



PROCESOS METACOGNITIVOS EN EL APRENDIZAJE DE PROGRAMACIÓN, BASE DEL FUTUROⁱ

Elvira Ivone González Jaimes,

Valentín Trujillo Mora,

Jorge Bautista Lópezⁱⁱ

Universidad Autónoma del Estado de México,

Toluca, México

Abstract:

Investigación con análisis mixto, cualitativa y cuantitativa para analizar las estrategias de aprendizajes, focalizando a la estrategia de metacognición, estudiando la adquisición de conocimientos complejos (lenguaje, lógica y matemáticas), impartidos en *Smart Classroom*. La justificación del estudio es por existencia de bajos índices de aprobación en la unidad de aprendizaje perteneciente al núcleo sustantivo y obligatorio, provocando deserción en las carreras del área de ingeniería en cómputo. Teniendo como objetivo, conocer las causas del deficiente rendimiento, aunque el aprendizaje es realizado en un ambiente psicopedagógico favorable. Resultados, el ambiente psicopedagógico adecuado no basta para la adquisición de conocimientos complejos y simultáneos porque el discente se detiene frecuentemente en el proceso de abstracción, por la dificultad de encontrar significado en sus previos conocimientos. Entonces, la metacognición le va a servir para darse cuenta de sus errores y arbitrariedades. Provocando una autorregulación lenta, aprendiendo por ensayo y error. Por lo tanto, el discente requiere del acompañamiento de un facilitador (humano o electrónico) que lo contextualice, acelerando el entendimiento y la fijación del conocimiento. El facilitador humano produce mayor aceleración del aprendizaje porque presenta más canales de comunicación y regulación.

Keywords: estrategia aprendizaje, metacognición, lenguaje, lógica, matemáticas

Abstract:

Research with mixed analysis, qualitative and quantitative to analyze learning strategies, focusing on the strategy of metacognition because they study the acquisition of complex knowledge (language, logic and mathematics), taught in Smart Classroom. The justification for the study is the existence of low approval rates in the learning unit

ⁱ METACOGNITIVE PROCESSES IN PROGRAMMING LEARNING, THE BASIS OF THE FUTURE

ⁱⁱ Correspondence: email ivonegj@hotmail.com, vtrujillom@uaemex.mx, jbautistal@uaemex.mx

belonging to the substantive and obligatory nucleus, causing desertion in the careers of the area of computer engineering. Aiming to know the causes of poor performance, although learning is doing in a favorable psychopedagogical environment. Results, the adequate psychopedagogical environment is not enough for the acquisition of complex and simultaneous knowledge because the student stops frequently in the process of abstraction, because of the difficulty of finding meaning within his mental map. Therefore, metacognition as a reflective process in the face of complex learning only serve to realize its errors and arbitrariness. Causing a slow self-regulation, learning by trial and error. Requiring the accompaniment of a facilitator (human or electronic) who contextualizes it, accelerating the understanding and fixation of knowledge. The human facilitator produces greater acceleration of learning because it presents more channels of communication and regulation.

Keywords: learning strategy, metacognition, language, logic, mathematics

1. Introduction

Esta investigación analiza la metacognición como estrategia de aprendizaje para adquirir, codificar y recuperar conocimientos complejos de la Unidad de Aprendizaje (U.A.) Programación Estructurada, perteneciente al Programa Educativo de Ingeniero en Computación, enseñada en aulas inteligentes o *Smart Classroom*. El análisis se realiza porque existen bajos índices de aprobación, provocando deserción en las carreras del área de computación, la cual es enseñada en los primeros semestres y es ubicada en el núcleo sustantivo y obligatorio.

El objetivo es conocer y explicar las causas de los diferentes índices de aprobación en un contexto específico *Smart Classroom*, para después diseñar estrategias y así poder cumplir con el papel esencial, que es, la enseñanza de programas de aprendizaje que ayuden a la preparación de discentes en su máxima potencia. Desarrollando diseñadores de software productivos y procreadores de tecnología.

Aunque dicha investigación se centra en una sola U.A., se puede considerar digna de analizar, debido a que es un eje básico para el conocimiento en la programación de software. Su complejidad contiene varias áreas del conocimiento indispensables en otras carreras universitarias afines.

Esta unidad de aprendizaje demanda adquirir, codificar y recuperar conocimientos de tres áreas y en forma simultánea, las cuales son: 1) unidades de matemáticas (aritméticas y algoritmos), 2) unidades lógicas (diagramas de flujo y arreglos de datos) y 3) lenguaje de programación (semántica y sintaxis de códigos y pseudocódigo de programación en lenguaje "C"), (UAEM, 2015).

La sociedad se desarrolla rápidamente con ayuda de la tecnología, introduciendo día con día nuevos métodos y tipos de producción, apoyándose en recursos electrónicos como: softwares, aplicaciones y plataformas digitales (Chamba-Eras y Aguilar, 2017).

La *Smart Classroom* es un escenario de aprendizaje con aulas equipadas electrónicamente con internet a través de *Wi-Fi* o de banda ancha inalámbrica y

herramientas didácticas interactivas que también facilitan el aprendizaje. Entonces es prioridad usarlas asertivamente en los futuros ingenieros en software, ya que a ellos se les dificultan iniciar la programación de softwares.

Las investigaciones realizadas en *Smart Classroom*, reportan: aumento de la atención en los estudiantes, por las vivencias con entornos interactivos y colaborativos. Consiguiendo mayor adquisición, codificación, recuperación y aplicación del conocimiento. (Lozano, 2004; Antona, et al., 2011).

En la práctica se ha comprobado, en las plataformas educativas especializadas existen ambientes de aprendizaje cuidadosamente planeado, organizado y adecuados a las unidades de aprendizaje impartidas (Chamba-Eras y Aguilar, 2017). Pero hasta ahora no existe un estudio que emplee dos métodos de investigación cualitativo y cuantitativo para analizar el impacto de *Smart Classroom* en conocimientos complejos que utilizan frecuentemente estrategias de aprendizaje de segundo orden, metacognitivas.

Se focalizó el análisis en estrategias de aprendizaje metacognitivos, porque el sujeto debe de tener el acceso reflexivo ante el conocimiento de ésta U.A. como demanda ser un programador de lenguaje "C" (Cairó, 2006). Sin dejar de analizar las estrategias de aprendizaje cognitivas, porque ambas contienen técnicas específicas que facilitan el aprendizaje.

Se utilizó el método de investigación mixta para triangular y validar información. Los cuales son: 1) *Método cualitativo*, se utilizó, el Análisis Jerárquico de Uso en los Principios de la configuración pedagógica de *Smart Classroom*, medidos cada semana. 2) *Método cuantitativo*, se realizó, el Análisis Correlacional entre los índices de la Escala de estrategias de aprendizaje ACRA-Abreviada para alumnos universitarios y los cuatro índices del rendimiento académico.

