validación compuestos de encuestas de opinión realizadas a estudiantes y profesionales, así como tests basados en competencias aplicados a estudiantes antes y después de interactuar con la herramienta, se han obtenido evidencias

que respaldan el potencial del simulador para reproducir con realismo y de manera coherente aspectos relevantes de los proyectos de construcción.

Los resultados obtenidos presentan al simulador “SEGEC” como una alternativa para llenar vacíos en la educación en Gestión de la Construcción, permitiendo a los alumnos incentivar el desarrollo de competencias necesarias para su buen desempeño en el campo profesional.

ABSTRACT

Virtual simulation is presented in literature as a possible tool to fill some persistent gaps in conventional educational techniques applied in Construction Management Education.

The difficult to offer experiences where the students be allowed to interact with the complex system related to a construction project, makes the new professionals may lack some competencies needed to perform, in a successful way, some rolls in projects. These competencies will have to be achieved in the productive sector after a long training period.

The objective of this investigation is to develop and validate a simulation tool that offers the students from Construction Management Programs, to experience in a virtual way, relevant aspect from decision making in real projects, receiving some competencies which present problems to be received through others conventional methods.

As a result, it has been developed the Construction Management Education Simulator “SEGEC” (according to the Spanish abbreviation), submitted to different tests, and developed with the participation of students and professionals, which support the potential of the tool to improve key competencies in the future professionals.

According to validation tools as opinion polls from students and professionals, and competency based tests applied to the students before and after interact with the tool, it has been obtained evidences which support the potential of the simulator to reproduce with realism and coherence relevant aspects in construction projects.

The results present the simulator “SEGEC” as an alternative to fill gaps in the Construction Management Education, allowing the students to improve the development of competencies needed for a successful performance in the professional field.

I.- INTRODUCCIÓN

I.1.- Antecedentes Generales

Existen algunos factores recurrentes detectados en la literatura que dificultan el buen desempeño inicial de los egresados de programas de educación vinculados a la Gestión de la Construcción al entrar a la vida laboral. En particular, Mukherjee, Rojas y Winn (2005) plantean la existencia de una preocupación en círculos académicos respecto a la falta de preparación de los estudiantes para enfrentarse a la industria debido a la naturaleza fragmentada y descontextualizada de los currículos educativos.

Complementando la tesis expuesta por Mukherjee et al (2005), Cardoso y Pires (2005) argumentan falencias en cuanto al cumplimiento de requerimientos de aprendizaje de temas de gestión en los estudiantes de algunos programas, ya que dichos programas abarcan en su mayoría áreas de la construcción diferentes a las relacionadas directamente con gestión, enfocándose principalmente en el conocimiento técnico.

Adicionalmente, se destaca una falta de participación de las compañías del sector de la construcción en el sistema educativo, hecho que resulta paradójico ya que dichas compañías serán las entidades que contratarán a los graduados en el futuro, por lo que les convendría aportar a una adecuada preparación para sus futuros profesionales.

De las problemáticas planteadas, se observa una particular dificultad para resolver la naturaleza descontextualizada de los currículos mediante técnicas convencionales de enseñanza, debido principalmente a que no es factible permitir que los estudiantes experimenten la gestión en un contexto de obra real, ya que los costos asociados a replicar una obra en un laboratorio o a arriesgar los resultados de una obra real al ponerla bajo el mando de un estudiante, hacen que ambas alternativas resulten inviables.

Dada la problemática descrita, varios autores han propuesto el desarrollo de programas computacionales de simulación de proyectos de construcción (Park y Meier, 2007; Mukherjee et al, 2004; Halpin et al, 2003; Jaafari et al, 2001; Sawhney et al, 2001) orientados a llenar los vacíos detectados y familiarizar al estudiante con la toma de decisión en medio del contexto que implica el sistema complejo de un proyecto de construcción. Sin embargo, no se han encontrado mecanismos para acceder a una de estas propuestas que se encuentre operativa y disponible para ser implementada en una universidad latinoamericana. Tampoco se han encontrado evidencias que respalden el desarrollo efectivo de competencias a través de su uso.

I.2.- Objetivos de la Investigación

I.2.1.- Objetivo General

De acuerdo a los antecedentes expuestos previamente, el objetivo general de esta investigación consiste en proponer, desarrollar y validar una herramienta de simulación computacional que permita desarrollar competencias en Gestión de la Construcción.

I.2.2.- Objetivos Específicos

Con miras a cumplir el Objetivo General, esta investigación desarrollará los siguientes Objetivos Específicos:

1. Definir un grupo de competencias que respalden un desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.
2. Resumir los avances y limitantes en cuanto a técnicas educativas utilizadas para transmitir las competencias necesarias en Gestión de la Construcción, identificando vacíos susceptibles de ser llenados por medio de la simulación computacional.
3. Definir el estado del arte y justificar el uso de simuladores para apoyar la enseñanza de competencias laborales en Gestión de la Construcción.
4. Proponer y desarrollar un simulador que abarque el desarrollo de competencias previamente definidas como vacíos susceptibles de ser llenados en la educación.

5. Diseñar e implementar herramientas para validar el potencial del simulador desarrollado para incentivar competencias en estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción.

I.3.- Hipótesis

De acuerdo a los objetivos planteados anteriormente, esta investigación se basa en las siguientes hipótesis:

- 1) Es posible enseñar competencias necesarias para la Gestión de la Construcción por medio del uso de simuladores computacionales.
- 2) Es posible desarrollar una herramienta de enseñanza en Gestión de la Construcción, que potencie los beneficios ofrecidos por la simulación computacional.

I.4.- Descripción General de la Tesis

Como se ha dicho anteriormente, esta investigación se basa en probar el potencial de desarrollo de competencias a partir del uso de simuladores computacionales. Para ello, fue necesario desarrollar una herramienta que permitirá simular proyectos de construcción para transmitir competencias a estudiantes de programadas educativos vinculados a la Gestión de la Construcción.

En los capítulos siguientes se presenta en primer lugar, el marco teórico que sirvió para justificar y elaborar la herramienta. A continuación, se presenta una descripción de la herramienta desarrollada, seguida de la metodología usada para definir las herramientas

de validación y desarrollar el análisis y validación de los resultados obtenidos. Posteriormente, se presentan los resultados de la investigación, las conclusiones y las perspectivas futuras a partir de ellas.

II.- MARCO TEÓRICO

II.1.- Competencias para el desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.

Como punto de partida, es necesario profundizar en el grupo de competencias que explican el desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.

Un primer paso para la identificación de dichas competencias sería definir exactamente qué se entiende por “competencia laboral” en el contexto de los estudios de recursos humanos.

Según Rodríguez, Patel, Bright, Gregory y Growing (2002), los orígenes del movimiento de competencias se remontan a la década del 70, cuando se argumenta que las aptitudes académicas y las pruebas de conocimiento, no predicen de manera exclusiva un alto desempeño laboral, mientras que las características individuales o competencias sí pueden hacerlo.

Después del planteamiento inicial de McClelland, el modelo de competencias fue inicialmente usado para la detección de personal destacado, examinando el potencial de aporte a una organización de cada individuo, sin sesgarse a un estrecho listado de requerimientos técnicos a manera de “checklist” como se acostumbraba inicialmente.

A partir de esta aplicación, el modelo se hizo popular y su utilización se fue masificando, desembocando en la creación de estrategias de grandes retornos para el reclutamiento, selección y desarrollo efectivo del recurso humano.

Existe en la literatura una amplia variedad de definiciones referentes a las “competencias laborales”. A continuación se mencionan dos definiciones particulares:

“Competencia laboral es la capacidad de desempeñar efectivamente una actividad de trabajo movilizand o los conocimientos, habilidades, destrezas y comprensión necesarios para lograr los objetivos que tal actividad supone” (Vargas *et al.*, 2001).

“Una competencia es un conjunto de destrezas, habilidades, conocimientos, características conductuales y otros atributos, los que correctamente combinados frente a una situación de trabajo, predicen un desempeño superior” (Fernández *et al.*, 2002).

Así como estas, existen otras definiciones; algunas con sutiles variaciones, otras con variaciones más considerables

Las dos definiciones expuestas presentan una diferencia importante entre sí: mientras la primera habla de algunos rasgos presentes en los individuos que les posibilita lograr los objetivos que una actividad supone, la segunda habla de algunos rasgos que “predicen un desempeño superior”.

Debido a esta variedad de definiciones, resulta conveniente realizar una clasificación de los diferentes tipos de competencias para lograr mayor precisión en los términos utilizados.

La Fundación Chile clasifica las competencias en cuatro tipos (Fundación Chile, 2004):

Básicas: Son aquellas que se desarrollan principalmente en la educación inicial y que corresponden a conocimientos y habilidades que permiten progresar en el ciclo educativo e integrarse a la sociedad.

De empleabilidad: Son aquellas capacidades requeridas específicamente para ingresar, mantenerse, desarrollarse y navegar en el mundo del trabajo. Incluyen las competencias básicas, pero en este caso aplicadas a la “demanda compleja” que implica integrarse al mundo laboral.

Conductuales: Son aquellas que explican desempeños superiores o destacados en el mundo del trabajo y que generalmente se verbalizan en términos de atributos personales más que en términos de estándares mínimos de desempeño, de una actividad o tarea.

Funcionales: Frecuentemente se les denomina como competencias técnicas y son aquellas requeridas para desempeñar las actividades que componen una función laboral, según estándares y calidad establecidos por la empresa y/o por el sector productivo correspondiente.

De acuerdo a estas definiciones, tanto las competencias conductuales como las funcionales resultarían de interés para un análisis más profundo respecto a lo que compete a la Gestión de la Construcción.

Dainty *et al.* (2004), explican con gran detalle la diferencia entre dos términos en lengua inglesa cuyo significado en español es el mismo: *competence* y *competency*. La traducción literal de ambos términos a la lengua castellana sería “competencia”; sin embargo, sus significados son diferentes, y se asemejan bastante a lo que se entiende por competencias conductuales (para *competency*) y competencias funcionales (para *competence*).

Según Dainty *et al.* (2004), *competence* se refiere a la habilidad de una persona para cumplir con un rango de estándares externos, o dicho de otro modo, es lo que una persona que trabaja en un área determinada, debería estar en capacidad de hacer.

Por otro lado, la *competency* se referiría a atributos personales que salen a relucir mientras el individuo ejecuta sus actividades laborales, características genéricas subyacentes del comportamiento que pueden dar como resultado un desempeño superior.

De esta manera, la *competence* se referiría a las competencias funcionales y a lo que la persona “es capaz de hacer”, mientras que la *competency* estaría ligada a las competencias conductuales y al “cómo lo hace”.

Después de haber definido con claridad el término de competencia (se hará diferencia entre competencias funcionales y conductuales de aquí en adelante), es posible entrar en materia en lo correspondiente a la gestión de la construcción.

Faulkner *et al.* (1989) afirman que la mayoría de la experiencia gerencial que podría requerir un ingeniero civil está incluida en los contenidos agrupados bajo el título de “Construction Management” o su equivalente en español, “Gestión de la Construcción”.

Antes de pasar a definir las competencias relacionadas con la gestión de la construcción, vale la pena realizar una breve descripción de la naturaleza del trabajo del profesional vinculado a esta área del conocimiento, el “Gerente de la Construcción”, llamado frecuentemente “Gerente de Proyectos”¹.

Según el Departamento de Trabajo de E.U. (Bureau of Labor Statistics, 2010), los “construction managers” o gerentes de proyectos actualmente pueden incluir un amplio listado de responsabilidades a su cargo, en donde se incluye la planeación, dirección, y coordinación de una importante variedad de proyectos. Se encargan de programar y

¹ Se aclara que el término “Gerente de Proyectos” es más general que “Gerente de la Construcción”, al abarcar proyectos diferentes a los constructivos. Sin embargo, es frecuente que el “Gerente de la Construcción” sea llamado “Gerente de Proyecto”.

coordinar los procesos de diseño y construcción, incluyendo la selección, contratación y supervisión de contratistas especializados.

Le compete al gerente de proyectos supervisar a los capataces y trabajadores, así como coordinar y supervisar el proceso de construcción desde una etapa de desarrollo conceptual hasta la construcción final, asegurándose de que el proyecto se realice a tiempo y de acuerdo al presupuesto. Durante el trabajo se interactúa frecuentemente con clientes, proyectistas, y demás personal involucrado con el proceso de construcción.

El gerente de proyectos planea, programa e implementa unos diseños dados, así como determina la mejor alternativa para contar en la obra con los materiales necesarios y la planeación y programación más efectiva en costo para completar el proyecto.

También se encarga de dividir las actividades necesarias para la obra en pasos lógicos, estimando el tiempo requerido para cumplir con fechas límite. Puede requerir técnicas sofisticadas de estimación y programación, así como el uso de computadores con software especializados.

Los gerentes de proyectos se encargan también de supervisar la selección de contratistas generales y especializados, determinan requerimientos de mano de obra, y supervisan o monitorean la contratación y despido de trabajadores.

Supervisan el desempeño de los contratistas y son responsables de asegurar el término de trabajos de acuerdo a la programación.

Dirigen y monitorean el progreso de las actividades de construcción, algunas veces a través de supervisores de obra u otros gerentes de proyecto.

Supervisan la entrega y uso de materiales, herramientas, y equipos; productividad y seguridad de los trabajadores así como calidad del trabajo.

Son responsables por la obtención de todos los permisos y licencias necesarias, dependiendo de los arreglos contractuales; dirección y monitoreo de los códigos de seguridad así como regulaciones y requerimientos fijados por los aseguradores del proyecto.

Su ambiente de trabajo se puede centrar tanto en sitio como en oficina, en ambos casos tomando decisiones sobre la obra con una frecuencia diaria.

Generalmente, el gerente de proyectos debe trabajar más de 40 horas semanales, esto para lograr los requerimientos especiales de los proyectos respecto a fechas límite, particularmente cuando se presentan retrasos.

Considerando la amplia gama de funciones y responsabilidades asignadas a los profesionales en Ingeniería Civil al vincularse a la Gestión de la Construcción, es posible definir un grupo de competencias base, tanto funcionales como conductuales, que tendrán que ser incentivadas para lograr un desempeño satisfactorio, e idealmente sobresaliente, de dichos profesionales al ejercer en este ámbito.

Se ha encontrado en la literatura una amplia variedad de información respecto a las habilidades/conocimientos requeridos por los profesionales de la gerencia de proyectos para cumplir efectivamente con sus funciones. Convenientemente, Seng Lei y Skitmore (2004), realizan una exhaustiva búsqueda bibliográfica donde resumen las necesidades en cuanto a competencias en la gerencia de proyectos detectadas en 39 estudios anteriores.

Sin embargo, esta literatura no es del todo satisfactoria para los fines de esta investigación debido a que se centra en la gerencia de cualquier tipo de proyecto, es decir, en el área de “Project Management” según su definición en inglés; mientras que las competencias que se busca identificar en esta investigación deben ser las aplicables a la gerencia de proyectos particulares de construcción o “Construction Management”.

Vale la pena resaltar que varios de los estudios revisados (Chinowsky, 2001; Egbu, 1999; Faulkner, Sargent y Wearne, 1989; Seng Lei y Skitmore, 2004) hacen explícita una variabilidad inherente a las habilidades, conocimientos y competencias requeridos por los ingenieros civiles al entrar a participar en roles vinculados a la gerencia de la construcción, es decir, no todos los profesionales van a requerir en la misma medida de todas las competencias.

Estas variaciones implican alteraciones en el grado de importancia de ciertas competencias de acuerdo a la edad, localización, tipo de proyecto y tipo de organización en la que participe el profesional, además de una variabilidad en las necesidades de competencias relacionada con el paso del tiempo, originada en cambios en las tecnologías, exigencias de clientes, normativa, economía y complejidad de los proyectos, entre otros.

Después de una amplia revisión bibliográfica, tomando en cuenta las consideraciones descritas anteriormente, se realizó una selección de siete publicaciones orientadas a definir un listado de competencias que explicará el desempeño exitoso de los profesionales en Gestión de la Construcción.

Las Tablas II.1 y II.2 incluyen el listado consolidado de competencias, funcionales y conductuales, descritas en las publicaciones seleccionadas, detallando el número de repeticiones de cada competencia de acuerdo a los diferentes listados.

Tabla II.1 Competencias Funcionales para un desempeño exitoso en Gestión de la Construcción.

Fuente: Autores Varios.

PUBLICACIÓN COMPETENCIAS	Chen, Farrington, Wang. 2007	Dainty, Cheng, Moore. 2003	Egbu. 1996	Farooqui, Saqib, Ahmed. 2009	Faukner, Sargent, Weame. 1989	Grasman, Belalibi, Saygin, Baghli. 2008	Hill. 2000	Repeticiones
Toma de decisión			X	X		X	X	4
Comunicación	X		X	X			X	4
Gestión de la Información							X	1
Planeación del Trabajo	X		X	X	X	X	X	6
Gestión de la Calidad							X	1
Gestión de Salud Ocupacional y Prevención de Riesgo			X	X			X	3
Gestión de Recursos				X		X	X	3
Análisis de riesgos				X			X	2
Gestión de los Costos					X		X	2
Gestión de Personal	X		X	X			X	4
Evaluación de Proyectos					X			1
Desarrollo y Control de Presupuestos					X			1
Conocimiento técnico	X			X				2
Gestión Comercial	X			X				2
Generación de relaciones	X			X				2
Interpretación de documentos contractuales				X				1
Conocimiento de códigos/ regulaciones/ aspectos legales				X				1
Lectura de planos / revisión de diseños				X				1
Conocimiento de aspectos legales				X				1
Negociación y solución de conflictos				X				1
Ingeniería de Valor / Constructabilidad				X				1
Conocimiento de Sistemas de Gestión						X		1

Tabla II.2: Competencias Conductuales para un desempeño exitoso en Gestión de la Construcción

Fuente: Autores Varios

PUBLICACIÓN COMPETENCIAS	Chen, Partington, Wang. 2007	Dainty, Cheng, Moore. 2003	Egbu. 1996	Farooqui, Saqib, Ahmed. 2009	Faulkner, Sargent, Weame. 1989	Grasman, Belarbi, Saygin, Baghi. 2008	Hill. 2000	Repeticiones
Orientación a los logros		X						1
Iniciativa		X						1
Búsqueda de Información		X						1
Enfoque en necesidades del cliente		X		X				2
Impacto / influencia / motivación		X	X		X			3
Direccionamiento		X						1
Trabajo en equipo y cooperación		X						1
Liderazgo de equipo	X	X	X	X				4
Pensamiento Analítico		X				X		2
Serenidad		X						1
Flexibilidad		X						1
Habilidad de escuchar				X				1
Atención a detalles				X				1

En los anteriores listados, se observan algunas competencias con mayor recurrencia en la literatura analizada. El siguientes es el listado de competencias con mayor número de repeticiones:

Competencias Funcionales

- Planeación del Trabajo: 6 repeticiones
- Toma de decisión: 4 repeticiones
- Comunicación: 4 repeticiones
- Gestión de personal: 4 repeticiones
- Gestión de la Salud Ocupacional y Prevención de Riesgo: 3 repeticiones
- Gestión de Recursos: 3 repeticiones

Competencias Conductuales

- Liderazgo de equipo: 4 repeticiones
- Impacto / Influencia / Motivación: 3 repeticiones

Las Tablas II.1 y II.2 son útiles como un parámetro de orientación de esfuerzos en el ámbito educativo respecto a qué competencias deberían desarrollarse en los estudiantes que se preparan para desempeñarse en el ámbito de la Gestión de la Construcción, y se usarán como herramienta para esta investigación en capítulos posteriores.

II.2.- Corrientes educativas actuales para el incentivo de competencias en Gestión de la Construcción.

En este capítulo se realizará una reseña de tendencias actuales en la enseñanza de habilidades requeridas en Gestión de la Construcción, discutiendo algunas propuestas encaminadas a contribuir a la efectiva formación de nuevos profesionales, al igual que algunas dificultades detectadas para este fin. Ambos casos, enmarcados en las exigencias vigentes del mercado de la construcción.

Vale la pena aclarar que este capítulo no pretende hacer un estudio exhaustivo de técnicas educativas ya que es un tema sumamente extenso que sobrepasa los alcances de esta investigación; sin embargo, se explicarán algunos puntos centrales de discusión, que permitirán definir unas tendencias generales del estado del arte en cuanto a la enseñanza de conocimientos y habilidades requeridos en Gestión de la Construcción.

Son variados los factores detectados en la literatura que dificultan el buen desempeño de los egresados de programas vinculados a la Gestión de la Construcción al entrar en la vida laboral. A continuación se reseñan estas dificultades.

Mukherjee *et al.* (2005) plantean un problema recurrente en los programas vinculados a la Gestión de la Construcción: el vacío dejado en la industria de la construcción por los profesionales retirados, no puede ser llenado por los nuevos profesionales a causa de su falta de experiencia e insuficiente entendimiento de este campo. Además de esto, existe una preocupación en círculos académicos respecto a la falta de preparación de los estudiantes para enfrentarse a la industria debido a la naturaleza fragmentada y descontextualizada de los currículos educativos.

Vale la pena detenerse por un momento a reflexionar sobre los problemas de fragmentación y descontextualización de los currículos educativos, ya que en estos puntos podría encontrarse una de las mayores limitantes para el adecuado aprendizaje de las competencias requeridas para el óptimo desempeño en el ámbito de la Gestión de la Construcción.

Por un lado, la fragmentación se refiere a la desconexión entre los diferentes conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso educativo, en donde se imparte el conocimiento muchas veces mediante módulos conceptuales aislados, situación que difiere de la práctica ya que en un proyecto de construcción real se tendrán que aplicar todas las áreas del conocimiento de la Gestión de la Construcción simultáneamente, interactuando permanentemente unas con otras, generando interdependencias que no pueden ser pasadas por alto.

Por otro lado, la descontextualización se refiere al hecho de recibir los conceptos en un salón de clases, sin poder experimentar su aplicabilidad en el contexto real de una obra. Esta situación genera una dificultad para los estudiantes al no saber la forma de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos, además de la incertidumbre asociada a los resultados que producirán estas aplicaciones en un escenario real de obra.

Si ahora combinamos los dos ingredientes, desconexión y descontextualización, obtendremos como resultado unos estudiantes egresados de programas de Gestión de la Construcción que saldrán al mercado laboral con una serie de conocimientos teóricos que apenas les servirán para entrar al mundo de la construcción, pero con un largo camino por recorrer en el sector productivo antes de poder aplicar estos conocimientos de manera efectiva y realmente productiva.

Por otro lado, Cardoso y Pires (2005) argumentan falencias en cuanto al cumplimiento de requerimientos de aprendizaje de temas de gestión en los estudiantes de algunos programas, ya que dichos programas abarcan en su mayoría áreas de la construcción diferentes a las relacionadas directamente con gestión, enfocándose principalmente en el conocimiento técnico.

Adicionalmente, resaltan una falta de participación de las compañías del sector de la construcción en el sistema educativo, hecho que resulta paradójico ya que dichas compañías serán las entidades que contratarán a los graduados en el futuro (esta observación es realizada por los autores para el caso de Portugal; resultaría conveniente estudiar esta misma relación en el caso de países latinoamericanos).

Otro impedimento detectado en la literatura para el efectivo aprendizaje de las habilidades necesarias para lograr un desempeño satisfactorio en la Gestión de la Construcción, es la posible descoordinación entre el estilo de aprendizaje preferido por estudiantes y profesores o instituciones educativas de la especialidad.

Entendiendo el estilo de aprendizaje como “la preferencia o predisposición de un individuo para percibir y procesar información en una forma particular o combinada”, Sarasin (1998) considera que no hay un estilo de aprendizaje ideal estándar, pero sí se sugiere la realización de un esfuerzo por parte de los educadores para identificar los estilos preponderantes entre sus estudiantes y a partir de esto, diseñar instrucciones que

ayuden a los estudiantes a encontrar un balance entre sus estilos más y menos preferidos (Abdelhamid, 2003).

A pesar de no contar con un estilo ideal estándar de enseñanza, sí existe una dimensión del estilo de aprendizaje que presenta buenas respuestas en estudiantes de todo tipo.

Según las categorías de definición del estilo de aprendizaje citadas por Abdelhamid², los estudiantes siempre responderán bien ante un modo activo de instrucción, lo que implica la participación del alumno en actividades físicas y discusiones, en contraposición al estilo pasivo de instrucción, donde los estudiantes se limitan a observar y escuchar.

