

Relación entre las habilidades cognitivas y el desempeño en cálculo en estudiantes de ingeniería

David Agudelo-Grajales, Daniela Betancur-Cardona

Renato Zambrano-Cruz (asesor)

Centro de Habilidades Cognitivas, Universidad Cooperativa de Colombia



Resumen

El modelo de inteligencia de Cattell-Horn y Carroll (CHC) constituye una herramienta fundamental a partir de la cual comprender procesos cognitivos como el aprendizaje, teniendo así por objeto en esta investigación, establecer una relación entre habilidades cognitivas y desempeño académico en cálculo de 9 estudiantes de ingeniería (60% mujeres) de la ciudad de Medellín. Se hizo un estudio cuantitativo con un muestreo intencional en el cual se aplicó la batería WAIS-IV (Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-IV) cuyos resultados fueron correlacionados con las notas de desempeño académico en cálculo de los participantes. Se estableció que las habilidades velocidad de procesamiento (Gs) ($r= 0.788$) y memoria de trabajo (Gwm) (.676) fueron las que demostraron tener una relación más sólida con la variable cálculo, siendo así mejores predictoras de desempeño académico exitoso. Los resultados se contradicen con hallazgos previos donde se postula el procesamiento visoespacial (Gv) como una habilidad con alta influencia en el aprendizaje del cálculo.

Palabras clave: *Habilidades cognitivas, cálculo, ingeniería, velocidad de procesamiento, memoria a corto plazo.*

Introducción

En los últimos años la preocupación a nivel mundial ha incrementado respecto a la baja cantidad de ingenieros, sus consecuencias han llegado a afectar el desarrollo tecnológico del mundo y Colombia no es ajena a dicha preocupación. La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) y Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación (MEN) han concluido que la ingeniería está en crisis (Serna y Serna, 2015). En el caso colombiano uno de los factores más importantes es la deserción estudiantil, se calcula que aproximadamente el 45.1% de los universitarios deserta; para las ingenierías la cifra asciende al 55.58%, siendo el puntaje más alto en todas las áreas de conocimiento a nivel nacional (Observatorio de educación superior de Medellín – ODES, 2017).

Se calcula que únicamente un 29.18% de los estudiantes se gradúan en un periodo de tiempo acorde con su ingreso. Dentro de las principales causas de este fenómeno se encuentran dificultades socioeconómicas, problemas asociados a la salud, exámenes de admisión sin diseños específicos según la carrera y bajo rendimiento en el desempeño académico (MEN, 2016). En el año 2002 bajo el decreto 230 se efectuaba la promoción automática de los estudiantes con bajo rendimiento académico, que al ingresar a las universidades y enfrentarse a los modelos evaluativos de la educación superior tenían un desempeño negativo, siendo en ese momento el bajo promedio académico la base fundamental de la deserción (Gonzales, 2013). Según análisis sobre pruebas académicas estandarizadas ICFES Saber 11, las cifras sobre el desempeño académico en la educación básica secundaria continúan siendo desalentadoras, con resultados de 51,48 sobre 100 puntos, denotando que los jóvenes no cumplen de forma adecuada los criterios de educación ni aptitudes necesarias para el ingreso a la educación superior y la vida laboral (MEN, 2017). De acuerdo con los informes de la OCDE (2016) un 28% de los estudiantes de 15 años se gradúan de la educación básica secundaria sin niveles mínimos en al menos una de tres áreas; lectura, ciencia y matemáticas.

La resolución ministerial 2773 de 2003 determina que para la formación del estudiante de ingeniería la base del conocimiento se compone de ciencias básicas tales como Ciencias Naturales

y Matemáticas. Esta última constituye la formación científica del ingeniero, lo que constituye el eje principal para el desarrollo de habilidades del pensamiento (Higuera, 2016). En cuanto a los programas de ingeniería en Colombia las asignaturas que caracterizan los 5 primeros semestres son: cálculo diferencial, cálculo integral, cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales, álgebra lineal, estadística y probabilidad (ACOFI, 2013).