2. Revisión de literatura

2.1 Unidad de Aprendizaje de Programación Estructurada, base para programar software

"Esta unidad de aprendizaje tiene la finalidad de introducir al discente al ámbito de la programación. Contiene los conocimientos básicos, necesarios y suficientes para diseñar y operar: estructuras de datos, registros, programación modular y la solución de problemas informáticos" (UAEM, 2015, p 2).

Permitiendo las construcciones de aplicaciones en mediana y alta complejidad.
Estructura de la U.A. Programación Estructurada;

- 1) Identificar las fases de la metodología de programación estructurada para la solución de problemas. Introducción de conceptos, incluyendo su significado y su aplicación.
- 2) Aplicar la programación estructurada en la solución de problemas utilizando diagramas de flujo y pseudocódigo. Utilizar los conceptos de forma ordenada y

lógica para resolución de problemas o toma de decisiones representadas por condiciones.

- 3) Utilizar arreglos unidimensionales y bidimensionales para los almacenamientos de datos en las soluciones de problemas. Grupo o colección finita, homogénea y ordenada de elementos.
- 4) Usar las técnicas de programación modular en el desarrollo de programas informáticos.
- 5) Modular, es la propiedad que permite subdividir una aplicación en partes más pequeñas e independiente. Además, cada módulo debe tener un propósito y alta cohesión.
- 6) Utilizar los registros para almacenar y manipular información en el desarrollo de programas informáticos. Para elaborar registros se utilizan identificadores, los cuales, agrupan los datos simples o relacionados, ambos van a ir de acuerdo con el problema a solucionar.

2.2 Lenguaje de programación "C", utilizado en la elaboración de software.

La U.A. Programación Estructurada no especifica un lenguaje de computación, pero se prefiere la enseñanza del lenguaje "C", porque tiene ventajas sobre otros lenguajes de programación, ya que es utilizado por dos décadas en organizaciones y fábricas de software de todo el mundo (Yojanes y Zahonero, 2005).

Ventajas del lenguaje "C", son: 1) Es poderoso y flexible con: órdenes, operaciones y funciones de biblioteca. 2) Facilita el desarrollo de software en la mayoría de hardwares modernos. 3) Facilita el desarrollo de sistemas operativos, compiladores, sistemas de tiempo real y aplicaciones de comunicaciones. 4) Es trasladable y portable para cualquier tipo de hardwares y 5) Presenta alta velocidad de ejecución y es casi universal, porque existen bibliotecas del lenguaje "C" que soportan gran variedad de aplicaciones. Bases de datos, gráficos, edición de texto, comunicaciones, etc. (Yojanes y Zahonero, 2005).

Las características del lenguaje "C", son: 1) Tiene sintaxis clara y precisa para declarar funciones, es fácil de entender y permite detectar errores causados por argumentos que no coinciden. 2) Permite crear un preprocesador sofisticado con funciones complejas de acceso al sistema operativo (por ejemplo, lectura y escritura de archivos), entrada y salida con formato, asignación dinámica de memoria, manejo de cadenas de caracteres y 3) Tiene uso estándar y actualizable como es el lenguaje "C++" (C con clases) que contiene entre otras, todas las características de ANSI C. Los compiladores más empleados Visual C++ de Microsoft. Builder C++ de Impriseantigua Borland, C++ bajo UNIX y LINUX (Yojanes y Zahonero, 2005).

2.3 Aprendizajes utilizados en aulas inteligentes o *Smart Classroom*

El enseñar la U.A. Programación Estructurada dentro de *Smart Classroom* es introducir a los discentes al mundo para el cual se están preparando, vivenciando sus ventajas, las cuales son: 1) adquirir conocimiento interactivo, 2) procesar información estructurada y 3) transformar su aprendizaje en un producto. En todo momento, el aprendizaje se puede palpar y valorar. Haciendo reflexión sobre lo adquirido con auto-dialogos estructurados,

recapacitando en: *el por qué, el cómo y para qué*, permitiendo la metacognición en el pensamiento de los discentes. (Antona, et al., 2011).

Proporcionándoles los siguientes beneficios: 1) *Mantener la atención dirigida en los discentes por más tiempo*. Debido a atractivos visuales y auditivos que los cautiva y les enseñan (tutoriales, 3D y videos), diseñados para alcanzar un fin didáctico de la U.A. y transmitido a través de una plataforma educativa (Chamba-Eras y Aguilar, 2017). 2) *Aprendizaje individualizado*, porque: a) Contiene aparatos electrónicos identifican al discente como sujeto único (*Identity awareness*). b) Emite actividades específicas para su aprendizaje (*Location awareness*). c) Identifica horarios y ritmo de aprendizaje (*Time awareness*) y d) Fortalece puntos débiles hasta integrar el conocimiento (*Task awareness*) (Bravo, et al., 2005). 3) *Clases interactivas y amenas*. Presenta material que activar todos los sentidos para solución de problemas. 4) *Aprendizaje colaborativo*. Promueve la participación e integración grupal para el desarrollo del pensamiento crítico y valores sociales (Lozano, 2004). 5) *Evaluación del aprendizaje es integral*. Contiene varios índices de evaluación que dan retroalimentación del rendimiento y avance (Antona, et al., 2011). Todos los anteriores beneficios procuran que el discente se empodere del autoaprendizaje, la última tendencia del aprendizaje, donde el discente no solo absorbe información de lo que está dentro U.A., sino que la recrea con ayuda de la sociedad del conocimiento. Este es el fin último, la creación de programas. Por eso es muy importante estimular metacognición para impactar a la creatividad.

La supervisión humana dentro de la cátedra es realizada por un facilitador, quien promueve el buen uso de las plataformas educativas, proporciona retroalimentación e impulsa la creatividad.

2.4 Principios para la configuración pedagógica de *Smart Classroom*.

El *Smart Classroom* tiene principios universales y son definidos por Maheshwari (2016) dentro de su escrito *The Concept of Smart Classroom*, base general de la configuración pedagógica en cualquier aula inteligente o *Smart Classroom*.

- 1) Adaptabilidad, adaptar los recursos didácticos a las necesidades académicas
- 2) Conectividad, conectar a las redes, tanto local como global
- 3) Confort, utilizar el mobiliario adecuado a las necesidades académicas
- 4) Flexibilidad de la disposición física, utilizar recursos materiales y didácticos.
- 5) Multiplicidad, utilizar simultáneamente los recursos materiales y didácticos.
- 6) Orden / Organización, presentar ordenados los recursos materiales y didáctico
- 7) Apertura de espacio didáctico, extender el aprendizaje fuera del aula inteligente
- 8) Personalización, enseñar de forma individual o personalizada
- 9) Seguridad / Seguridad, Utilizar con precaución los recursos de materiales y didácticos

Después de considerar el qué se va a aprender (U.A Programación Estructurada) con qué y donde se va a aprender (aula inteligente o *Smart Classroom*), es importante reflexionar el cómo se aprende para entender las causas del rendimiento. Por lo que se analizó los fundamentos teóricos del constructivismo para obtener un tema de aprendizaje de segundo orden o metacognitivo.