Al abordar el tema de coordinación de estilos de aprendizaje se pretende influenciar el aspecto motivacional de los estudiantes, de manera que la información suministrada sea asimilada correctamente. El tema motivacional resulta de una importancia considerable al intentar lograr el éxito en el proceso de aprendizaje, por lo que amerita profundización.

Respecto a la motivación de los estudiantes frente a la asimilación de la información recibida, Leung *et al.* (2006), describen tres posibles aproximaciones de aprendizaje (Tabla II.3), siendo la Aproximación Profunda la alternativa deseable, más no siempre la alternativa adoptada por los estudiantes:

² Según el Modelo de Estilo de Aprendizaje de Felder y Silverman (1988), el estilo de aprendizaje de un estudiante puede ser definido en cinco dimensiones, asignando una categoría de dos alternativas en cada dimensión: sensitivo/intuitivo, visual/verbal, inductivo/deductivo, activo/reflectivo, secuencial/global (Abdelhamid, 2003).

Tabla II.3: Motivos y Estrategias de Aprendizaje**Fuente: Leung et al, (2006)**

Aproximaciones al Aprendizaje	Motivos del Aprendizaje	Estrategias de Aprendizaje
Aproximación Superficial	Motivación extrínseca. Se cumple con las tareas debido a la existencia de consecuencias negativas o positivas.	El estudiante se enfoca en los tópicos o elementos aparentemente más importantes e intenta reproducirlos. No se preocupa de entender la interacción entre el conocimiento adquirido.
Aproximación Profunda	Motivación intrínseca o curiosidad. El proceso de aprendizaje se realiza para satisfacer la sed de conocimiento.	El estudiante intenta buscar el significado de las cosas. Se involucran procesos de alto nivel cognitivo como la búsqueda de analogías y relaciones con conocimientos previos. El estudiante es amante del conocimiento. Se medita y se experimenta con las tareas constantemente.
Aproximación de logros	Usualmente se relaciona con productos, como la obtención de buenas calificaciones.	El estudiante intenta maximizar las posibilidades de obtener calificaciones altas. No hay un método fijo de aprendizaje pero este siempre involucra un compromiso óptimo con las tareas que ayuden a alcanzar las mejores calificaciones.

Los esfuerzos tendrían que enfocarse a promover en lo posible una aproximación profunda al aprendizaje por parte de los estudiantes.

Las problemáticas detectadas descritas hasta aquí son resumidas bastante bien por Sawhney y Mund (1998) como “los desafíos de la educación/instrucción”, compuestos

básicamente por la necesidad de avanzar en aspectos como la mejora de las habilidades de aprendizaje de los estudiantes (uno de los hallazgos más recurrentes en esta materia es el hecho de que los estudiantes aprenden de manera más efectiva y permanente cuando participan activamente del proceso educativo), la reducción de la fragmentación del conocimiento y la mayor incorporación de experiencias prácticas en Gestión de Construcción.

Después de definir las distintas problemáticas detectadas que dificultan de alguna manera la enseñanza y aprendizaje efectivo de las habilidades y competencias requeridas para el desempeño en el ámbito de la Gestión de la Construcción, a continuación se expondrán posibles soluciones identificadas en la literatura que aportan a la solución de alguno o algunos de estos impedimentos.

Según Mukherjee et al (2005), se ha propuesto la adopción de una perspectiva de sistema para el mejor entendimiento cognitivo en Gestión de la Construcción.

Basándose en las tesis de Richmond (1991, 1994), Mukherjee et al explican el pensamiento sistémico como un paradigma y un método de aprendizaje, que provee una ventaja gracias a un grupo de habilidades enfocadas al entendimiento de la estructura subyacente de un sistema en términos de las interrelaciones recíprocas de los componentes, y cómo estas interactúan en el tiempo; o dicho de otra manera es “alejarse lo suficiente del sistema para poder apreciar el cuadro completo”.

Aplicando las tesis de Richmond en el ámbito de la Gestión de la Construcción, se puede entender esta especialidad como un sistema dinámico complejo con múltiples componentes interactuando, entre los que se encuentran la programación, presupuestos, distribución de recursos y disponibilidades, entre otros; de allí la importancia de crear para los alumnos de esta especialidad un ambiente de aprendizaje que genere puentes que interconecten las fragmentadas presentaciones teóricas, haciendo uso de prácticas

interactivas que presenten a los estudiantes la gestión de proyectos como un sistema dinámico.

En el marco de esta aproximación de sistema, se esperaría lograr en los estudiantes una motivación profunda frente a la asimilación de información, donde de acuerdo a la Tabla II.3, se involucran procesos de alto nivel cognitivo como la búsqueda de analogías y relacionamientos con conocimientos previos, de manera que el estudiante realice por su propia iniciativa un proceso de interconexión del conocimiento recibido a lo largo de sus cursos. Para lograr esta motivación, los educadores necesitarán asegurar que el método de enseñanza sea el apropiado, tomando como punto de partida un estilo activo de aprendizaje.

Pero más allá de los temas motivacionales enfocados a lograr una aproximación profunda de los estudiantes frente a los temas expuestos en los programas, se han sugerido y aplicado una variedad de metodologías para lograr incentivar las habilidades de administración de los alumnos, necesarias para desempeñarse en el campo de la Gestión de la Construcción como futuros profesionales, con miras a superar las dificultades generadas por los problemas de fragmentación y descontextualización de la experiencia educativa.

Lawther (2005) explica los resultados positivos obtenidos al brindar a los estudiantes experiencias de aprendizaje fuera del salón de clases, ubicándolos en un ambiente real de construcción.

La experiencia descrita por Lawther resulta particularmente interesante ya que logra sortear de cierto modo la poca participación de las compañías constructoras en el proceso educativo, por medio de la vinculación de las universidades a programas de asociación con organizaciones de vivienda de interés social, de manera que los estudiantes pudieran participar en la construcción de viviendas sumamente básicas

localizadas en países con precarias situaciones socioeconómicas, factibles de ser desarrolladas adecuadamente con los conocimientos de los alumnos sumados a la supervisión pertinente, y a la vez brindaban a los estudiantes las posibilidad de aplicar en terreno los principios básicos de Gestión de la Construcción.

Según Lawther, los objetivos del programa de construcción comunitaria desarrollado se centraban en:

- Exposición de los estudiantes a la naturaleza compleja multidimensional del proceso constructivo.
- El desarrollo de una apreciación del rol de la industria de la construcción inmersa en el amplio ambiente socioeconómico.
- Obtener un elevado entendimiento de las habilidades involucradas en Gestión de la Construcción.

El autor menciona que los resultados de esta experiencia en cuanto a los objetivos planteados fueron positivos, aunque se considera que debe ser sometida a un proceso de ajuste y mejora continua para maximizar sus beneficios.

Otra posible alternativa considerada para superar de cierto modo las limitantes de aprendizaje de habilidades necesarias para la Gestión de la Construcción, es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), aplicado y descrito por Kajeski (1996).

El estudio desarrollado por Kajeski fue realizado a partir de una unidad especial de enseñanza ofrecida por la Escuela de Gerencia de la Construcción de Queensland University of Technology; descrita por el “Queensland University of Technology Handbook” (1996), como:

“El programa de estudios se basa en proyectos y se centra en el estudiante; con el estudiante asumiendo las mayores partes del trabajo, de manera individual o por medio de grupos. El estudiante es incentivado a hacer uso de fuentes internas y externas a la Universidad y de comunicarse con la comunidad, profesionales, practicantes y oficiales de gobierno, etc.”

De esta manera, la unidad se basa en un problema asignado por semestre, donde el estudiante tendrá que aplicar conocimientos adquiridos en semestres anteriores y desarrollar habilidades de cuestionamiento e investigación para hacer frente a las áreas de conocimiento faltantes en su formación.

A pesar de estar basada en el trabajo del estudiante, la unidad cuenta con la asesoría de profesores en forma de tutorías distribuidas a lo largo del semestre.

Según Kajeski, los objetivos de esta unidad se centran en:

- Desarrollo de habilidades que perduren en el estudiante
- Desarrollo de relevancias e interdependencias de ciertas unidades y disciplinas básicas
- Desarrollo de habilidad de razonamiento independiente y crítico por parte del estudiante

Una vez evaluada la experiencia de un primer semestre con esta unidad, se concluyó que fue altamente exitosa y que debería ser sometida a un mayor desarrollo.

De manera similar al estudio planteado por Kajeski *et al.* (2003) desarrollan una unidad educacional de integración de conocimientos basada en el trabajo activo de los estudiantes.

Sin embargo, en esta ocasión los autores agregan un punto adicional que resulta interesante: se generan grupos interdisciplinarios de alumnos, donde se mezclan estudiantes de los departamentos de arquitectura y gerencia de la construcción, y se les asignan los diferentes roles presentes en un proyecto de construcción real, desde diseñadores, constructores, ingenieros de costos y gerentes de proyecto.

De esta manera se logra replicar de alguna manera un aspecto de la vida profesional que generalmente no es experimentado por los estudiantes durante su proceso educativo: el trabajo en grupos interdisciplinarios, en el que se debe interactuar y trabajar en colaboración con otros equipos de profesionales, donde siempre existirán unos intereses y metas particulares de los grupos, además de los objetivos generales del proyecto.

Creada con el objetivo fundamental de fomentar una cultura de trabajo de colaboración en grupo que los estudiantes lleven a la industria de la construcción, la unidad educativa implementada por Bullen y Davis mostró, según los autores, resultados muy superiores a los obtenidos mediante métodos convencionales. Sin embargo, se aclara que no es posible llegar a conclusiones definitivas basadas en el piloto, y se espera que futuras aplicaciones eventualmente prueben el valor pedagógico del formato utilizado.

Las experiencias descritas, compuestas básicamente por estudios de casos, proyectos de clase en interacción con la industria y pasantías o experiencias supervisadas en terreno, resumen bastante bien lo encontrado en la literatura respecto a metodologías utilizadas para superar las dificultades definidas al inicio de este capítulo para el proceso educativo utilizado en la Gestión de la Construcción (a excepción de las alternativas basadas en herramientas computacionales, que serán descritas en detalle en el próximo capítulo).

Sin embargo, igualmente se detectaron algunas falencias importantes presentes en las metodologías descritas.

Por un lado, aunque los casos de estudio permiten integrar conocimientos, no se obtiene suficiente retroalimentación. Dicha retroalimentación sólo puede ser dada por un contexto de obra o proyecto, y a pesar de poder recibir una calificación o corrección por parte del docente, no se pueden observar los efectos reales de las decisiones tomadas sobre el sistema intervenido, cosa que se aleja de la realidad ya que un proyecto constructivo es el resultado de un proceso iterativo de toma de decisión y retroalimentación, donde además se tendrá que hacer frente a eventos inesperados que no pueden ser definidos en el enunciado de un problema típico.

Mukherjee et al (2003) mencionan respecto a este punto que los casos no permiten la exploración de escenarios “que pasaría si...” en un contexto de condiciones dinámicas. Posteriormente, Mukherjee et al (2005) añaden que los casos generalmente presentan respuestas “fáciles de encontrar”, en la medida que se centran en respuestas universalmente correctas debido a un planteamiento necesariamente simplificado.

Por otro lado, las prácticas profesionales o pasantías sólo permiten a los estudiantes decidir a un nivel muy básico, ya que las decisiones importantes respecto a recursos o finanzas son tomadas en otros niveles de la empresa donde nunca podría participar un pasante, esto sin mencionar la desconexión entre los sectores productivo y educativo.

Mukherjee et al (2004) comentan que a pesar de que estas metodologías resultan de utilidad para interconectar conocimiento y tener contacto con la industria, son también limitadas en la medida que no proveen a los estudiantes de una oportunidad de explorar las implicancias de las decisiones gerenciales debido a los altos riesgos de pérdidas financieras.

Respecto al entrenamiento en terreno, Sawhney et al (1998) argumentan un alto costo como impedimento principal para hacer uso extensivo de esta alternativa.

En cuanto a las visitas a terreno, Murkherjee et al (2005) afirman que las visitas de grupos numerosos de estudiantes pueden no ser bien recibidas por las compañías, además de involucrar riesgos importantes y resultar poco prácticas.

Sawhney et al (1998) también exponen puntos débiles de las visitas a terreno debido a la imposibilidad del instructor de controlar la disponibilidad de proyectos en la etapa de construcción conveniente para los propósitos de los cursos, así como resaltan, al igual que Murkherjee et al (2005), que los grupos grandes pueden no ser bienvenidos, involucrar riesgos y ser poco prácticos.

En vista de que la Gestión de la Construcción se basa en gran medida en la toma de decisiones acertadas, es necesario que el estudiante se entrene en esta materia en un contexto de obra real, en donde pueda obtener una retroalimentación del proyecto como sistema para entender la dimensión real de las implicaciones de las decisiones tomadas en la totalidad de dicho sistema y durante todo el ciclo de vida del proyecto. Esta necesidad no es llenada por los casos de estudio o problemas desarrollados en clase, tampoco por las pasantías o experiencias estudiantiles en campo

Esta problemática, sumada a la falta de participación del sector productivo en el proceso educativo, hace necesario dirigirse hacia otras alternativas en cuanto a metodologías de enseñanza para llenar el vacío dejado por las técnicas descritas.

Es por esto que en el próximo capítulo se analizarán los avances en cuanto a las alternativas planteadas por otro tipo de técnicas, basadas en la simulación de proyectos de construcción mediante herramientas computacionales.

II.3.- Uso de simuladores computacionales para la enseñanza en Gestión de la Construcción.

Después de definir los principales retos enfrentados por la educación en Gestión de la Construcción para transmitir efectivamente ciertas competencias requeridas por los estudiantes al desempeñarse en la vida laboral, a continuación se realizará un análisis basado en la literatura respecto al aporte que tendrían que entregar los simuladores computacionales a la solución de dichos retos.

Primero que todo, se procederá a describir en qué consiste la simulación computacional aplicada al área de Gestión de la Construcción y las diferentes modalidades o clasificaciones de simulación, para finalmente realizar un análisis de cómo estos simuladores pueden representar un verdadero aporte para resolver los obstáculos presentes en el proceso educativo de esta especialidad.

Mukherjee *et al.* (2004) describen la simulación de procesos constructivos en su forma más simple como la aplicación de un conjunto de condiciones y parámetros iniciales y un modelo bien definido para proyectar los resultados de la operación simulada.

Un ejemplo de la simulación básica descrita sería la ejecución de un modelo orientado a estimar el tiempo y costo total de una operación de excavación a partir de la simplificación matemática de ciclos de carga, dando como entrada la cantidad de camiones y cargadores disponibles, sus rendimientos, precio unitario y la cantidad de tierra a ser desplazada.

Según la descripción presentada de la simulación básica de procesos constructivos, este concepto se podría resumir como una modelación matemática de operaciones, técnica ampliamente utilizada en la producción industrial para mejorar y optimizar operaciones productivas, y de creciente interés en el sector de la construcción dado el aumento

progresivo en la complejidad de los proyectos y en la competitividad del mercado (Serpell, 2002).

Sin embargo, se ha recurrido a técnicas de simulación más elaboradas para resolver las demandas del sector educativo. Al respecto, Murkherlee et al (2004) definen la simulación situacional como una simulación temporalmente dinámica e interactiva.

Al igual que la simulación básica, la simulación situacional también se basa en un modelo bien definido y un conjunto de condiciones iniciales; la diferencia radica en que durante el proceso de simulación el sistema genera una serie de eventos originados de manera independiente y aleatoria, o como consecuencia de la interacción con el usuario, con la finalidad de que el usuario tenga que reaccionar ante dichos eventos. De esta manera la evolución de la simulación dependerá del modelo usado, los eventos que se generen y la interacción con el usuario.

Es así como la simulación situacional agrega una cuota de interacción por parte del usuario, y es definida por Murkherjee & Rojas (2005) como “una aproximación pedagógica constructivista donde los estudiantes construyen el entendimiento a través de ambientes enriquecidos que incentivan a la explicación y descubrimiento, y donde los educadores cambian su rol de proporcionar respuestas correctas a guiar acciones en actividades que proveen a los estudiantes de un entendimiento personal y representaciones prácticas funcionales.”

En este punto, resulta relevante hacer una diferenciación entre un juego y una simulación situacional.

Rojas y Mukherjee (2003) presentan a la “realidad de función” como el factor definitivo presente en los ejercicios de simulación que marca una diferencia respecto a los juegos gerenciales.

“La realidad de función ocurre cuando los participantes aceptan sus roles y completan sus responsabilidades de manera seria y con sus mejores habilidades”. Para lograr esto, la simulación debe proveer información suficiente y de calidad, de manera que el participante pueda actuar acorde, en una forma seria y profesional.

Por otro lado, existe una clasificación que diferencia entre Simulación de Propósito Especial y Simulación de Propósito General (Rojas & Mukherjee 2005).

La Simulación de Propósito Especial se refiere a la representación de una operación particular, en donde se busca analizar una situación específica claramente definida, y donde la simulación se restringe únicamente a la reproducción del caso particular de estudio.

Por otro lado, la Simulación de Propósito General se refiere a la posibilidad de reproducir de alguna manera una amplia variedad de situaciones, eliminando la restricción de centrarse en una operación especial particular.

Respecto a la simulación como apoyo a la educación en Gestión de la Construcción, Rojas y Mukherjee (2005) mencionan cómo la simulación situacional puede desarrollarse de propósito especial o general. Sin embargo, se afirma que la simulación situacional de propósito especial presenta limitaciones relacionadas con su campo de aplicación, flexibilidad e incentivo al desarrollo colaborativo. Dichas limitaciones deben ser superadas para sacar el máximo provecho de la simulación situacional. Para este fin, se presenta a la simulación situacional de propósito general como la alternativa adecuada.

Finalmente se identificó una clasificación en simulación computacional vinculada al número de dimensiones desarrolladas por el simulador, relacionada principalmente con la manera en que se presenta visualmente la simulación al usuario.

Algunos simuladores poseen una interfase visual basada en gráficos y tablas de resultado (se usan representaciones en dos dimensiones), en estos casos, la representación gráfica de las operaciones es mínima o nula. Algunos ejemplos de esta categoría son el *Virtual Coach* (Murkherjee et al. 2004), o el *Juego de empresas para el manejo de proyectos singulares* (Ovalle 1984), y se centran principalmente en proporcionar al usuario información del avance de un proyecto hipotético definido para que dicho usuario tome cierto tipo de acciones con esta información, sin llegar nunca a visualizar gráficamente el avance del proyecto en cuestión.

En otra categoría se encontrarían los simuladores de tres dimensiones, donde existe una representación gráfica de las operaciones constructivas que permite al usuario un mayor entendimiento visual del desarrollo de las actividades simuladas. En la actualidad, en muchos de estos simuladores se ha optado por un esquema de cuatro dimensiones; este concepto se refiere al uso de las tres dimensiones gráficas más la inclusión de la dimensión tiempo.

Gameiro y Zita (2007) proponen un sistema de simulación educacional llamado *Didactic Virtual Models*, donde se integran la representación geométrica de un edificio junto con los datos de programación relacionados con la información de planeación de la construcción como la base de un modelo 4D (4 dimensiones). La aplicación desarrollada permite observar la evolución física del trabajo, el monitoreo de la secuencia de construcción planeada, y la visualización del detalle de cada componente de la construcción.

Al igual que Gameiro y Zita (2007), Park y Meier (2007) proponen el desarrollo de un ambiente simulado en 4D para permitir a los usuarios percibir un proceso de construcción complejo en la realidad, en un formato de fácil entendimiento a través del uso de modelos gráficos en 3D puestos en una escala de tiempo.

Dadas las diferentes categorías mencionadas, es posible realizar combinaciones entre ellas para obtener diferentes tipos de simuladores. Un ejemplo, sería la simulación Situacional y de Propósito General propuesta por Rojas & Mukherjee (2005) para abordar el tema de los vacíos existentes en la educación en Gestión de la Construcción.

Teniendo en cuenta los grandes retos a superar detectados en la educación en Gestión de la Construcción explicados en el capítulo anterior, resumidos principalmente como la desconexión y descontextualización de conocimientos y la necesidad de mejora de las habilidades de aprendizaje de los estudiantes, se percibe a la Situacional de Propósito General como la alternativa que presentaría un mayor aporte a la especialidad.

Por un lado, la Simulación Situacional cuenta con la particularidad de permitir la interacción del usuario además de generar eventos inesperados. Estos dos factores resultan fundamentales para superar el problema de la descontextualización de los currículos ya que permitirán al estudiante tomar decisiones respecto al proyecto simulado, superando así una de las limitantes de las pasantías, donde el estudiante sólo puede tomar decisiones a un nivel muy bajo; además de posibilitar que el estudiante observe las consecuencias de las decisiones tomadas, superando en este aspecto la principal limitación de los casos de estudio, donde el estudiante no puede ver la evolución de las decisiones o medidas que tome para resolver el caso.

Sawhney y Mund (1998) realizan un análisis respecto al posible aporte de la aplicación de simuladores en la educación en Gestión de la Construcción de acuerdo a cada uno de los retos discutidos en el capítulo anterior.

Respecto al reto relacionado con la necesidad de mejorar las habilidades de aprendizaje de los estudiantes, los autores resaltan uno de los hallazgos más relevantes presente en estudios previos relacionados con el tema, referente a la mayor efectividad y perduración de los conocimientos adquiridos en la medida en que los estudiantes hayan participado activamente del proceso educativo; de ahí la importancia de proveer al estudiante de alternativas para aplicar y explorar activamente los nuevos conceptos a medida que se van aprendiendo. Esta postura concuerda con la expuesta por Abdelhamid (2003) citada en el segundo capítulo de esta investigación, donde se sostiene que la participación activa del estudiante siempre será superior a la pasiva sin importar las variaciones en el estilo de aprendizaje que dicho estudiante posea. Teniendo en cuenta lo anterior, la utilización de simuladores resulta un excelente complemento educativo ya que estos ofrecen una retroalimentación al accionar del usuario como parte del proceso de aprendizaje, fomentando así una participación activa del estudiante al interactuar con el sistema utilizado.

Concordando con el planteamiento anterior, Park y Meier (2007) explican cómo la Teoría Constructivista de Aprendizaje ha dado paso a una aproximación a prácticas educacionales que sitúan la iniciativa y el control del proceso educativo en mayor medida sobre el estudiante, en donde este se hace cargo de “tareas auténticas” presentadas en un contexto real, que requerirán de la selección y aplicación auto-dirigida de una variedad de conocimientos y habilidades que debiera poseer el alumno para lograr su ejecución exitosa. Este tipo de actividades a menudo involucran cuestionamientos realizados por iniciativa del alumno, guiados al menos en parte por su propia curiosidad, y diseñados para motivar al estudiante con una celeridad mayor a la

típicamente observada en un programa tradicional basado principalmente en la transmisión de conceptos aislados.

Respecto a la fragmentación del conocimiento, donde los estudiantes no perciben el conocimiento aprendido como un todo que interactúa sino como fragmentos teóricos aislados, se hace necesario desarrollar instrumentos que obliguen al estudiante a compilar sus conocimientos para resolver problemas del mundo real. En este aspecto, los casos de estudio donde se planteen proyectos del mundo real e idealmente extensivos a varias disciplinas resultan ser una herramienta poderosa para superar la problemática. Sin embargo, la simulación también se convierte en un complemento apropiado, ya que esta permite plantear problemas que involucren conocimientos de diversas áreas, que deberán ser aplicados de manera simultánea y coordinada.

Finalmente, el tema de la contextualización del conocimiento en el ambiente real del sector de la construcción es el punto donde los simuladores juegan su papel más relevante. Dadas las complicaciones y desventajas expuestas en el capítulo anterior presentes en las metodologías disponibles para proporcionar a los estudiantes experiencias de entrenamiento en terreno, las simulaciones computacionales de ambientes de construcción que incluyan las relaciones complejas y dinámicas presentes entre los diferentes factores que interactúan en este entorno, se presentan como herramientas poderosas que podrían funcionar como puentes entre el salón de clases y el terreno, permitiendo a los estudiantes tomar acciones y aprender de las respuestas generadas a partir de las acciones tomadas.

Además de las ventajas descritas respecto a los retos de la educación en Gestión de la Construcción explicadas hasta el momento, los simuladores computacionales presentan una serie de ventajas adicionales, características de las Tecnologías de la Información (TI), incluyendo su potencial de ser distribuidos vía Web.

Golias *et al.* (2005) explican las ventajas de la progresiva integración de las TI en el sistema educativo, incluyendo el aumento en las posibilidades de acceder al conocimiento por parte de los estudiantes, así como el incentivo a un aprendizaje interactivo y cooperativo, donde los estudiantes pueden aprender de sus compañeros, a la vez que al profesor se le facilita recibir una retroalimentación del nivel y el proceso de aprendizaje de sus alumnos.

