

Estudio de la influencia de métodos de simulación en la enseñanza del tema Direccionamiento IP

Daniel Arias Figueroa¹, Javier Diaz², Loraine Gimson¹, Ernesto Sánchez¹, Alvaro Gamarra¹, Gustavo Gil¹, Rodolfo Baspineiro¹

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada – C.I.D.I.A –
Universidad Nacional de Salta, Salta Capital, Argentina

² Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas – L.I.N.T.I. –
Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

{daaf,lgimson,esanchez,gdgil,agamarra,rbaspineiro}@cidia.unsa.edu.ar,
jdiaz@unlp.edu.ar

Calle Los Bardos N° 668 – Barrio Grand Bourg – Salta – Capital –
Argentina

Abstract. *This article summarizes a study which purpose was to determine simulation software influence in teaching concepts and fundamentals in the subject Networking I at the National University of Salta. Even though the study was based on one University, the situation described and analyzed is similar in many others. The quantitative study was an experimental design with control group. Parametric tests led to the conclusion that there is statistically significant difference in favor of students who used a strategy based on simulation.*

Resumen. *Este artículo resume un estudio cuyo propósito fue determinar la influencia del uso de software de simulación en la enseñanza de conceptos y fundamentos en la asignatura Redes de Computadoras I en la Universidad Nacional de Salta. Si bien el estudio se circunscribe a una universidad, la situación descrita y analizada es muy similar en muchas otras. El estudio fue del tipo cuantitativo, con diseño experimental con grupo de control. Las pruebas paramétricas permitieron concluir que, existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación.*

Keywords

Simulations, Network, Protocols, TCP-IP, Teaching, IP Addressing

Palabras Claves

Simulación, Redes, Protocolos, TCP-IP, Enseñanza, Direccionamiento IP

1. Introducción

1.1. Marco contextual

Los participantes del estudio que se presenta en este artículo fueron estudiantes de cuarto año de la asignatura Redes de Computadoras I de la carrera de Licenciatura en Análisis de Sistemas de la Universidad Nacional de Salta (UNSa).

El estudio se situó en la enseñanza de conceptos sobre redes IP. Concretamente, en el aprendizaje del tema Direccionamiento IP, el cual se ubica en la capa de red en el

Modelo TCP/IP. En el nivel universitario se busca que los estudiantes puedan realizar el análisis del Direccionamiento IP (concepto de direccionamiento básico y subred IP) y diseñar topologías simples y complejas de redes.

1.2. Antecedentes del problema

Los conceptos y fundamentos de redes son difíciles de asimilar debido a la complejidad de los procesos involucrados que no son siempre visibles [Sakar 2006] [Goldstein, Leisten, Stark & Tickle 2005] [Javidi & Sheybani 2008] [Dixon, McGill & Karisoon 1997]. Esto, sumado a los costos elevados de equipos específicos necesarios para montar un laboratorio de red, y a los escasos recursos con los que cuenta el Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSa, hacen considerar a las herramientas de simulación, como una posible solución para que las prácticas sean mejor aprovechadas por los estudiantes, posibilitando además la utilización de estas herramientas fuera de los horarios de clase (Laboratorio virtual). Esta realidad, no es ajena a muchas otras Universidades del interior del país, donde se puede encontrar la misma situación.

1.3. Planteamiento del problema

Esta investigación pretende dar respuesta a la pregunta, ¿cuál es la influencia del uso de herramientas de simulación en el aprendizaje de conceptos y fundamentos sobre Direccionamiento IP en estudiantes del nivel universitario? De esta pregunta principal se derivan las siguientes preguntas:

- ¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el nivel de comprensión del concepto de Direccionamiento IP, entre estudiantes que reciben instrucción mediada por herramientas de simulación y estudiantes que reciben instrucción tradicional?
- ¿Existe relación entre la utilización de herramientas de simulación y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la asignatura en cuestión y de otras asignaturas del plan de estudio de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas?