2.5 Constructivismo base del aprendizaje metacognitivo

La teoría constructivista diseña las bases de la construcción del conocimiento, la cual parte del primer orden de adquisición, son: 1) el conocimiento subjetivo y 2) el conocimiento objetivo. Ambos se interrelacionan y constituyen segundo orden, generando, 3) el entendimiento, que permite, *tener idea clara de las cosas*, es el nivel racional o lógico y 4) la comprensión, que permite, *asimilar o integrar las cosas*, es el nivel emotivo y sentimental. Ambos se interrelacionan y construyen a la metacognición (García, 2019). Entonces estamos en el momento de la metacognición donde el discente *se da cuenta de lo aprendido* y lo empieza a reproducir (mental o físicamente). Por lo que se puede decir, la metacognición está impulsada por el aula inteligente o *Smart Classroom*, el cual promete: facilitar y acelerar la adquisición, codificación y reproducción del conocimiento. Mostrado el paradigma educativo con modelo pedagógicos a través plataformas educativas y dispositivos electrónicos, procurando calidad en la enseñanza (Lozano, 2004).

2.6 ¿Cuáles son las causas que impiden que se cumple con el paradigma educativo?

Iniciaremos con la palabra cognición, definida como, *“el conjunto de habilidades que tienen que ver básicamente con los procesos ligados a la adquisición, organización, retención y uso del conocimiento”* (Gutiérrez, 2005: 6). Como el mismo autor recalca el concepto de cognición o de conocimiento es amplio, complejo y sin definición formal. Porque la experiencia de adquirir conocimiento por medio de los sentidos, codificarlo, asimilarlo y transformarlo para integrarlo al mundo objetivo, es un proceso que a veces se realiza en segundos y otras veces se tarda décadas (Gutiérrez, 2005).

Los lapsos de adquisición y transformación van a depender de la abstracción de objetos físicos y de operaciones mentales que realiza el sujeto del objeto. El sujeto posee ciertos conocimientos que se interrelacionan para asimilar y transformar el nuevo conocimiento. *“Cuando lo transforma y lo regresa al mundo, surge la adaptación y el acomodamiento, principios de Jean Piaget. Dos poderosos motores que hacen que el ser humano mantenga ese desarrollo continuo de sus estructuras cognitivas”* (Pinto y Martínez, 1994: 25),

También tenemos el constructivismo social de Lev Vigotsky, quien menciona que no basta la adquisición del conocimiento, sino que este conocimiento debe de estar acorde al ente social para que tenga significado. Sánchez en 2000, defiende y justifica el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el aprendizaje, porque asegura que facilita los procesos de adquisición y transformación del conocimiento.

En investigaciones pasadas se ha puesto en claro que las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) no solo aceleran el conocimiento, sino que el sujeto al estar en contacto con el material educativo electrónico entra en fase de metacognición. Siendo el proceso de darse cuenta del cómo se adquiere el conocimiento para adaptarlo de forma interna o externa (González, 2019 y González, López, Trujillo y Bautista, 2019).

2.7 Proceso metacognitivo en la adquisición de procesos complejos realizados por los discentes

En este estudio se observan los tres pasos en adquisición de procesos complejos de adquisición de matemáticas, lógica y lenguaje que son facilitados y acelerados por el aula inteligente o *Smart Classroom*.

La metacognición tiene tres aspectos: 1) La toma de conciencia, es un proceso de conceptualización de lo ya adquirido en el terreno de la acción, características: a) periférico sujeto-objeto, manipulación del objeto (uso de códigos del lenguaje "C") y b) central manipulación del contenido del objeto (realizar procesos lógicos en los flujos de los diagramas). 2) Proceso de abstracción. Se refiere, primero a prescindir los componentes fundamentales de información para conservar sus rasgos más relevantes y segundo es organizar los componentes para integrarlos en categorías (conservar los componentes fundamentales de la categoría, "ordenes en lenguaje C"). 3) Autorregulación. El sujeto compensa o nivela las perturbaciones cognitivas, contratiempos o molestias ante el aprendizaje (proceso que disminuye ante el uso de dispositivos electrónicos porque prometen mantener la atención), (Mazaeda y Fuente, 2016).

Por lo que podemos decir, la metacognición se acelera en aulas inteligentes. Entonces, el pensar en el proceso aprendizaje es simultáneo, en el cual se percibe la inmediatez entre la toma de conciencia, la abstracción y la autorregulación, procurando la enseñanza ordenada, concisa y precisa. La cual se ve reflejada en muchas plataformas educativas (González, 2019 y González *et. al.*, 2019).

Por ser un tema difícil de evaluar, primero por lo complejo y luego rápido que sucede, se requirió discernirlo para distinguir sus partes y encontrar las causas del funcionamiento. Permitiendo identificar las estrategias de aprendizaje utilizadas por los discentes en aulas inteligentes para la adquisición de conocimientos complejos. Para esta tarea específica se decidió utilizar Escalas de evaluación del ACRA-Abreviado para alumnos universitarios.

3. Material y Método

3.1 Materiales

A. Cuestionario de principios configuración pedagógica de *Smart Classroom*, posee nueve ítems, los cuales son: adaptabilidad, conectividad, confort, flexibilidad de la disposición física, multiplicidad, orden / organización, apertura de espacio didáctico, personalización y seguridad / seguridad.

Los nueve principios poseen definiciones operacionales establecidas por Maheshwari en 2016. El cuestionario fue probado en prueba piloto, con muestra aleatoria de 40 discentes (diferentes semestres que estuvieron tomando clase en el *Smart Classroom*) de la carrera de Ingeniería en Computación. Obteniendo una fiabilidad en Alfa de Cronbach, α global=0.853 (ver anexo 1).

B. Escalas de evaluación del ACRA-Abreviado para alumnos universitarios. La escala utilizada fue basada en las Escala ACRA realizada por Román y Gallego en 1994 donde

se hace realiza un análisis entre las estrategias de estimados en el ACRA y el rendimiento estudiantil de universitarios. Lo que permitió seleccionar los ítems que representaban las estrategias más utilizadas por los universitarios, reduciendo la escala de 119 ítems a 44 ítems (De la Fuente y Justicia 2003).

La Escalas de evaluación del ACRA-Abreviado mide: adquisición, fijación y recuperación de la información, focalizando las estrategias metacognitivas en la Dimensión I, propia para medir conocimientos complejos, como son las matemáticas, lógica y lenguaje computacional (De la Fuente y Justicia, 2003).