Adicionalmente, están las ventajas que brinda la Internet como canal de distribución para las TI.

Sawhney *et al.* (1999) anuncian la aplicación de herramientas de simulación en educación como una realidad a raíz del avance en tecnologías computacionales y la adopción masiva de la programación en lenguaje Java como estándar en Internet. Gracias a esto, existen herramientas disponibles para permitir el desarrollo de entornos simulados accesibles para los estudiantes a través de la Web (los autores exponen el proyecto de simulación educacional “ICMLS”, desarrollado por ellos en lenguaje Java para ser distribuido vía Web).

Chau (2007) explica algunas ventajas importantes ofrecidas por la Web, entre las que se encuentran la masificación de su uso y disponibilidad, los tiempos cortos de aprendizaje para la utilización de sus interfaces gráficas y estándares, la adaptabilidad a diferentes sistemas operativos y plataformas, y la posibilidad de presentación de información en una amplia variedad de formatos, entre otras.

Las características mencionadas de la Web posibilitan el desarrollo de paquetes educacionales que traen consigo ciertas ventajas adicionales, entre las que se encuentran la potenciación en la oportunidad de interacción para los estudiantes, permitiéndoles ajustar su experiencia educativa para satisfacer sus necesidades y habilidades específicas, así como tener acceso a una amplia variedad de tópicos en donde pueden

profundizar según sus intereses, dando “saltos” al interior de la red al material de referencia pertinente que consideren necesario para cada tema estudiado. Se puede decir que la enseñanza vía Web puede ser el soporte para un ambiente de enseñanza activo y dinámico, ofreciendo un estímulo a los estudiantes para lograr un aprendizaje con un entendimiento real a través de su propia reflexión.

A pesar de todas las ventajas aparentes ofrecidas por la enseñanza basada en Web, Chau (2007) resalta una relativa escasez de publicaciones que discutan la aplicación de este tipo de herramientas en la literatura vinculada a la ingeniería civil, lo que presenta una necesidad de profundización en el tema, aspecto que se convierte en un incentivo para considerar esta alternativa para la presente investigación.

Una vez analizadas las posibles ventajas de la implementación de simuladores en la enseñanza en Gestión de la Construcción, es posible entrar a discutir cuáles de estas ventajas significan un avance en cuanto a los vacíos dejados por otras metodologías para enfrentar los retos del proceso educativo, considerando particularmente las principales competencias necesarias en Gestión de la Construcción analizadas en el primer capítulo de esta investigación.

En el Anexo A se realiza un análisis para cada una de las principales competencias detectadas, donde se especifica según los antecedentes encontrados en la literatura, cuál sería el aporte de la simulación computacional versus otras técnicas de enseñanza.

Como resultado del análisis, se concluyó que las competencias en donde los simuladores computacionales pueden tener un mayor impacto dadas las falencias de las otras técnicas educativas son:

- Toma de decisiones
- Planeación

- Gestión de recursos
- Administración de costos

Cabe destacar que el análisis fue realizado respecto a las competencias funcionales para desempeñarse en Gestión de la Construcción, debido a que las competencias conductuales son rasgos de la personalidad característicos de cada individuo, por lo que trabajar este aspecto requeriría de otro tipo de herramienta, posiblemente desarrollada a partir del campo de la psicología.

II.4.- Herramienta Propuesta: SEGEC

Teniendo en cuenta lo descrito en los capítulos anteriores, se propuso y desarrolló la herramienta de simulación SEGEC (Simulador para la Educación en Gestión de Construcción).

SEGEC es un simulador situacional de propósito múltiple, que enfrenta al estudiante al análisis y toma de decisión frente a las situaciones que se presentan en un proyecto virtual de construcción, integrando el efecto de eventos aleatorios que pondrán a prueba las capacidades del estudiante para lograr cumplir con los objetivos en plazo y costo del proyecto asignado.

El simulador ha sido desarrollado en el lenguaje de programación Visual Basic sobre un archivo de Microsoft Excel. La elección del lenguaje de programación y la aplicación se centró en que ambos son herramientas ampliamente aceptadas y utilizadas en Latinoamérica. Es importante considerar el uso extendido de la hoja de cálculo Microsoft Excel en el entorno universitario, de manera que el hecho de trabajar con este programa en general no es una novedad para el estudiante, por lo que se espera que esto facilite la interacción con la nueva herramienta.

SEGEC se centra en la gestión del recurso Mano de Obra, considerando que este recurso puede representar entre un 30% y un 50% del costo total de un proyecto de construcción, además de ser percibido como uno de los componentes del proyecto que más riesgo representa en cuanto a costo (Rivas *et al.*, 2010).

La herramienta desarrolla la simulación de un proyecto virtual a partir de unos parámetros de entrada del proyecto, la generación de reportes de avance y la interacción del usuario, que en algunos casos influye en la probabilidad de ocurrencia de eventos aleatorios, mientras que en otros casos los eventos aleatorios ocurren de manera independiente de la interacción del usuario.

El avance del proyecto es presentado al usuario por la herramienta mediante informes de gestión, es decir, no se cuenta con una representación gráfica del avance de las obras. A medida que transcurre el tiempo virtual del proyecto, se generan informes de avance semanal que incluyen información que utiliza un gerente de proyectos normalmente en la industria de la construcción para analizar el estado de su obra y tomar las decisiones correspondientes.

El proceso de simulación de un proyecto mediante la herramienta SEGEC se puede resumir en las siguientes etapas:

a) Definición de parámetros del proyecto

Esta primera etapa deberá ser realizada preferiblemente por un administrador (posiblemente el profesor de un curso relacionado con Gestión de la Construcción). En ella, se deberán ingresar al sistema parámetros básicos para definir el proyecto, lo que incluye:

- Nombre del proyecto
- Fecha de inicio
- Fecha de término estimada
- Clima (de esta variable dependerá el régimen de lluvias del proyecto)
- Presupuesto
- Horas diarias de trabajo
- Factores de variación de productividad (Variación en Rendimiento de M.O., Costo de Contratación, Factor de Costo Horas Extra, Disminución de Rendimiento Horas Extra).
- Especialidades de Mano de Obra (incluye la definición del costo por hora hombre para cada especialidad)
- Actividades generales del proyecto (incluye la definición del rendimiento de mano de obra para cada actividad, la especialidad que la desarrolla, así como el costo unitario de materiales y equipos)
- Estructura de Desglose del Proyecto (EDP)

b) Creación de la Carta Gantt

Una vez que el administrador ha fijado los parámetros de definición del proyecto, deberá crear su Carta Gantt.

Para esto, SEGEC entrega un formato con la EDP ingresada en la etapa de definición de parámetros, donde se deberán agregar de un menú desplegable las actividades correspondientes a cada uno de los capítulos de la estructura, de acuerdo al listado de actividades generales definido en la etapa de definición de parámetros.

Para cada actividad se deberá incluir información relevante como actividades predecesoras, presupuesto, y término e inicio esperado.

c) Inicio de la simulación

Una vez que se han terminado de cargar los parámetros y la Carta Gantt del proyecto, el administrador procederá a fijarlos de manera que nada se podrá editar. En este punto, el archivo estará listo para que el usuario empiece la simulación.

El usuario contará con la función “Análisis de Recursos”, en donde se deberán ingresar para cada semana virtual de proyecto, las acciones que realizarán las diferentes especialidades de mano de obra; lo que incluye:

- Contratación de personal (el personal contratado estará disponible una semana después de la fecha de contratación, simulando el tiempo de búsqueda y proceso de ingreso a la obra).
- Finiquito de personal
- Distribución del personal en cuadrillas
- Asignación de cuadrillas a las diferentes actividades para la semana
- Asignación de bonificaciones para incentivar mejora en producción
- Asignación de horas extra de trabajo

El usuario tendrá acceso a la función “Informe de Avance” que entregará el balance del proyecto en cuanto a costo y avance porcentual, entre otros. El Informe de Avance entrega la siguiente información para cada una de las actividades:

- Volumen de Obra (Total, Programado a la Fecha, Real)
- Avance (en porcentaje: Avance Programado a la Fecha, Avance Real Total, Avance Real del Último Periodo)
- Costos (Presupuestado, Programado, Costo Mano de Obra, Costo Material, Costo Equipos, Presupuesto Remanente)

- Análisis H.H. (Horas Hombre Totales, Programadas a la Fecha, Reales Acumuladas, Reales del Último Periodo).

Adicionalmente, el “Informe de Avance” entrega la siguiente información general del proyecto:

- Otros Gastos (Gastos de Contratación, Gastos por Finiquitos, Costos por Accidentes, Costos por Bonificaciones, Sobre-costos por Horas Extra)
- Factor de Desempeño del Periodo ($\text{HH Gastadas Último Periodo} / \text{HH Teóricas para Avance de Último Periodo}$)
- Factor de Desempeño del Acumulado ($\text{HH Gastadas Acumuladas} / \text{HH Teóricas para Avance Acumulado}$)
- Destacados de la semana (resumen día a día de la última semana con eventos que afectaron de alguna manera la productividad, como lluvias, accidentes, paradas de planta de hormigón, etc.)
- Curva de Avance (representación gráfica del Avance Real contra el Avance Programado, ambos en porcentaje)

Para iniciar el proceso de simulación, el usuario partirá en la “Semana No.0”, momento en el que deberá contratar el personal con el que planea dar inicio a las actividades durante la “Semana No.1” del proyecto.

d) Simulación Semanal del Proyecto

Desde la “Semana No.1”, el usuario deberá analizar el estado de su proyecto mediante el “Informe de Avance”, e ingresar las decisiones para las actividades de la semana siguiente a través de la función “Análisis de Recursos”. Igualmente, deberá analizar las actividades de las semanas posteriores para tomar decisiones de contratación de personal, aceleración de actividades, etc.

Adicionalmente, el usuario deberá programar charlas de prevención de riesgo en la obra, toda vez que estas charlas disminuyen el riesgo de la ocurrencia de accidentes.

e) Operación del sistema

La operación de la herramienta SEGEC se centra en algoritmos matemáticos que utilizan variables aleatorias con una probabilidad de ocurrencia asignada.

Por ejemplo, dependiendo del tipo de clima que haya elegido el administrador, y el mes del año en que se encuentre el proyecto, existe en el programa una probabilidad asignada a la ocurrencia del evento “lluvia”, que se simulará día a día, y puede resultar negativo o positivo.

En caso de que en un día el evento “lluvia” sea positivo, se aplicará un factor de reducción de la productividad para toda la mano de obra ese día, que será mayor en caso de clima “lluvioso” o “muy lluvioso”, y será un poco menor para los climas “seco” y “semi-seco”.

De manera similar, se simula cada día la ocurrencia de eventos como “Incidente Menor de Seguridad”, “Accidente Grave” y “Problemas con Planta de Hormigón”.

Por otra lado, se simulará diariamente una variación en el rendimiento de la mano de obra por actividad, que se calcula de manera aleatoria, con valor medio en el rendimiento para la actividad definido en los parámetros del proyecto, con límite superior e inferior definido de acuerdo al parámetro “Variación del Rendimiento de la M.O.” ingresado también en los parámetros generales del proyecto.

Adicionalmente, se aplicarán factores en el rendimiento que dependerán del pago de bonos al trabajador (se aplica un factor de aumento), o la adición de horas extra de trabajo (se aplica un factor de disminución).

También se aplica un algoritmo para decidir qué actividades serán abordadas por cada cuadrilla cada día, dependiendo de qué actividades pueden ser realizadas (actividades cuyas predecesoras se encuentren en un 100% de avance), a qué actividades le ha dado prioridad el usuario y cuál es la fecha de inicio de la actividad definida en el programa.

El criterio de selección de actividad diario para cada cuadrilla sigue el siguiente orden de prioridad:

Prioridad 1: Actividad de la especialidad con predecesoras terminadas, definida como prioritaria, asignada a la cuadrilla, con fecha de inicio más temprana.

Prioridad 2: Actividad de la especialidad con predecesoras terminadas, definida como prioritaria cuya cuadrilla asignada se encuentre trabajando ese día en otra actividad prioritaria, con fecha de inicio más temprana.

Prioridad 3: Actividad de la especialidad con predecesoras terminadas, asignada a la cuadrilla, con fecha de inicio más temprana.

Prioridad 4: Actividad de la especialidad con predecesoras terminadas, con fecha de inicio más temprana, que no tenga actividad de ninguna otra cuadrilla en el día.

En caso de que ninguna de las actividades de la especialidad cumpla en alguna de estas categorías, la cuadrilla permanecerá sin trabajar durante el día y serán horas hombre perdidas.

Para mayor claridad respecto al proceso de selección de actividades y cálculo de avance, se incluye un diagrama del proceso de selección y cálculo de avance diario por actividad en el Anexo B de este documento.

f) Fin de la simulación

La simulación terminará una vez se hayan completado las actividades incluidas en la Carta Gantt en un 100%, momento en que el simulador presentará el aviso “EL PROYECTO HA TERMINADO”.

Para mayor detalle en cuanto al modo de operación de la herramienta SEGEC, se incluye el “Manual del Usuario” (Anexo H).

III.- METODOLOGÍA

Con la finalidad de validar el simulador desarrollado, se usaron dos herramientas que de alguna manera permitieran obtener evidencias respecto a la utilidad del mismo.

Como primera medida, se realizó un estudio con un grupo de alumnos que diera la posibilidad de observar algunos efectos tras implementar el simulador en un ejercicio educativo práctico, en el contexto de un curso vinculado a la Gestión de la Construcción.

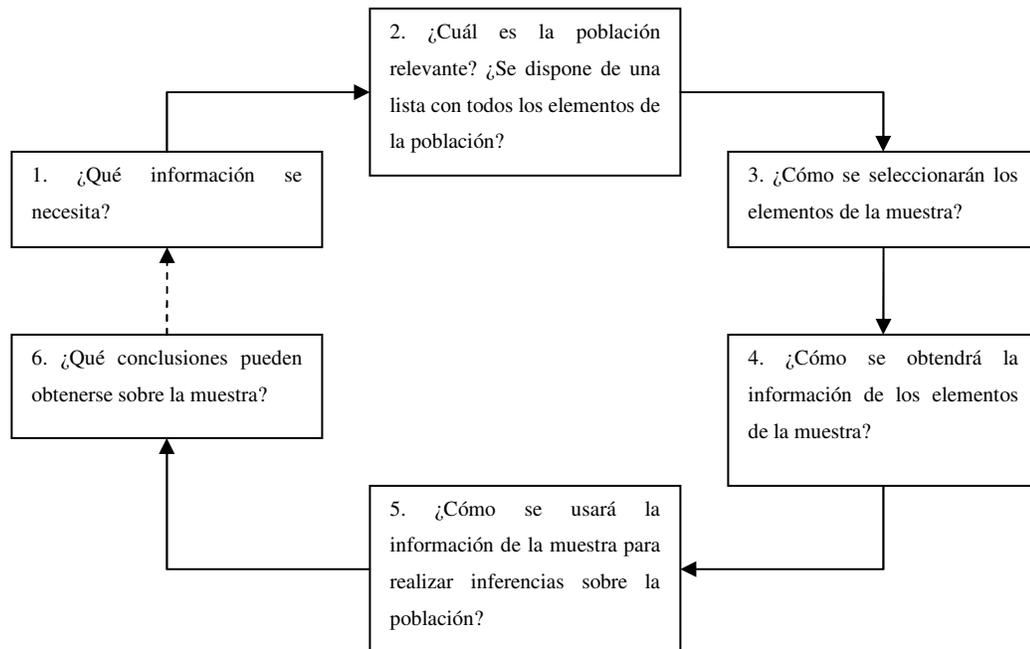
Adicionalmente, se realizaron algunas entrevistas a profesionales vinculados a la Gestión de la Construcción, donde tras interactuar con el simulador, expresaron sus opiniones respecto a la capacidad de la herramienta para reproducir aspectos reales de un proyecto de construcción, y su utilidad en el ámbito educativo para formar nuevos profesionales.

A continuación se describen en detalle cada una de las herramientas utilizadas.

III.1.- Estudio con alumnos

Para el caso aplicado a estudiantes, se ha planteado un estudio de muestreo basado en el esquema propuesto por Newbold (1998), representado en la Figura III.1.

Figura III.1. Esquema para estudio de muestreo
Fuente: Newbold, 1998.



A continuación se detalla el desarrollo de cada uno de los pasos del estudio.

III.1.1.- ¿Qué información se necesita?

La motivación básica del estudio es obtener evidencia estadística de la posibilidad de conseguir mejoras en las competencias de estudiantes de programas de Gestión de la Construcción a través del uso del simulador SEGEC.

Dado que el espectro de competencias es muy amplio, se decidió acotar el grupo de estudio a tres competencias específicas, cuidadosamente seleccionadas, a partir del análisis realizado en capítulos anteriores de esta investigación.

En una primera instancia, se consideraron las competencias citadas más recurrentemente en la literatura como explicativas del desempeño exitoso en Gestión de la Construcción (Tabla II.1).

De las competencias preseleccionadas, se eligieron tres competencias que presentan dificultades para ser transmitidas a partir de metodologías convencionales de enseñanza y que se estimó podrían ser incentivadas mediante el uso del simulador SEGEC. Las competencias finalmente elegidas fueron:

- Gestión de recursos, enfocada a la Mano de Obra
- Toma de decisión, enfocada al buen uso del Recurso Mano de Obra
- Planeación del trabajo

Adicional a la motivación básica del estudio ya descrita, existe otro punto de alto interés susceptible de ser incluido en las mediciones, como es la opinión de los estudiantes respecto al trabajo realizado con el simulador, toda vez que una buena aceptación de la herramienta por parte de ellos, sugerirá una mayor probabilidad de éxito de la misma al ser incluida en un currículo educativo.

III.1.2.- ¿Cuál es la población relevante?

La población a la que está dirigido el simulador está compuesta por estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción, lo que puede incluir programas de pregrado como Ingeniería Civil o Arquitectura, y programas de postgrado como maestrías o diplomados relacionados al área de gerencia de proyectos de construcción.

En una primera instancia, se podría pensar en un alcance del simulador a nivel nacional, es decir, definir la población relevante como los estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción en instituciones chilenas.

Posteriormente, dependiendo de los resultados obtenidos a nivel nacional, se podría pensar en extender la población relevante a estudiantes de America Latina.

III.1.3.- ¿Cómo se seleccionarán los elementos de la muestra?

Considerando la población relevante definida, la muestra usada para el estudio debería seleccionarse mediante un muestreo estratificado de diferentes programas e instituciones a nivel nacional. Sin embargo, dada la complejidad de realizar un estudio de estas magnitudes, se propone realizar un muestreo en dos etapas (Newbold, 1998), de las cuales se incluirá dentro del alcance de esta investigación un estudio piloto inicial, en el que se estudiará una pequeña proporción de los elementos de la muestra, y se analizarán los resultados obtenidos para dejar planteado el estudio principal a una mayor escala.

La muestra elegida para el estudio piloto es un grupo de 26 estudiantes del curso de Gestión de Operaciones ofrecido en la Pontificia Universidad Católica de Chile.

III.1.4.- ¿Cómo se obtendrá la información?

A partir del objetivo de identificar la mejora de las competencias seleccionadas en un grupo de alumnos tras el uso del simulador SEGEC, se ha propuesto el desarrollo de un cuestionario que entregue información respecto al grado de competencia de los estudiantes antes y después de interactuar con el simulador, al igual que un caso de estudio para interactuar con la herramienta.

El procedimiento se basa en las pruebas realizadas por Mukherjee et al. (2005), en donde se llevó a cabo un estudio piloto con un grupo de estudiantes para probar una herramienta computacional desarrollada para apoyar la educación en Gestión de la Construcción. En este caso, los estudiantes tomaron un pre y post-test, antes y después de su experiencia con la herramienta, para posteriormente realizar una comparación de resultados mediante un test t de muestras pareadas.

Otro punto de referencia, fue la evaluación de software realizada por Angelides et al. (2005), que consistía en el análisis de resultados de exámenes del curso en donde se aplicó la herramienta que se pretendía probar. Los exámenes analizados evaluaban conceptos que teóricamente deberían ser fortalecidos mediante el uso de la herramienta computacional propuesta, observándose mejoras en las calificaciones obtenidas en los cursos donde se aplicó el software.

Considerando las dos metodologías descritas, se desarrolló un pre y post-test, donde se evaluaron a modo de examen, conceptos aplicados relacionados con las competencias que en teoría debería fortalecer el simulador propuesto, definidas en el presente estudio.

Por otro lado, se desarrolló un caso aplicado para que los estudiantes interactuaran con el simulador en el formato de tarea.

Para la configuración de las diferentes pruebas, se consideraron los planteamientos de García (2008), donde se detallan los principales aspectos a tener en cuenta en una evaluación por competencias, descritos a continuación:

- Se dará prioridad a la evaluación de capacidades cognitivas de orden superior por encima del recuerdo y repetición de información.

- Se centrará en la integración y aplicación de conocimiento para resolver una situación compleja.
- Se evaluará poniendo al estudiante en un contexto (espacio, momento, circunstancias).
- Habrá una orientación a la actuación autónoma del estudiante.
- Se incluirá la gestión de información a partir del criterio por parte del estudiante durante el proceso de evaluación (reconocer la información necesaria, disponer de estrategias para localizarla, extraerla, organizarla y evaluarla).

Finalmente, con base en estudios como los de Chau (2007), Bullen & Davis (2003) y Kajewski (1996), todos orientados a determinar la efectividad de nuevas herramientas educativas, se incluyó una sección de opinión de los estudiantes respecto a la herramienta, el aporte a su crecimiento, y el interés que despertó en ellos.

A partir de las consideraciones descritas, se desarrollaron los siguientes tests:

- a. Test Inicial de Competencias: Línea Base.

En un primer test llevado a cabo antes de que los estudiantes interactuaran con la herramienta SEGEC, se determina una la línea base de medida de competencias para poder comparar los resultados una vez se haya interactuado con el simulador, de manera que sea posible inferir si el simulador causó alguna mejora en el nivel de competencias mostrado inicialmente.

El test consiste en el desarrollo de dos ejercicios aplicados relacionados con el análisis de recursos de obra, programación de actividades, y toma de decisión, basados en

experiencias reales de obra, donde el estudiante deberá decidir una manera particular para proceder.

En un primer ejercicio, a partir de unos recursos de mano de obra y rendimientos definidos, el estudiante deberá seleccionar entre varias alternativas de Carta Gantt la opción que le permita llevar a cabo la construcción de un muro corta fuego en un plazo restringido.

En un segundo ejercicio, se le plantea al estudiante una situación compleja de obra: la ocurrencia de un grave accidente en la faena que obliga a detener las actividades. El alumno se encontrará en el escenario de reiniciar las actividades después de varias semanas de detención, y deberá decidir las acciones a tomar como Gerente de Proyecto para minimizar los impactos del evento negativo.

Los dos puntos se entregaron a los estudiantes en formato de examen, calificados sobre siete puntos, dándole a la primera pregunta un valor de 3 puntos y a la segunda pregunta un valor de cuatro puntos.

El Test Inicial se incluye en el Anexo C de este documento.

b. Interacción con simulador.

El ejercicio de interacción con el simulador se presentó en formato de tarea en grupos, orientada a que los estudiantes asumieran el rol de gerencia de proyectos de una empresa constructora.

El ejercicio consistió en la ejecución virtual de un proyecto que incluye los movimientos de tierra para un camino entre dos poblaciones, además de la construcción de un puente en hormigón armado ubicado en el trayecto del camino proyectado.

Con el objetivo de imprimir mayor realismo al ejercicio, se hizo entrega a los alumnos de un contrato de trabajo, un análisis de los recursos y un plano de diseño de las obras.

El ejercicio fue desarrollado en grupos de dos y tres alumnos vía Web, haciendo uso de un sitio “Share Point”, que dio la posibilidad a cada grupo de trabajar de manera remota con el archivo de simulación asignado, además de tener acceso en línea a la documentación relacionada con la tarea y el Manual de Usuario del simulador.

La tarea realizada involucró una calificación válida para el curso con la finalidad de lograr un mayor compromiso por parte de los estudiantes.

Los documentos desarrollados para el Ejercicio de Interacción se incluyen en el Anexo D de este documento.

c. Test Final de Competencias.

El Test Final se compone de tres puntos.

El primer punto, consiste en el desarrollo de un ejercicio similar al primer punto del Test Inicial, en donde se debe elegir la alternativa de Carta Gantt apropiada para llevar a cabo una faena de construcción de radieres para un centro comercial.