Es importante destacar que, en el marco de esta investigación, se realizaron experiencias similares pero con otras herramientas de simulación y con otras temáticas tales como: enrutamiento IP estático, enrutamiento IP dinámico con el protocolo RIP, protocolo DNS, protocolo ARP y otros. Todas estas temáticas corresponden a las asignaturas Redes de Computadoras I y Redes de Computadoras II del plan de estudios de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa.

1.4. Objetivo

El objetivo general del estudio aquí descripto fue determinar el impacto del uso de herramientas de simulación en el aprendizaje de conceptos y fundamentos de redes de computadoras en estudiantes del nivel universitario. A partir de este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Establecer la relación entre la utilización de la simulación y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de las redes de computadoras y de temáticas de otras asignaturas del plan de estudios;
- Determinar si existe diferencia significativa en el nivel de comprensión de los principios del Direccionamiento IP, entre estudiantes que reciben instrucción mediada por herramientas de simulación y estudiantes que reciben instrucción tradicional.

1.5. Justificación

Este estudio aporta evidencia empírica sobre la incidencia del uso de herramientas de simulación en la enseñanza de conceptos de redes de computadoras en el nivel universitario. Existen importantes estudios sobre el tema orientados hacia otros niveles de educación y otras áreas de la ciencia. En el área específica de redes de computadoras se puede mencionar a: [Cameron 2003] [Zhu 2011].

La investigación realizada beneficia a los diferentes actores del proceso educativo, no solo de la UNSa, sino también de otras universidades nacionales de Argentina y Latinoamérica con idéntica realidad en materia de infraestructura: docentes, investigadores y autoridades educativas. Los resultados de esta investigación permiten tomar importantes decisiones sobre la inclusión de herramientas TIC como medios para favorecer el aprendizaje de conceptos y fundamentos no solo de redes de computadoras.

1.6. Limitaciones

El estudio se desarrolló durante el período 2016, en el contexto de la asignatura Redes de Computadoras I de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas de la UNSa. El planteamiento del estudio, marco teórico y metodología se vino utilizando ya en otros trabajos realizados anteriormente como [Arias Figueroa, Gil & Gimson 2016] [Arias Figueroa, Díaz & Gramajo 2017]. La estrategia pedagógica definida fue el aprendizaje mediado por herramienta de simulación en una parte específica de las redes IP, para un nivel específico de enseñanza (universitario de grado).

El concepto de Direccionamiento IP es parte del programa analítico de la asignatura involucrada en la experiencia, lo que facilitó la realización de la experiencia con la utilización del software de simulación. Se eligió como herramienta el simulador Packet Tracer que permite asimilar conceptos de redes IP en general. Además, esta herramienta no solo es sencilla e intuitiva, sino que los estudiantes ya la habían utilizado para temas previamente estudiados.

Cabe destacar también que los grupos bajo estudio pueden considerarse homogéneos o en igualdad de condiciones al inicio de la experiencia, ya que se analizó el plan de estudio vigente y el contenido de los programas de las respectivas asignaturas correlativas previas, y los mismos no contienen los conceptos evaluados en esta experiencia. Además, no se incluyeron los estudiantes recursantes en ninguno de los grupos ni tratamientos.

Respecto del método tradicional de enseñanza de redes en el Departamento de Informática, se puede argumentar que, debido a las limitaciones comentadas, no todos los temas impartidos en la asignatura involucrada van acompañados de una práctica con laboratorio con equipo real. En general, se realizan laboratorios integradores de conceptos con equipo real hacia el final del cursado.

2. Metodología

La investigación se abordó desde el enfoque cuantitativo, con un alcance correlacional y siguiendo un diseño experimental con grupo de control. Este enfoque permitió medir el efecto que tiene sobre las variables dependientes, la manipulación intencional de la variable independiente (estrategia con software de simulación). En la literatura consultada, se encontraron varios estudios afines [Amaya, 2009]; [Casadei et al., 2008]; [Debel et al., 2009]; [Olivero & Chirinos, 2007]; [Rodríguez, Mena & Rubio, 2009]; [Sierra, 2003] que fueron desarrollados siguiendo un diseño cuasi-experimental.