Presenta tres dimensiones: a) Dimensión I Estrategias cognitivas y control del aprendizaje, cuenta con 25 ítems, que miden. - Elección y organización, subrayado, conciencia de la funcionalidad de las estrategias, estrategias de elaboración, planificación y control del aprendizaje como repetición y relectura de puntos clave. Se considera rangos: bajo 1 a 17 ítems, aceptable 18 a 20 ítems y alto 21 a 25 ítems. b) Dimensión II. Estrategias de apoyo al aprendizaje, cuenta con 14 ítems, que miden. - Motivación intrínseca, control de la ansiedad, condiciones contra distractoras, apoyo social, horario y plan de trabajo. Se considera rangos: bajo 1 a 7 ítems, aceptable 8 a 10 ítems y alto 11 a 14 ítems. c) Dimensión III. Hábitos de estudio, cuenta con 5 ítems, que miden. - Comprensión y hábitos de estudio. Se considera rangos: bajo 1 ítem, aceptable 2 a 3 ítems y alto 4 a 5 ítems (De la Fuente y Justicia, 2003).

Fiabilidad, mostrada en el Alfa de Cronbach, con un alpha global=.8828. a) Dimensión I. Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje $\alpha = .8562$. b) Dimensión II. Estrategias de apoyo al aprendizaje $\alpha = .7753$ y c) Dimensión III. Hábitos de estudio $\alpha = .5420$ (De la Fuente y Justicia, 2003).

Validez externa, comprobada a través de ANOVAS entre los índices de las tres dimensiones (estrategias de aprendizaje) y los índices de rendimiento académico, por lo que se consideró óptimo el uso de este cuestionario, ya se encuentra acorde con el diseño del presente estudio (De la Fuente y Justicia, 2003).

3.2 Método

Estudio cuasiexperimental, de campo, con análisis mixto de tipo cualitativo y cuantitativo, utilizando estadística descriptiva e inferencial y realizadas en un grupo experimental. Poseen tres registros longitudinales: 1) continuos en actividades de aprendizaje registradas en plataforma, 2) semanales en el Cuestionario de principios para la configuración pedagógica de *Smart Classroom* y 3) bimestrales en las escalas de evaluación del ACRA-Abreviado.

La población y muestra fue la misma, porque se aplicó a 65 los discentes inscritos en el primer semestre del turno matutino como del turno vespertino de la carrera de Ingeniería en Computación. No se optó por dividirlos en grupo control y grupo experimental, por cuestiones éticas y los derechos de trato igualitario en aprendizaje de los discentes.

Escenario, son aulas inteligentes con proyectores multimedia, pizarrones digitales computadoras, equipo de videoconferencia y dispositivos móviles (laptops tabletas electrónicas y teléfonos celulares), conexión permanente en internet con banda ancha. La

materia se encuentra dentro de una plataforma con software educativo y la cual se encuentra diseñada por expertos en la materia.

Para búsqueda y consulta de información se utiliza teléfonos inteligentes y tabletas electrónicas, con uso supervisado por docentes (Santana-Mancilla, *et al.*, 2013; Sharma, 2016).

Se tiene acceso a laboratorio inteligente a *Smart Lab*, para la enseñanza de la programación a nivel introductorio. El objetivo principal de *Smart Lab* es presentar a los docentes y discentes estadísticas de desempeño, mediante las cuales el docente puede ayudar a los discentes, sin necesidad de repetir las explicaciones innecesariamente. (Alammary, Carbone y Sheard, 2012).

Análisis cualitativo, se usó el Método de Análisis de Proceso Jerárquico, (en inglés Analytic Hierachy Process, siglas AHP), utilizando la técnica de matriz de prioridad de acuerdo con su grado de consistencia en primer lugar. (Saaty, 2010). Entre las Unidades de Competencia (UAEM, 2015) y los principios configuración pedagógica de *Smart Classroom*.

Análisis cuantitativo, se usó prueba correlacional a nivel de $r \geq 0.75$ entre las tres escalas de evaluación del ACRA-Abreviado para alumnos universitarios, considerándose desde los índices aceptables (Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje $n \geq 18$ ítems, Estrategias de apoyo al aprendizaje $n \geq 8$ ítems y Hábitos de estudio $n \geq 2$ ítems) y cuatro escalas de rendimiento académico, todas con índice de $n \geq 8.00$ punto en el promedio final.

Con ambos análisis se realizó un análisis deductivo para apoyar a la veracidad triangulada de los resultados.

3.3 Hipótesis estadística

Existirá correlación significativa a nivel de $r \geq 0.75$ entre los índices aceptables indicado en las tres dimensiones (I= $n \geq 18$ ítems, II= $n \geq 8$ ítems y III = $n \geq 2$ ítems) de evaluación del ACRA-Abreviado para alumnos universitarios y los índices de las cuatro escalas de rendimiento académico a nivel de $n \geq 8.00$ puntos en el promedio final.

3.4 Procedimiento

- Fase 0 Diseño del cuestionario de principios para la configuración pedagógica de *Smart Classroom*
- Fase 1 Realizar prueba piloto. - Instalar del cuestionario en plataforma educativa y aplicar el Cuestionario de principios para la configuración pedagógica del *Smart Classroom* a una muestra aleatoria de 40 discentes (diferentes semestres que estuvieron tomando clase en el Smart Classroom) de la carrera de Ingeniería en Computación.
- Fase 2 Consentimiento informado. - Se aplicó carta de consentimiento a todos los discentes que ingresaron la investigación.
- Fase 3 Realizar intervención. - Impartir en 6 horas semanales de clase con la U.A. de Programación Estructurada en *Smart Classroom* a la población de 65 discentes de primer semestre pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Computación.

- Fase 4 Evaluar intervención. - Se evaluó cada clase por medio de las cuatro escalas de aprovechamiento académico con: respuesta asertiva de cuestionarios, búsqueda información complementaria, respuesta asertiva de solución de problemas y entrega en forma y tiempo de actividades en equipo (6 horas a la semana de clase por 16 semanas de curso = 96 hrs.) medidas por plataforma de académica
- Fase 5 Aplicar y evaluar. - Semanalmente el Cuestionario de principios configuración pedagógica de Smart (16 semanas que dura el curso) a los dos grupos experimentales.
- Fase 6 Aplicar y evaluar. - Bimestralmente la Escala de estrategias de aprendizaje ACRA-Abreviada para alumnos universitarios.
- Fase 7 Análisis de los datos:
 - 1) Se realizó un análisis cualitativo con Método de Análisis de Proceso Jerárquico, utilizando la técnica de matriz de prioridad y consistencia en primer lugar. Entre las Unidades de Competencia de la U.A. Programación estructurada y el Cuestionario de principios configuración pedagógica de *Smart Classroom* (Saaty, 2010).
 - 2) Se realizó un análisis cuantitativo con estadística descriptiva para obtener las características de la muestra y estadística inferencial para obtener las correlaciones entre los índices de niveles aceptable (28 items en total) de las estrategias utilizadas del ACRA-Abreviada para alumnos universitarios y los índices ($n \geq 8.00$) de evaluaciones de rendimiento académico.