En cuanto a las matemáticas éstas se dividen en las áreas de álgebra, probabilidad, estadística y cálculo (ICFES, 2017). La importancia del cálculo en el desarrollo de la ingeniería radica en su uso para la interpretación, planteamiento y resolución de problemas específicos de la carrera (Ruiz, Carmona y Salvador, 2016). El desarrollo de la ingeniería ha estado directamente relacionado con el avance de las matemáticas, en lo cual el cálculo ha tenido una influencia significativa dada su contribución a la potenciación del pensamiento lógico, representando una herramienta en la invención o mejoramiento de modelos matemáticos aplicables al desarrollo científico y tecnológico del país (Soler, Núñez, Aranda, 2008).

El cálculo es una rama de las ciencias que permite estudiar matemáticamente, a través de sistemas de signos, el comportamiento de operaciones y problemas numéricos para encontrar funciones, clasificarlas y demostrarlas a través de valores que se representan en gráficas, permitiendo la síntesis, el análisis y la comprensión de conceptos y relaciones entre variables abstractas (Steward, 2008). Según National Research Council (2014) el aprendizaje de las matemáticas tiene un papel crucial en el desarrollo cognitivo de los estudiantes, lo que permite desde temprana edad el desarrollo del pensamiento espacial, la medición, la atención, la memoria y la capacidad para resolver problemas complejos. Por otra parte, según Fomoso, et al (2017) la enseñanza y aprendizaje del cálculo influye directamente en la memoria de trabajo verbal, la automatización de procesos de conteo y el almacenamiento de hechos aritméticos en la memoria a largo plazo.

Ahora bien, las competencias que se evalúan en la ingeniería son: Capacidad de abstracción, análisis y síntesis (ACOFI, 2013). Dichas competencias tienen una relación directamente proporcional con la inteligencia (Denis, 2016). Según la teoría de Catell, Horn (CHC), la inteligencia se divide en dos: la primera, inteligencia Fluida (Gf), referida a las operaciones mentales que ejecuta un sujeto al enfrentarse a una tarea relativamente nueva y que no pueden ser realizadas de manera automática. Algunas de las operaciones mentales pueden

incluir la formación y el reconocimiento de conceptos, relacionamiento de patrones, extracción de conclusiones, comprensión de implicaciones, resolución de problemas, extrapolación y reorganización de la información. Inteligencia cristalizada (Gc), describe la amplitud y profundidad del conocimiento sobre la cultura y el uso de dicho conocimiento, tal razonamiento es esencialmente lingüístico y representa habilidades desarrolladas a lo largo de la experiencia (Horn y Blankson, 2005 en Flanagan y Kaufman, 2009).

McGrew y Weldling (2010) realizaron un revisión sistemática a partir de 19 artículos publicados entre 1988 y 2009 basados en cuatro logros (habilidades de lectura, comprensión de lectura, habilidades matemáticas y razonamiento matemático) con estudiantes entre los 6 y los 9 años de edad, en el estudio se encontró que razonamiento cuantitativo y lectura tienen una relación directamente proporcional al rendimiento positivo en matemáticas, además se encontró una relación con las siguientes habilidades amplias: Velocidad de procesamiento (Gs), Memoria a corto plazo (Gsm), Comprensión-conocimiento (Gc) y Razonamiento fluido (Gf).

Cormier. et al. (2017), logra establecer una relación entre el modelo CHC y el desempeño en matemáticas, el estudio posee una muestra que comprende 4,194 niños en edad escolar y jóvenes entre 6 y 19 años de edad, para evaluar sistemáticamente las relaciones entre las capacidades cognitivas y los componentes del rendimiento académico en matemáticas, para este último se incluyó la capacidad de desempeño en cálculo y resolución de problemas, para ello se usaron las baterías Woodcock – Johnson IV (WJ IV, COG) que evalúa las CHC y (WJ IV, AHC) que mide las habilidades en cálculo. Los resultados de la investigación demostraron que las habilidades de Razonamiento fluido (Gf), el conocimiento de comprensión (Gc), y la velocidad de procesamiento (Gs) tienen las relaciones más sólidas y consistentes con las matemáticas y el progreso a lo largo de todo el ciclo académico.

