

eDiVo - Potenciando Habilidades Espaciales con Vehículos Aéreos No Tripulados

Patricio Galeas
Universidad de La Frontera
Francisco Salazar 1145
4811230 Temuco, Chile
patricio.galeas@ufrontera.cl

Yaritsa Levi
Universidad de La Frontera
Montevideo 0830
4811322 Temuco, Chile
yaritsa.levi@iie.cl

Gabriel Epuyao
Universidad de La Frontera
Montevideo 0830
4811322 Temuco, Chile
gabriel.epuyao@iie.cl

Laura Flores
Universidad de La Frontera
Montevideo 0830
4811322 Temuco, Chile
laura.flores@iie.cl

Juan Huircán
Universidad de La Frontera
Francisco Salazar 1145
4811230 Temuco, Chile
juan.huircan@ufrontera.cl

Carlos Muñoz
Universidad de La Frontera
Francisco Salazar 1145
4811230 Temuco, Chile
carlos.muñoz@ufrontera.cl

ABSTRACT

Spatial thinking is an important aspect of cognitive development in young children. Especially in the improvement of logical-mathematical thinking [1] and performance in activities related to science, technology, engineering and mathematics (STEM disciplines). Furthermore, recent studies [2] estimate that the offer of STEM disciplines will be insufficient to supply the employment demand till 2018. The eDiVo project aims to enhance spatial skills of young children by introducing the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in the classroom under the supervision of a teacher. This paper shows the first design ideas associated with the eDiVo Kit, which considers both technical and pedagogical aspects for the construction of a prototype, to be tested in a real classroom environment.

RESUMEN

El pensamiento espacial es una componente importante del desarrollo cognitivo de niños y niñas en edad temprana. Sobre todo en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático [1] y en el futuro desempeño de actividades relacionadas con las ciencias, las tecnologías, la ingeniería y las matemáticas (disciplinas STEM). Disciplinas que, según estudios recientes [2], presentarían una oferta insuficiente para la futura demanda laboral proyectada hasta el 2018. El proyecto eDiVo pretende potenciar habilidades espaciales en estudiantes de niveles iniciales, mediante actividades pedagógicas basadas en el uso de vehículos aéreos a control remoto (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) en el aula, bajo la supervisión del docente. El presente documento muestra las primeras ideas de diseño del Kit eDiVo, el cual considera los aspectos tanto técnicos como pedagógicos, para la construcción de un prototipo que será evaluado bajo condiciones de aula reales.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [1]: Computer-assisted instruction (CAI)

General Terms

Design.

Keywords

Lateralidad, pensamiento espacial, 3D, robots, UAV, drones.

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento espacial es uno de los aspectos centrales del pensamiento humano, puesto que permite su funcionamiento adecuado en la cotidianidad. De manera recurrente los seres humanos acuden a su memoria espacial para buscar un camino, dar una localización o encontrar objetos perdidos [3]. La importancia del conocimiento espacial radica en el componente evolutivo y su relevancia adaptativa, puesto que cualquier organismo móvil debe ser capaz de navegar en su mundo para sobrevivir y representar su entorno espacial [4]. La cognición espacial se define como la interacción simbólica existente entre el objeto y el ambiente, la cual permite establecer relaciones entre elementos, representar mentalmente las relaciones espaciales y anticipar el resultado de las transformaciones aplicadas a tales relaciones [5]. De esta manera, existe un nivel práctico o de conducta y un nivel simbólico o representativo del espacio, destacándose la diferencia entre dominar conceptualmente las representaciones espaciales y ser capaz de orientarse en un espacio determinado. La definición anterior hace referencia a la distinción entre espacio percibido y espacio representado, inicialmente planteada por Piaget e Inhelder [6], donde se define el espacio percibido como la vivencia motriz y perceptiva inmediata, que la persona posee del espacio. Mientras que el segundo término da cuenta de la capacidad de construir representaciones elaborando relaciones espaciales más complejas, las cuales suponen la descentración respecto del propio cuerpo, la objetivación de los puntos de vista y los juicios sobre las relaciones espaciales. Las habilidades espaciales se pueden dividir en tres tipos según lo planteado por [3]: percepción espacial, rotación mental y visualización espacial. Complementando lo anterior, Newcombe y Frick [4] afirman la existencia de dos tipos básicos de transformaciones espaciales. Por un lado, los objetos se pueden transformar mentalmente al imaginarlos cambiando su orientación (giro), cuando cambian de escala mediante una expansión o contracción, cuando son plegados, etc. Y por otro lado, la persona puede imaginar como otro observador visualiza un objeto, adquiriendo nuevas perspectivas de acuerdo al punto de vista del observador y considerando al objeto para determinar su desplazamiento. Según [6], la adquisición de las habilidades espaciales no viene dada en forma innata, sino que constituyen el producto de una prolongada construcción evolutiva que comienza en el nacimiento y se establece en la adolescencia alrededor de los 11 años. Alrededor de los 7 años, se adquieren las relaciones espaciales proyectivas, tales como los conceptos de arriba-abajo, delante-detrás e izquierda-derecha. Esta última dupla, es la más compleja ya que no se relaciona con la ruta normal de

