

Impact measuring on sustainability teaching in the architectural design learning process

Johanna Trujillo-Diaz, Master¹, Flor Nancy Díaz-Piraquive, Doctor², Claudia Alejandra Villamil Mejía, DEA³ y Luz Stella Peña, Master⁴, Gómez, Jairo, Master⁵

¹Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia, johanna.trujillo@escuelaing.edu.co

²Universidad Católica de Colombia, Colombia, fn Diaz@ucatolica.edu.co

³Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, ca.villamil@javeriana.edu.co

⁴Universidad Piloto de Colombia, Colombia, arq.luzstella@gmail.com

⁵Fundación Universitaria CAFAM, Colombia, jairo.gomez@unicafam.edu.co

Abstract— *This article presents an experimental design by effects that relates learning styles, components of sustainable training and competences acquired by the Architect for the development of Design Projects. In the first phase, the basic sustainable components to be taken into account in teaching and learning processes are identified from a review of the literature focused on the Colombian frame of reference. In the second phase, an instrument for measuring the learning of Sustainable Architecture is designed, using Bioclimatic, Self-Sufficiency and Ecological factors, the object of the instrument seeks to measure the competences in these components. Finally, the results are analyzed using SPSS software, in order to generate strategies for prioritization and incorporation of themes in the formation of sustainable architecture and its set of pedagogical learning methodologies.*

Keywords- *Experimental Design, Learning, Sustainable, Architecture, Architectural design*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.368>
ISBN: 978-0-9993443-1-6
ISSN: 2414-6390

Impacto en la enseñanza de la Sostenibilidad en el proceso de aprendizaje del diseño arquitectónico

Johanna Trujillo-Díaz, Master¹, Flor Nancy Díaz-Piraquive, Doctor², Claudia Alejandra Villamil Mejía, DEA³ y Luz Stella Peña, Master⁴, Gómez, Jairo, Master⁵

¹Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia, johanna.trujillo@escuelaing.edu.co

² Universidad Católica de Colombia, Colombia, fndiaz@ucatolica.edu.co

³ Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, ca.villamil@javeriana.edu.co

⁴ Universidad Piloto de Colombia, Colombia, arq.luzstella@gmail.com

⁴ Fundación Universitaria CAFAM, Colombia, jairo.gomez@unicafam.edu.co

Abstract— Este artículo presenta un diseño experimental por efectos que relaciona los estilos de aprendizaje, los componentes de la formación sostenible y las competencias adquiridas por el Arquitecto para el desarrollo de Proyectos de Diseño. En la primera fase se identifican los componentes sostenibles básicos a tener en cuenta en la enseñanza-aprendizaje a partir de una revisión de la literatura enfocada al marco de referencia colombiano. En la segunda fase se diseña un instrumento de medición del aprendizaje de la Arquitectura Sostenible, utilizando como factores el Bioclimático, de Autosuficiencia y Ecológico, el objeto del instrumento busca medir las competencias en estos componentes. Por último, se analizan los resultados utilizando software SPSS, con el fin de generar estrategias de priorización e incorporación de temáticas en la formación de la Arquitectura sostenible y su conjunto de las metodologías pedagógicas de aprendizaje.

Keywords— Diseño de Experimentos, Aprendizaje, Sostenibilidad, Arquitectura, Diseño Arquitectónico.

I. INTRODUCCIÓN

En Colombia existen 38 universidades que incluyen el programa de Arquitectura en nivel de pregrado dentro de sus programas académicos, 11 del sector público y 27 del sector privado. Para el 2016 el número total de inscritos a nivel nacional era de 1638 estudiantes, de los cuales 602 son mujeres y 1036 hombres [1]. Según estadísticas de [2], entre el 2011 y 2014, el número de graduados de programa de Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines fueron 305.862 personas. Tan solo en Bogotá existe el 32.6% del total de estudiantes graduados distribuidos así: 6.22% a nivel técnico, 30% a nivel tecnológico, 46.51% a nivel profesional, 14 % a nivel especialización, 3.17% a nivel maestría y 0.1% a nivel doctorado [2].