Por otro lado, la preferencia de los mecanismos visuales y analíticos para la resolución de problemas ha sido estudiada en diversas ocasiones en su relación con las matemáticas, la geometría, el cálculo y la física. En un estudio realizado por Kozhevnikov (2006) se evaluó a 60 estudiantes de psicología con pruebas de cinemática y baterías que medían el procesamiento viso espacial, para ello se usaron pruebas paralelas como mediciones de movimiento ocular y protocolos de pensamiento verbal. Los resultados arrojaron una relación importante entre la capacidad para la solución de problemas en física con el uso del procesamiento viso espacial. Por

otro lado, se encontró que la velocidad de procesamiento se relaciona con la capacidad para resolver problemas complejos. Se encontró también una relación entre la capacidad viso espacial y la memoria de trabajo.

Por su parte, Haciomeroglu (2015) realizó un estudio en el cual pretendía determinar la relación existente entre procesamiento visual analítico, la capacidad espacial y lógico verbal, con el rendimiento en el cálculo, el estudio fue realizado con 150 estudiantes entre 16 y 18 años de edad, en él se encontró que las habilidades cognitivas no predicen el modo de preferencia por el procesamiento visual o analítico, sin embargo, se estableció una relación importante entre la capacidad lógico – verbal y la capacidad visual-espacial con la habilidad de los estudiantes para resolver problemas en física y matemáticas.

En otro estudio del mismo autor Haciomeroglu (2016), se evaluó la relación entre la visualización objeto-espacial y los estilos cognitivos verbales entre los estudiantes de secundaria y las diferencias relacionadas en la capacidad espacial, la capacidad de razonamiento verbal-lógico y el rendimiento matemático. Los datos fueron recolectados de 348 estudiantes adscritos a programas de cálculo avanzado de 6 diferentes instituciones educativas, para el mismo fueron realizadas pruebas estandarizadas tales como el Cuestionario de imágenes y objetos espaciales (OSIVQ), el kit de pruebas de referencia para factores cognitivos y los resultados en pruebas de cálculo integral. En el estudio se determinó que la capacidad de razonamiento verbal-lógico y el rendimiento matemático estaban significativamente correlacionados entre sí, además se encontró también que los individuos con preferencia de visualización espacial alta tenían una capacidad espacial y puntuaciones de rendimiento matemático significativamente mayores que los visualizadores de objetos altos, este estudio demuestra una alta relación entre los estilos cognitivos verbales, las habilidades cognitivas y el rendimiento en matemáticas.

A través de la revisión de investigaciones que relacionan las habilidades cognitivas y el aprendizaje del cálculo, se halló que el razonamiento fluido (Gf) posee una relación más fuerte con el aprendizaje del cálculo, del mismo modo que habilidades amplias tales como velocidad de procesamiento (Gs), memoria a corto plazo (Gsm) y comprensión-conocimiento (Gc), (McGrew y Weldling 2010). Por otro lado, para Kozhevnikov (2006) y Haciomeroglu (2016) el procesamiento visoespacial (Gv) y la memoria de trabajo (Gsm) tienen una relación más consistente con el aprendizaje y éxito en la resolución de problemas de cálculo.

Según lo anterior, generamos como hipótesis que la memoria de trabajo, el razonamiento fluido, la velocidad de procesamiento, procesamiento visoespacial y el razonamiento cristalizado se relacionan significativamente con el aprendizaje del cálculo en estudiantes universitarios de ingeniería.

Metodología

Diseño

Se optó por un diseño correlacional – transversal, enfocado en determinar la relación entre dos variables, en este caso, el aprendizaje del cálculo en estudiantes de ingeniería y su relación con las habilidades cognitivas.

Participantes

La población está conformada por una muestreo intensional - no probabilístico de 9 estudiantes de ingeniería en la ciudad de Medellín, cuya población total está estimada en 20.000 estudiantes. Los evaluados participaron de forma voluntaria, teniendo en cuenta que aquellos con enfermedades neurodegenerativas y/o que estuviesen bajo la influencia de sustancias psicoactivas eran excluidos de la muestra.

Tabla 1

Datos De La Muestra

Género	Semestre	Edad	Promedio
F	7	23	3.9
F	5	20	3.2
M	4	22	3.9
M	7	22	3.7
F	4	21	4.5
M	3	24	3.0
M	4	21	4.2
F	5	22	3.9
F	7	22	2.3

Instrumentos

WAIS-IV (Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-IV).