4. Resultados y Discusión

- 1) El análisis descriptivo proporcionó las características generales de 65 discentes que cursan el primer semestre de la carrera de Ingeniería en Computación, obteniendo: *edad promedio* =19 años 5 meses, *género* = 77% masculino y 23 % femenino y *turno* = 58% matutino y 42% vespertino.
- 2) El análisis cualitativo realizado por Método de análisis jerárquico al Cuestionario de principios configuración pedagógica de *Smart Classroom*. Donde se analizaron a 9,360 reactivos calificados. Extraídos 16 cuestionarios con 9 reactivos cada uno ($16 \times 9 = 144$ reactivos) multiplicado 65 discentes ($144 \times 65 = 9,360$). Para seleccionar a la matriz prioritaria de acuerdo con su principio jerárquico (Saaty, 2010).
- 3) A cada principio jerárquico se le asocio las estrategias de aprendizaje utilizadas (ver tabla 1).

Tabla 1: Método de análisis jerárquico de principios pedagógicos del *Smart Classroom* y su correspondencia en estrategias de aprendizaje

¿Qué se aprende? Temas de Aprendizaje	¿Con qué se aprende? Principios pedagógicos del <i>Smart Classroom</i>	¿Cómo se aprende? Estrategia de aprendizaje
Identificar las fases de la metodología de programación estructurada para la solución de problemas Duración 2 semanas	1° Flexibilidad de la disposición física 2° Adaptabilidad 1 3° Orden / Organización 3	1) Adquisición de conceptos. - lenguaje (signos y símbolos), 2) Asimilación. -organización lógica (procesamientos entrada y salida), 3) Elaboración-Asociación los principios básicos para solución de algoritmos y programación estructurada. Solución que únicamente use ciertas operaciones permitidas, como aritméticas, relaciones y lógicas
Diagramas de flujo y pseudocódigo Duración 2 semanas	1° Orden / Organización 2° Personalización 3° Adaptabilidad	1) Adquisición de conceptos. - lenguaje (señales, instrucciones básicas), 2) Asimilación.- organización lógica (procedimientos flujo y estructuras Si entonces o ciclos), 3) Elaboración-efectúa la integración entre los conocimientos previos a los pseudocódigos y 4) Recupera.- búsqueda de codificaciones (pruebas de escritorio).
Arreglos unidimensionales y bidimensionales. Duración 4 semanas	1° Multiplicidad 2° Adaptabilidad 3° Conectividad	1) Organiza. -constituyen por agrupamiento dando mayor significado a la información recibida., 2) Elaboración- integración entre los conocimientos previos a arreglos unidimensionales y bidimensionales. Realiza analogía (traduce) entre pseudocódigos y diagramas de flujo y viceversa, 3) Recupera. - búsqueda de inicios y códigos para la elaboración de arreglos y 4) Proceso metacognitivo.- comprensión para empezar a diseñar soluciones en programa informático.
Técnicas de programación modular. Duración 4 semanas	1° Orden / Organización 2° Seguridad / Seguridad 2 3° Adaptabilidad 3	1) Organiza. - constituyen por agrupamiento segmentando por diagramas, 2) Elaboración- utiliza variables globales y locales en la realización de un programa modular. Realiza analogías (traducción) entre pseudocódigos a lenguaje de programación y viceversa, 3) Recupera.- búsqueda de inicios y códigos para la elaboración de programa modular y 4) Proceso metacognitivo.- identifica funciones por separado y la unión de todos para solucionar problemas complejos aplicando la programación modular.
Utilizar los registros para almacenar y manipular información. Duración 4 semanas	1° Conectividad 2° Multiplicidad 3° Apertura	1) Elaboración- utiliza diferentes tipos de registros para almacenar información, 2) Recupera.- búsqueda de inicios y códigos para manipular información y 3) Proceso metacognitivo.-evalúa el problema y diseñar soluciones a través de programas informáticos.

Fuente: Elaboración propia del estudio 2019.

Se realizó un análisis cuantitativo con estadística inferencial para obtener las correlaciones entre los índices totales del ACRA-Abreviada y los índices de cuatro evaluaciones de rendimiento académico. Seleccionando solo las correlaciones significativas a nivel de $r \geq 0.75$.

1) Evaluación a las 8 semanas.

Tabla 2: Correlación entre índice de dimensiones del ACRA abreviado y índices de rendimiento académico, 8 semanas

Dimensiones del ACRA	Rendimiento académico $n \geq 8.00$ promedio final	r
I Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje $n \geq 18$ ítems	Respuesta asertiva de cuestionarios	0.76
II Estrategias de apoyo al aprendizaje $n \geq 8$ ítems	Búsqueda información complementaria	0.78
	Respuesta asertiva de cuestionarios	0.75
III Hábitos de estudio $n \geq 2$ ítems	Entrega en forma y tiempo de actividades en equipo	0.79

Fuente: Elaboración propia del estudio 2019.

2) Evaluación a las 16 semanas.

Tabla 3: Correlación entre índice de dimensiones del ACRA abreviado y índices de rendimiento académico, 16 semanas

Dimensiones del ACRA	Rendimiento académico $n \geq 8.00$ promedio final	r
I Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje	Respuesta asertiva de solución de problemas	0.87
	Respuesta asertiva de cuestionarios	0.83
II Estrategias de apoyo al aprendizaje $n \geq 8$ ítems	Búsqueda información complementaria	0.93
	Respuesta asertiva de cuestionarios	0.91
III Hábitos de estudio $n \geq 2$ ítems	Búsqueda información complementaria	0.92
	Entrega en forma y tiempo de actividades en equipo	0.85

Fuente: Elaboración propia del estudio 2018.

4.1 Discusión

La presente investigación fue realizada para encontrar las causas o el por qué los discentes que estudian la U.A. Programación Estructurada, impartida en aulas inteligente o *Smart Classroom*, presentan bajos índices de aprobación de dicha U.A., siendo motivo de abandono de la carrera.

Teniendo presente que el tema de estudio es multicausal, se focalizó: 1) *¿Con qué se aprende a programar?*, es decir, el escenario compuesto por el equipo y el material didáctico y 2) *¿Cómo se utiliza?* el equipo y el material didáctico, ambos fueron medidos a través del Cuestionario de principios configuración pedagógica que rigen al escenario *Smart Classroom*. 3) *¿Cómo se aprende la lógica de la programación?* a) En primer lugar tenemos la abstracción de la información y b) En segundo lugar tenemos cómo se utilizan las técnicas de aprendizaje para asimilar la información, medidas a través de la Escala de estrategias de aprendizaje ACRA-Abreviada para alumnos universitarios (procesos de

adquisición y de codificación). 4) *¿Qué se aprende de la lógica de programación?* medido a través de los índices de aprovechamiento obtenidos U.A. Programación Estructurada (proceso recuperación).