El segundo punto consiste en completar el análisis del Punto 2 del Test Inicial, con el fin de identificar posibles mejoras después de la interacción con el simulador.

Al igual que en el Test Inicial, se calculó una calificación sobre siete puntos, dándole un valor de tres puntos a la primera pregunta y cuatro puntos a la segunda. Se debe considerar que la segunda pregunta tenía para cada alumno el puntaje base obtenido en

el Test Inicial, que se podía ver mejorado en el caso que el estudiante completara su respuesta con algún concepto adicional no contemplado en el primer test.

Finalmente, a través de una encuesta, se incluyó la posibilidad de que los estudiantes pudieran expresar su opinión personal en cuanto al trabajo con el simulador, considerando la importancia de la motivación del alumno con las herramientas y los métodos de aprendizaje.

La sección de opinión se compone de cinco preguntas, donde las tres primeras se contestan con base en escalas tipo Likert de siete puntos que acompañan a cada ítem, y donde cada ítem fue realizado considerando recomendaciones propuestas por Lévy y Varela (2003)³.

En la primera pregunta se le pide al estudiante que valore el aporte del simulador a cada una de las competencias abordadas en este estudio (la pregunta está dividida en tres subíndices).

En la segunda y tercera pregunta se intenta determinar la satisfacción del estudiante al utilizar el simulador, y su opinión respecto a implementar este tipo de herramienta dentro de los cursos ofrecidos en su institución, vinculados a la Gestión de la Construcción.

Finalmente, se presentan dos preguntas abiertas para que el estudiante opine respecto a puntos para destacar y para mejorar de la herramienta, con la finalidad de obtener una retroalimentación para posibles mejoras futuras.

³ Se consideraron recomendaciones del autor en puntos como la “Redacción de los Enunciados” y las “Escalas de Respuestas”, aunque no se consideraron otros como la “Selección de Ítems” ya que se prefirió desarrollar una encuesta muy corta, con una pregunta por atributo a medir.

En la Tabla III.1 se presenta el listado de preguntas realizadas a los alumnos.

Tabla III.1: Encuesta para estudiantes sobre el Simulador SEGEC

Siendo 1 en total desacuerdo y 7 en total acuerdo, responder:

PREGUNTA	CALIFICACIÓN						
1. Cree usted que el uso del simulador SEGEC puede mejorar sus competencias en:							
1.1 Gestión de recursos	1	2	3	4	5	6	7
1.2 Toma de Decisión	1	2	3	4	5	6	7
1.3 Planeación del trabajo	1	2	3	4	5	6	7
2. Cree usted que el simulador SEGEC representaría un aporte adicional a la educación respecto al aporte ofrecido por otros métodos convencionales.	1	2	3	4	5	6	7
3. Le gustaría que el simulador SEGEC se empleara como una herramienta de trabajo en cursos relacionados con Gestión de la Construcción.	1	2	3	4	5	6	7
4. ¿Qué mejoraría del simulador?							
5. ¿Que aspectos destacaría como positivos del simulador?							

El Test Final completo se incluye en el Anexo E de este documento.

III.1.5.- ¿Cómo se usará la información de la muestra para realizar inferencias sobre la población?

La herramienta estadística a utilizar para realizar inferencias sobre la población será el contraste para la diferencia entre dos medias basado en datos pareados (se consideran datos pareados ya que el grupo de alumnos se mantiene en ambos tests, por lo que se compararán los resultados obtenidos por un mismo alumno antes y después de interactuar con el simulador).

Se partirá de una hipótesis nula con la postulación de que la media del puntaje en el test se mantiene constante después de haber interactuado con el simulador, contrastándola con la hipótesis alternativa de que la media aumenta después de interactuar con el simulador.

Con el análisis descrito, se espera encontrar evidencias estadísticas que respalden la hipótesis de la existencia de una mejora en las competencias de los alumnos después de haber interactuado con el simulador.

Finalmente, se analizarán los puntajes y opiniones entregadas por los estudiantes con respecto a su nivel de satisfacción con el simulador, haciendo uso de una encuesta como herramienta de recolección de información.

III.1.6.- ¿Qué conclusiones pueden obtenerse sobre la población?

Las conclusiones del estudio serán descritas en el capítulo siguiente.

III.2.- Encuestas profesionales

Para desarrollar la encuesta, se seleccionó un grupo de cuatro profesionales con amplia experiencia en Gestión de la Construcción, pertenecientes a una de las principales empresas constructoras de Chile.

Después de explicar en detalle el funcionamiento y la utilidad del simulador, se dio la oportunidad al grupo de interactuar con la herramienta, de manera que cada uno pudiera desarrollar una opinión respecto a la utilidad del simulador para formar nuevos profesionales al reproducir con realismo aspectos relevantes de los proyectos de construcción.

Las tres primeras preguntas se orientaron a determinar la opinión de los profesionales respecto al realismo con que la herramienta reproduce aspectos de la construcción relacionados con las tres competencias incluidas en la investigación. Cabe destacar la relevancia de estas respuestas en cuanto a que los profesionales cuentan con la

experiencia para evaluar la capacidad del simulador para reproducir aspectos que ellos han enfrentado en sus proyectos reales.

Posteriormente, se consultó por la opinión de los profesionales respecto a la utilidad del simulador para formar nuevos profesionales, así como aspectos a destacar y a mejorar de la herramienta. Las últimas dos preguntas se orientaban a recibir una retroalimentación respecto a puntos a fortalecer o a mejorar en desarrollos futuros del simulador.

En la Tabla III.2 se presentan las preguntas incluidas en la encuesta a profesionales.

Tabla III.2: Encuesta para profesionales sobre el Simulador SEGEC

Siendo 1 en total desacuerdo y 7 en total acuerdo, responder:

PREGUNTA		1	2	3	4	5	6	7
1	¿Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la gestión de recursos?							
2	¿Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la planeación del trabajo?							
3	¿Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la toma de decisión?							
4	¿Cree usted que el simulador puede ser utilizado como herramienta para enseñar aspectos relevantes de la Gestión de la Construcción?							
5	¿Qué mejoraría del simulador?							
6	¿Que aspectos destacaría como positivos del simulador?							

El formato de encuesta se incluye en el Anexo F de este documento.

IV.- RESULTADOS

IV.1.- Estudio con alumnos

El estudio con alumnos fue realizado entre el 21 de octubre de 2010 y el 02 de noviembre de 2010, obteniendo los siguientes resultados:

IV.1.1.- Test Inicial: Línea Base

El Test Inicial descrito en el numeral III.1.4.a de esta investigación fue realizado el día 21 de octubre de 2010 con la asistencia de 21 estudiantes del curso de Gestión de Operaciones de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

A continuación se presentan las respuestas correctas para cada punto con su correspondiente puntuación (se adjunta pauta con mayor detalle de la solución para los tests en el Anexo G de este documento):

Punto 1: Muro Corta-Fuego.

Respuesta correcta: c (3 puntos)

Punto 2: Proyecto Planta Monsón.

Respuesta correcta: Existen dos puntos fundamentales que deberían ser considerados por los alumnos:

- a. La faena se detuvo a causa de un accidente grave al interior de la obra. Es necesario que el Gerente de Proyectos tome medidas para evitar que la situación se repita. El estudiante debe mencionar alguna medida que se oriente a abordar el tema de la prevención de riesgos en el proyecto. (2 puntos)

- b. Debido al retraso, no es posible terminar el programa en la fecha requerida manteniendo la estrategia de trabajo inicial. El estudiante debe mencionar alguna medida para acelerar las actividades del programa. Por ejemplo, una posible solución a implementar en la primera semana de trabajo para recuperar el tiempo perdido, sería contratar personal adicional de movimiento de tierras que permitiera trabajar en paralelo varios frentes de obra. (2 puntos)

Los puntajes obtenidos por los alumnos en la prueba se presentan en la Tabla IV.1.

Tabla IV.1: Resumen de puntajes obtenidos por alumnos en Test Inicial

No. ALUMNO	No. Pregunta			TOTAL (7 PTOS.)
	1 (3 PTOS.)	2A (2 PTOS.)	2B (2 PTOS.)	
Alumno 1	3	0	1,5	4,5
Alumno 2	3	0	0,5	3,5
Alumno 3	3	0	0	3
Alumno 4	3	0	2	5
Alumno 5	3	0	1	4
Alumno 6	3	0	0	3
Alumno 7	3	0	0	3
Alumno 8	3	0	2	5
Alumno 9	0	2	2	4
Alumno 10	3	0	2	5
Alumno 11	3	0	0	3
Alumno 12	3	0	0	3
Alumno 13	0	2	1,5	3,5
Alumno 14	3	0	0	3
Alumno 15	0	0	2	2
Alumno 16	3	0	0,5	3,5
Alumno 17	3	1	0,5	4,5
Alumno 18	0	0	1,8	1,8
Alumno 19	0	0	0	0
Alumno 20	0	0	2	2
Alumno 21	3	0	0,5	3,5
μ	2,1	0,2	0,9	3,3
σ	1,4	0,6	0,9	1,2

Los resultados obtenidos en este test serán tomados como línea base para comparación y análisis usando los resultados que se expondrán en el Test Final.

De los 26 alumnos del curso, hubo cinco que no asistieron a la prueba, por lo que no aparecen listados en la Tabla IV.1.

IV.1.2.- Interacción con el simulador

La tarea para interactuar con el simulador fue realizada entre el 22 de octubre de 2010 y el 29 de octubre de 2010, con la participación de 25 estudiantes del curso de Gestión de Operaciones de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los resultados de la tarea desarrollada por grupos de dos y tres alumnos de acuerdo a lo expuesto en el numeral III.1.4.b de esta investigación, permite realizar observaciones en dos aspectos relevantes que se describen a continuación:

a. Desempeño de los estudiantes

Para evaluar el desempeño de los estudiantes, se debe considerar que el presupuesto de costos directos de UF 6.879,71 definido en el ejercicio para desarrollar el proyecto virtual fue inferior a las necesidades de dicho proyecto, de modo que los estudiantes se tuvieran que enfrentar en algún momento a trabajar con saldo negativo.

Después de realizar varias simulaciones de prueba, se concluyó que una “simulación aceptable” debería arrojar un total de costos directos entre UF 7.900 y UF 9.100⁴; es

⁴ El rango se obtuvo después de realizar varias simulaciones donde se usaron diferentes estrategias para gestionar recursos, procurando reducir la ocurrencia de accidentes y la mano de obra ociosa.

decir, se obtendrían pérdidas en los costos directos del proyecto entre UF 1.000 y UF 2.200 aproximadamente.

En la Tabla IV.2 se presentan los balances finales de los presupuestos obtenidos por los nueve grupos participantes del ejercicio:

**Tabla IV.2: Resultados simulación por grupos
Proyecto “Camino Alirado – La Tagua”**

Pos.	Grupo	Saldo Presupuesto	Término Rellenos	Multa 1	Término Puente	Multa 2	Saldo Total
1	Grupo 9	-UF 1.289,38	11-04-2011	UF -	15-03-2011	UF -	-UF 1.289,38
2	Grupo 8	-UF 1.513,54	10-04-2011	UF -	20-03-2011	UF -	-UF 1.513,54
3	Grupo 4	-UF 1.385,65	11-04-2011	UF -	29-03-2011	UF 369,00	-UF 1.754,65
4	Grupo 7	-UF 2.123,64	11-04-2011	UF -	18-03-2011	UF -	-UF 2.123,64
5	Grupo 2	-UF 1.680,48	17-04-2011	UF 330,00	23-03-2011	UF 123,00	-UF 2.133,48
6	Grupo 6	-UF 2.329,69	08-04-2011	UF -	22-03-2011	UF 82,00	-UF 2.411,69
7	Grupo 5	-UF 2.521,12	01-04-2011	UF -	13-03-2011	UF -	-UF 2.521,12
8	Grupo 3	-UF 2.182,74	11-04-2011	UF -	03-04-2011	UF 574,00	-UF 2.756,74
9	Grupo 1	-UF 3.620,96	07-04-2011	UF -	19-03-2011	UF -	-UF 3.620,96

Como se puede apreciar en la tabla de resultados, cinco de los grupos obtuvieron un balance final que se podría catalogar dentro de valores admisibles para una “simulación aceptable” (grupos 9, 8, 4, 7 y 2), destacándose particularmente los grupos 9, 8 y 4 por su buen resultado, en donde se evidencia un mayor estudio de las alternativas de decisión en el proyecto, obteniendo una mayor optimización de los recursos.

Después de revisar los resultados generales obtenidos por los grupos, resulta conveniente analizar los indicadores de gestión ofrecidos por el simulador para encontrar algunas explicaciones a las variaciones obtenidas en el desempeño de los alumnos.

Los principales indicadores del simulador se presentan resumidos para los diferentes grupos en la Tabla IV.3, ordenados según sus posiciones en la Tabla de Resultados Generales.

Tabla IV.3: Indicadores simulación por grupos
Proyecto “Camino Alirado – La Tagua”

Pos.	Grupo	Costo M.O. sin actividad	Factor de Desempeño [hh real / hh teórica]	Costos Contratación	Costos Finiquitos	Costos por Accidentes	Bonos	Costos por Horas Extra
1	Grupo 9	UF 937,71	1,40	UF 87,10	UF 268,11	UF 35,70	UF 263,04	UF 16,59
2	Grupo 8	UF 931,50	1,45	UF 98,80	UF 347,92	UF 168,84	UF 43,05	UF 87,95
3	Grupo 4	UF 974,79	1,47	UF 88,40	UF 263,78	UF 91,56	UF 29,61	UF 79,30
4	Grupo 7	UF 1.577,52	1,57	UF 96,20	UF 268,56	UF 105,84	UF 371,91	UF 89,60
5	Grupo 2	UF 1.135,98	1,51	UF 96,20	UF 337,29	UF 161,70	UF 83,02	UF -
6	Grupo 6	UF 1.605,06	1,63	UF 84,50	UF 295,40	UF 253,26	UF 160,80	UF 113,30
7	Grupo 5	UF 1.985,31	1,69	UF 93,60	UF 322,83	UF 14,28	UF 321,09	UF 97,36
8	Grupo 3	UF 975,87	1,46	UF 80,60	UF 278,85	UF 555,24	UF 431,74	UF 11,34
9	Grupo 1	UF 3.124,17	2,04	UF 106,60	UF 290,14	UF 28,56	UF 230,37	UF 98,11

En la Tabla IV.3 se observa la fuerte correlación entre la posición del grupo según su desempeño económico final, y los indicadores “Costo M.O. sin actividad” y “Factor de Desempeño”.

Dicha correlación refleja cómo el principal factor que definió el desempeño económico de los grupos fue la buena utilización que se hiciera de la mano de obra, es decir, entre mayor tiempo se tuviera mano de obra ociosa, peor resultaría el desempeño económico.

Sin embargo, en la Tabla IV.3 se observan dos excepciones que convenientemente reflejan dos factores adicionales:

Por un lado, el Grupo 3 presenta unos excelentes indicadores de “Costo M.O. sin actividad” y “Factor de Desempeño”, sin embargo, ocupan la penúltima posición en cuanto al desempeño económico.

El deficiente resultado final del Grupo 3 tiene su explicación en los “Costos por Accidentes” y “Multa 2”. Como se puede apreciar en las tablas, el Grupo 3 fue el que tuvo el peor desempeño en prevención de riesgos, lo que refleja un aspecto clave de los proyectos de construcción: no importa la buena estrategia que se tenga para optimizar recursos, si a la vez se descuida la seguridad en la faena, toda vez que la ocurrencia de accidentes va a traer grandes perjuicios al proyecto en todo sentido.

Por otro lado, el Grupo 7 presenta peores indicadores de “Costo M.O. sin actividad” y “Factor de Desempeño” que el Grupo 2, sin embargo, este último aparece una posición por debajo del Grupo 7.

La explicación de esta segunda excepción refleja otro punto importante: el Grupo 2 tuvo un desempeño inferior al Grupo 7 en cuanto al cumplimiento del plazo, lo que le generó multas importantes.

Esto destaca otro punto relevante de los proyectos de construcción: no basta con la optimización de recursos para lograr un proyecto exitoso, es necesario cumplir con los requerimientos del cliente, punto en el que presentó problemas el Grupo 2 por lo que terminó una posición por debajo del Grupo 7.

Finalmente, otros indicadores como los “Costos Contratación”, “Costos Finiquitos”, “Bonos” y “Costos Horas Extra”, permiten observar otro punto importante:

Si se realiza una comparación entre los grupos con mejor desempeño, se observa una disparidad entre estos factores. Esta disparidad refleja el hecho de que no hay una “receta” o una estrategia única para lograr el éxito de un proyecto.

Mientras el Grupo 9 tuvo un mayor gasto en bonos y un menor costo de contratación (ocupó menos personal para el proyecto), el Grupo 8 gastó más en contratación y menos en bonos, pero hizo uso de mayor cantidad de horas extra. Sin embargo, a pesar de las diferencias, si quitamos el efecto de los costos por accidentes (que en algunas ocasiones son aleatorios y se escapan del manejo del usuario), los resultados finales son muy similares.

Después de analizar los resultados obtenidos, se observa que el Simulador SEGEC reproduce aspectos importantes de un proyecto de construcción, y tiene la capacidad de arrojar resultados consecuentes con el desempeño de los usuarios.

b. Desempeño de la herramienta

En este punto se analizará el comportamiento operativo de la herramienta durante el desarrollo de la tarea, así como el sistema de distribución vía Web utilizado.

En cuanto al desempeño, se observó un buen comportamiento de la herramienta medido por la cantidad de problemas operativos reportados por los alumnos durante el desarrollo del ejercicio, periodo en que se les dio el soporte para resolver cualquier error del sistema, de manera que posibles problemas operativos no interfirieran en el desempeño de los estudiantes.

Durante la ejecución de los proyectos por los alumnos se detectaron dos problemas operativos: por un lado, el sistema fallaba cuando la configuración de los puntos y comas del computador de trabajo no era la misma que la configuración con que se

desarrolló la herramienta (punto para miles, coma para decimales). Por otro lado, no fue posible trabajar con la herramienta en computadores con sistemas operativos diferentes a Windows.

El primer problema fue resuelto cambiando la configuración del computador del usuario.

Para resolver el segundo problema, fue necesario cambiar el equipo a uno que funcionara con alguna de las versiones de Windows.

En cuanto al sistema de distribución Web, se usó el sitio “Share Point” de la Pontificia Universidad Católica de Chile, lo que entregó varias ventajas al ejercicio que incluyen:

- La posibilidad para los estudiantes de trabajar de forma remota, teniendo acceso a su archivo de trabajo desde cualquier computador con acceso a Internet.
- La posibilidad de controlar el trabajo de los alumnos, dando los permisos correspondientes a los estudiantes para editar solamente su archivo asignado, restringiendo la posibilidad de deshacer cambios o cambiar el archivo de trabajo, lo que reproduce en algún grado la condición de un proyecto real, donde no existe la opción de reversar decisiones ya ejecutadas.

A pesar de las ventajas ofrecidas por el “Share Point”, se presentaron algunos problemas operativos a la hora de guardar los cambios de los archivos en Web, lo que obligó a recibir algunos de estos archivos vía correo electrónico.

La falla presentada al momento de guardar sólo se presentó para algunos grupos (3 casos de 9 en total), y requiere de mayores pruebas para ser corregida.

En cuanto a la parte operativa, se concluye que la herramienta está lista para ser aplicada en cursos de Gestión de Construcción, sin embargo, la interacción con el mecanismo de distribución (en este caso el “Share Point”) debe estar sujeta a mayores pruebas.

IV.1.3.- Test Final

El Test Final descrito en el numeral III.1.4.c de esta investigación fue realizado el día 02 de noviembre de 2010 con la asistencia de 17 estudiantes del curso de Gestión de Operaciones de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

La respuesta correcta para el Punto 1 “Radieres”, es la opción “a” con un valor de tres puntos sobre la calificación final (se adjunta pauta con mayor detalle de la solución para los tests en el Anexo F de este documento).

La respuesta y calificación del Punto 2 “Proyecto Planta Monsón” corresponde a lo descrito en el numeral IV.1.1, tomando como puntuación base para cada alumno la calificación obtenida en el mismo punto del Test Inicial, con la mejora correspondiente en el caso que el estudiante complementara adecuadamente su respuesta.

En la Tabla IV.4 se presentan las puntuaciones obtenidas por los alumnos en el Test Final, considerando que sólo asistieron a esta segunda prueba 14 de los estudiantes que presentaron el Test Inicial.

Tabla IV.4: Resumen de puntajes obtenidos por alumnos en Test Final

No. ALUMNO	No. Pregunta			TOTAL (7 PTOS.)
	1 (3 PTOS.)	2A (2 PTOS.)	2B (2 PTOS.)	
Alumno 2	0	0	1	1
Alumno 4	0	0	2	2
Alumno 8	3	0	0	3
Alumno 9	3	0	2	5
Alumno 12	3	2	2	7
Alumno 13	0	0	2	2
Alumno 14	3	0	0	3
Alumno 15	3	0	0	3
Alumno 16	3	2	1,5	6,5
Alumno 19	3	0	0,5	3,5
Alumno 21	3	2	1,5	6,5
Alumno 22	3	0	1,8	4,8
Alumno 25	3	0	2	5
Alumno 26	3	2	0,5	5,5
μ	2,4	0,6	1,2	4,1
σ	1,3	0,9	0,8	1,9

IV.1.4.- Comparación Test Inicial vs. Test Final

La comparación entre los resultados obtenidos entre ambos tests se realizará considerando a los 14 estudiantes que se presentaron en ambos casos.

Con los datos de las puntuaciones obtenidas en ambas pruebas para cada alumno, es posible realizar un contraste para la diferencia entre dos medias con datos pareados (Newbold, 1998).

Para este caso, definiremos como postulación de la hipótesis nula que la diferencia entre los valores medios de las puntuaciones de los alumnos antes y después de usar el simulador se mantiene constante, o dicho de otra manera:

$$H_0: \mu_x - \mu_y = 0$$

Donde,

H_0 : Hipótesis nula

μ_x : Valor medio de puntaje obtenido en Test Final

μ_y : Valor medio de puntaje obtenido en Test Inicial

La hipótesis nula se contrastará frente a la alternativa

$$H_1: \mu_x - \mu_y > 0$$

Para lo que se usa la siguiente regla de decisión

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } \frac{\bar{d} - D_0}{S_d / \sqrt{n}} > t_{n-1, \alpha}$$

Donde,

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n d_i^2 - n\bar{d}^2 \right)}$$

d: Diferencia entre calificación de test final y test inicial.

Asumiendo que las calificaciones obtenidas antes y después de la simulación se distribuyen normalmente, la Tabla IV.5 presenta el cálculo de las diferencias y el cuadrado de las diferencias para cada uno de los puntajes obtenidos.

Tabla IV.5: Cálculo de factores para test de hipótesis

No. Alumno	μ_x	μ_y	d_i	d_i^2
Alumno 2	1	3,5	-2,5	6,25
Alumno 4	2	5	-3	9
Alumno 7	3	3	0	0
Alumno 8	5	5	0	0
Alumno 9	7	4	3	9
Alumno 10	2	5	-3	9
Alumno 11	3	3	0	0
Alumno 12	3	3	0	0
Alumno 13	6,5	3,5	3	9
Alumno 16	3,5	3,5	0	0
Alumno 17	6,5	4,5	2	4
Alumno 18	4,8	1,8	3	9
Alumno 20	5	2	3	9
Alumno 21	5,5	3,5	2	4
Suma			7,5	68,25

De acuerdo a la Tabla VI.5, los valores obtenidos para la regla de decisión son:

$$\bar{d} = 0.54$$

$$S_d = 2.22$$

Por lo que el contraste se basa en

$$\frac{\bar{d} - D_0}{S_d / \sqrt{n}} = \frac{0.54}{2.22 / \sqrt{14}} = 0.91$$

Esta cantidad debe compararse con los valores tabulados para la distribución t de Student con $(n-1) = 13$ grados de libertad.

De acuerdo a las tablas con valores tabulados por Fisher y Yates (1963), se obtiene que para los contrastes a los niveles del 20% y 15%:

$$t_{13,0,2} = 0,870 \quad \text{y} \quad t_{13,0,15} = 1,079$$

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, podría rechazarse la hipótesis nula de igualdad de medias en la población⁵ al nivel de significación del 20%, pero no al nivel de significación del 15%. Vemos entonces que los datos de la Tabla IV.5 contienen alguna evidencia para sugerir que, en promedio, la puntuación obtenida por los estudiantes es mayor después de usar el simulador. Si realmente las puntuaciones medias fueran iguales para antes y después de usar el simulador, entonces la probabilidad de encontrar una muestra que produzca un resultado tanto o más extremo que el obtenido estaría entre 0,15 y 0,2.