Las dos variables dependientes que se analizaron en este estudio fueron:

- Actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de redes de computadoras y otras asignaturas del plan de estudios,
- Nivel de comprensión de los principios del Direccionamiento IP

Para el análisis de los datos, se aplicó estadística descriptiva y pruebas paramétricas mediante el uso del Paquete Estadístico SPSS® de IBM (Statistical Package for the Social Sciences).

Para la prueba de conceptos, el objetivo principal fue contrastar estadísticamente si ambos grupos de estudio presentaron una diferencia significativa en cuanto a alguna medida de tendencia central o de variabilidad, a los fines de poder tomar una decisión confiable sobre el beneficio o no de la aplicación del nuevo método de enseñanza. Es decir, determinar si el uso de la herramienta de simulación como complemento a las prácticas tradicionales, favorece el aprendizaje. Dado que los grupos de trabajo fueron relativamente pequeños, esto es, tuvieron un tamaño muestral chico ($N \leq 12$), para realizar las pruebas de contraste antes mencionadas en los casos que correspondiere, se utilizaron aquellas asociadas a la distribución normal o de Gauss. En los casos en que ello no fue posible, se recurrió a las técnicas contempladas en la estadística no paramétrica (ya que prescinden de la distribución de los datos).

La idea básica en el análisis estadístico de los datos fue utilizar la teoría y el software SPSS de IBM, para poder completar los resultados estadísticos descriptivos ya realizados. Esto permitió poder determinar, por ejemplo, si existía diferencia significativa entre ambas metodologías de enseñanza. Este tipo de acciones se pudo realizar mediante test de hipótesis con respecto a medida de tendencia central, como ser media, mediana, etc.; medidas de variabilidad que permiten analizar la homogeneidad entre las respuestas de los estudiantes que participaron de las diferentes pruebas.

Para esta experiencia se realizaron los test con pruebas específicas como Kolmogorov-Smirnov, coeficientes de correlación no paramétricos y gráficos específicos que permitieron ver características no siempre mostradas por los gráficos descriptivos. También se realizó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon que permitió contrastar la hipótesis nula de que ambos grupos puedan mantener algún tipo de relación, es decir, no fueren independientes los tratamientos de los métodos con y sin simulación.

La fiabilidad y validez de estos instrumentos fueron validadas a través de pruebas piloto donde se calcularon coeficientes de confiabilidad.

Para el estudio descriptivo, se optó por una escala de valoración de Likert de 5 puntos para cada una de las variables o preguntas, donde 5 hacía referencia al valor máximo y 1, al valor mínimo. Esto permitió medir actitudes y conocer el grado de conformidad del encuestado con las afirmaciones propuestas.

Para garantizar la fiabilidad del instrumento se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el Alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. La fiabilidad de la escala debe obtenerse siempre con los datos de cada muestra para garantizar la medida fiable del constructo en la muestra concreta de investigación. Como criterio general, [George & Mallery 1994] sugiere un valor de 7 como aceptable.

El test actitudinal indagó sobre los siguientes puntos:

- actitud de los estudiantes para realizar simulaciones con otra temática de la misma asignatura,

- actitud de los estudiantes para realizar simulaciones en otras asignaturas del plan de estudio,
- limitaciones del simulador,
- influencia de los cambios de determinados parámetros,
- facilidad para experimentar con otras topologías.

3. Análisis de resultados

A continuación se describe la experiencia realizada para el tema Direccionamiento IP. Los instrumentos empleados fueron revisados por expertos quienes emitieron un concepto favorable. Se comprobó la fiabilidad y la validez de cada instrumento. Al final del análisis estadístico de los datos, se presenta un gráfico descriptivo, donde se puede apreciar el porcentaje de estudiantes que aprobaron, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control, como así también un detalle de las notas alcanzadas con la finalidad de contrastar la diferencia significativa a favor del grupo experimental.