Al revisar la literatura, se encuentra que la arquitectura en Colombia presenta diferentes enfoques como por ejemplo aspectos del cambio climático, diseños dirigidos al cuidado del medio ambiente y el uso responsable de recursos, para lo cual la transformación de la arquitectura tradicional en una arquitectura más eficiente que permita la construcción de espacios con diferentes usos y un planeación estratégica del uso del espacio [3], es el propósito actual de los programas de Arquitectura Sostenible en programas de Arquitectura en Colombia. En éste sentido, el estudiante empieza a aprender conceptos en éste campo desde el inicio de su carrera, pero después de revisar la literatura, no se encontró un instrumento,

ni una metodología que permita identificar el nivel de aprendizaje semestre a semestre del campo, ni la efectividad de la misma al aplicar un instrumento de medición.

El objetivo de éste artículo es precisamente, proponer un instrumento y una metodología de medición para identificar el aprendizaje semestre a semestre de la Arquitectura Sostenible y el nivel de aprendizaje adquirido antes y después de la formación, conociendo que en el momento en la Universidad a estudio la Arquitectura Sostenible es un componente de todas las materias vistas durante el programa y curricularmente no hay una materia que consolide o formalice el conocimiento de éste campo.

Los programas de Arquitectura a nivel mundial han trabajado para desarrollar competencias en diseño sostenible, para lo cual, en éste artículo se toman en cuenta: los *estilos de aprendizaje y las meta-competencias* que debería adquirir un estudiante en Arquitectura sostenible en Colombia [4], bajo los tres componentes sostenibles: el bioclimático, autosuficiencia y ecológico.

Para el componente *bioclimático*, el estudiante de Arquitectura identifica las características geográficas expresadas en la latitud, orientación cardinal y altura; determina los criterios de intervención al lugar de acuerdo con los resultados del análisis de la trayectoria solar y de los vientos según las determinantes topográficas biológicas y antrópicas, tales como la vegetación y/o la edificación preexistente [5], para lo cual debe tener conocimientos en estrategias de confort térmico [6-10], en la variabilidad de los elementos del ciclo hidrológico, determinados por los factores geográficos, meteorológicos hidrológicos, físicos y bióticos de los sistemas hídricos [11, 12] hasta la preocupación por el efecto isla de calor urbano [9, 13-25], la trayectoria de la tierra [20] la lectura de la rosa de los vientos [26] y la carta solar [20], la asociación diferencial entre los conceptos de radiación solar y brillo solar, [27], la cantidad de energía que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal [28, 29].

En segundo lugar, el estudiante de Arquitectura demuestra que maneja el componente de *autosuficiencia*, cuando diferencia el aprovechamiento de recursos naturales renovables energía

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.368>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

solar, energía eólica, energía de biomasa, energía hidráulica, energía de los océanos y energía de la geotermia [24] en el uso del proyecto [5, 30]; el estudiante adquiere la capacidad para analizar y establecer las relaciones entre la luz natural [27] bajo los efectos de la luz unilateral, bilateral y cenital [31]; el aprovechamiento del recurso hídrico [11, 32-34], recurso solar y los vientos [20] en la relación del proyecto con el lugar, las edificaciones y espacio urbano preexistentes [13].

Por último, el Arquitecto en el componente *ecológico* define la visión global de las relaciones de los seres vivos con su entorno [30], realiza una reflexión sobre los procesos y tecnologías constructivas de bajo impacto ambiental [14, 20, 23, 35] y una vez adquirida la conciencia parcial de los aspectos naturales el estudiante entra a resolver proyectos incorporando la toma de decisiones técnica sobre el paisaje [36-38], las preexistencias de la vegetación [9, 39] y especies nativas o locales [39, 40].