Sin embargo, se puede decir que un valor entre un 15% y 20% es una probabilidad alta, por lo que sería recomendable realizar pruebas adicionales, con mayores grados de libertad, para obtener evidencia estadística más robusta.

A pesar de que el resultado obtenido no es una prueba definitiva de la mejora de las competencias de los estudiantes después de usar el simulador, sí aporta indicios que apuntan hacia esa dirección, toda vez que las evidencias estadísticas obtenidas permiten inferir una posible mejora en el desempeño de los estudiantes al enfrentarse a problemas relacionados con las competencias estudiadas después de hacer uso del simulador.

Dado que la prueba realizada fue un estudio piloto, no deben pasarse por alto los posibles sesgos que van a tener influencia sobre los resultados, y que hacen necesario un

⁵ Se debe considerar que esta es una prueba piloto que ejemplifica el análisis de resultados que se debería realizar en una prueba a mayor escala, sin embargo, sus resultados no son aplicables a la población total.

mayor estudio para llegar a conclusiones definitivas. A continuación se analizan los posibles sesgos presentes en la investigación.

Posibles desviaciones o sesgos:

- La primera desviación que se debe considerar es el hecho de que esta es una prueba piloto, realizada con un tamaño de muestra muy reducido al compararlo con la población, que además cuenta con un sesgo al considerar exclusivamente a estudiantes de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Para superar esta desviación, es necesario realizar una segunda etapa de la prueba con una muestra más representativa de la población de estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción.
- Se asume que los 14 estudiantes considerados en la prueba trabajaron con el simulador. Sin embargo, dado que el trabajo fue realizado en grupos de dos y tres alumnos, existe la posibilidad que alguno o algunos miembros del grupo no hubieran trabajado, por lo que la evaluación de estos en el Test Inicial y Test Final distorsionaría el efecto producido por el uso del simulador. Para superar esta desviación, debería implementarse un sistema de corroboración de trabajo al interior del grupo (calificación interna del grupo a cada uno de sus miembros), o trabajar de forma individual.
- El Punto II del Test Inicial y Final era la misma pregunta, por lo que existiría la posibilidad de que la mejora en el desempeño de los alumnos para el Test Final en este punto, se debiera a la discusión de resultados entre ellos después de la primera prueba y no al uso del simulador. Se considera que el efecto de este posible sesgo no fue significativo ya que no se observó una variación masiva de las respuestas en la segunda prueba que presentara indicios de esta posibilidad.

- Existe un posible “efecto de aprendizaje” dada la similitud de los ejercicios presentados en el Test Inicial y Final. Para determinar este efecto, en un próximo estudio a mayor escala, se puede recurrir a grupos de control que presenten los mismos test sin hacer uso del simulador.
- Se asume que las calificaciones en el curso se distribuyen normalmente.

IV.1.5.- Encuesta de Opinión para Alumnos

La encuesta fue realizada el día 02-11-10 a 17 alumnos que participaron de la tarea con el simulador, obteniendo los resultados que se resumen en la Tabla IV.6.

**Tabla IV.6: Resumen de puntajes asignados por alumnos en encuesta
Simulador SEGEC**

No. ALUMNO	No. PREGUNTA				
	1.1	1.2	1.3	2	3
Alumno 1	6	6	7	6	6
Alumno 2	6	6	7	7	5
Alumno 3	5	5	4	NR	6
Alumno 4	6	6	6	7	6
Alumno 5	5	4	5	6	5
Alumno 6	5	5	6	6	5
Alumno 7	5	5	6	5	6
Alumno 8	6	6	4	6	4
Alumno 9	6	6	6	7	7
Alumno 10	7	6	4	7	6
Alumno 11	5	5	4	6	5
Alumno 12	5	5	6	7	7
Alumno 13	6	7	6	6	7
Alumno 14	6	7	4	7	6
Alumno 15	6	4	5	5	4
Alumno 16	6	6	6	6	6
Alumno 17	6	7	6	5	4
μ	5,71	5,65	5,41	6,19	5,59
σ	0,59	0,93	1,06	0,75	1,00

Como se puede observar en la tabla, todos los promedios obtenidos se encuentran por encima de los cuatro puntos correspondientes al punto medio o neutro (Lévy y Varela, 2003), lo que sugiere que en promedio el grupo de estudiantes se encuentra de acuerdo con todos los ítems consultados, sin que se presentara ninguna respuesta inferior a los cuatro puntos.

A continuación se presenta un análisis detallado para los resultados obtenidos en cada uno de los ítems de la encuesta.

1.1 ¿Cree usted que el simulador SEGEC puede mejorar sus competencias en Gestión de Recursos?

Para este ítem se obtuvo el mayor promedio y la menor varianza en cuanto a las consultas por mejora de competencias, es decir, es la competencia que en promedio los estudiantes percibieron como la que podría tener un mayor desarrollo a través del simulador de entre las tres competencias estudiadas.

En este punto no hubo ninguna respuesta igual o menor a cuatro, lo que refleja que en el 100% de los casos los estudiantes se inclinaron por el lado positivo.

1.2 ¿Cree usted que el simulador SEGEC puede mejorar sus competencias en Toma de Decisión?

En este ítem se observó un promedio ligeramente menor al obtenido en la Gestión de Recursos, al igual que una mayor varianza.

En este caso, se presentaron dos respuestas con cuatro puntos, lo que representa un 11.8% de la muestra con una posición neutral en cuanto a la afirmación.

A pesar de los dos casos de respuestas neutrales, se observa que la mayoría de los alumnos se orientó al lado positivo de la afirmación, además de ser el ítem en cuanto a la valoración de competencias que más respuestas de siete puntos presentó (tres respuestas).

1.3 ¿Cree usted que el simulador SEGEC puede mejorar sus competencias en Planeación de Trabajo?

A pesar de presentar un promedio orientado al lado positivo de la afirmación, este fue el ítem con menor promedio y mayor desviación de entre los evaluados.

En este caso, se presentaron cinco respuestas de cuatro puntos, lo que representa el ítem con mayor número de respuestas neutrales (29.4% de la muestra) y la competencia con menor grado de aceptación por parte de los alumnos, a pesar de que en ninguna de las respuestas se haya obtenido un resultado orientado hacia el lado negativo de la escala.

2. ¿Cree usted que el simulador SEGEC representa un aporte adicional a la educación respecto al aporte ofrecido por otros métodos convencionales?

El promedio en este ítem fue particularmente alto con una variación estándar baja, lo que demuestra un consenso en los estudiantes en cuanto al aporte adicional del simulador respecto a otros métodos educativos.

3. ¿Le gustaría que el simulador SEGEC se empleara como una herramienta de trabajo en cursos relacionados con la Gestión de la Construcción?

Este ítem presentó un promedio fuertemente orientado al lado positivo de la escala, aunque presentó tres respuestas neutras (17.6% de la muestra).

En general, se observa que los alumnos apoyan la implementación de la herramienta en cursos relacionados con Gestión de Construcción.

4. *¿Qué mejoraría del simulador?*

A continuación se presentan algunos comentarios que resumen los principales puntos de mejora destacados por los alumnos:

- “Mejoraría más la presentación de la Carta Gantt – Fechas”
- “La interfaz no es muy amigable porque no inmoviliza paneles y eso complica la visión general del proyecto y la Carta Gantt”.
- “Marcaría las rutas críticas del proyecto”
- “Integrar un Menú Ayuda”
- “Añadir opciones de elegir maquinaria especializada”

Como se observa, los comentarios se orientaron principalmente a la mejora de la visualización de formatos, dándole mayor flexibilidad a la manipulación de las ventanas, al igual la mejora de la presentación de la Carta Gantt, incluyendo ayudas como la delimitación de las semanas (estos comentarios fueron discutidos con mayor detalle en un debate abierto en el salón de clases).

Otros puntos destacados son la solicitud de integrar un “Menú de ayuda”, así como la propuesta de dar opciones en cuanto a la maquinaria a utilizar.

Los puntos mencionados, resumen las principales propuestas para considerar en una posible versión mejorada del simulador.

5. *¿Qué aspectos destacaría como positivos del simulador?*

En esta pregunta se obtuvieron variadas respuestas que reflejaban una aceptación positiva de los estudiantes hacia la herramienta y los objetivos que esta persigue, presentando afirmaciones consecuentes con las puntuaciones obtenidas en los ítems 1, 2 y 3 de la encuesta.

A continuación se incluyen algunas respuestas con los aspectos positivos relevantes destacados por los alumnos:

- "... en mi caso, fue la primera vez que me enfrenté a algo muy parecido a la realidad y me sirvió bastante"
- "Es una interesante herramienta, entretenida y de fácil uso. Sirve para aprender a tomar decisiones y la gran variabilidad presenta un desafío"
- "La variabilidad presente en los rendimientos de los trabajadores que afecta a la planificación. También el hecho de considerar el estado del tiempo y accidentes laborales"
- - "... ayuda a desarrollar la mente y analizar todos los casos posibles"
- "Me gustó el informe y los gráficos de avance entregados"
- "Permite enfrentarse a un escenario "real" y practicar la toma de decisiones según las condiciones que se generen en el camino"
- "Capacidad de simular aspectos reales, tales como eventos de lluvia, accidentes, bonificaciones y horas extra"

- “Presenta los aspectos más usados y prácticos en la construcción, como por ejemplo, número de obreros por cuadrilla, horas extra, etc.”
- “Fue muy bueno para realizar la planificación, en especial para organizar los frentes de trabajo y las cuadrillas necesarias”
- “Destaco la buena preparación y desarrollo del simulador, le da a uno otra perspectiva en el momento de realizar una programación y asignar recursos”

Estos son algunos ejemplos de la buena respuesta de los alumnos al interactuar con una herramienta que de alguna manera los enfrentó a la variabilidad presente en la realidad de un proyecto de construcción, donde pudieron tomar decisiones y obtener una retroalimentación del sistema respecto al efecto de la decisión tomada.

Las afirmaciones realizadas por los alumnos se destacan como uno de los resultados más significativos de la investigación, toda vez que llegan a conclusiones consecuentes con los objetivos planteados para la herramienta, como son la capacidad de esta para situarlos en un contexto “real” de obra, y permitirles desarrollar competencias como la toma de decisión, gestión de recursos y planeación del trabajo.

IV.2.- Encuesta a profesionales

La interacción con el simulador y posterior encuesta a profesionales fue desarrollada durante el mes de octubre de 2010.

Se contó con la participación de cuatro profesionales miembros de una de las empresas especializadas en proyectos de construcción y montaje industrial de mayor tamaño en Chile.

Los profesionales entrevistados se desempeñan en los siguientes cargos dentro de su empresa:

1. Jefe Departamento Obras Civiles e Innovación
2. Jefe Oficina Técnica de Proyectos
3. Jefe de Calidad Proyectos EPC
4. Profesional de Oficina Técnica

Los resultados obtenidos en las encuestas se resumen en la Tabla IV.7.

**Tabla IV.7 Resumen de puntajes asignados por profesionales en encuesta
Simulador SEGEC**

PREGUNTA	PROFESIONAL				μ	σ
	1	2	3	4		
¿Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la gestión de recursos?	5	7	6	6	6,00	0,82
¿Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la planeación del trabajo?	5	7	6	6	6,00	0,82
¿Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la toma de decisión?	6	7	5	6	6,00	0,82
¿Cree usted que el simulador puede ser utilizado como herramienta para enseñar aspecto relevantes de la Gestión de la Construcción?	5	7	7	7	6,50	1,00

Como se puede observar en la tabla, todas las respuestas tuvieron un promedio de respuesta mayor o igual a los seis puntos, lo que refleja la aceptación de los profesionales entrevistados respecto a los ítems consultados.

En promedio, los cuatro profesionales calificaron con seis puntos la capacidad del simulador para reproducir con realismo aspectos relacionados con las tres competencias incluidas en el estudio, lo que representa un respaldo significativo por parte de ellos en cuanto a que la herramienta reproduce aspectos que dichos profesionales han enfrentado en proyectos reales, y dan una garantía de que el simulador ofrecerá a los alumnos la

posibilidad de enfrentar aspectos de la construcción característicos del ejercicio profesional de la Gestión de Proyectos.

En cuanto a la consulta sobre la posibilidad de utilización de la herramienta para enseñar aspectos relevantes de la Gestión de la Construcción, fue donde se obtuvo una mayor puntuación, ya que los profesionales expresaron estar de acuerdo con el importante aporte que el proceso de simulación puede representar para un estudiante que no se ha enfrentado a un proyecto real.

En cuanto a las preguntas abiertas, se obtuvieron las siguientes respuestas:

1. ¿Qué mejoraría del simulador?

- “La variabilidad de los proyectos presenta un grado mayor de complejidad que el abordado, por tanto se hace complejo simular una situación similar, por tanto creo que sería positivo acotar el campo de acción”
- “Integrar otro tipo de elementos que son hitos dentro de un proceso como lo son los suministros e ingeniería, los cuales ambos deben preceder a ciertas actividades”
- “Dejar como criterio del estudiante que realiza la simulación, la reasignación de recursos”
- “La interfaz con el usuario, de forma tal que este sepa qué datos y donde ingresarlos”

De los comentarios realizados, es posible extraer varios puntos relevantes.

Los dos primeros comentarios están muy relacionados, ya que esta primera versión del simulador está enfocada a la gestión de la mano de obra, por lo que puede elegirse entre dos posibles caminos para seguir desarrollando la herramienta: por un lado, podría acotarse definitivamente a la mano de obra y profundizar en la variabilidad inherente a este recurso, enfocándose a ciertos aspectos particulares, o podría ampliarse el alcance e integrar aspectos como la gestión de suministros e ingeniería.

Dado que la realidad de los proyectos incluye inevitablemente la interacción de varios factores adicionales a la mano de obra, posiblemente lo más recomendable sería seguir con la segunda alternativa, para integrar al simulador otros aspectos relevantes que aumenten la similitud con la realidad.

El tercer comentario está orientado a restringir la capacidad del simulador para asignar las cuadrillas a alguna tarea disponible en caso de que el usuario no ingrese alguna alternativa, sin embargo, se debe considerar que en un proyecto real lo más probable es que se le asigne algún trabajo a las cuadrillas a pesar de que el Gerente de Proyectos no defina una actividad o línea de trabajo, el problema es que posiblemente esta actividad no sea la más beneficiosa para el proyecto si no se realiza un análisis adecuado. Por esta razón, en caso de que una cuadrilla no tenga una actividad asignada, el simulador busca automáticamente actividades que pueda ejecutar dicha cuadrilla, aunque posiblemente esta actividad asignada no haga parte de la línea crítica del proyecto.

El cuarto comentario se orienta a crear mayores indicaciones en el simulador para ingresar los datos. La recomendación es factible de ser implementada, aunque hay que considerar que el Manual del Usuario se ha orientado a cumplir con este objetivo.

2. ¿Qué aspectos destacaría como positivos del simulador?

A continuación se incluyen los comentarios recibidos por parte de los profesionales:

- “El simulador integra los tres aspectos más relevantes en un proyecto: Seguridad, Costos y Plan de Trabajo”
- “Es dinámico: los resultados de la simulación dependen tanto de las decisiones tomadas como de eventos generados en base a ciertas probabilidades”
- “Que permite al estudiante reconocer la interrelación de las diferentes variables asociadas a la Gestión de Recursos, Planificación de Obras de Construcción y Montaje”
- “Es posible visualizar imponderables dentro del desarrollo del proyecto”
- “Permite considerar la importancia del análisis de la información inicial con que se cuenta para comenzar la simulación”
- “Como herramienta de variabilidad es muy positiva, dado que con los modelos actuales de planificación (CPC) sólo se planifica inicio y término asumiendo subprocesos o problemas en los procesos que no aportan valor y que son inherentes a la construcción. Permite insertar a los estudiantes en esta realidad y en la necesidad de incorporarlo en sus decisiones”
- “En general lo encuentro bastante bueno ya que integra aspectos como son seguridad, costos, plazo los cuales son los más importantes ante la toma de decisiones al momento en que una obra se va desviando de la curva de proyecto. Es más, identifica casos en que se cumplen plazos pero no los costos, lo cual al final es un mal resultado de obra (algo muy distinto si sólo se lleva un control de Carta Gantt)”

Las afirmaciones realizadas por los profesionales, sumadas a los puntajes otorgados a los ítems evaluados, respaldan al simulador como una herramienta con la capacidad de reproducir aspectos relevantes de proyectos reales de construcción, que al aplicarse en el ámbito educativo, ofrecería ventajas a los estudiantes al desarrollar en ellos nuevas competencias.

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

IV.3.- Conclusiones y Recomendaciones

Del caso práctico de simulación dejado como tarea a los alumnos es posible concluir:

- El simulador SEGEC presenta resultados consecuentes con el desempeño de los alumnos, reflejando en el resultado económico final, el manejo de aspectos relevantes durante el proceso de simulación como la optimización en el uso de la mano de obra, la prevención de riesgos y el cumplimiento de las exigencias de plazos del proyecto.
- El simulador SEGEC brinda la posibilidad de obtener buenos resultados en el proyecto simulado a partir de diferentes caminos o estrategias de decisión, lo que refleja un aspecto relevante de los proyectos reales ya que no existe una única fórmula para conseguir proyectos exitosos.
- La herramienta presenta un desempeño operativo aceptable para ser implementada en cursos vinculados a la Gestión de la Construcción, aunque este desempeño depende de que el computador donde se trabaje tenga una configuración consecuente con el desarrollo del simulador (puntos para miles, comas para decimales), y funcione con el mismo sistema operativo (Windows).
- Es posible hacer uso del simulador SEGEC aprovechando las ventajas de la Web a través de un sitio “Share Point”, sin embargo, el caso práctico presentó algunos casos aislados de problemas al momento de guardar el archivo que requieren de mayores pruebas y desarrollo antes de poder catalogar esta opción como infalible.

De la comparación del Test Inicial y el Test Final, es posible concluir:

- Se obtuvieron evidencias a través de una prueba piloto de contraste para diferencia entre dos medias con datos pareados, respecto a la mejora del desempeño de los alumnos en pruebas académicas, basadas en casos de proyectos de construcción reales, después de hacer uso del simulador. Para el desarrollo de las pruebas, se requería aplicar competencias como la Toma de Decisión enfocada al Recurso Mano de Obra, Gestión de Recursos enfocada a la Mano de Obra y Planeación del Trabajo, lo que sugiere que dichas competencias mejorarían en los alumnos después de interactuar con el simulador.

Es importante considerar que la prueba realizada fue un estudio piloto, por lo que la muestra usada no es representativa de la población total, y sería necesario realizar un estudio a mayor escala para obtener conclusiones estadísticamente significativas para la población de estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción.

De la Encuesta de Opinión realizada a los alumnos es posible concluir:

- En promedio, los estudiantes de la muestra concuerdan con la capacidad del simulador para desarrollar competencias en Gestión de Recursos, Toma de Decisión y Planeación del Trabajo.

- En promedio, los estudiantes de la muestra concuerdan con que el simulador representa un aporte adicional a la educación respecto al aporte ofrecido por otros métodos convencionales.

- En promedio, los estudiantes de la muestra aprueban el uso del simulador SEGEC dentro de cursos relacionados con Gestión de la Construcción, respondiendo de manera positiva al desafío que representó enfrentarse al desarrollo de un proyecto virtual.

- Existen sugerencias realizadas por los alumnos susceptibles de ser implementadas en el simulador para desarrollar una futura versión mejorada.

De las entrevistas realizadas a profesionales es posible concluir:

- Los profesionales concuerdan en la capacidad del simulador para reproducir con realismo aspectos de una obra relacionados con competencias particulares como la Gestión de Recursos, Toma de Decisión y Planeación del Trabajo.
- Los profesionales concuerdan en la utilidad de la herramienta de simulación para enseñar aspectos relevantes de la Gestión de la Construcción.
- Existen sugerencias realizadas por los profesionales susceptibles de ser implementadas en el simulador para desarrollar una futura versión mejorada.

De manera general, a partir del objetivo y las hipótesis planteadas, es posible concluir:

Las evidencias obtenidas sugieren que la herramienta de simulación computacional de proyectos de construcción, SEGEC; propuesta y desarrollada en esta investigación, tiene la capacidad de incentivar en los estudiantes competencias en Gestión de la Construcción.

Las evidencias obtenidas se soportan en diferentes herramientas de validación como son el desarrollo de casos prácticos, el contraste para diferencia entre dos medias con datos pareados, la encuesta de opinión de alumnos y entrevistas con profesionales; todas ellas arrojaron resultados en una misma dirección: el simulador propuesto tiene la capacidad de reproducir aspectos de la realidad de los proyectos de construcción, y al ser implementado en el ámbito educativo, permite a los estudiantes desarrollar competencias

en Gestión de la Construcción; en particular, en algunas competencias que presentan dificultades para ser desarrolladas mediante métodos convencionales.

Las evidencias fueron obtenidas a partir de un tamaño de muestra reducido, por lo que sería necesario realizar un estudio a mayor escala para obtener resultados aplicables a la totalidad de la población de estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción; sin embargo, los resultados aquí obtenidos, sugieren que vale la pena seguir profundizando en el uso de la herramienta y su investigación.

IV.4.- Perspectivas futuras

La presente investigación ha entregado como resultado una herramienta de simulación computacional que por diferentes caminos, ha dado pruebas de un importante potencial para ser considerada en el sector educativo en la transmisión de competencias a estudiantes de programas vinculados a la Gestión de la Construcción.

Sin embargo, como toda herramienta computacional en su primera versión, es susceptible de ser mejorada.

Por un lado, se han incluido en esta investigación una serie de propuestas para mejoras de tipo operativo, realizadas por estudiantes y profesionales del sector de la construcción, que valdría la pena considerar para una posible versión mejorada a ser desarrollada en el futuro.

Además de las recomendaciones para mejoras operativas, se hicieron recomendaciones de tipo conceptual, en donde se concluyó que un posible desarrollo futuro sería ampliar las variables de simulación de la herramienta más allá de la mano de obra, considerando aspectos como la gestión de materiales, equipos y diseños del proyecto; a su vez, para cada una de estas variables es posible aumentar la cantidad de factores considerados, de

manera que sea posible acercarse a la variabilidad real de una obra de construcción tanto como se quiera.

Por otro lado, es importante considerar que a pesar de de que la herramienta elaborada se encuentra operativa, es una herramienta desarrollada en un archivo de Microsoft Excel con programación en Visual Basic, lo que puede tener ciertas limitaciones al momento de pensar en una masificación del producto. Por esta razón, para pasar a un siguiente nivel de uso masivo en varias instituciones, valdría la pena evaluar la posibilidad de recurrir a desarrolladores de software profesionales, que transfieran esta herramienta a una tecnología que permita mayores alcances en aspectos como la seguridad o la visualización del software.

Además de posibles desarrollos de la herramienta, también se recomienda avanzar en la validación de la misma, toda vez que los indicios recolectados en esta investigación corresponden a un estudio piloto realizado con una reducida muestra de la población de estudiantes de programas educativos vinculados a la Gestión de la Construcción. Valdría la pena seguir monitoreando con futuras pruebas la variación de las competencias de los alumnos al usar la herramienta, en una primera instancia al interior de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para posteriormente pasar a otras instituciones donde en un futuro, sea posible obtener evidencias considerando una muestra más representativa de la población.

BIBLIOGRAFÍA

Abdelhamid, T. S. (2003). Evaluation of Teacher-Student Learning Style Disparity in Construction Management Education. *Journal of Construction Education*, 8, N°3, 124,-145.

Bullen, P. and Davis, P. (2003). Active learning exercises as a strategy in collaborative cross-disciplinary teaching. In *Partners in Learning. Proceedings of the 12th Annual Teaching Learning Forum*, 11-12 February 2003. Perth: Edith Cowan University.

Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, Occupational Outlook Handbook, 2010-11 Edition, Construction Managers, on the Internet at <http://www.bls.gov/oco/ocos005.htm> (rescatado en Noviembre 17, 2010).

Cano, M. E. (2008) La evaluación por competencias en la educación superior. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 12, N° 3, pp. 1-16.

Cardoso, J. M., Pires, B. (2005) Construction Management Learning in Portugal. *International Conference on Information and Knowledge Management in the Global Economy*. Lisboa.