La modelización de los datos se realizó con la variable *taller* que podía tomar dos valores, "0" para representar los estudiantes que no realizaron el taller con herramientas de simulación, y "1" para aquellos estudiantes que sí realizaron el taller. La variable *nota*, refiere a la nota obtenida en la evaluación de conceptos en una escala de 0 a 100, siendo 50 el valor mínimo para la aprobación de la misma

Al realizar el test de Kolmogorov-Smirnov para la variable *taller*, con un nivel de significancia del 1% se aceptó la hipótesis nula. Se hace notar que el software SPSS trabaja con un nivel de significancia del 5%. Para la variable *nota*, con un nivel de significancia del 0,96%, se aceptó la hipótesis nula de que los datos provenían de una población con distribución normal.

Para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, el valor obtenido para la significancia asintótica bilateral fue aproximadamente 0,02, el cual resulta ser menor que el nivel de significancia (0,05). Esto habilitó a rechazar la hipótesis nula planteada.

El valor de la media de la variable *nota* para el grupo de estudiantes que realizó simulación es de 62,50 puntos, mayor que el correspondiente a los estudiantes que no realizaron simulación, 44,44 puntos. Se destaca además que, el desvío estándar en el primer grupo en el puntaje obtenido es menor que el del segundo grupo, lo cual significa que los estudiantes que realizaron simulación podrían presentar mayor homogeneidad o poca variabilidad. Esto se ha considerado como un indicador que resalta el beneficio de la enseñanza con simulación para esta experiencia.

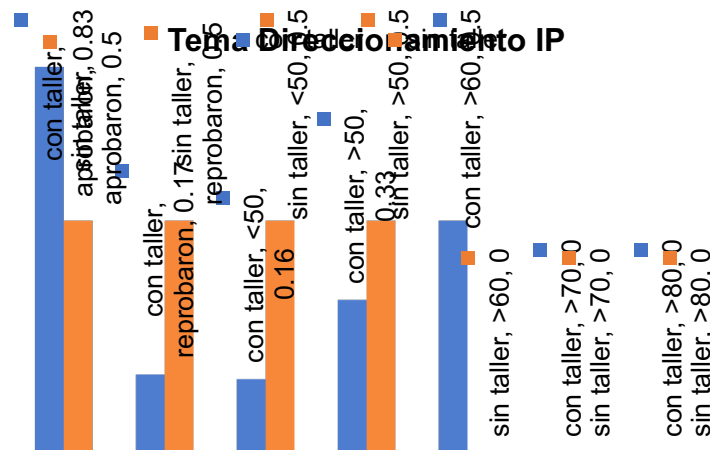


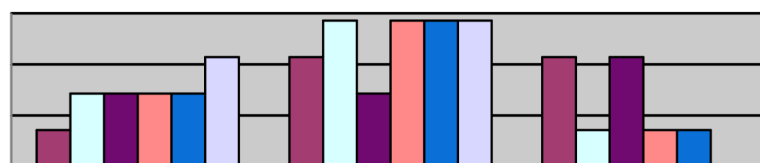
Figura 1. Evaluación de concepto

Del análisis realizado se puede observar en el gráfico (ver Figura 1) que el 50% de los estudiantes que no realizaron el taller obtuvieron notas menores a 50 puntos. Además, se puede advertir, que los estudiantes que sí realizaron el taller, aprobaron con mejores notas, lo que se traduce en respuestas mucho más acabadas y precisas del concepto evaluado.

Respecto del estudio descriptivo, para este análisis, la media aritmética ha superado en todos los casos, al menos, el valor medio de la escala (3.00), lo que confirmó la validez del contenido de todos los ítems incluidos. El coeficiente Alfa de Cronbach calculado fue de 0,925 que supera ampliamente el valor de 0,7 [George y Mallery, 1994], lo que permitió afirmar el grado de fiabilidad del cuestionario.

A continuación se presenta gráficamente el análisis de las respuestas de los estudiantes para cada una de la preguntas del cuestionario realizado. A fin de simplificar la presentación, se muestran los valores más representativos de la escala utilizada.

Simulando Puedo...