I. ESTILOS DE APRENDIZAJE

El aprendizaje es una vía de indagación para la comprensión de las diferencias individuales de los estudiantes en los procesos de enseñanza. Los estudiantes tienen un *estilo de aprendizaje* con tres orientaciones [4]: las *centradas en la cognición, en la personalidad y en la actividad (que integra los procesos de enseñanza y aprendizaje)*, por tanto, éstos se complementan con el conjunto de rasgos cognitivos previos, afectivos y fisiológicos [41], psicológicos y hasta la personalidad [4, 42].

Los programas de Arquitectura reciben estudiantes con diferentes *estilos de aprendizaje*, los cuales ingresan a una universidad con diferentes enfoques o estilos educativos, los cuales difieren en la manera de enseñar, evaluar e investigar [4, 42]. Los centros universitarios a su vez, centran su *estrategia pedagógica en el estudiante*, para que éste pueda procesar, organizar y retener el material necesario para aprender; mientras que el *estilo cognitivo* permite que el estudiante elija la actividad de aprendizaje adecuada [4, 42], para lo cual el estudiante adquiere meta-competencias en resolución de problemas e identificación de problemáticas a partir del relacionamiento del concepto con el problema.

II. META-COMPETENCIAS

Las *meta-competencias* del Arquitecto bajo un proceso de aprendizaje, evalúan la cantidad de conocimientos que el estudiante aprende y los métodos o *estilos de aprendizaje* por los cuales puede llegar a apropiarlos, de acuerdo con el ámbito en que se desarrolle [43]. Para delimitar éstas competencias en los estudiantes de Arquitectura, se toma la iniciativa *Tuning Latinoamérica*, [43-45], para lo cual el estudiante debe estar en capacidad:

[9]

1) *Para proyectar de manera crítica y creativa obras de arquitectura y/o urbanismo que satisfagan integralmente los requerimientos del ser humano, la sociedad y su cultura y el*

medio ambiente, valorando el contexto y considerando las exigencias estéticas y técnicas.

2) *De definir y adecuar los sistemas tecnológicos, constructivos, estructurales, de acondicionamiento ambiental y de instalaciones apropiadas a las demandas del proyecto arquitectónico y/o urbano, de acuerdo con la normativa y al contexto local.*

3) *Crítica y autocrítica para transformar las ideas en espacios en formas y en edificaciones.*

4) *De aplicar los métodos de investigación proyectual para resolver con creatividad las demandas del hábitat humano en diferentes escalas y complejidades.*

5) *De obrar éticamente en el marco de la disciplina, la sociedad y el desarrollo sostenible*

Dentro de la literatura científica, el modelo de *Felder y Silverman* [46] propone que el proceso de aprendizaje universitario, es cíclico con diferentes fases: *la experiencia concreta, la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la experimentación activa* [47]. Con lo anterior, el estudiante universitario de Arquitectura éste recibe sensorialmente la información, identifica el tipo y la procesa o se apropia de ella, por tanto su aprendizaje debe ser activo, visual y secuencial [41], para lo cual a continuación se presenta la relación de las competencias específicas con el componente sostenible (ver tabla 1)

TABLE I
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL ARQUITECTO

N°	Competencia específica	Componente sostenibilidad
1	Conciencia de la función cultural de la Arquitectura	Ecológico
2	Conciencia de la función social de la Arquitectura y de la capacidad del arquitecto para portar ideas a la sociedad para mejorar el hábitat	Ecológico
3	Conciencia de las responsabilidades frente al ambiente y a los valores del patrimonio urbano y arquitectónico	Autosuficiencia
4	Destreza para proyectar obras de arquitectura y/o urbanismo que satisfagan integralmente los requerimientos del ser humano, la sociedad y su cultura, adaptándose al contexto	Todos
7	Conocimiento, sensibilidad y compromiso frente a los temas del debate arquitectónico actual, local y global.	Ecológico
14	Capacidad de conciliar todos los factores que intervienen en el ámbito de la proyección arquitectónica y el pasado.	Todos
21	Capacidad de desarrollar proyectos urbanos arquitectónicos, que garanticen un desarrollo sostenible y sustentable en lo ambiental, social, cultural y económico.	Todos
22	Capacidad de responder con la arquitectura a las condiciones bioclimática, paisajísticas y topográficas de cada región	Bioclimática