Chau, K. W. (2007) Web-Based Interactive Computer-Aided Learning Package on Open-Channel Flow: Innovations, Challenges, and Experiences. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 133, No. 1. ©ASCE, ISSN 1052-3928/2007/1-9-17

Chen, P., Partington, D., Wang, J. N. (2007) Conceptual determinants of construction project management competence: A Chinese perspective. *International Journal of Project Management*, 26, N° 6, Pages 655-664.

Chinowsky, P.S. (2001) Construction Management Practices Are Slowly Changing. *Leadership and Management Engineering*. 1, N°22, pp. 17-22.

Dainty, A.R.J., Cheng, M.-I., Moore, D.R. (2004) A competency-based performance model for construction project managers. *Construction Management and Economics*. 22, N°8, pp.877-886.

Egbu, C.O. (1999) Skills, knowledge and competencies for managing construction refurbishment works. *Construction Management and Economics*, 17, N°1, pp. 29-43.

Farooqui, R. R., Saquib, M., Ahmed, S. M. (2008) Assessment of Critical Skills for Project Managers in Pakistani Construction Industry. *First International Conference on Construction In Developing Countries, "Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice"*, Karachi, Pakistan.

Faulkner, A.C., Sargent, J.H. Y Wearne, S.H. (1989) Civil engineers' managerial roles and needs: report of survey. *Construction Management and Economics*, 7, N°2, pp. 155-174.

Felder, R. M., Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Journal of Engineering Education*, 78, N°7, 674-681.

Fernández, I. y Baeza, R. (2002) Aplicación del modelo de competencias: experiencias en algunas empresas chilenas. *Revista Psykhe*, 11, No. 2, pp 141-158.

Fisher, R. A., Yates, F. (1963) *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*. Hafner Press. New York.

Fundación Chile (2004) *Programa de Competencias para el Trabajo. Programa Competencias Laborales*, Chile.

García, M. E. (2008) La evaluación por competencias en la educación superior. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, Vol. 12, Núm. 3, pp. 1-16.

Golias, M., Angelides, D. C., Marnas, S. I., Vrakas, D. (2003) Use of Multimedia and the World Wide Web in Civil Engineering Learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 131, No. 2,. ©ASCE, ISSN 1052-3928/2005/2-129–137.

Grasman, S. E., Belarbi, A., Sayygin, C., Baghli, A. (2008) Educational Partnership to Establish Engineering/Construction Management Graduate Programs in Algeria. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 134, No. 4, pp. 353-358

Halpin, D. W., Jen, H., Kim, J. (2003) A Construction Process Simulation Web Service. *Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation*. pp 1503 - 1509.

Hill, C. (2000) *The Integration of Professional Competencies into Construction Management Degrees*. Faculty of Development and Society, Sheffield Hallam University, Sheffield.

Jaafari, A., Manivong, K.K., Chaaya, M. (2001) VIRCON: Interactive System for Teaching Construction Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127, N°1, pp. 66-75.

Kajewski, S. L. (1996). PBL and Construction Management Education: An independent Learning Case Study. *The Australian Institute of Building Papers: Education for Construction Management*, 1, pp. 20-31.

Lawther, P. M. (2005). Enriching the Paradigm – Taking Construction Management Education Off-Shore. *Conference Proceedings. The Queensland University of Technology Research Week International Conference*. July, 2005.

Leung, M., Li, J., Fang, Z., Lu, X., Lu, M. (2006). Learning Approaches of Construction Engineering Students: A Comparative Study between Hong Kong and Mainland China. *Journal of Education in the Built Environment*, 1, N°1, pp. 112-131.

Lei, W.W.S., Skitmore, M. (2004) Project Management Competencies: A Survey of Perspectives for Project Managers in South Queensland. *Journal of Building and Construction Management*, 9, N°1, pp. 1-12.

Lévy Mangin, J.-P., Varela M. J. (2003) *Análisis Multivariable para las Ciencias Sociales*, Prentice Hall, Pearson Educación S.A.

McCabe, B., Ching, K.S., and Savio, R. (2000). “STRATEGY: A Construction Simulation Environment,” *Proceedings of Construction Congress VI*, ed. Kenneth D. Walsh, 115-120.

Mukherjee A., Rojas E.M., Winn W.D. (2004). Implementing a General Purpose Framework Using Multi-Agents for Construction Management Education. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, 2, pp.1244-1251.

Mukherjee, A., Rojas, E. and Winn, W. (2005) Understanding Cognitive and Meta-Cognitive Processes in Construction Management: The System Dynamics Perspective. Construction Research Congress, San Diego, CA. ASCE.

Newbold, P. (1998) Estadística para los Negocios y la Economía. 4° Edición. Practice Hall.

Ovalle, J. (1984) Juego de empresas para el manejo de proyectos singulares. Tesis. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Park, B., Meier, R. (2007) Reality-Based Construction Project Management: A Construction-Based 4D Simulation Environment. Journal of Industrial Technology, 23, N°1, pp. 2-11.

Richmond, B. (1991). "System Thinking: Four key questions" Copyright, 1991, High Performance Systems, Inc.

Richmond, B. (1994). "System Dynamics / System Thynking: Lets Just Get on With It" Delivered at the 1994 International System Dynamics Conference in Sterling Scotland.

Rivas, R. A., Borcharding, J. D., Gonzalez, V., Alarcón, L. F. (2010) Analysis of Factors Influencing Productivity Using Craftsmen Questionnaires: A Case Study in a Chilean Construction Company. Journal of Construction Engineering and Management. Submitted August 4, 2009; accepted August 3, 2010; posted ahead of print August 23, 2010. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000274.

Rodríguez, D., Patel, R., Bright, A., Gregory, D., Gowing, M. K. (2002) Developing Competency Models to Promote Integrated Human Resources Practices. Human Resource Management, Fall 2002, Vol. 41, No. 3, Pp. 309–324.

Rojas, E.M., Mukherjee, A. (2003) Modeling the Construction Management Process to Support Situational Simulations. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 17, No. 4, pp. 273-280

Rojas, E.M., Mukherjee, A. (2005) General-Purpose Situational Simulation Environment for Construction Education. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, No. 3, pp. 319-329.

Sarasin, L.C. (1998) *Learning style perspectives: Impact in the classroom*. Madison, WI: Atwood Publishing.

Sawhney, A., Mund, A. (1998) Simulation Based Construction Management Learning System. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, 2, pp. 1319-1324.

Sawhney, A., Koczenasz, J., Bashford, B., Mund, A. (2001) Internet-Based Interactive Construction Management Learning System. *Journal of Construction Education*, 6, N°3, pp.124-38.

Serpell, A. (2002) *Administración de Operaciones de Construcción*. 2da Edición. Alfaomega. México.

Stuts, C., Rojas, E. M., Locsin, S., Namhun, L., Defining Construction Management Events in Situational Simulations. *7th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality: October 22-23, 2007*.

Rodríguez, D., Patel, R., Bright, A., Gregory, D., Gowing, M.K. (2002) Developing Competency Models to Promote Integrated Human Resource Practices. *Human Resource Management*, 41, No. 3, pp 309-324.

Vargas, F., Casanova, F., Montanaro, L. (2001) El enfoque de competencia laboral: manual de formación (The labor competency approach: training handbook), Cinterfor, Montevideo, Uruguay.

Sampaio, A. Z., Henriques, P. G. (2007) Visual simulation of construction activities: Didactic virtual models. International Conference on Engineering Education. ICEE. Coimbra. Portugal.

A N E X O S

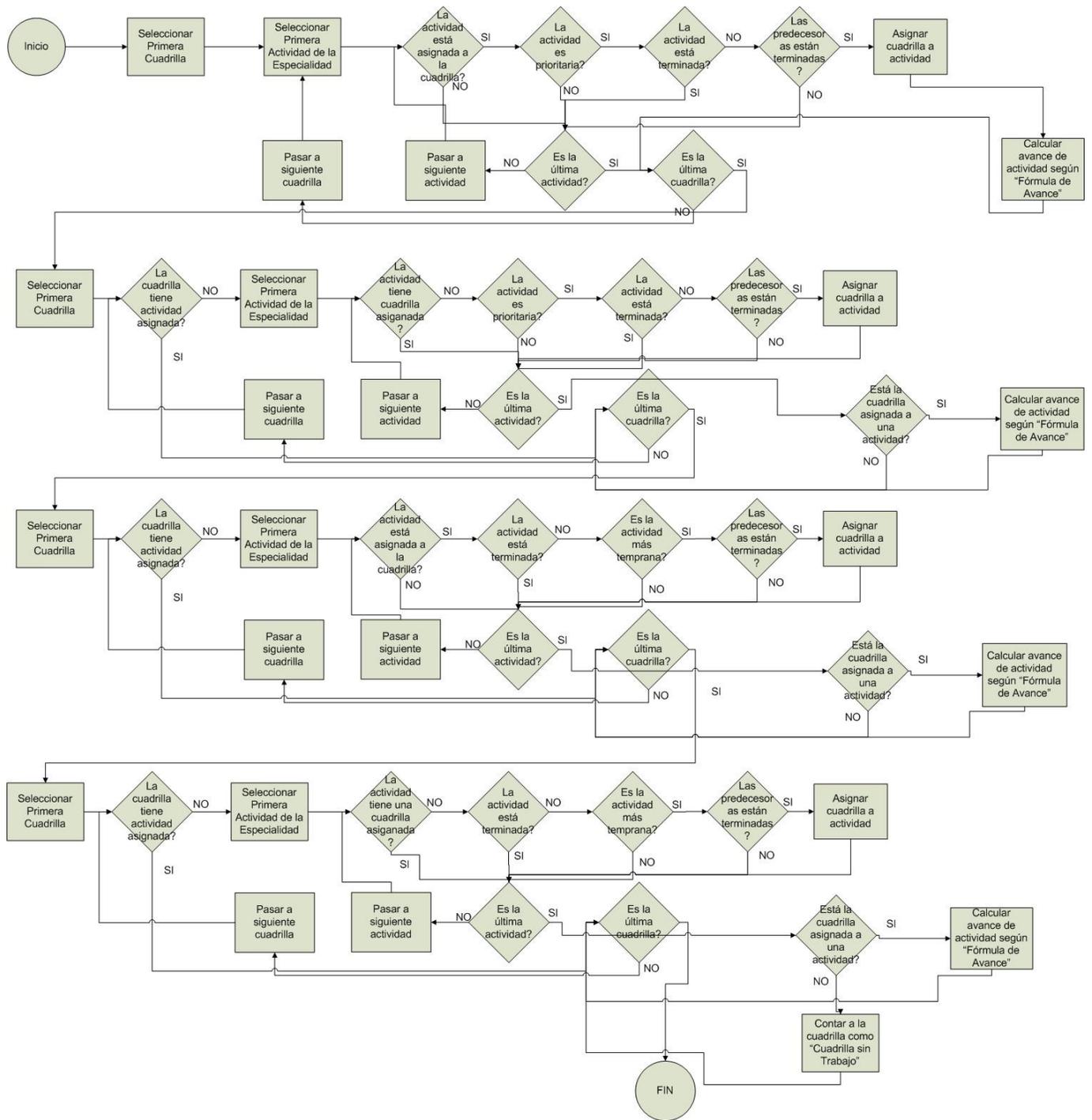
**ANEXO A: ANÁLISIS DE COMPETENCIAS. SIMULACIÓN
COMPUTACIONAL VERSUS OTRAS TÉCNICAS.**

Competencia	Enseñanza mediante simulación computacional	Enseñanza mediante otras técnicas educativas
1. Planeación del trabajo	Uno de los puntos fuertes de la simulación dado que permite al estudiante realizar ejercicios complejos de planeación en donde podrá observar posteriormente los resultados de lo planeado, identificando posibles errores, riesgos no considerados u oportunidades de mejora, enfrentándose a desviaciones de lo planificado para entrar a replanificar.	A pesar de poder entrenar al estudiante en ejercicios de planeación, no es posible que el estudiante realice la planeación de una obra real y observe los resultados obtenidos debido principalmente a la inviabilidad económica de permitir que una obra real sea planeada por estudiantes. Es posible realizar planeaciones complejas a través de casos de estudio, pero no se obtendrá una buena retroalimentación respecto al funcionamiento de dicha planificación ya que será una planificación que no se pondrá en práctica.
2. Toma de decisiones	Posiblemente el punto más fuerte de la simulación computacional ya que permite al estudiante tomar decisiones a todo nivel dentro de su obra hipotética, observando el impacto de sus decisiones a diferentes escalas espaciales y temporales.	Una de las mayores falencias debido a la imposibilidad de contextualizar la toma de decisiones relevantes en un ambiente de obra real. Por un lado, los casos de estudio pueden posibilitar tomar decisiones relevantes para un proyecto pero no posibilitan observar el impacto ni las implicancias de las mismas. Por otro lado, las practicas profesionales permiten tomar decisiones en el contexto de una obra real, pero estas decisiones serán de una importancia mínima dados los riesgos asociados a que un estudiante tome decisiones de gran impacto para un proyecto.
3. Comunicación	La simulación puede ser un aporte al proponer ejercicios que involucren la conformación de equipos de proyecto, donde sea necesario crear un flujo de información y comunicación similar al de un proyecto real.	Al igual que en el caso de los proyectos simulados, es posible abordar el desarrollo de casos de estudio o ejercicios de clase en el formato de equipo de proyecto, posibilitando incluir exposiciones orales y reportes escritos entre otras tantas formas de comunicación, por lo que se considera que este es un aspecto que puede ser incentivado apropiadamente mediante otras técnicas de enseñanza.
4. Gestión de personal	La simulación computacional puede presntar un apoyo, aunque en este punto no ofrece muchas alternativas superiores a las ofrecidas por las otras técnicas, conservando las complicaciones características de aprender a administrar el recurso humano.	Ofecen la posibilidad de enseñar conceptos teóricos y realizar algunos ejercicios prácticos; sin embargo, aprender a administrar el recurso humano es un aspecto de alta complejidad que requiere de la práctica real para el conocimiento del tema. Posiblemente el trabajo en grupo y las prácticas profesionales podrían ser las técnicas que más aporten en este aspecto.
5. Gestión de la Salud Ocupacional y Prevención de Riesgo	Puede ser un apoyo al proporcionar directrices y ejemplos de lo que implica la seguridad laboral. Adicionalmente, la simulación de incidentes y accidentes de obra puede transmitir al estudiante la importancia de la variable de seguridad en un proyecto, haciendo énfasis en los impactos negativos que se originan como resultado de un accidente.	Es posible transmitir de manera teórica la importancia de la prevención de riesgos en una obra. Posiblemente, las prácticas profesionales presenciales en terreno serían la mejor herramienta para que el estudiante observe cómo se implementan medidas de control y mitigación de riesgos laborales.
6. Gestión de recursos	Este es otro punto donde adquiere relevancia la simulación, ya que permite al estudiante administrar una cantidad de recursos limitados observando las fluctuaciones que acompañan las decisiones que se van tomado, evidenciando la necesidad de considerar riesgos y variables para lograr alcanzar las metas del proyecto con los recursos escasos previstos.	En este punto las otras herramientas resultan bastante limitadas ya que no ofrecen la posibilidad de que el estudiante observe el comportamiento de recursos asignados para la realización de un proyecto a través del tiempo.

Nota: El análisis desarrollado se basa en los argumentos expuestos por los diferentes autores citados a lo largo del Capítulo II.3 de esta investigación.

ANEXO B: DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE AVANCE

Diagrama para Selección Diaria de Actividades - SEGEC



FÓRMULA DE CÁLCULO DE AVANCE DIARIO POR ACTIVIDAD:

Se realiza a partir del cálculo de cuatro factores:

Fact.A: Factor por efecto de lluvia. Se simula diariamente el evento lluvia y se calcula el factor de acuerdo a la siguiente tabla de probabilidades.

Mes	Probabilidad Evento Lluvia			
	SECO	SEMI-SECO	LLUVIOSO	MUY LLUVIOSO
1	0,5%	1,0%	7,0%	15,0%
2	0,5%	1,0%	6,0%	20,0%
3	1,0%	3,0%	12,0%	20,0%
4	1,5%	6,0%	18,0%	30,0%
5	3,5%	8,0%	25,0%	40,0%
6	5,0%	10,0%	45,0%	45,0%
7	8,0%	12,0%	50,0%	60,0%
8	6,0%	7,0%	50,0%	70,0%
9	5,0%	5,0%	30,0%	50,0%
10	5,0%	5,0%	25,0%	30,0%
11	2,0%	5,0%	18,0%	25,0%
12	1,0%	2,0%	15,0%	20,0%
Fact.A con lluvia	0,8	0,7	0,6	0,6
Fact.A sin lluvia	1,0	1,0	1,0	1,0

Fact.B: Factor por accidentes. Se simula diariamente el evento “accidente grave” e “incidente menor” y se calcula el factor de acuerdo a la siguiente tabla de probabilidades.

Evento	Probabilidad	Fact.B con evento	Fact.B sin evento
Accidente Grave	No. días sin charla x 0.008	0,0	1,0
Incidente Menor	No. días sin charla x 0.02	0,6	1,0
Día de Charla Integral	1,0	0,8	1,0

Fact.C: Factor por problemas con planta de hormigón. Se simula diariamente el evento “problemas con planta de hormigón”, con una probabilidad de ocurrencia del 5%, tomando el valor cero cuando el evento es positivo y uno cuando es negativo. Este factor sólo afecta a la actividad “Hormigonado”.

Fact.D: Factor por bonos. Se calcula diariamente para cada cuadrilla de acuerdo al bono asignado por el usuario.

$$\text{Fact.D} = 1 + (\% \text{ Bono para cuadrilla} / 2)$$

Avance diario por actividad: Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Avance} = \text{Fact.A} \times \text{Fact.B} \times \text{Fact.C} \times \text{Fact.D} \times \text{nt} \times (\text{hd} + (\text{he} - (1 - \% \text{he})) / \text{rend} \times ((1 - \text{var}) + (\text{var} \times 2 \times \text{Rnd}))$$

Donde,

Avance: Avance diario por actividad

nt: Número de trabajadores de la cuadrilla asignada a la actividad

hd: Horas diarias de jornada regular de trabajo

he: Horas extras asignadas a la cuadrilla

%he: Porcentaje de disminución de rendimiento en horas extras definido en los parámetros del proyecto.

rend: Rendimiento de la actividad definido en los parámetros del proyecto.

var: Variabilidad definida para la Mano de Obra definida en los parámetros del proyecto.

Rnd: Número aleatorio calculado por el simulador con valores mayores a cero y menores a uno.

*Sólo aplica para actividad "Hormigonado"

ANEXO C: FORMATO TEST INICIAL

ICC 3243 GESTIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN

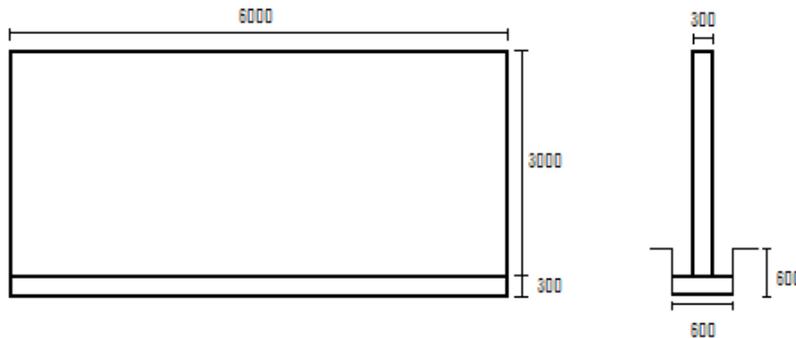
Cuestionario para Planeación del Trabajo y Gestión de Recursos (I)

2'2010

I. Muro Corta-Fuego

Usted se desempeña como administrador del proyecto de construcción de una Subestación Eléctrica.

En este momento cuenta con 17 días corridos para construir uno de los muros cortafuego de los transformadores de acuerdo al siguiente esquema:



Usted tiene a su disposición para esta faena:

- 1 Trabajador de Movimiento de Tierra
- 2 Enfierradores
- 2 Carpinteros de moldaje
- 3 Maestros de Obras Civiles (hormigones)
- Todos los equipos y materiales necesarios

Los rendimientos en horas hombre para las diferentes actividades, claramente identificados para su equipo de trabajo son:

- Excavación: 3.2 hh/m³
- Colocación de fierro: 71 hh/Ton
- Colocación moldaje: 3.6 hh/m²
- Vaciado de hormigón: 4.1 hh/m³
- Retiro de moldaje: 0.5 hh/m²

II. Proyecto Planta Monsón

Usted es el Gerente de Proyecto de la obra “Ampliación Patio de Estanques Planta Monsón”, ubicada en la I Región de Chile.

El proyecto consiste en el montaje de dos estanques metálicos idénticos de 12 mts de altura y 9 mts de diámetro. Adicionalmente, incluye la construcción de las dos fundaciones de los estanques, instalación de instrumentos de medición, obras civiles para la construcción de la fundación de la Sala de Control, montaje de Sala de Control Prefabricada y sus respectivos equipos, y el conexonado y puesta en marcha del sistema completo.

Existen multas importantes comprometidas en caso de que el proyecto no se complete antes del 03-04-11, partiendo el 01-11-10.

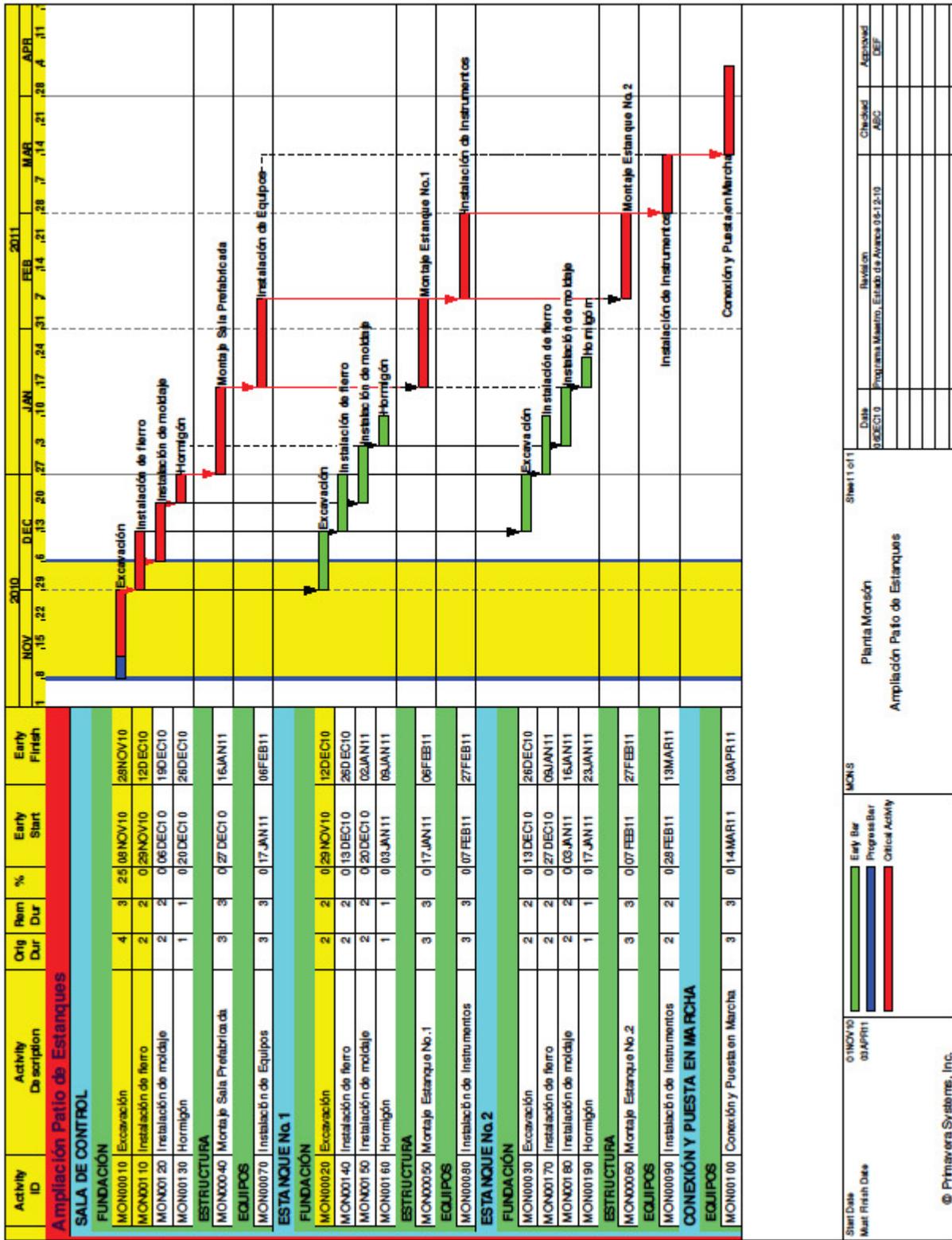
Como restricciones adicionales, usted sabe que la Sala de Control prefabricada llegará a terreno el 21-12-10, el estanque No.1 el 14-01-11 y el estanque No.2 el 02-02-11.