La escala Wechsler permite la evaluación individual de la inteligencia en personas de 16 a 89 años de edad, a partir de cuatro áreas cognitivas (comprensión verbal, razonamiento

perceptivo, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento) y 15 subpruebas cuyas puntuaciones compuestas reflejan el CI total del evaluado. La prueba posee una alta confiabilidad y adecuados coeficientes de validez, con un promedio de confiabilidad de .90 para cada una de las subpruebas. La batería fue validada al idioma español en México por la editorial Manual Moderno (Wechsler, 2005).

Cálculo

Se solicitaron las notas finales de una asignatura de cálculo (en cualquiera de sus variantes) que haya sido cursada por los estudiantes de ingeniería,

Procedimiento

Se convocó a estudiantes de ingeniería de la ciudad de Medellín, administrando pruebas a 90 participantes entre los 20 y los 25 años de edad. Todos los sujetos firmaron el consentimiento informado.

Plan de análisis

Se hizo un análisis correlacional con el programa estadístico SPSS. Debido a que el tamaño de la muestra no permite establecer normalidad, se utilizó un análisis de correlación de Spearman.

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló siguiendo los parámetros que rigen la psicología en Colombia consignados en la Ley 1090 de 2006. Especialmente, se dio cumplimiento a aspectos como el uso del consentimiento informado, la libertad de participación y la confidencialidad de la información. Se planteó, además, la responsabilidad de hacer devolución de los datos recolectados mediante informe individualizado de los resultados de las pruebas, asesoría en caso de resultados que evidenciaran indicadores clínicos y divulgación general de los resultados en las universidades que participaron.

Resultados

El análisis de la relación entre las variables, aportadas por la prueba en su relación con el coeficiente intelectual total permite determinar que los evaluados están por encima de la media (117), siendo los más representativos el índice de comprensión verbal relacionado a la cantidad y calidad en el uso de la información verbal (126) y razonamiento perceptual relacionado con la capacidad para comprender y usar información visual (116). Por otro lado, la media del desempeño en cálculo (3.6) representa que los estudiantes de ingeniería evaluados aprueban sus asignaturas de cálculo cumpliendo aproximadamente con el 73% de los requisitos necesarios de cada asignatura (ver tabla 1).

Tabla 2

Estadísticos descriptivos de habilidades cognitivas y rendimiento en cálculo

	N	Media	Desviación estándar
Índice de Comprensión Verbal	9	126,33	14,705
Índice de razonamiento perceptual	9	116,67	7,331
Índice de memoria de trabajo	9	106,22	8,228
Índice de velocidad de procesamiento	9	105,78	5,932
Coeficiente intelectual total	9	117,67	7,500
Cálculo	9	3,622	,6760

El coeficiente de correlación más alto del cálculo se encontró entre las variables de memoria de trabajo y velocidad de procesamiento, lo cual implica que a mayor resultado en dichas habilidades mejor será el desempeño académico en cálculo. Esto se relaciona con los resultados de otras investigaciones que describen una relación sólida entre memoria de trabajo y velocidad de procesamiento con el aprendizaje. Contrario a lo que indica la hipótesis, los índices de

razonamiento perceptual y comprensión verbal no poseen una relación de alta significancia con la variable cálculo (tabla 2).

Tabla 2

Correlaciones no paramétricas entre habilidades cognitivas y cálculo

		Cálculo
Índice de comprensión verbal	Rho de	0,281
	Spearman	
	Sig. (bilateral)	0,464
Índice de razonamiento perceptual	Rho de	0,190
	Spearman	
	Sig. (bilateral)	0,624
Índice de memoria de trabajo	Rho de	,676*
	Spearman	
	Sig. (bilateral)	0,046
Índice de velocidad de procesamiento	Rho de	,788*
	Spearman	
	Sig. (bilateral)	0,012
Coficiente intelectual total	Rho de	0,603
	Spearman	
	Sig. (bilateral)	0,085

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Discusión

Todas las investigaciones establecen una relación directa entre el aprendizaje general, y específicamente de las matemáticas y el cálculo, con los índices de memoria de trabajo y velocidad de procesamiento; resultados que se ven reflejados en la presente investigación, siendo consistente con los análisis de otras investigaciones (Kozhevnikov, 2006 y Haciomeroglu, 2016), y determinando una relación entre ambas habilidades con el aprendizaje del cálculo. Al contrario de los resultados que relacionan el aprendizaje del cálculo con mecanismos visoespaciales, esta investigación no reflejó una relación significativa entre las dos variables.