Fuente. Autores con información de *Tuning Latinoamérica* [43-45]

Dentro de los aspectos básicos del proceso de enseñanza y aprendizaje, se buscan sincronizar los métodos de apropiación del conocimiento del Arquitecto, entendiendo que los modos de aprender de los estudiantes difieren claramente por la forma en que reciben y procesan información, de forma visual, verbal, por hechos, datos o teorías y modelos abstractos [41]. Para este fin [48] distingue tres bloques que conforman e interactúan en el proceso de aprendizaje y las meta-competencias: “a) *las políticas institucionales, b) los controles curriculares y, c) la enseñanza y el apoyo psicopedagógico*” [5].

Con lo anterior, ésta investigación pretende medir el aprendizaje del estudiante en todos los niveles de un programa de Arquitectura, usando como estrategia de aprendizaje proyectos semestrales de Diseño. Se evalúan las variables por niveles, semestre, campo, área y tipos de pregunta, para lo cual se diseña un instrumento que mida el impacto en la formación de los tres componentes de la Arquitectura sostenible (Bioclimático, ecológico y autosuficiente).

¿Los estudiantes de un programa de Arquitectura ubicado en Colombia están en “capacidad de apropiar los conocimientos de sostenibilidad en la prospección de un proyecto de diseño, cuando se enfrenta a un concepto o a un problema en contexto?”

II. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología de investigación aplicada, para replicarla el lector puede ver el Anexo 1 (instrumento de medición del aprendizaje de la Arquitectura Sostenible), el Anexo 2 (Cálculos de descriptivos de validez), sobre el siguiente URL:

https://www.dropbox.com/sh/qioxy920915f836/AADjpVbOpB4gL4eIJs_MnKrSa?dl=0:

Esta metodología se propone para Arquitectura Sostenible, debido a que después de revisar la literatura no se encontró a la fecha una propuesta específica para la medición del aprendizaje universitario de los componentes sostenibles.

A. Identificación y enunciación del problema

Se identificó el problema, se hizo la revisión de literatura en competencias en Arquitectura Sostenible bajo el enfoque Royal Institute of British Architects-RIBA (Internacional), el Consejo Nacional de Acreditación-CNA (Colombia); para identificar las competencias y estilos cognitivos de los Arquitectos colombianos. Luego se hizo una segunda parte de la revisión para los componentes que un estudiante debería saber maneja la competencia de desarrollo de proyectos sostenibles.

B. Diseño del instrumento de medición

La revisión de la literatura sirvió para construir el instrumento de medición a partir de una base bibliográfica conceptual y especializada, el cual busca medir la autonomía del aprendizaje [49] del Arquitecto en aspectos de sostenibilidad. El instrumento espera identificar que el estudiante es capaz de captar la exigencia de las tareas de aprendizaje, movilizar una serie de conocimientos, habilidades y hábitos integrados en torno a una dirección específica de aprendizaje de la sostenibilidad, usándolos en pro de la conceptualización y la aplicación en el contexto.

Los análisis que debe hacer el estudiante de Arquitectura cuando se enfrenta al instrumento de medición diseñado, por una parte, son preguntas de conocimiento intuitivas y visuales y por otra parte, son de resolución de problemas, valiéndose de análisis reflexivos y secuenciales. En las primeras el estudiante

utiliza descriptores teóricos con el fin de que el *relacione o asocie* sus conocimientos con la base teórica expuesta y en el segundo tipo de preguntas usa descriptores gráficos que representan escenarios con el fin de que el estudiante *apropie* el conocimiento en contexto. Si éste tipo de preguntas se ve en nivel de dificultad, el estudiante primero *relaciona* y luego *apropia* el conocimiento. La relación de las preguntas para medir el aprendizaje, se muestra a continuación discriminada por componentes, factores, y variables se muestran a continuación (Figura 1).