Usted se encuentra siguiendo la Carta Gantt del proyecto (adjunta) que está pensada para salir en fecha utilizando para el proyecto una cuadrilla de cada especialidad (movimiento de tierras, fierro, moldaje, hormigones, montaje de estructuras, montaje de equipos), considerando que con la estrategia elegida, se reducían al máximo posibles holguras.

Después de transcurrida la primera semana del proyecto, ocurre en la obra un grave accidente que obliga a cerrar la faena por cuatro semanas.

Después de cuatro semanas, usted vuelve a la faena el 06-12-10 para reiniciar los trabajos, pero cuenta con un sólo día para dar las instrucciones de las actividades a seguir y medidas a implementar durante la semana, ya que deberá volver al día siguiente a Santiago para continuar con trámites indispensables, y no podrá regresar al proyecto hasta la semana posterior.

Considerando que el estado de avance del proyecto al 06-12-10 es el que se muestra en la Carta Gantt adjunta, y que usted sólo cuenta en la obra con su personal indirecto y una cuadrilla de movimiento de tierras ¿Cuáles serían sus instrucciones antes de volver a Santiago?



Start Date: 01NOV10
 Mar. Finish Date: 03APR11

Legend:
 Early Bar: Green
 Progress Bar: Blue
 Critical Activity: Red

Sheet 1 of 1
 Plantía Montón
 Ampliación Patio de Estanques

MONS

Date	Revisión	Checked	Approved
08DEC10	Programa Maestro, Estado de Avance 04-12-10	ABC	DEF

© Primavera Systems, Inc.

ANEXO D: DOCUMENTOS TAREA CON SIMULADOR SEGEC

ICC 3243 GESTIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Tarea

Planeación del Trabajo y Gestión de Recursos

2'2010

Los alumnos en grupos de tres como máximo y 2 como mínimo, desarrollarán un ejercicio práctico de aplicación de la gestión de recursos y planeación de los trabajos en el sector de la construcción. Para ello, deberán hacer las veces de la gerencia de proyectos de una mediana empresa de construcción que se ha adjudicado los trabajos de movimientos de tierra de la vía proyectada entre las poblaciones “Alirado” y “La Tagua”, además de las obras civiles para la construcción del puente sobre el Río “Sumaraz”, ubicado en el Kilómetro 1.00 de la vía proyectada.

Para la realización del proyecto, los alumnos contarán con la información básica entregada por el Departamento de Estudio de Propuestas de la empresa, que incluye:

- Contrato entre el mandante y empresa, donde se especifica el alcance, presupuesto, plazo, y multas asociadas (Anexo 1).
- Cuadro de Análisis de Recursos (Anexo 2).
- Plano General del Proyecto (Anexo 3).
- Carta Gantt (incluido en simulador).

Mediante el simulador SEGEC, los alumnos deberán ejecutar el proyecto adjudicado, cumpliendo con la calidad, seguridad y plazos establecidos, además de maximizar la utilidad para su empresa.

El día 20 de octubre, antes de las 18:00 hrs, cada grupo deberá enviar el archivo de su proyecto finalizado al lugar asignado en el Sitio Web del curso. La nota de esta tarea se calculará en forma relativa al desempeño de todo el curso.

ANEXO No.1 - SUBCONTRATO DE CONSTRUCCIÓN N°085-SCN-12-10

En Santiago, a 06 de Octubre de 2010 entre Sociedad ABC S.A., representada por don Pedro Pérez, con domicilio en la ciudad de Santiago, calle Los Altos 200, en adelante "EL MANDANTE", por una parte y por la otra,....., representada por don, con domicilio en....., en adelante "EL CONTRATISTA", convienen en celebrar el siguiente subcontrato de construcción.

OBJETO DEL CONTRATO

Por medio del presente EL MANDANTE encarga a EL CONTRATISTA, quien acepta y se obliga a la ejecución total, íntegra y oportuna del suministro de materiales, equipos y mano de obra para la materialización de los trabajos estipulados a continuación, de acuerdo al plano 085-GEN-001(0):

- Construcción de instalaciones de faena
- Excavación de caminos
- Instalación de soleras
- Relleno compactado para caminos
- Construcción de banco de ductos a través del camino
- Obras Civiles para puente:
 - o Excavaciones
 - o Colocación de fierro
 - o Colocación y retiro de moldajes
 - o Hormigones
- Desarme de instalaciones de faena

PRECIO DEL SUBCONTRATO

El precio del subcontrato asciende a UF 8.655,83 más IVA, a suma alzada, desglosados así:

Costos Directos: UF 6.869,71

Costos Indirectos: UF 1.030.46

Utilidad: UF 755.6681

PLAZO

El plazo del subcontrato es de 14 semanas, con fecha de inicio de actividades en terreno el día 10-01-11 y término el día 18-04-11, momento en que se deberán entregar las obras completadas en su 100%, incluyendo el desarme de faena temporal.

MULTAS ASOCIADAS A PLAZOS

Se definen dos hitos principales de entrega con las siguientes multas asociadas:

Finalización Obras Civiles Puente:

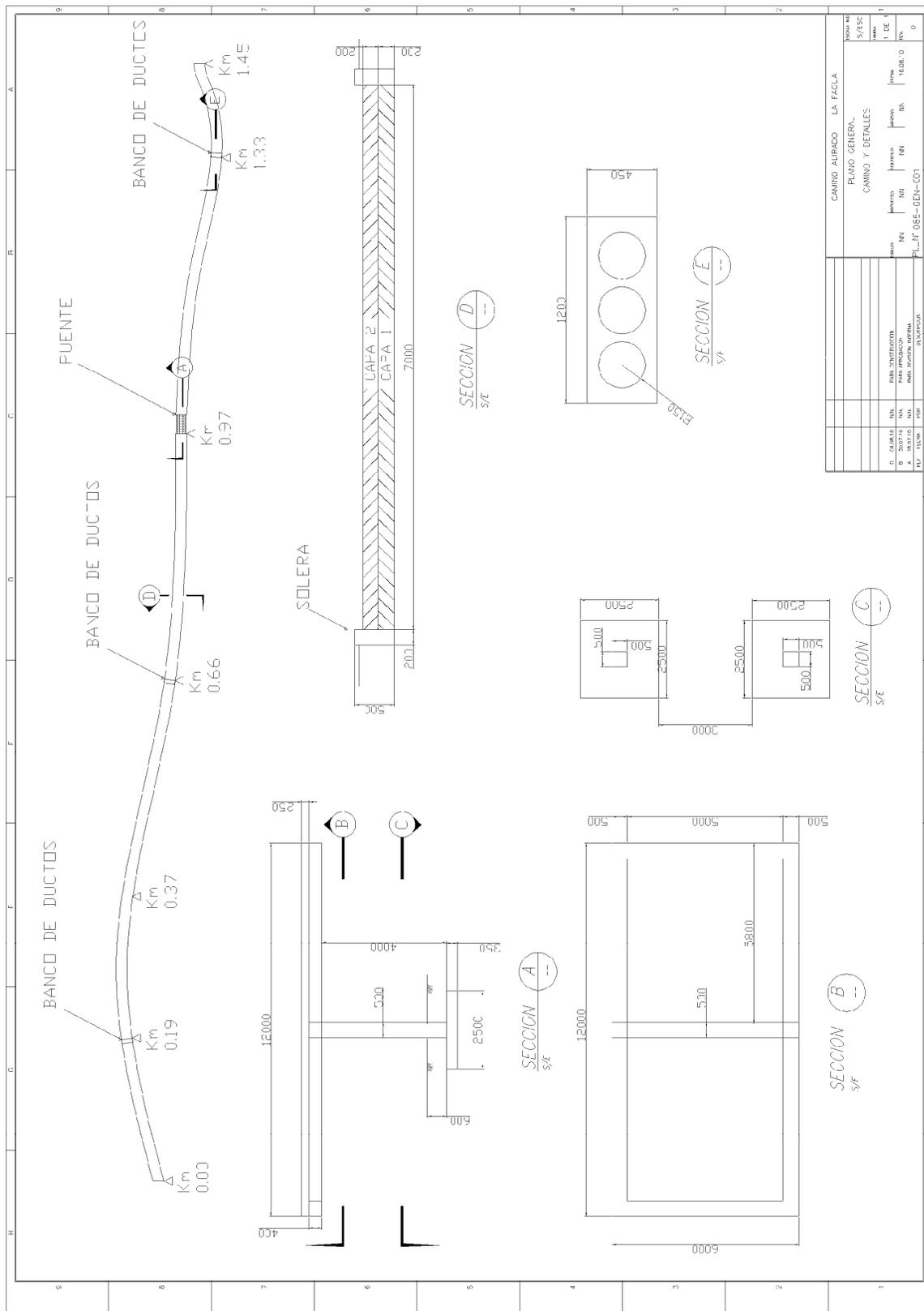
Fecha pactada: 20-03-11.

Multa por día de retraso: UF 41.00

Finalización Rellenos ÁREA I.

Fecha pactada: 12-04-11.

Multa por día de retraso: UF 66.00



ANEXO F: FORMATO TEST FINAL

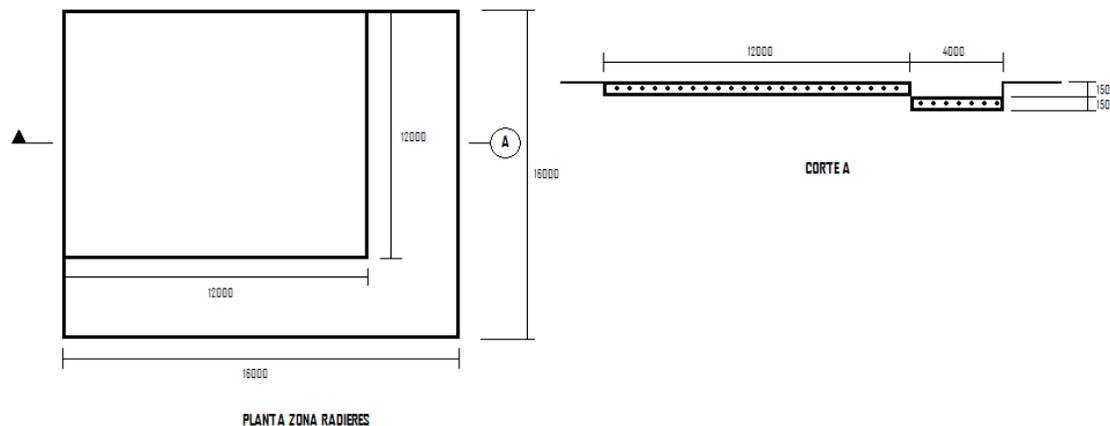
ICC 3243 GESTIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Cuestionario para Planeación del Trabajo y Gestión de Recursos (II) 2'2010

III. Radieres

Usted se desempeña como administrador del proyecto de construcción del Mall Alfa.

En este momento cuenta con 12 días corridos para construir una de las áreas de radieres de acuerdo al siguiente esquema:



Usted tiene a su disposición para esta faena:

- 4 Trabajadores de Movimiento de Tierra
- 3 Enfierradores
- 2 Carpinteros de moldaje
- 3 Maestros de Obras Civiles (hormigones)
- Todos los equipos y materiales necesarios

Los rendimientos en horas hombre para las diferentes actividades, claramente identificados para su equipo de trabajo son:

- Excavación: 2.9 hh/m³
- Colocación de fierro: 46.2 hh/Ton
- Colocación moldaje: 2.9 hh/m²
- Vaciado de hormigón: 3.5 hh/m³
- Retiro de moldaje: 0.5 hh/m³

Su programador de obra le ha presentado 4 alternativas de Carta Gantt para desarrollar la faena. Teniendo en cuenta que normalmente se trabajan 8 horas diarias ¿qué Carta Gantt elegiría? (Marque con una "X" sobre la letra de la alternativa elegida).

IV. Opinión

Siendo 7 en total acuerdo y 1 en total desacuerdo, responda:

PREGUNTA	CALIFICACIÓN						
1. Cree usted que el uso del simulador SEGEC puede mejorar sus competencias en:							
1.1 Gestión de recursos	1	2	3	4	5	6	7
1.2 Toma de Decisión	1	2	3	4	5	6	7
1.3 Planeación del trabajo	1	2	3	4	5	6	7
2. Cree usted que el simulador SEGEC representaría un aporte adicional a la educación respecto al aporte ofrecido por otros métodos convencionales.	1	2	3	4	5	6	7
3. Le gustaría que el simulador SEGEC se empleara como una herramienta de trabajo en cursos relacionados con Gestión de la Construcción.	1	2	3	4	5	6	7
4. ¿Qué mejoraría del simulador?							
5. ¿Que aspectos destacaría como positivos del simulador?							

ANEXO E: FORMATO ENCUESTA A PROFESIONALES

ENCUESTA DE OPINIÓN SIMULADOR SEGEC

CARGO DEL ENCUESTADO:

FECHA:

Siendo 7 en total acuerdo y 1 en total desacuerdo, responda:

PREGUNTA	NOTA						
	1	2	3	4	5	6	7
¿ Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la gestión de recursos?							
¿ Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la planeación del trabajo?							
¿ Cree usted que el simulador reproduce con realismo aspectos de una obra relacionados con la toma de decisión?							
¿ Cree usted que el simulador puede ser utilizado como herramienta para enseñar aspecto relevantes de la Gestión de la Construcción?							
¿ Qué mejoraría del simulador?							
¿ Que aspectos destacaría como positivos del simulador?							

ANEXO G: PAUTA SOLUCIÓN TEST INICIAL Y FINAL

TEST No.1

I. Muro Corta-Fuego

Alternativa correcta: C

MURO CORTAFUEGO S/E ELECTRICA	[A]																	[B]	[C]=[A]x[B]	[D]	[E]=[C]/[D]	[F]=[E]/8			
	Cant.	Und.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						16	17	Rend.
ZAPATA																									
Excavación	2,20	m3																		3,2	7,04	1	7,04	0,9	
Colocación de fierro	0,22	Ton																		71	15,62	2	7,81	1,0	
Colocación de moldaje	3,60	m2																		3,6	12,96	2	6,48	0,8	
Vaciado de hormigón	1,10	m3																		4,1	4,51	3	1,50	0,2	
MURO																									
Colocación de fierro	1,10	Ton																		71	78,1	2	39,05	4,9	
Colocación de moldaje	36,00	m2																		3,6	129,6	2	64,8	8,1	
Vaciado de hormigón	5,40	m3																		4,1	22,14	3	7,38	0,9	
Retiro de moldaje (muro y zapata)	40,00	m2																		0,5	20	2	10,00	1,3	

II. Proyecto Planta Monsón

- c. La faena se detuvo a causa de un accidente grave al interior de la obra. Es necesario que el Gerente de Proyectos tome medidas para evitar que la situación se repita. El estudiante debe mencionar alguna medida que se oriente a abordar el tema de la prevención de riesgos en el proyecto.
- d. Debido al retraso, no es posible terminar el programa en la fecha requerida manteniendo la estrategia de trabajo inicial. El estudiante debe mencionar alguna medida para acelerar las actividades del programa. Por ejemplo, una posible solución a implementar en la primera semana de trabajo para recuperar el tiempo perdido, sería contratar personal adicional de movimiento de tierras que permitiera trabajar en paralelo varios frentes de obra.

TEST No.2

I. Radieres

Alternativa correcta: A

PLAZA DE RADIERES MALL ALFA	[A]												[B]	[C]=[A]x[B]	[D]	[E]=[C]/[D]	[F]=[E]/8							
	Cant.	Und.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						11	12	Rend.	hh Total	Total Trab.	Duración (hr.)	Duración (días)
RADIER SECTOR A																								
Excavación y preparación	33,60	m3																		2,9	97,4	4	24,4	3,0
Colocación de fierro	1,00	Ton																		46,2	46,2	3	15,4	1,9
Colocación de moldaje	6,00	m2																		2,9	17,4	2	8,7	1,1
Vaciado de hormigón y corte de juntas	16,80	m3																		3,5	58,8	3	19,6	2,5
RADIER SECTOR B																								
Excavación y preparación	21,60	m3																		2,9	62,6	4	15,7	2,0
Colocación de fierro	1,30	Ton																		46,2	60,1	3	20,0	2,5
Colocación de moldaje	4,00	m2																		2,9	11,6	2	5,8	0,7
Vaciado de hormigón y corte de juntas	21,60	m3																		3,5	75,6	3	25,2	3,2
Retiro de moldaje (Radier No.1 y 2)	10,00	m2																		0,5	5,0	2	2,5	0,3

ANEXO H: MANUAL DEL USUARIO - SEGEC

SEGEC

**SIMULADOR PARA LA EDUCACIÓN EN GESTIÓN DE
CONSTRUCCIÓN**

MANUAL DEL USUARIO

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
2010**

I. GENERALIDADES	3
II. CREACIÓN DE UN PROYECTO	3
II.1 Formato “1.GENERAL”	3
II.1.1 Datos Generales	4
II.1.2 Recursos y Actividades	4
II.1.3 EDP	5
II.1.4 Cargar Parámetros.....	5
II.2 Formato “2.PROGRAMA”	6
III. EJECUCIÓN DE UN PROYECTO	8
III.1 Ingreso de Datos	8
III.1.1 Formato “Análisis Semanal de Mano de Obra”	8
III.1.2 Formato “Informe de Avance”	11
III.2 Simulación de Avance	13
III.2.1 Variables de productividad	13
III.2.2 Selección de Actividades y Actividades Prioritarias.....	14
III.2.3 Fin de la simulación	15

I. GENERALIDADES

El SEGEC (Simulador para la Educación en Gestión de Construcción) es una aplicación que permite gestionar de manera interactiva el desarrollo de proyectos virtuales de construcción.

El funcionamiento general del simulador se resume en dos etapas: la definición de los parámetros generales del proyecto en una etapa inicial, incluyendo presupuesto y plazo, para posteriormente pasar a la etapa de ejecución virtual de dicho proyecto.

Durante el desarrollo o ejecución virtual, se simula semana a semana el avance real de las obras, a partir de decisiones que introducirá el usuario para ajustar el avance real al plan programado, basándose en informes de gestión semanales que entrega la aplicación como herramienta de toma de decisión.

Mediante las decisiones que el usuario vaya tomando semana a semana, deberá lograr optimizar los resultados del proyecto de acuerdo al presupuesto y plazo definidos.

II. CREACIÓN DE UN PROYECTO

II.1 Formato “1.GENERAL”

Al abrir el Libro Excel que contiene al simulador SEGEC, aparecerá una única Hoja de Trabajo llamada “1.GENERAL”. Esta hoja contiene las casillas necesarias para definir los parámetros básicos del nuevo proyecto.

I. DATOS GENERALES

NOMBRE DEL PROYECTO:

CI/IMA: SFCO Curva de Precipitaciones

FECHA DE INICIO: (dd-mm-aaaa)

FECHA ESTIMADA DE TÉRMINO: (dd-mm-aaaa)

HORAS DE TRABAJO DIARIAS: 8

PRESUPUESTO COSTO DIRECTO: \$ 80000 MONEDA: UF

II. RECURSOS Y ACTIVIDADES

COSTO DE III POR ESPECIALIDAD DE M.O. VARIACIÓN RENDIMIENTO M.O. 10% (porcentaje)

CODIGO	ESPECIALIDAD	COSTO \$/H	COSTO DE CONTRATACIÓN	FACT. COSTO HORAS EXTR.	REMANEJO RENDIMIENTO HORAS EXTR.
01	Movimiento de tierra	\$ 0,30	\$ 1,00 (por trabajador)	1E (1 + aumento en costo)	<input type="button" value="Agregar Especialidad"/>
02	Enlucido	\$ 0,30	1E (1 + aumento en costo)	<input type="button" value="Eliminar Especialidad"/>	
03	Carreteo (molde)	\$ 0,40	10% (porcentaje)		
04	Albani	\$ 0,30			

ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

No.	NOMBRE DE ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO (\$/und)	CODIGO ESPECIALIDAD M.O.	COSTO M.O. (\$/und)	COSTO MATERIAL (\$/und)	COSTO COUPO (\$/und)	COSTO TOTAL (\$/und)
1	1 omigonado	m ²	2,00	01	\$ 1,00	\$ 0,10	\$ 0,10	\$ 2,22

III. EDP

En este primer formato se deberá completar la siguiente información:

II.1.1 Datos Generales

- a. Nombre del Proyecto
- b. Clima: Al seleccionar esta casilla se tiene la opción de desplegar un listado con cuatro posibles climas para elegir. El clima seleccionado determinará el régimen de lluvias que se presentará durante el proyecto.
A mano derecha de la casilla, el botón “Curva de Precipitaciones” ofrece la opción de revisar el Gráfico de Precipitaciones Promedio Mensuales asociado al clima seleccionado, permitiendo al usuario anticipar la intensidad de las lluvias durante cada mes del año.
- c. Fecha de Inicio: Determina el inicio de las actividades de construcción.
- d. Fecha Estimada de Término: Definición del término esperado. El término real del proyecto estará determinado por el desempeño del usuario a lo largo de todo el proceso de simulación.
- e. Horas de Trabajo Diarias: Número de horas de trabajo efectivo en un día de proyecto. La casilla permite un valor mínimo de 1 hora y un máximo de 10 horas de trabajo diarias.
- f. Presupuesto y Moneda: El presupuesto se refiere al monto total destinado a cubrir los costos directos del proyecto. El valor ingresado en esta casilla, al igual que todas las casillas que contengan un valor monetario, siempre presentará el signo pesos por defecto. La casilla “Moneda” definirá la moneda que representarán los valores monetarios que se presentan en la aplicación.

II.1.2 Recursos y Actividades

- g. Costo de HH por especialidad de M.O: Define el listado de especialidades de mano de obra que se considerarán en el proyecto, incluyendo el nombre de la especialidad, código y costo por hora hombre de trabajo.
Por defecto, la aplicación incluye las especialidades “Movimiento de Tierras”, “Enfierrador”, “Carpintero (moldaje)” y “Albañil”. Estas especialidades no pueden ser eliminadas del listado, pero su costo por hh puede ser modificado a gusto del usuario.
Además de las especialidades definidas por defecto, el usuario podrá agregar y eliminar nuevas especialidades mediante los botones “Agregar Especialidad” y “Eliminar Especialidad”, ubicados en el lado derecho de la pantalla.
- h. Variación Rendimiento de M.O: Considerando la variabilidad que existe en la productividad de la mano de obra, el usuario podrá definir un rango de variación de los rendimientos promedio definidos para las actividades que realizará cada especialidad. De acuerdo al rango definido, el simulador

calculará de manera aleatoria un rendimiento de trabajo diario para cada cuadrilla creada en el proyecto para las diferentes actividades.

- i. Costo de Contratación: Costo que se adicionará a los costos del proyecto por cada nuevo trabajador contratado.
- j. Factor de Costo Horas Extra: Factor que multiplicará el costo por hora de la especialidad en el evento que el usuario decida asignar horas extras de trabajo a una cuadrilla para una actividad determinada.
- k. Disminución Rendimiento Hora Extra: Será la disminución que se presentará en el rendimiento diario de cada cuadrilla durante horas extras de trabajo considerando el cansancio que presentarían los trabajadores.
- l. Análisis de Actividades: Se definirá el listado de actividades que se desarrollará durante el proyecto, incluyendo toda la información necesaria en cuanto a la mano de obra involucrada, además de costo de materiales y equipos.
El listado incluye por defecto la actividad “Hormigonado”, que no puede ser eliminada; y permite la opción de agregar o eliminar nuevas actividades a través de los botones “Agregar Actividad” y “Eliminar Actividad”, ubicados en el costado derecho de la pantalla.

II.1.3 EDP

Esta sección permite definir una “Estructura de Desglose del Proyecto”.

En el recuadro blanco de trabajo aparecerá por defecto en un primer nivel de la estructura el nombre asignado al proyecto.

Para agregar subniveles, el usuario deberá seleccionar el nivel madre de donde se desprenderá el nuevo subnivel y presionar el botón “Agregar Subnivel”, ubicado al costado derecho de la pantalla.

Después de definir el nombre correspondiente, aparecerá en el recuadro de trabajo el nuevo subnivel subordinado al nivel que se había elegido inicialmente.