Es necesario recordar que la U.A. Programación Estructurada es compleja, porque requiere: adquirir, codificar y recuperar conocimientos en forma simultánea de matemáticas, lógicas y lenguaje de programación (UAEM, 2015).

Para contestar las dos primeras preguntas *¿Con qué y cómo se aprende a programar?* se realizó un análisis cualitativo a través del Método de análisis jerárquico con la técnica de matriz de prioridades (Saaty, 2010).

Los principios pedagógicos del *Smart Classroom* más utilizados fueron: 1) Adaptabilidad. -Ajuste de los recursos a las necesidades de adquisición y reproducción de conocimiento. 2) Orden / Organización. -disposición de cómo se imparte el conocimiento y distribución de los recursos de los espacios con reglas de uso sostenibles. 3) Multiplicidad. - Uso de varios tipos de recursos y estímulos de forma alterna o simultáneas, lo que permite adaptar la emisión de información. 4) Conectividad. - Buena vinculación de red, tanto local como global, para aprovechar al máximo el potencial de los dispositivos electrónicos para acceder gran número de fuentes de información (ver tabla 1).

La tabla 1 también muestra a los principios pedagógicos del *Smart Classroom* con su correspondencia en estrategias de aprendizaje. En este conjunto de datos puede visualizar aplicaciones sensibles al contexto como la ubicuidad de este (Bravo, *et al*, 2014).

4.2 Estrategias de aprendizaje por temas de la U.A. Programación Estructurada

Tema 1: *Identificar las fases de la metodología de programación estructurada para la solución de problemas.*

Primero requiere de la utilización varios recursos didácticos, lo que le va a permitir acceder y adaptarse al nuevo conocimiento. Los cual requiere ser ordenado para poderlo integrar a sus conocimientos previos. La integración es la base de construcción del conocimiento y la solucionar problemas (Maheshwari, 2016).

Tema 2: *Diagramas de flujo y pseudocódigo.*

En primer lugar, está el *Orden / Organización*, es utilizado en los diagramas de flujo que son representaciones compactas e informales de un programa informático. En segundo lugar, se encuentra la *Personalización* porque cada sujeto tiene su forma de integrar nuevos conocimientos (mapa mental). En tercer lugar, tenemos la *Adaptabilidad* de los recursos didácticos, se requiere que existan varios recursos, para que cada uno de ellos representen una parte de la realidad (Maheshwari, 2016). En el anterior tema se puede observar los tres principios se utilizan en las secuencias lógicas y matemáticas, porque la adquisición de conceptos es menor y son flexibles.

Tema 3: *Arreglos unidimensionales y bidimensionales.*

Requiere organizar la información (metacognición) para seleccionar las fuentes de información; jerarquizando en primer lugar la *Multiplicidad*, donde se utiliza simultanea

de diferentes materiales y recursos didácticos que le ayuden a la *Adaptarse* a la U. A. y así poder integrar causa - efecto, datos de un solo tipo (unidimensionales, gráfica de columnas) y a dos causas (datos de dos tipos) para producir un efecto (bidimensionales, gráfica de matriz). Requiriendo de la *Conectividad* como una técnica de búsqueda y apoyo para generar respuesta (Maheshwari, 2016).

En el anterior tema se puede observar que la adquisición de conceptos es menor, pero todos los códigos aprendidos de lenguaje "C" se empiezan a interactuar en formar arreglos (datos consistentes y estáticos), creando cadenas de información utilizando la lógica y la matemática. Se percibe la autorregulación del aprendizaje (metacognición), teniendo en mente simultáneamente (qué, cómo y para qué), permitiendo usar recursos para la ejecución de algoritmo que le ayude a resolver problemas.

Tema 4: *Técnicas de programación modular.*

La cadena de algoritmos puede ser a veces muy larga porque se utilizan las columnas y renglones cuantos sean necesarios para obtener la solución de problemas (análisis detallado de las variables). En primer lugar, se jerarquiza el *Orden / Organización* porque es necesario tener la estructura general (códigos y signos) para sintetizar en subproblemas (módulos) que son lo suficientemente simples para poder ser resueltos. La síntesis entre los problemas complejos a simples les produce incertidumbre, por lo que jerarquizan en segundo lugar la *Seguridad / Seguridad*, seguridad física y mental tener el material a la mano y la certeza que está utilizando los procedimientos lógicos y matemáticos en forma adecuada (disminuye la ansiedad). En tercer lugar, elige la *Adaptabilidad*, el ajuste a sus necesidades académicas (Maheshwari, 2016).

En el anterior tema se puede observar claramente la autorregulación del conocimiento (metacognición) se está planificando, empezando por concepto para entender el problema, evaluando cada uno de los pasos y regulando procedimientos lógicos y matemáticos para emitir un resultado asertivo, lo que le va permitir avanzar, siendo la motivación para continuar con el aprendizaje.

Tema 5: *Utilizar los registros para almacenar y manipular información.*

En primer lugar, se localiza la *Conectividad* que es la búsqueda de información para la adquisición de formas de apilar datos en diferentes órdenes, las cuales sean adecuadas para almacenar, manipular y recuperar. En segundo lugar, tenemos las *Multiplicidad*, es conectarse de todas las formas posibles para alcanzar a manipular la información. Por último, tenemos la *Apertura* donde el conocimiento adquirido en todo el curso no se queda en el aula y en una calificación, sino que es trasladable a otros medios y espacios electrónicos. Reciclándose así la comunicación del conocimiento (Maheshwari, 2016).

En el último tema de cierre del curso se puede observar la reflexión ante el conocimiento (metacognición) porque el discente alcanza a manipular el objeto para la solución de problemas en lenguaje "C", pasando desde el conocimiento de conceptos básicos (qué), entendimientos de la aplicación (cómo) y la utilidad de los mismos (para que) y la extensión en otros planos de la vida productiva, donde la evolución de conocimiento no solo se queda a nivel de conceptos sino requiere de retroalimentación

emocional, siendo indispensable en todos los grados académicos del aprendizaje de ciencias exactas (Barrón, Zatarain y Hernández, 2014).

Para contestar las preguntas *¿Cómo se aprende la lógica de la programación?* Se utilizó las técnicas de aprendizaje, medidas a través de la Escala de estrategias de aprendizaje ACRA-Abreviada para alumnos universitarios (proceso interno, adquisición, codificación y recuperación). *¿Qué se aprende de la lógica de programación?* Se utilizó los índices de aprovechamiento obtenidos U.A. Programación Estructurada (proceso externo, recuperación).