movimiento, e implica comprender el concepto de simetría para dividir el cuerpo en dos partes iguales (mitad izquierda y mitad derecha). A los 7 años, también debieran dominarse las nociones más abstractas como la rotación mental y coordinación de diferentes perspectivas visuales. La comprensión de estas nociones espaciales proyectivas dan paso a la adquisición de las nociones espaciales euclidianas a partir de los 11 años aproximadamente, implicando la descentración del propio punto de vista y el dominio de sistemas de referencia métricos, como por ejemplo distancias, proporciones, áreas, etc. En lo relativo al ámbito pedagógico, existe una correlación entre el razonamiento espacial y el éxito en el ámbito de la matemática y las ciencias [1], además se ha encontrado que el razonamiento espacial no es de carácter fijo sino que puede incrementarse significativamente a través de un entrenamiento adecuado [7]. Asimismo, estudios recientes [4] basados en más de un siglo de investigación en inteligencia de la psicología de los procesos cognitivos, establecen que el pensamiento espacial es el principal complemento al pensamiento verbal y configura un elemento importante en las disciplinas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) [4]. El mismo estudio plantea la falta de evidencia para definir al conocimiento espacial como un estilo de aprendizaje. Por el contrario, se hace evidente que la mayoría de las personas piensan de forma verbal, matemática y espacial, lo que plantea un gran desafío para el sistema educativo y para la integración de estas diferencias en los currículos de los niveles iniciales. En el caso particular chileno, el currículum de educación parvularia refleja los conceptos de espacialidad en los objetivos de aprendizaje de los ejes de razonamiento lógico-matemático y motricidad. Para educación básica esto se refleja en los ejes de medición y geometría de la asignatura de matemática. Es importante mencionar que el objetivo del profesor no debiera ser solamente nivelar las posibles falencias en los niños, sino que también potenciar aun más a aquellos que presentan un desarrollo normal de habilidades espaciales. Hoy en día, existe suficiente evidencia sobre la importancia del pensamiento espacial en el desarrollo cognitivo de los niños y niñas en edad temprana, siendo el dominio de estos conceptos particularmente importante para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático [1]. Asimismo, estudios recientes [2] demuestran que individuos con un pensamiento espacial desarrollado, tienen ciertas ventajas en el desempeño en las denominadas disciplinas STEM y que conforman una componente importante en la innovación, productividad y crecimiento económico de los países y estiman que la oferta de estas disciplinas será insuficiente para satisfacer la demanda del mercado laboral de aquí al año 2018.

2. EL PROYECTO eDiVo

El proyecto eDiVo, tiene como objetivo diseñar una herramienta pedagógica basada en un dispositivo aéreo no tripulado, para potenciar el desarrollo de habilidades espaciales en niños de niveles escolares iniciales (entre 5 y 7 años). El propósito del proyecto es comprobar la factibilidad de construcción del dispositivo aéreo y la viabilidad de su uso en aula. Además se pretende generar un conjunto de materiales y actividades pedagógicas asociadas al uso del dispositivo, las cuales intentarán reforzar los conceptos y relaciones espaciales entre objetos concretos en ambientes tridimensionales reales, a fin de estimular el pensamiento lógico-matemático de manera lúdica e innovadora. Como se muestra en la Figura 1, el kit eDiVo incluirá tres componentes principales: (a) el Dispositivo Aéreo (DAE), (b) un Control Remoto Simplificado (CRS) y (c) un Escenario Tridimensional Concreto (ETC). Además se desarrollará un Modelo Pedagógico (MPE) para el uso del kit en aula,