Se podrán agregar subniveles hasta un tercer grado de subordinación.

Mediante el botón “Eliminar Subnivel”, se podrá eliminar cualquier subnivel que se desee a excepción del nivel 0, correspondiente al título del proyecto.

II.1.4 Cargar Parámetros

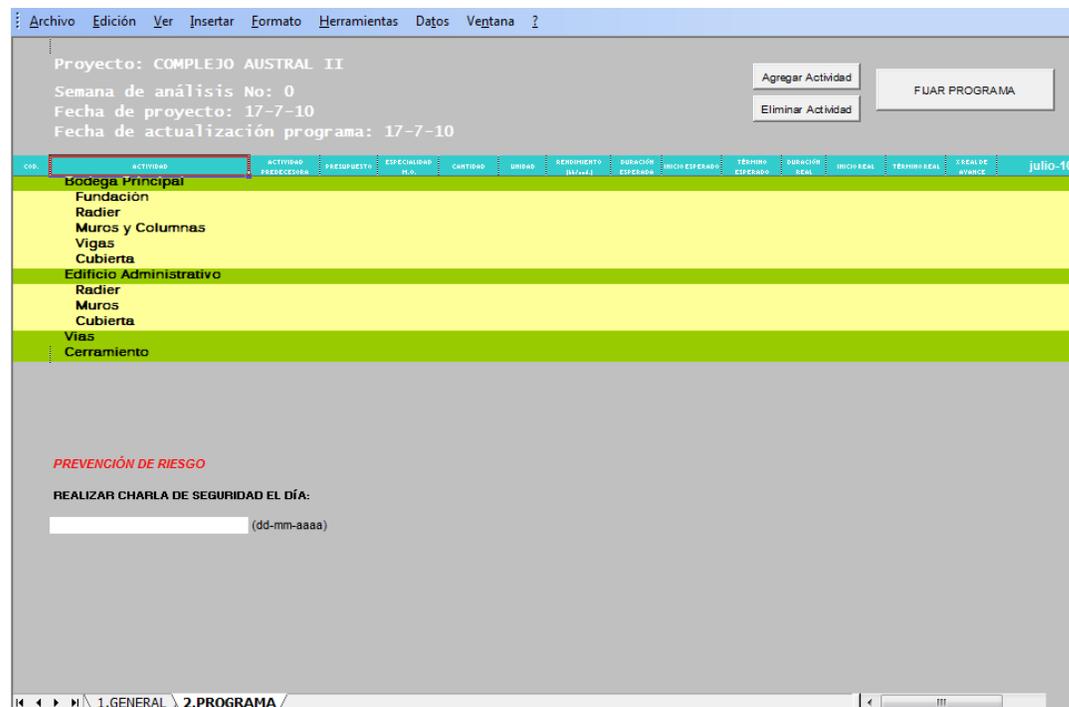
Una vez se han definido los parámetros descritos anteriormente, se deberá presionar el botón “Cargar Parámetros”, ubicado en la esquina superior derecha de la hoja de trabajo.

Al presionar el botón, el programa pedirá confirmar la fijación de los parámetros ya que después de esto no será posible realizar ninguna modificación a los mismos.

Si el usuario decide aceptar, el formato 1.GENERAL quedará fijo y aparecerá una nueva hoja de trabajo en el archivo con el nombre “2.PROGRAMA”.

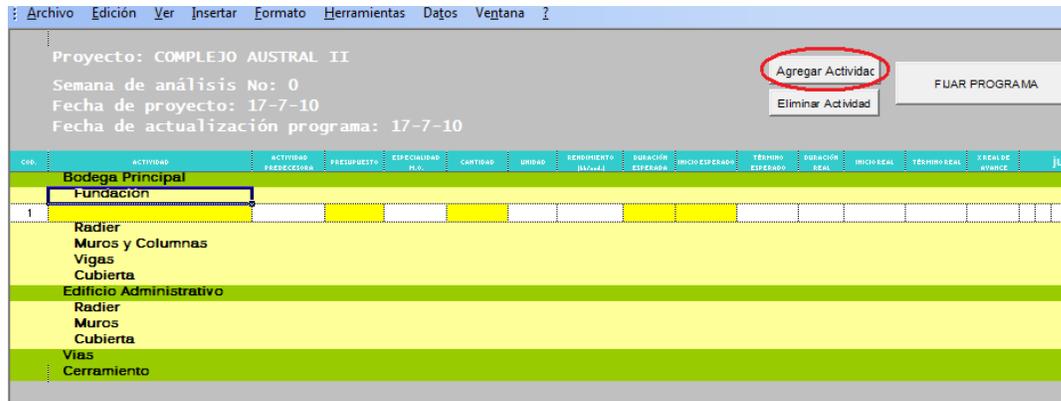
II.2 Formato “2.PROGRAMA”

Después de fijar los parámetros del proyecto, se creará en el libro de trabajo la hoja “2.PROGRAMA”. Esta hoja contendrá la estructura básica para generar la Carta Gantt del proyecto, incluyendo la EDP que se haya definido previamente en el formato “1.GENERAL”, además de algunas columnas con información necesaria para cada una de las actividades durante el desarrollo de la simulación.



La fecha de proyecto estará fijada una semana antes del inicio de actividades en la *Semana de Análisis N°0*.

En este punto, el usuario deberá empezar a agregar las actividades del proyecto para generar una Carta Gantt, seleccionando la celda correspondiente al título de la EDP de donde se desprenderá la nueva actividad, y haciendo *click* sobre el botón “Agregar Actividad”, ubicado en la parte superior del formato.



Se generará una nueva línea bajo el nivel de la EDP seleccionado, destacando en color amarillo las casillas que deberán ser completadas necesariamente por el usuario.

Al seleccionar la casilla “Actividad” del nuevo renglón insertado, se desplegará un listado con las diferentes actividades definidas en el formato “1.GENERAL” para el proyecto.

Una vez seleccionada la actividad del listado, se completarán automáticamente las columnas “Especialidad M.O.”, “Unidad” y “Rendimiento”.

El usuario deberá completar posteriormente las columnas “Presupuesto”, “Cantidad” (volumen de obra), “Duración Esperada” e “Inicio Esperado”.

Finalmente, en los casos en que corresponda, el usuario deberá agregar el listado de las actividades predecesoras para la nueva actividad. En la columna “Actividad Predecesora”, se deberán agregar los códigos de las actividades correspondientes separados por una coma.

Para eliminar cualquier actividad, el usuario deberá seleccionar una de las celdas del reglón de esta actividad y pulsar el botón “Eliminar Actividad”.

Una vez ingresadas todas las actividades del proyecto, el usuario deberá presionar el botón “Fijar Programa” para dejar inalterable la Carta Gantt y sus datos.



Los botones “Agregar Actividad”, “Eliminar Actividad” y “Fijar Programa” desaparecerán, y aparecerán los botones “Análisis de Recursos”, “Informe de Avance” y “Simular Semana Siguiente”.

En este punto, habrá terminado la etapa de creación del proyecto, y se podrá dar inicio a la etapa de ejecución virtual mediante la simulación.

III. EJECUCIÓN DE UN PROYECTO

III.1 Ingreso de Datos

La etapa de simulación de avance del proyecto comenzará siempre en la Semana No. 0 de avance, esto será una semana antes de la fecha definida como inicio de las actividades de construcción.

En la Semana No. 0 el usuario deberá contratar la mano de obra para iniciar el proyecto, es decir, deberá contratar a los trabajadores que estarán disponibles para empezar actividades durante la Semana No. 1 del proyecto.

La mano de obra deberá ser contratada de acuerdo a las especialidades que se hayan definido, a través de los formatos que aparecerán al presionar el botón “Análisis de Recursos”.

Proyecto: MOVIMIENTOS DE TIERRA VIA TOBIA - TENJO
 Semana de análisis No: 0
 Fecha de proyecto: 4-6-10
 Fecha de actualización programa: 4-6-10

SIMULAR SEMANA SIGUIENTE

COD.	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PREDECESORA	PRESUPUESTA	ESPECIALIDAD H.C.	CANTIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO (h/m ³)	DURACIÓN ESPERADA	INICIO ESPERADO	TÉRMINO ESPERADO
Tramo 1										
1	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	12-06-10	16-06-10
2	Relleno Compactado	1	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	17-06-10	21-06-10
Tramo 2										
3	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	22-06-10	26-06-10
4	Relleno Compactado	3	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	22-06-10	26-06-10
Tramo 3										
5	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	27-06-10	01-07-10
6	Relleno Compactado	5	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	02-07-10	06-07-10

Análisis de Recursos Informe de Avance

III.1.1 Formato “Análisis Semanal de Mano de Obra”

En los formatos de “Análisis Semanal de Mano de Obra”, que aparecen al presionar el botón “Análisis de Recursos” del formato “2.PROGRAMA”, se deben ingresar semana a semana las decisiones relacionadas con cada una de las especialidades de mano de obra del proyecto.

Las hojas del libro de trabajo correspondientes al Análisis Semanal de Mano Obra estarán nombradas con los códigos de las diferentes especialidades definidas para el proyecto.

a. Información General de Especialidad

En cada una de las hojas aparecerá en su parte superior el nombre del proyecto y el periodo de análisis actual, que abarcará la semana siguiente al día virtual de proyecto.

Posteriormente, el formato incluye la situación actual de la especialidad, especificando el nombre de la especialidad en análisis, el total de trabajadores contratados a la fecha, y el total de trabajadores que no han sido asignados a una cuadrilla de trabajo.

Dado que la finalidad de la Semana No. 0 es contratar los primeros trabajadores del proyecto, el “Total de Trabajadores Contratados” y “Trabajadores por Asignar a Cuadrilla” serán iguales a cero.

Proyecto: MOVIMIENTOS DE TIERRA VIA TOBIA – TENJO
Periodo de análisis del 5-6-10 **al** 11-6-10
ANÁLISIS SEMANAL DE MANO DE OBRA
ESPECIALIDAD: Albañil
TOTAL DE TRABAJADORES CONTRATADOS: 0
TRABAJADORES POR ASIGNAR A CUADRILLA: 0

b. Definición de Cuadrillas y Asignación de Actividades

Después de presentar los datos generales de las especialidades, el formato presenta la sección de definición de cuadrillas y actividades de la especialidad para la semana.

ASIGNACIÓN DE CUADRILLAS

No. Trabajadores: Bonificación:

ACTIVIDADES:

COD.	ACTIVIDAD	INICIO PROGRAMA	TÉRMINO PROGRAMA	CANTIDAD	UNIDAD	AVANCE REAL	CUADRILLA	PRIORIDAD	HORAS EXTRA DIARIAS
Tramo 1									
1	Excavación	12-06-2010	16-06-2010	315	m3	0,00%	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	Relleno Compactado	17-06-2010	21-06-2010	263	m3	0,00%	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tramo 2									
3	Excavación	22-06-2010	26-06-2010	315	m3	0,00%	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	Relleno Compactado	22-06-2010	26-06-2010	263	m3	0,00%	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tramo 3									
5	Excavación	27-06-2010	01-07-2010	315	m3	0,00%	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

En esta sección el usuario deberá crear tantas cuadrillas como estime conveniente mediante le botón “Agregar Cuadrilla”.

Una vez creadas las cuadrillas, el usuario podrá distribuir entre dichas cuadrillas la totalidad de trabajadores que tenga contratados. Para esto, se deberá seleccionar la casilla de “No. Trabajadores” correspondiente a la cuadrilla que se quiera modificar, y presionar el botón “+” (o el botón “-“en caso que se quieran liberar trabajadores de una cuadrilla).

Además del número de trabajadores asignados a cada cuadrilla, el usuario podrá definir bonificaciones a pagar a cada una de las cuadrillas durante la semana mediante la casilla “Bonificación”.

Se podrán pagar bonificaciones del 5, 10, 15 y 20% sobre el pago de los trabajadores para la semana. Estas bonificaciones mejorarán proporcionalmente la productividad de la cuadrilla durante la semana de trabajo.

Una vez definidas las cuadrillas y sus posibles bonificaciones, el usuario deberá repartir las cuadrillas en las actividades de la especialidad que desee. Las diferentes actividades aparecerán detalladas en la sección “Actividades”.

La manera de asignar una cuadrilla a una actividad es seleccionando la casilla “Cuadrilla” de color blanco para la actividad correspondiente, y presionar el botón “Asignar”. Irán apareciendo en la casilla las diferentes cuadrillas a medida que se presione el botón. Se deberá presionar el botón “Asignar” hasta que se llegue a la cuadrilla que se desee asignar a la actividad.

También es posible asignar a cada actividad la categoría de “actividad prioritaria” (las actividades prioritarias se detallarán en la sección III.2.2 “Selección de Actividades y Actividades Prioritarias” de este manual), así como asignar hasta dos horas extras de trabajo diarias, en caso de que el usuario decida acelerar el término de alguna actividad particular.

c. Trabajadores a Contratar y Finiquitar

En la sección inferior del formato aparecen las opciones contratar y finiquitar trabajadores.

ACTIVIDADES:							
DD.	ACTIVIDAD	INICIO PROGRAMA	TÉRMINO PROGRAMA	CANTIDAD	UNIDAD	AVANCE REAL	CUADRIL
5	Excavación	27-06-2010	01-07-2010	315	m3	0,00%	
6	Relleno Compactado	02-07-2010	06-07-2010	263	m3	0,00%	

No. DE TRABAJADORES A CONTRATAR: <i>(en obra desde semana próxima)</i>	<input type="text" value="0"/>	-	+
No. DE TRABAJADORES A FINIQUITAR:	<input type="text" value="0"/>	-	+

Los trabajadores que se contraten estarán disponibles para ser asignados a cuadrillas a partir de la siguiente semana de análisis.

Los trabajadores que sean finiquitados, serán finiquitados inmediatamente.

Sólo podrán ser finiquitados trabajadores contratados que no estén asignados a ninguna cuadrilla.

III.1.2 Formato “Informe de Avance”.

El informe de avance será la herramienta principal para toma de decisión ya que contará con los principales indicadores de gestión del proyecto.

Para acceder a este informe, el usuario deberá presionar el botón “Informe de Avance” del formato “2.PROGRAMA”.

Proyecto: MOVIMIENTOS DE TIERRA VIA TOBIA – TENJO

Semana de análisis No: 0

Fecha de proyecto: 4-6-10

Fecha de actualización programa: 4-6-10

SIMULAR SEMANA SIGUIENTE

COD.	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PREDECESSORA	PRESUPUESTO	ESPECIALIDAD N.O.	CANTIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO [M ³ /DIA]	DURACIÓN ESPERADA	INICIO ESPERADO	TERMINO ESPERADO
Tramo 1										
1	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	12-06-10	16-06-10
2	Relleno Compactado	1	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	17-06-10	21-06-10
Tramo 2										
3	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	22-06-10	26-06-10
4	Relleno Compactado	3	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	22-06-10	26-06-10
Tramo 3										
5	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	27-06-10	01-07-10
6	Relleno Compactado	5	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	02-07-10	06-07-10

Análisis de Recursos **Informe de Avance**

El “Informe de Avance” tendrá fecha de corte a la fecha virtual del proyecto, y contendrá la tabla con la información general del proyecto por actividad, el resumen de otros gastos, el balance total de costo, los factores de desempeño de la mano de obra, los hechos destacados de la semana, y la posibilidad de acceder a la curva de avance del proyecto.

Proyecto: MOVIMIENTOS DE TIERRA VIA TOBIA – TENJO

INFORME DE AVANCE

FECHA DE CORTE: 4-6-10

CERRAR

COD.	ACTIVIDAD	UND.	VOL. OEBRA			AVANCE ACUMULADO			COSTOS				ANÁLISIS HM					
			TOTAL	PROG.	REAL	PROG.	REAL	AVANCE PERIODO	PRESUPUESTO	PROGRAMADO	H.O.	MATERIAL	EQUIPO	RENTAL	TOTAL	PROG.	REAL	REAL PERIODO
Tramo 1																		
1	Excavación	m3	315,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	\$ 150,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 150,00	315,00	0,00	0,00	0,00
2	Relleno Compactado	m3	263,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	\$ 214,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 214,00	131,50	0,00	0,00	0,00
Tramo 2																		
3	Excavación	m3	315,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	\$ 150,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 150,00	315,00	0,00	0,00	0,00
4	Relleno Compactado	m3	263,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	\$ 214,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 214,00	131,50	0,00	0,00	0,00
Tramo 3																		
5	Excavación	m3	315,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	\$ 150,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 150,00	315,00	0,00	0,00	0,00
6	Relleno Compactado	m3	263,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	\$ 214,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 214,00	131,50	0,00	0,00	0,00
TOTAL						0,00%	0,00%	0,00%	\$ 1.992,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.992,00	1319,50	0,00	0,00	0,00
H.O. SIN ACTIVIDAD																		
OTROS GASTOS																		
Gastos de Contratación: \$ 0,00																		
Gastos por Equipos: \$ 0,00																		
Costos por Accidentes: \$ 0,00																		
Bonificaciones: \$ 0,00																		
Sobre-costo por horas extra: \$ 0,00																		
SUBTOTAL OTROS GASTOS \$ -																		
TOTAL COSTOS \$ -																		
TOTAL PRESUPUESTO \$ 800,00																		
DIFERENCIA \$ 800,00																		
FACTOR DE PRODUCCIÓN DEL PERI #DIV/0!																		
FACTOR DE PRODUCCIÓN ACUMUL# #DIV/0!																		
DESTACADOS DE LA SEMANA																		
Curva de Avance																		

a. Tabla de Actividades

En la Tabla de Actividades se presentan las actividades del proyecto organizadas bajo la misma estructura de EDP de la Carta Gantt.

Mediante esta tabla el usuario contará con el detalle por actividad de volúmenes de obra, porcentajes de avance, costos y horas hombre totales, programados a la fecha y realmente ejecutados en el proyecto.

b. Otros Gastos

Los costos registrados en la tabla de actividades sólo incluyen los de los materiales, equipos y horas hombre invertidas. En la categoría de “Otros Gastos” se registrarán los sobre costos de horas hombre por trabajo en horas extras y bonificaciones, así como costos de contratación y finiquito de personal, y costos por accidentes ocurridos en la obra.

c. Factor de Desempeño

El factor de desempeño mide el desempeño de la mano de obra en el proyecto, tanto del último periodo como el acumulado, de la siguiente manera:

$$FD = HH \text{ Gastadas} / HH \text{ Teóricas}$$

Donde,

FD = Factor de desempeño

HH Gastadas = Número de Horas Hombre gastadas realmente

HH Teóricas = Número de Horas Hombres requeridas según rendimiento teórico para conseguir el avance real de obra.

Los factores de desempeño indican qué tan bueno ha sido el desempeño real de la mano de obra respecto a lo considerado en la planificación del proyecto, e idealmente siempre se debe mantener por debajo de uno.

d. Destacados de la Semana

En el cuadro de destacados de la semana se presentarán los sucesos destacados ocurridos diariamente durante la última semana de simulación.

Entre los posibles eventos destacados se encuentra la ocurrencia de lluvia, accidentes menores o graves, realización de charlas de seguridad, y problemas con la planta de hormigón (este evento siempre se simula y aparecerá en los destacados de la semana, incluso cuando la obra no involucre actividades de vaciado de hormigón).

e. Curva de Avance

El presionar el botón “Curva de Avance” aparecerá la curva del proyecto que grafica el avance programado en porcentaje contra el avance real.

III.2 Simulación de Avance

Después de analizar el estado del proyecto en el Informe de Avance e ingresar las diferentes decisiones en los formatos de análisis de recursos, el usuario deberá presionar el botón “Simular Semana Siguiente” del formato “2.PROGRAMA”.

Project: MOVIMIENTOS DE TIERRA VIA TOBIA - TENJO
 Semana de análisis No: 0
 Fecha de proyecto: 4-6-10
 Fecha de actualización programa: 4-6-10

COD.	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDIDA	PRESUPUESTO	ESPECIALIDAD P.A.	CANTIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO VALOR	DURACIÓN ESPERADA	INICIO ESPERADO	TERMINO ESPERADO	DURACIÓN REAL	INICIO REAL	TERMINO REAL	% REAL DE AVANCE
Tramo 1														
1	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	12-06-10	16-06-10				
2	Relleno Compactado	1	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	17-06-10	21-06-10				
Tramo 2														
3	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	22-06-10	26-06-10				
4	Relleno Compactado	3	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	22-06-10	26-06-10				
Tramo 3														
5	Excavación		\$ 150,00	01	315,00	m3	1,00	5	27-06-10	01-07-10				
6	Relleno Compactado	5	\$ 214,00	01	263,00	m3	0,50	5	02-07-10	06-07-10				

Buttons:

PREVENCIÓN DE RIESGO

REALIZAR CHARLA DE SEGURIDAD EL DÍA:
 (dd-mm-aaaa)

El programa simulará el avance del proyecto día a día hasta completar los siete días de la semana.

III.2.1 Variables de productividad

La productividad de la mano de obra durante cada día dependerá de varios factores:

a. Rendimiento de mano de obra

El rendimiento diario de la mano de obra será en promedio el valor definido para la actividad específica, aunque variará diariamente de manera aleatoria entre los límites asignados en la etapa de definición del proyecto.

El rendimiento se verá mejorado en la medida que se apliquen bonificaciones a las cuadrillas y se verá desmejorado cuando se trabajen horas extras.

b. Ocurrencia de accidentes

Diariamente existe una probabilidad de que ocurran accidentes dentro del proyecto. Esta probabilidad aumentará a medida que aumenten los días sin que se haga una charla integral de seguridad.

La charla de seguridad se podrá programar semana a semana mediante la casilla “Realizar Charla de Seguridad el Día:”, incluida en el formato “2.GENERAL”.

Fecha de proyecto: 4-6-10
Fecha de actualización programa: 4-6-10

COD.	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PREDECESORA	PRESUPUESTO	ESPECIALIDAD M.O.	CANTIDAD
Tramo 1					
1	Excavación		\$ 150,00	01	315,00
2	Relleno Compactado	1	\$ 214,00	01	263,00
Tramo 2					
3	Excavación		\$ 150,00	01	315,00
4	Relleno Compactado	3	\$ 214,00	01	263,00
Tramo 3					
5	Excavación		\$ 150,00	01	315,00
6	Relleno Compactado	5	\$ 214,00	01	263,00

Análisis de Recursos Informe de Avance

PREVENCIÓN DE RIESGO

REALIZAR CHARLA DE SEGURIDAD EL DÍA:

(dd-mm-aaaa)

En caso de ocurrencia del evento “accidente grave”, se cancelarán las actividades teniendo un avance de 0% durante el día, además se sumarán los costos asociados al accidente.

En caso de ocurrencia del evento “incidente menor” ”, se verán reducidas las actividades durante el día en un 40%, además se sumarán los costos asociados al incidente.

En caso de realizarse la charla de seguridad, las actividades del día se verán reducidas en un 20%.

c. Lluvia

Dependiendo del tipo de clima elegido y el mes del año, variará la probabilidad diaria del evento lluvia.

En caso de lluvia en los climas más lluviosos, la productividad disminuirá en un 40%. En los climas menos lluviosos disminuirá en un 30%.

III.2.2 Selección de Actividades y Actividades Prioritarias

Normalmente, una cuadrilla tendrá varias actividades asignadas para ser realizadas durante una semana. El criterio de selección de la actividad que realizará diariamente una cuadrilla respeta el siguiente orden de prioridad:

1. Actividad prioritaria más temprana asignada a la cuadrilla cuyas predecesoras se hayan completado.

2. Actividad prioritaria más temprana que no haya sido asignada a la cuadrilla cuyas predecesoras hayan sido completas y su cuadrilla asignada ya esté trabajando en otra actividad prioritaria.
3. Actividad más temprana asignada a la cuadrilla cuyas predecesoras se hayan completado.
4. Actividad más temprana donde no esté trabajando ninguna cuadrilla, y cuyas predecesoras hayan sido completadas.

Si ninguna de las actividades del día de la especialidad encaja dentro de una de estas categorías, la cuadrilla estará ese día sin trabajar.

III.2.3 Fin de la simulación

El usuario deberá gestionar la mano de obra mediante los formatos de análisis de recursos semana a semana hasta completar en un 100% la última actividad del proyecto. En ese momento aparecerá un aviso de “El proyecto ha terminado”, y se finiquitarán automáticamente todos los trabajadores que permanezcan contratados, cargando los costos correspondientes¹.

¹ La fórmula usada para calcular el costo de los finiquitos es:
finiquito = costo hora * horas de trabajo al día * 0.0548 * días transcurridos de proyecto / 2