Teniendo presente que la utilización estrategias de aprendizaje influye en el aprovechamiento se realizó la hipótesis correlacional de $r \geq 0.75$ entre los índices de los niveles aceptables (total de 28 ítems) en las tres dimensiones de evaluación del ACRA-Abreviado para alumnos universitarios y los índices de las cuatro escalas de rendimiento académico a nivel de $n \geq 8.00$ puntos en el promedio final.

Hay que recordar que la comprobación de hipótesis estadística se realizó en dos ocasiones, la primera a las 8 semanas de haber iniciado el curso y la segunda a las 16 semanas de haber iniciado el curso.

En la primera ocasión se aceptó tres correlaciones significativas a nivel $r > 0.075$ de las doce probadas, igual a un tercio de aceptación, ver tabla 2.

Correlaciones significativas son: 1) Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje con el uso de respuesta asertiva en cuestionarios. 2) Estrategias de apoyo al aprendizaje con la búsqueda información complementaria y 3) Hábitos de estudio con la entrega de actividades en forma y tiempo.

En la segunda ocasión se aceptó seis correlaciones significativas a nivel $r > 0.075$ de las doce probadas, igual a la mitad de aceptación, ver tabla 3.

Correlaciones significativas son: 1) Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje con: a) Respuesta asertiva de solución de problemas y b) Respuesta asertiva de cuestionarios. 2) Estrategias de apoyo al aprendizaje con: a) Búsqueda información complementaria y b) Respuesta asertiva de cuestionarios y 3) Hábitos de estudio con: a) Búsqueda información complementaria y b) Entrega en forma y tiempo de actividades en equipo.

Como se puede analizar las dos veces que se comprobó la hipótesis estadística. En la primera ocasión presenta menos cantidad y más bajas correlaciones (cuatro, entre $r=75$ a 79) y en la segunda ocasión presenta más cantidad y más altas correlaciones (seis, entre $r=83$ a 93). Lo que indica que los discentes avanzan porque utilizan más estrategias de aprendizaje y por ende obtiene mayores calificaciones. Lo anterior al parecer es muy obvio. Pero es la metacognición cuando el discente piensa como es que se aprende, empieza por autoregularse, lo que le permite seleccionar y utilizar las estrategias que le son útiles, *aprende a aprender*.

Entonces qué pasa con los estudiantes que no alcanzan el éxito, ellos también realizan actividades de metacognición, pero su autorregulación es escasa (González, 2019). Utilizan estrategias que no los lleva al éxito y las fallas los desaniman, por lo que disminuye sus deseos de aprender (Barna, Androne y Dobrota, 2012).

5. Recomendaciones

Hay que recordar que ellos seleccionan desde las dos primeras semanas de aprendizaje *Flexibilidad de la disposición física del material y recursos didácticos* porque necesitan fijar su atención (registro sensorial) pero ellos tienen escasos conocimientos previos y no pueden acomodar los nuevos registros en su mapa mental. Entonces su *Adaptabilidad*, es escasa y por ende no integra el nuevo conocimiento. Estos conocimientos presentan *Orden / Organización* donde reglas precisas les produce mayor conflicto, ya que se requiere de la comprensión para generar procesos mentales (análisis y síntesis) profundo y complejo, lo que les va a permitir construir solución de problemas.

Como se puede observar en la tabla 3, las correlaciones más altas se encuentran en búsqueda información complementaria utilizadas como estrategias de apoyo al aprendizaje y hábitos de estudio, lo que significa que el estudiante con alto rendimiento se encuentra en la postura de investigación para facilitar su desempeño y el simple hecho de conseguirla ya le es gratificante. La aplicación de actividades académicas (solución asertiva de cuestionarios y problemas) lo motiva a continuar con la misma conducta. El fenómeno de adaptación al nuevo conocimiento y la lógica interna de los mismos se van modificando positivamente durante el curso (Friz, y Sanhuesa, 2011).

6. Conclusiones

Los discentes que no aprueban tienen por varios motivos. 1) Adaptación, el curso no se adaptó a sus necesidades de adquisición y reproducción de conocimiento (falla en el diseño plataforma) siendo que el nivel de emisión del conocimiento no era acorde con el nivel de recepción. La abstracción que realiza es parcial o nula, porque requiere conectarse con sus conocimientos previos (para que adquiera significado), aunque hablamos de conceptos nuevos, éstos siempre se tienen que integrar los conocimientos previos. 2) Orden / Organización es esencial porque la información compleja contiene elementos interconectados y entrelazados que requieren consistencia en conceptos y leyes que los rigen y cuando pierden estabilidad no serán asimilados. 3) Multiplicidad el uso varios tipos de recursos en forma alterna o simultáneas, permite que el sujeto ponga a prueba sus técnicas de aprendizaje en diferentes canales y se dé el aprendizaje. 4) Conectividad como seres sociales siempre requerimos de buscar y confirmar información. Aunque sea una máquina que nos proporciona retroalimentación, pero al final del camino se requiere del ser humano que ratifique la retroalimentación, *somos entes sociales* (Barrón, Zatarain, y Hernández, 2014).

Las matemáticas y el lenguaje de programación son lenguaje formal (contienen reglas internas), siendo representaciones simbólicas de la realidad con sus específicas semánticas y sintaxis. Sin embargo, ambos comparten su estructura interna con el lenguaje natural, lo que los hacen comprensibles, poseyendo razonamientos lógicos para resolver problemas.

Los discentes que no aprenden, es porque continúan con una actitud pasiva ante la recepción del conocimiento, utilizando técnicas de seguimiento de instrucciones sin

reflexionar, repetición de contenidos y procesos, copia de plantillas y símbolos. Las anteriores acciones les impiden analizar y comprender la semántica y la sintaxis del lenguaje que está aprendiendo. Entonces el discente comete arbitrariedades, emitiendo conceptos y reglas que no corresponde. Mientras la plataforma solo le emite un mensaje “error”, que no le aclara la duda. El discente continúa procurando saltar proceso para avanzar, sin lograrlo. La actitud ante el aprendizaje es clave, independiente de escenarios virtuosos como es el aula inteligente. (Bravo, et al., 2014).

El aprender códigos y sus reglas no solo requiere “saber a aprender” sino también requiere de “saber a enseñar” a través de una plataforma educativa y un tutor, para emitir conceptos claros, verdaderos y significados con principios y procesos formales, lo que le van a dar la pauta para resolver problemas de la realidad física o virtual (Godino, 2000).

Esto quiere decir que la plataforma y el tutor tienen que enseñar con analogías para que el discente obtenga aprendizaje significativo (Flores y Juárez, 2017). Después podrán aplicar las reglas para fijar y manipular el conocimiento. No hay que olvidar que la tecnología es sólo una herramienta que facilita y acelera el aprendizaje. Pero el que guía del camino es el tutor.