Aunque los resultados no reflejan un papel fundamental del procesamiento viso espacial en relación con la variable cálculo, es importante tener en cuenta lo establecido por Newton y McGrew (2010) donde se determinó que la velocidad de procesamiento se predice mejor por el procesamiento visoespacial, teniendo en cuenta, además, que esta habilidad se compone de cuatro elementos: escaneo, reconocimiento de patrones, memoria y complejidad, que se refiere a la capacidad para manipular mentalmente imágenes en más de dos dimensiones. Según Muriel (2014) el procesamiento visoespacial se define como la capacidad para generar, almacenar, recuperar y transformar imágenes; esto a su vez, puede describir el resultado de la baja relación entre el procesamiento visual y la variable cálculo como una serie de operaciones a través de las cuales se encuentra una relación entre dos funciones que pueden ser expresadas a través de sistemas de signos y/o gráficos (Steward, 2008). Si bien el procesamiento visual puede influir en el aprendizaje del cálculo, el nivel de complejidad de dicha habilidad no es elevado respecto de la operacionalización de las funciones que se pueden representar visualmente pero no necesariamente se manipulan mentalmente para llegar a un resultado.

La velocidad de procesamiento, que demostró poseer una relación consistente con la variable cálculo se define como la capacidad para realizar de manera rápida, efectiva y fluida una tarea cognitiva (Newton y McGrew, 2010). Dicha habilidad está compuesta por velocidad de percepción (capacidad para hallar similitudes y diferencias entre estímulos visuales, que a su vez se compone por reconocimiento de patrones, escaneo y memoria), velocidad de lectura y escritura, velocidad numérica y velocidad de razonamiento. Según Jewsbury, Stephen y Duff. (2016) la amplitud de los componentes de la velocidad de procesamiento es determinante en el logro del aprendizaje general. Específicamente la relación entre velocidad de procesamiento y cálculo puede

ser explicada mejor por los elementos necesarios para la solución de una función que se componen de la capacidad para analizar una expresión simbólica y hallar la forma en la cual esta pueda representarse de forma gráfica (Steward, 2008), encontrando patrones en las relaciones de variables, proceso que además debe ser rápido y se aplica tanto para la conversión de símbolos a gráficos como de gráficos a símbolos. Por otro lado, la velocidad de procesamiento es lo que permite que los conocimientos adquiridos y los nuevos estímulos puedan integrarse a partir de la memoria de trabajo, consolidando la nueva información y permitiendo la optimización del proceso cognitivo para nuevas tareas del mismo tipo (Newton y McGrew, 2010).

La memoria de trabajo cuya relación es también consistente con la variable cálculo, puede definirse según Newton y McGrew (2010) como la capacidad de almacenar y realizar temporalmente un conjunto de operaciones cognitivas sobre información que requiere atención dividida y la gestión de los recursos de capacidad limitada; esta se compone de procesos de bucle fonológico – articulatorio y boceto visoespacial. Para Jewsbury, Stephen y Duff (2016) la memoria de trabajo es lo que permite la gestión de la información, gestión que es rápida y que está estrechamente relacionada con la velocidad de procesamiento, y a su vez con el aprendizaje general. La relación entre memoria de trabajo y cálculo puede verse explicada por la necesaria capacidad para almacenar la información que permita encontrar la relación entre las variables que se analizan matemáticamente.

Los antecedentes de investigación que evalúan la relación entre desempeño académico y habilidades cognitivas describen un vínculo consistente entre los índices Velocidad de procesamiento, Memoria a corto plazo, Comprensión-conocimiento y Razonamiento fluido (McGrew y Weldling, 2010). Por otro lado, aquellos que establecen una relación entre la teoría CHC y el aprendizaje de las matemáticas describen una correlación más sólida con Razonamiento fluido, el conocimiento de comprensión, y la velocidad de procesamiento, (Cormier, et al. 2017). Específicamente en las habilidades relacionadas al aprendizaje del cálculo investigadores como Kozhevnikov (2006) y Haciomeroglu (2016) establecieron que procesamiento visoespacial y memoria de trabajo eran las habilidades con una relación más consistente en el aprendizaje, siendo los mecanismos visoespaciales aquellos con aparentemente mayor protagonismo en el procesamiento del cálculo.