conformando así un entorno de aprendizaje basado en actividades ejecutadas por los estudiantes con la asistencia del educador. Para la construcción tanto del dispositivo aéreo como el control remoto, se investigarán diferentes soluciones existentes, con la idea de generar versiones adaptadas para compatibilizar el uso en el ambiente escolar. En particular, el CRS estará especialmente diseñado para niños y niñas entre 5 y 7 años, permitiendo una manipulación simple del dispositivo volador en un ambiente cerrado. Por otro lado el DAE deberá contar con todos los requerimientos de seguridad y estabilidad para su uso con niños y niñas en el rango de edad mencionado anteriormente.

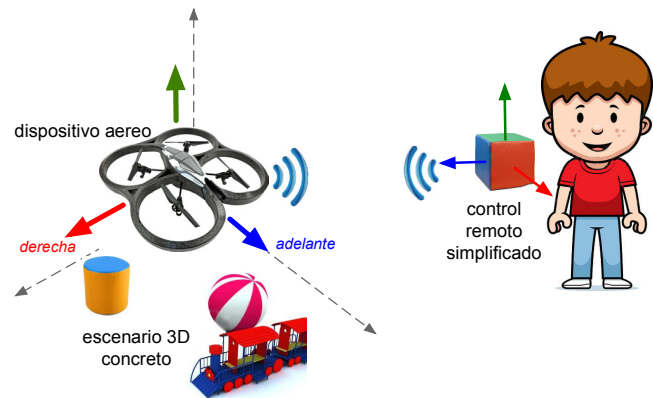


Figura 1: Diagrama del Kit eDiVo

Dado que el resultado de esta investigación es un dispositivo tecnológico para el uso en aula, y reconociendo que su adopción en el proceso educativo dependerá principalmente de su aceptación por parte de los docentes, se decidió incorporar profesores tempranamente en el proceso de diseño del proyecto, a fin de que ellos intervengan en la construcción de las componentes principales del kit, especialmente en la generación de las actividades pedagógicas asociadas al producto. En este contexto, este proyecto contempla la ejecución de una serie de grupos focales con profesores y estudiantes de educación parvularia y básica, a fin de captar las primeras impresiones de esta innovadora propuesta pedagógica.

Dispositivo Aéreo (DAE) y Navegación

El proceso de navegación del DAE consiste en la ejecución de ciertos movimientos en el espacio definidos por usuario a través de un control remoto simplificado. Por un lado, estos movimientos son de carácter discreto, es decir, el dispositivo deberá ejecutar desplazamientos de largo fijo en cada una de las seis direcciones posibles, debiendo además mantener la posición después de la ejecución de cada instrucción. Además, se pretende generar un mecanismo para definir grupos de instrucciones para ser ejecutadas en forma secuencial como rutas programadas. Por ejemplo: mover el DAE dos unidades hacia arriba, luego una unidad hacia adelante y finalmente dos unidades a la derecha. Para lograr este nivel de control de vuelo, se pretende utilizar un sistema de navegación que registre la ubicación del DAE en tiempo real en base a una grilla tridimensional de puntos predefinidos. Para ello, se han evaluado distintas tecnologías de control de posición, sin perder de vista los requerimientos pedagógicos asociados al uso del dispositivo volador en un entorno escolar. Inicialmente se revisaron soluciones basadas en la tecnología GPS asistida por sensores inerciales. Sin embargo, el GPS presenta un error de al menos 1 metro y además no funciona

adecuadamente en recintos cerrados [8]. Por otro lado, los sensores inerciales tampoco proveen información precisa, además de acumular errores basados en mediciones de aceleraciones lineales y angulares.