Sin olvidar que el lenguaje natural o formal, sirve para la comunicación entre seres humanos y que la tecnología es una herramienta que facilita la comprensión y conocimiento de las leyes universales y la convivencia humana.

Referencias

- Alammary A., Carbone A. & Sheard J. (2012). Implementation of a Smart Lab for Teachers of Novice Programmers. *ACE '12 Proceedings of the Fourteenth Australasian Computing. Education Conference*, 123, 121–130. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2483731>
- Antona M., Leonidis A., Margetis G., Korozi M., Ntoa S. y Stephanidis C. (2011). A Student-Centric Intelligent Classroom. *Proceedings of the Second International Joint Conference on Aml*, 248–252. doi 10.1007/978-3-642-25167-2_33
- Barna J., Androne M. y Dobrota C. (2012). Linguistic orientation and methodological perspectives in the philosophy of the contemporary education. *Social and Behavioral Sciences*, 47, 1770-1774. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.898
- Barrón M., Zatarain R. y Hernández Y. (2014). Tutor inteligente con reconocimiento y manejo de emociones para Matemáticas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 16, (3), 88-102. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/954/966> Consultado 25 mayo 2020.
- Bravo J., Hervás R. y Chavira G. (2005). Ubiquitous Computing in the Classroom: An Approach through Identification Process. *Journal of Universal Computer Science*, 11, (9), 1494-1504. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.96.5542&rep=rep1&type=pdf>. Consultado 30 junio 2020.

- Bravo J., Hervás R., Sánchez, I. y Crespo A. (2014). Servicios por identificación en el aula ubicua en L. de Millán (Consejero Educación). *XVI Simposio internacional de Informática Educativa (SIIE'04)*, 26-27. La Rioja, España. 14-16 de noviembre 2014.
- Cairó Battistutti O. (2006). *Fundamentos de programación. Piensa en C.*, Ciudad de México: Pearson Educación.
- Chamba-Eras, L., Aguilar, J. (2017). Augmented Reality in a Smart Classroom - Case Study: SaCI. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 12(4),165-172. Recuperado de: DOI: 10.1109/RITA.2017.2776419
- De la Fuente A. y Justicia F. (2003). Escala de estrategias de aprendizaje ACRA-Abreviada para alumnos universitarios. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa y Psicopedagógica*, 1 (2), 139-158. Recuperado de: www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/articulos/2/espanol/Art_2_16.pdf
- Díaz Godino J. (2000). *Perspectiva de la didáctica de las matemáticas como disciplina científica*. Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada. España. http://www.ugr.es/~jgodino/fundamentos_teoricos/perspectiva_ddm.pdf. Consultado 13 mayo 2020
- Flores G. y Juárez E. (2017). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en Bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19 (3), 71-91. <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.3.721>
- Friz M. y Sanhuesa S. (2011). Concepciones de los estudiantes para profesor de matemáticas sobre las competencias profesionales implicadas en la enseñanza de la estadística. *Revista Electrónica de investigación Educativa*, 13 (2), 113-131. Recuperado de: <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/287>. Consultado 12 junio 2020.
- González J. E. (2019). Análisis metacognitivo de competencias adquiridas por tecnologías de la comunicación e información en nivel superior. *Procesos de Investigación en Educación Superior*. México, Editorial Centros de Estudios para la Investigación del Desarrollo Docente. pp. 85-10
- González J., López C., Trujillo M. y Bautista L. (2019). Instrumento certificador de tecnologías de la información y comunicación y tecnologías del aprendizaje y el conocimiento para docentes universitarios. *Revista Interamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10 (19) pp. Electrónica. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.516>
- Gutiérrez Martínez F. (2005). *Teorías del proceso cognitivo*, Madrid, España: McGraw-Hill/Interamerican.
- Lozano A. (2004). El aula inteligente: ¿hacia un nuevo paradigma educativo?, [Reseña del libro: El aula inteligente: Nuevas perspectivas]. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 6 (2), 168-198. <http://redie.uabc.mx/vol6no2/contenido-lozano.html>. Consultado 14 febrero 2020.
- Maheshwari V. K. (2016). *The concept of smart classroom*, En línea, de: <http://www.vkmaheshwari.com/WP/?p=2352>

- Mazaeda E. R. y Fuente L. E. (2016). Introducción al C++ versión 11 (C++ moderno). Tesis. *Escuela de Ingenierías Industriales*. Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/17502>. Consultado 28 junio 2020.
- García Martínez, L. F. (2019). La autoevaluación: alternativa constructivista para la metacognición y el rendimiento académico en un curso de Ingeniería Industrial. *Revista Educación en Ingeniería*, 14(27), 138-147. <https://doi.org/10.26507/rei.v14n27.949>
- Pinto Sierra J.M. y Martínez Sánchez J. (1994). La teoría de Jean Piaget y el aprendizaje de las ciencias. Monografía. Colección "Cuadernos del CESU, UNAM. 30 3-110". Recuperado de: <https://biblat.unam.mx/es/revista/cuadernos-del-cesu-unam/> (consultado 01 septiembre 2019).
- Román Sánchez J.M. y Gallego Rico S. (2008). *Escala A.C.R.A.* Madrid, España: TEA Ediciones, S.A.
- Saaty L. Thomas (2010). *El proceso analítico de jerarquía: planificación, establecimiento de prioridades, asignación de recursos*, 5° ed., Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Sánchez I. Jaime (2000). *Nuevas tecnologías de la información y comunicación para la construcción del aprender*. Santiago de Chile, LMA Servicios Gráficos.
- Santana-Mancilla P., Echeverría M., Santos J. C., Castellanos J. & Díaz A. (2013). Towards Smart Education: Ambient Intelligence in the Mexican Classrooms. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, pp. 3141-3148. <https://doi.org/10.1016/j.SBSPRO.2013.12.363>
- Sharma H. (2016). Effectiveness of EDUCOMP smart classroom teaching on achievement in mathematics at elementary level. *International Journal of Applied Research*, 2 (6), 683-687. <http://www.allresearchjournal.com/archives/2016/vol2issue6/PartK/2-6-124-334.pdf>
- UAEM (2015). *Unidad de Aprendizaje, Programación Estructurada*. Programa de estudio por competencias, Licenciatura: Ingeniería en Computación, Secretaría de Docencia Dirección de Estudios Profesionales, Universidad Autónoma del Estado de México, México. <http://148.215.1.135/programas/admin/FrmCatUnd2.html>
- Yojanes Aguilar L. y Zahonero Martínez I. (2005). *Programación en C. Metodología, algoritmos y estructura de datos*. 2° ed., Madrid, España, McGraw Hill.

Creative Commons licensing terms

Author(s) will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Education Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflicts of interest, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated into the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).