- construir mis propias topologías de redes sin limitaciones
- visualizar que pasa cuando cambia un parámetro de la red
- visualizar que variables se ven afectadas cuando cambia un parámetro
- verificar las resoluciones analíticas de problemas complejos

Figura 2. Cuestionario actitudinal

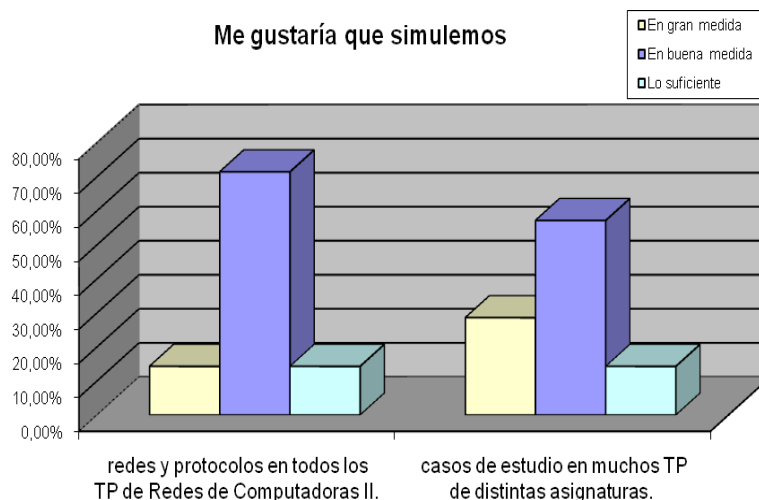


Figura 3. Cuestionario actitudinal

Del análisis del estudio actitudinal (ver Figura 2 y Figura 3) sobre la asignatura y temática estudiada, se evidenció que en general los estudiantes consideraron la facilidad de cambiar la topología propuesta, de llevar al plano de lo concreto los fundamentos estudiados, la facilidad de cambiar parámetros y observar el comportamiento, poder verificar resoluciones de problemas complejos.

Sin embargo, cuando se indagó sobre la pregunta “*Dispongo de un laboratorio con equipos de redes virtuales, sin costo y sin peligros para realizar mis propias experiencias*”, no parecieron estar convencidos. Lo mismo ocurrió con la pregunta “*Puedo inventar nuevas topologías, probarlas y optimizarlas*”, lo que dio pie a proponer diferentes variantes de los ejercicios enunciados, a fin de despertar la creatividad en los estudiantes.

4. Conclusiones

Los resultados descriptos anteriormente evidencian que los estudiantes se mostraron motivados. De manera que, en relación con el primer objetivo del estudio y dando respuesta a la primera pregunta que orientó la investigación, se ha establecido que, para el nivel universitario, la utilización del software de simulación tiene una incidencia significativamente alta en el desarrollo de una buena actitud hacia el estudio de la asignatura Redes de Computadoras I y de otras asignaturas del plan de estudios.

Los estudiantes que utilizaron simulación mostraron un nivel de comprensión del concepto evaluado más alto que aquellos que siguieron un procedimiento tradicional. En relación al segundo objetivo del estudio y a la segunda pregunta de la investigación, se encontró que el uso de software de simulación influye positivamente en el mejoramiento del nivel de comprensión de los conceptos sobre el tema Direccionamiento IP estudiado. Se logró concluir en este aspecto, que existe diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes que emplearon una estrategia basada en simulación.

5. Trabajo futuro

Como futuras investigaciones se sugieren estudios sobre el impacto de software de simulación en otros ámbitos de las redes, así como en otras asignaturas del plan de

estudios de la carrera. Se recomiendan estudios cualitativos que permitan conocer con mayor profundidad el nivel de conceptualización alcanzado por los estudiantes con el uso del software de simulación y ampliar la visión sobre el tema. Finalmente, otro punto a considerar es la influencia de diversos factores en la eficacia del software.

En cuanto a las debilidades del estudio, se debe tener en cuenta el tamaño pequeño de la muestra. Otro factor que influye en el estudio es la homogeneidad en el nivel de habilidad para utilizar este tipo de herramientas, la formación en informática de los alumnos facilitó las experiencias. Por otro lado, la rigidez del enfoque cuantitativo limita la comprensión del fenómeno.