Los resultados obtenidos tienen implicaciones de alta importancia para el desarrollo de procesos evaluativos que permitan escoger de una manera más adecuada aquellos individuos que posean las habilidades específicas necesarias para alcanzar el logro académico según su campo de formación, en este caso ingeniería, la cual, posee un índice de deserción del 55.5% altamente relacionada con el bajo rendimiento académico, especialmente en las asignaturas de cálculo, (Sistema para la prevención de la deserción en instituciones de educación superior -SPADIES, 2017). La posibilidad de llevar a cabo procesos de selección para el ingreso a la educación superior con indicadores más precisos de habilidades que predigan mejor el rendimiento en cálculo, materia central dentro de la formación ingenieril (ACOFI, 2013), permitiría no solo reducir la deserción y los largos plazos de graduación promedio, sino, mejorar la calidad de los profesionales que egresan de las diferentes áreas de ingeniería.

En la presente investigación los resultados provienen de una muestra de baja representatividad respecto a la población total de estudiantes de ingeniería en la ciudad de Medellín, ante lo cual, no es posible generalizarlos. Es preciso, como recomendación para futuras investigaciones incrementar la muestra para aumentar la confiabilidad de los resultados.

Por otro lado, la toma de las notas académicas resultado del desempeño académico en cálculo que se usaron como variable, provienen de las notas finales, por lo que dicho promedio incluye actividades que pueden no estar directamente relacionadas con el cálculo (Exposiciones y actividades extra curriculares de recuperación); para mejorar la confiabilidad de las notas como medidoras del desempeño en cálculo sería preciso obtenerlas de los resultados de exámenes finales, esto aportaría a la confiabilidad de los resultados, incrementando la precisión en el promedio de dicha variable.

A partir de los resultados obtenidos por la investigación, se recomienda considerar los resultados que relacionan las variables velocidad de procesamiento y memoria de trabajo como predictores del desempeño positivo en cálculo, y como posibles medidoras para el establecimiento de procesos de selección que permitan incorporar los estudiantes más aptos, de modo que sea posible tener dentro de las áreas de formación en ingeniería estudiantes con más posibilidades de éxito académico según sus habilidades cognitivas.

Referencias

- Serna, E y Serna, A. (2015). Crisis en la ingeniería en Colombia - Estado de la cuestión. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 63 – 74.
- ODES. (2017). *Deserción en la educación superior*. Recuperado de: http://www.sapiencia.gov.co/wp-content/uploads/2017/07/BOLETIN_ODES_DESERCION_EN_LA_EDUCACION_SUPERIOR.pdf
- ACOFI. (2013). *Generalidades de las especificaciones para los módulos de competencias específicas de la prueba saber pro para el área de ingeniería*. Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería. Recuperado de: http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/12/Presentacion_ACD_FINAL.pdf
- OCDE. (2016). *Estudiantes de bajo rendimiento ¿por qué se quedan atrás y cómo ayudarles a tener éxito?* Unión Europea, PISA. Recuperado de: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-Estudiantes-de-bajo-rendimiento.pdf>
- Ministerio de educación Nacional. (2017). *Informe nacional; saber 11, 2014 II – 2017 II* Min Educación, ICFES, en línea, recuperado de: www2.icfes.gov.co/.../5455-informe-nacional-de-resultados-2014-ii-2017-ii-saber-11
- Ministerio de educación Nacional. (2016). Estadísticas de deserción y graduación 2015. Recuperado de: https://www.mineduccion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articulos-357549_recurso_3.pdf
- Gonzales, L. (2013). El rendimiento académico y la deserción en la educación superior. *Revista principal IURIS*, 19, 151 – 162.
- Higuera, O. (2016). Deserción estudiantil en Colombia y los programas de ingeniería de la UPTC seccional Sogamoso. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 17(1), 70-76. <https://DOI.org/10.19053/1900771X.v17.n1.2017.5593>