En nuestro diseño preliminar, y en base a una evaluación previa de diversos modelos comerciales se decide usar el AR.Drone (de la empresa Parrot) como primer prototipo. Este aparato corresponde a un cuadricóptero (4 hélices) con una configuración en cruz, el cual cuenta con diversos sensores inerciales: cámara frontal e inferior y un sistema de comunicación inalámbrica (WiFi), por medio del cual es posible controlar y leer el estado de los sensores usando como interfaz una radio de control remoto o un dispositivo móvil previa instalación de un software especializado disponible para Android e iOS.

Dado que el AR.Drone cuenta con una cámara frontal de alta resolución, se optó por utilizar el sistema de navegación recientemente propuesto por Engel et al. [8]. El cual se basa en ROS (Robot Operating System), y especifica un mecanismo de navegación para un entorno no conocido en base al análisis del video obtenido desde la cámara. Este sistema se compone de tres elementos: (a) monocular SLAM (Simultaneous Location and Mapping) basado en PTAM (Parallel Tracking and Mapping), (b) un filtro extendido de Kalman que permite mejorar la estimación de localización y orientación del móvil usando sensores inerciales y que se complementa con la localización obtenida por los métodos SLAM/PTAM y (c) un controlador para generar los comandos de control del DAE y posibilitar el seguimiento de las rutas de vuelo. La técnica SLAM permite crear un mapa de referencias de un entorno no conocido, en el cual un robot puede posicionarse y desplazarse en un ambiente tridimensional con un error del orden de los centímetros [8].

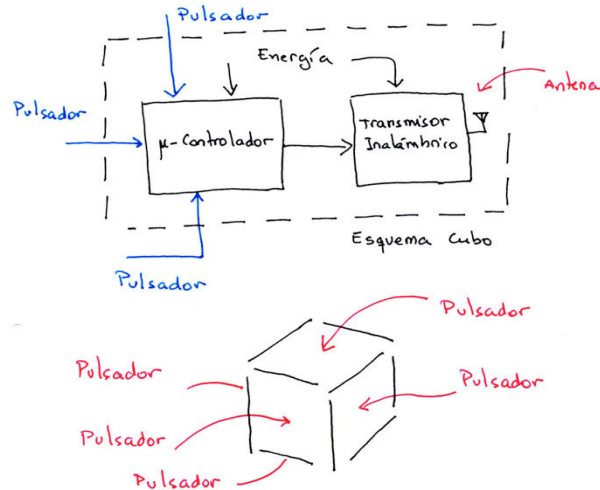


Figura 2: Primer diseño conceptual del control remoto simplificado.

Control Remoto Simplificado (CRS)

Dado que las aplicaciones para comandar los AR.Drone son complejas para niños pequeños, se diseñó un nuevo control remoto simplificado (CRS), el cual aprovecha las capacidades de localización y movimientos precisos logradas con el nuevo sistema de navegación. Para ello se definen movimientos discretos de aproximadamente 1 metro de longitud en todas las direcciones, (adelante, atrás, arriba, abajo, izquierda y derecha), para lo cual el CRS considera materiales especiales de construcción, forma de

cubo y algunas funcionalidades agregadas. En general, esto se traduce en el desarrollo de una interfaz de usuario tangible (TUI, Tangible User Interfaces), concepto descrito por Shaer et al. [9], en el cual se establece un enlace entre un objeto físico y el mundo digital. Sin embargo, en nuestro caso la información digital generada por la acción de la interfaz se traducirá en acciones de control y movimiento sobre un dispositivo volador. Algunos ejemplos concretos de cubos como interfaz de usuario son: el Cubic-Mouse [10], Autonomous Cube [11] y ActiveCube [12]. En este caso, el CRS debe ser capaz de recoger las instrucciones del usuario y dar las órdenes (en forma inalámbrica) para la actuación. En la Figura 2 se muestra un esquema de los componentes y su accionamiento.