6. Agradecimientos

Al Dr. Orlando José Ávila Blas, por su invaluable colaboración con el análisis estadístico de los datos.

Al Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada – C.I.D.I.A., que depende de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSa, por la infraestructura aportada.

Al Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas – L.I.N.T.I., que depende de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata.

7. Referencias

- Arias Figueroa, D. (2015). “Redes de Computadoras I con Packet Tracer”, Editorial de la Universidad Nacional de Salta – Argentina, EUNSa. ISBN 978-987-633-132-6-1; 1a ed. Salta - E-Book - CDD 004.68.
- Arias Figueroa, D. (2018). “Redes de Computadoras II con Packet Tracer”, Editorial de la Universidad Nacional de Salta – Argentina, EUNSa.; 1a ed. Salta - E-Book. ISBN: 978-987-633-527-0.
- Arias Figueroa, D., Díaz J. & Gramajo M. (2017). “Estudio de la influencia de la enseñanza de redes LAN con simulación en el nivel universitario”. REABTIC Vol 1, N° 6 (2017) – “Revista Electrónica Argentina-Brasil de Tecnologías da Informação e da Comunicação”. ISSN: 2446-7634
- Arias Figueroa, D., Gil, G. & Gimson, L. (2016). “Estudio de la influencia del uso del simulador KIVA-NS en la enseñanza de redes IP”. Décima Quinta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2016) Orlando, Florida, EE.UU.
- Avila Blas, O.J. (2003). “Probabilidad y estadística inferencial: teoría y aplicaciones”. Editorial: Universidad Nacional de Salta. ISBN: 978-987-9381-23-6.
- Cameron, B. (2003). “Effectiveness of simulation in a hybrid online networking course”. Quarterly Review of Distance Education, 4(1), p51.
- Dixon, M. W., McGill, T. J. & Karisoon, J. M (1997). “Using a Network Simulation Package to Teach the Client-server Model”. Proceedings of the 2nd Conference on Integrating Technology into Computer Science Education, p. 71-73.
- Gatto, D. (1993). “The use of interactive computer simulations in training”. Australian Journal of Educational Technology, 9(2), p144-156.

- George, D., & Mallery, P. (1994). *SPPS/PC + Step by Step: A Simple Guide and Reference*. Belmont, CA,: Wadsworth.
- Goldstein, G., M Leisten, S, Stark, K.,& Tickle, A. (2005). “Using a Network Simulation Tool to Engage Students in Active Learning Enhances Their Understanding of Complex Data Communications Concepts”, *Proceedings of the 7th Australasian conference on Computing Education*, p. 223-228.
- Javidi, G. & Sheybani, E. (2008). “Content-Based Computer Simulation of a Networking Course: An Assessment”, *Journal of Computers*, Vol. 3, No. 3, p. 64-72.
- Kurose, J.F. & Ross, K.W. (2015). “Computer Networking: A Top-Down Approach”. 6th Edition. Pearson Education. ISBN: 9780132856201.
- Sakar, N. I. (2006). “Teaching TCP/IP Networking Using Practical Laboratory Exercises”, *International Journal of Information and Communication Technology Education*, Vol. 2, No. 4, p. 39-50.
- Sierra, J.L.(2003). *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Simulador GNS3. <http://www.gns3.net>.
- Simulador Kiva-NS <http://www.disclab.ua.es/kiva/>.
- Simulador Packet Tracer. <http://www.cisco.com/web/ar/index.html>.
- Yaverbaum, G., & Nadarajan, U. (1996). “Learning basic concepts of telecommunications”: an experiment in multimedia and learning. *Computers & Education*, 26(4), p215-224.
- Zhu, S. Y. (2011). “Teaching Computer Networks through Network Simulation Programs”. Faculty of Business, Computing and Law – School of Computing. University of Derby. Learning Teaching & Assessment Conference.