- ICFES. (2017). *¿Qué evalúa la prueba de matemáticas?* Instituto Colombiano para la evaluación de la educación. Recuperado de: <http://www2.icfes.gov.co/normatividad/conpes/item/2387-que-evalua-la-prueba-de-matem%C3%A1tica>
- Ruíz, E., Carmona, E., Salvador, A. (2016). Importancia del cálculo en el desarrollo académico del ingeniero. *Pistas Educativas*, 120, 402-420.
- Soler, F., Núñez, R. & Aranda, M. (2008). *Cálculo en aplicaciones*. Ed Pearson Prentice Hall.
- National Research Council (2014). Fundamentos cognitivos para la iniciación en el aprendizaje de las matemáticas. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 3(1), 21-48.
- Formoso, J., Ricle, I., Jacobovich, S., Barreyro, J. (2017). Cálculo mental en niños y su relación con habilidades cognitivas. *Acta de Investigación Psicológica - Psychological Research Records*, 7 (3) 2766-2774.
- Steward, J. (2008). *Cálculo de una variable*. Ed. Cengage Learning. Sexta edición, España.
- Denis, S. (2016). *Relación entre la memoria y la inteligencia lógico-matemática*. (Trabajo de grado de maestría no publicado). Universidad internacional de la RIOJA, España. Recuperado de: <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/4732/DENIS%20SCARPETTA%2C%20ELKIN%20EDUARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flanagan, A y Kaufman, D. (2009). *Claves para la evaluación con WISC-IV. Segunda edición*. Ed. El manual moderno.
- McGrew, K. S. y Wendling, B. J. (2010). Cattell–Horn–Carroll cognitive-achievement relations: What we have learned from the past 20 years of research. *Psychology in the Schools*, 47(7), 651-675.
- Cormier, C. Okan, B. McGrew, K. Singh, D. (2017) Exploring the Relations between Cattell–Horn–Carroll (CHC) Cognitive Abilities and Mathematics Achievement. *Applied Cognitive Psychology, Appl. Cognit. Psychol.* 32, 1 – 9. DOI: 10.1002/acp.3350.

- Haciomeroglu, E. S. (2015). The Role of Cognitive Ability and Preferred Mode of Processing in Students' Calculus Performance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11(5)*, 1165-1179. <https://DOI.org/10.12973/eurasia.2015.1400a>
- Haciomeroglu, E. (2016). Object-spatial visualization and verbal cognitive styles, and their relation to cognitive abilities and mathematical performance. *Educational Sciences: Theory & Practice, 16*, 987-1003. DOI 10.12738/estp.2016.3.0429
- Kozhevnikov, M., Motes, M y Hegarty, M. (2006). Spatial Visualization in Physics Problem Solving. *Cognitive Science (31)*, 549-579. DOI- 10.1080/15326900701399897.
- Wechsler, D. (2005). WISC-IV: *La Escala Wechsler de Inteligencia para el Nivel Escolar (4 Versión)*. Manual Moderno.
- Muriel, O. (2014). *Velocidad de procesamiento y memoria operativa en varones de 6 a 9 años en la localidad de resistencia - chaco*. (Trabajo de grado de maestría no publicado) Universidad católica de Salta, Argentina. Recuperado de: <https://institutoneuropsicologia.com/wp-content/uploads/2018/12/VELOCIDAD-DE-PROCESAMIENTO-Y-MEMORIA-OPERATIVA-EN-VARONES-DE-6-A-9-A%c3%91OS-EN-LA-LOCALIDAD-DE-RESISTENCIA-CHACO.pdf>
- Jewsbury, P., Stephen, B, y Duff, K. (2016). The Cattell-Horn-Carroll Model of Cognition for Clinical Assessment. *Journal of Psychoeducational Assessment. 35*, 1- 21. DOI 10.1177/0734282916651360.
- Newton, J & McGrew, K. (2010). Introduction to the special issue: current research in CattellHorn-Carroll-based assessment. *Psychology in the Schools, 47(7)*, 621-634. DOI: 10.1002/pits.20495.
- Sánchez, E., Medina, C., y Gómez, T. (2019). Destrezas académicas y velocidad de procesamiento. Modelos predictivos del rendimiento escolar en básica primaria. *Psychologia, 13(1)*, 25-39. DOI: 10.21500/19002386.3754.