Escenario Tridimensional Concreto (ETC)

Para que el dispositivo volador pueda desplazarse en un entorno en que las actividades pedagógicas tengan un mayor sentido, se requiere el diseño e implementación de un escenario pedagógico. Para llegar a un diseño elaborado de este escenario, se ejecuta un análisis de los requerimientos pedagógicos y técnicos especificados en reuniones de trabajo previas. Luego se esquematiza la estructura base del escenario: los materiales que se utilizarán y su organización, considerando el espacio de vuelo disponible para el dispositivo. Con esto se busca obtener retroalimentación por parte de docentes a través de grupos focales y realizar algunas pruebas concretas con los primeros prototipos del dispositivo volador. Por último, se realizan ajustes incrementales del escenario, lo que permitirá llegar a una versión ajustada a los requerimientos de uso en aula. El diseño del escenario contempla varios aspectos como: (a) la seguridad para los niños y (b) la posibilidad de desarrollar actividades con temáticas diferentes, con y sin el dispositivo volador. Para la base del escenario (suelo) se utilizará una alfombra de Etilvinilacetato (goma EVA) en forma de puzle, con temáticas asociadas a las actividades pedagógicas que se deseen realizar y cuadrantes sobre los cuales se moverá el dispositivo volador. Dentro del escenario habrá también algunos obstáculos móviles, a fin de que el recorrido ejecutado por los usuarios tenga componentes de dificultad adicional. Entre los obstáculos destacan los cubos del mismo tamaño de los cuadrantes en diferentes colores e imágenes de objetos o seres vivos.

Modelo Pedagógico (MPE)

La propuesta del diseño conceptual del modelo pedagógico del eDiVo se sustenta en 4 pilares básicos:

- Análisis pedagógico basado en la revisión de publicaciones científicas, proyectos y experiencias a nivel nacional e internacional relacionadas con espacialidad y lateralidad.
- Análisis del currículo chileno para NT2 y 1° básico en cuanto a objetivos de aprendizaje y definición de indicadores pedagógicos en el ámbito de la espacialidad y lateralidad.
- Búsqueda y revisión de instrumentos de evaluación para la temática de espacialidad y lateralidad, validados tanto a nivel nacional como internacional.
- Análisis de información generada a partir de la realización de grupos focales con docentes y estudiantes.

Las actividades pedagógicas para este proyecto contemplan una unidad didáctica a desarrollar en un período de tres semanas, recogiendo (desde los programas curriculares) los objetivos de aprendizaje y sus respectivos indicadores para abordar los conceptos de espacialidad y lateralidad. Las actividades de enseñanza-aprendizaje serán organizadas en clases estructuradas

en momentos de inicio, desarrollo y cierre, con una duración de 30 minutos para NT2 y de 45 minutos para 1° básico. Un tercio de este tiempo será utilizado haciendo uso del kit eDiVo. Las clases estarán pensadas para grupos de trabajo que no excedan los 3 ó 4 niños, los que harán uso de un espacio distinto al de la sala de clases. Estos grupos serán organizados de acuerdo a los resultados de un pre-test que ayudará a establecer el nivel cognitivo de cada niño. Además, se realizará un proceso de transferencia que tiene como objetivo la formación de los docentes para la integración del Kit eDiVo en la enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales, siendo modelling [13] y los juegos de roles [14] las principales estrategias didácticas. Se realizará también un acompañamiento en aula, vinculado al desarrollo de los talleres de formación docente a partir de la incorporación del Kit eDiVo a las prácticas pedagógicas usando la metodología propuesta por Darling-Hammond et al. [15].

Evaluación

Este proyecto contempla evaluar sus resultados en base al grado de usabilidad del kit eDiVo en el entorno escolar. Para esto se realizarán dos tipos de pruebas: en la fase inicial del proyecto se ejecutarán pruebas de usabilidad en un ambiente controlado (laboratorio) y con un número reducido de usuarios (estudiantes y docentes) hasta lograr un prototipo lo suficientemente seguro y estable para ser probado en un entorno real de aula. Finalmente, las pruebas en aula se realizarán complementariamente a la enseñanza de los contenidos de espacialidad y lateralidad del currículum chileno, utilizando el plan de trabajo y estrategias ya mencionadas en el modelo pedagógico.

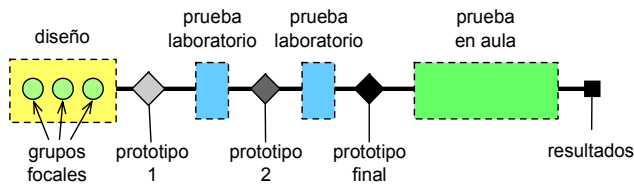


Figura 3: Esquema de desarrollo del proyecto donde se visualizan las etapas de evaluación.

3. CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos a partir de la literatura científica y tres grupos focales realizados con profesores, estudiantes y expertos en educación, se ha logrado recopilar valiosa información para el diseño del dispositivo volador y su interfaz de control. Con respecto al ámbito técnico y en base a los requerimientos capturados, se han contrastado las características físicas y funcionales de diferentes modelos de dispositivos aéreos, existiendo una inclinación por la adopción del modelo cuadricóptero. Con este modelo, se ha estado desarrollando un sistema de navegación y control para que este dispositivo sea comandado por un control remoto simplificado con forma de cubo y que, en un recinto cerrado, realice movimientos discretos en todas las direcciones espaciales. Durante los meses restantes de ejecución del proyecto se contempla seguir con una evaluación y ajuste permanente, en base a la realimentación de los docentes y estudiantes para obtener un prototipo ajustado a los objetivos pedagógicos y requerimientos de los usuarios. Finalmente, se contempla ejecutar pruebas piloto con el prototipo eDiVo donde se evaluará la usabilidad del kit en un ambiente escolar real.

4. REFERENCIAS

- [1] A. Delgado, and G. Prieto, "Cognitive mediators and sex-related differences in mathematics," *Intelligence*, vol. 32, no. 1, pp. 25-32, 2004.
- [2] A. P. Carnevale, N. Smith, and M. Melton, *STEM: Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, Georgetown University, Washington, D.C., 2011.
- [3] F. Dollins, and R. Mitchell, *Spatial Cognition, Spatial Perception. Mapping the Self and Space*, Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [4] N. Newcombe, and A. Frick, "Early Education for Spatial Intelligence: Why, What, and How," *Mind Brain and Education*, vol. 4, no. 3, pp. 102-111, SEP 2010, 2010.
- [5] N. Franklin, and B. Tversky, "Searching Imagined Environments," *Journal of Experimental Psychology-General*, vol. 119, no. 1, pp. 63-76, MAR 1990, 1990.
- [6] J. Piaget, and B. Inhelder, *The child's conception of space*, London: Routledge & Kegan Paul, 1956.
- [7] J. Huttenlocher, S. Levine, and J. Vevea, "Environmental input and cognitive growth: A study using time-period comparisons," *Child Development*, vol. 69, no. 4, pp. 1012-1029, AUG 1998, 1998.
- [8] J. Engel, "Camera-based navigation of a low-cost quadcopter," in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on*, Vilamoura, 2012, pp. 2815 - 2821.
- [9] O. Shaer, and E. Hornecker, "Tangible User Interfaces: Past, present, and future directions," *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, vol. 3, no. 1-2, pp. 1-137, 2009.
- [10] B. Fröhlich, and J. Plate, "The Cubic Mouse A New Device for Three-Dimensional Input," in *ACM CHI 2000, 2000*, pp. 526-531.
- [11] K. V. Laerhoven, N. Villar, A. Schmidt, G. Kortuem, and H. Gellersen, "Using an Autonomous Cube for Basic Navigation and Input," in *ICMI'03, November 5-7, Vancouver, British Columbia, Canada., 2003*.
- [12] R. Watanabe, Y. Itoh, M. Asai, Y. Kitamura, F. Kishino, and H. Kikuchi, "The Soul of ActiveCube —Implementing a Flexible, Multimodal, Three-Dimensional Spatial Tangible Interface," in *ACE'04, Jun 3-5, Singapore, 2004*.
- [13] J. Villa-Ochoa, "La modelación como proceso en el aula de matemáticas. Un marco de referencia y un ejemplo," *Tecno Lógicas*, vol. 19, pp. 63-85, 2007.
- [14] C. X. González Moreno, Y. Solovieva, and L. Quintanar Rojas, "La actividad de juego temático de roles en la formación del pensamiento reflexivo en preescolares," *MAGIS, Revista Internacional de Investigación en Educación*, vol. 2, no. 3, pp. 173-190, 2009.
- [15] L. Darling-Hammond, R. C. Wei, A. Andree, N. Richardson, and S. Orphanos, "Professional learning in the learning profession," *Washington, DC: National Staff Development Council*, 2009.