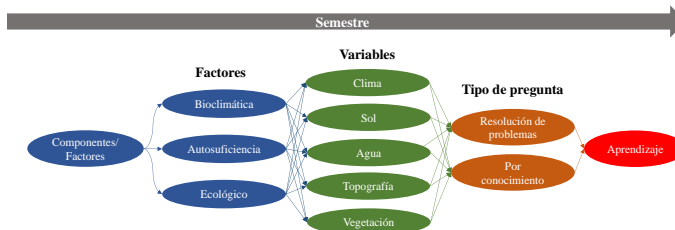


Fig. 1 Diseño del instrumento (constructos, factores, variables y tipo de pregunta).

C. Validez del constructo

El instrumento fue aplicado a expertos docentes en Arquitectura Sostenible, con el fin de medir la validez del contenido y el grado de suficiencia en el manejo del contenido y la resolución de problemas.

D. Muestreo y/o diseño de la investigación

En un grupo de estudiantes que compartan la misma aula, los niveles de desarrollo de autonomía en el aprendizaje demuestran grandes diferencias; éstos contrastes se verifican en mayor medida cuando se establecen comparaciones entre estudiantes de distintas aulas [49]. En éste estudio se hizo el muestreo en dos fases, en la primera por conglomerados y en la segunda aleatoria.

En la primera fase se usa el Muestreo por Conglomerados, donde éstos son los semestres o niveles desde primero a decimo semestre (exceptuando a los estudiantes de octavo, porque se desarrolla siempre inter-semestral). Para éste muestreo, se tuvo en cuenta el 6% de la intensidad horaria presencial y curricular en el Programa de Arquitectura, el cual es actualmente de quince (15) grupos de estudiantes discriminados como se muestra en la tabla II. A continuación, se presentan los cálculos, donde la población para el primer semestre de 2017 es de 1775 estudiantes, el cálculo del error tomado fue de 0.05, con una probabilidad de favorabilidad del 50%, la cual arrojó que la muestra fuera de 326 estudiantes de Arquitectura de todos los semestres, como demuestra en la ecuación 1, en la tabla II.

$$n = \frac{\sum \frac{N_i P_i Q_i}{W_i}}{N^2 \frac{e^2}{4} + \sum N_i P_i Q_i} \quad (1)$$

Donde,

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

$$W_i = \frac{N_i}{N}$$

N_i = Número de observaciones por nivel

N = Muestra

P_i = son los elementos más favorables; Q_i =

son los elementos más desfavorables

e = es el error considerado

TABLA II
CÁLCULO DE MUESTRAS POR ESTRATOS

Nivel	Cantidad de grupos	Plan de estudios (1115)	Plan de estudios (1116)	Estudiantes por nivel (Ni)	Wi	Ni (nivel)
1	12	189		189	11%	35
2	12	199		199	11%	37
3	12	156	2	158	9%	29
4	14	240	8	248	14%	46
5	9	139	13	152	9%	28
6	13	215	30	245	14%	45
7	9	104	39	143	8%	26
8	**	76	65	141	8%	26
9	17	2	139	141	8%	26
10	17	3	156	159	9%	29
Total				1775		

Fuente. Los autores con datos del Programa de Arquitectura – Universidad ubicada en Bogotá - Colombia

En la segunda fase de muestreo se usó un Muestreo Aleatorio Simple (MAS) y/o MAC [50-53], con el fin de determinar la cantidad de estudiantes a seleccionar por nivel, y así evitar los sesgos ocasionados por curso debidos al profesor, rendimiento, y asistencia de los estudiantes a los seminarios.

E. Aplicación del instrumento

Para evaluar la variable de respuesta que es el aprendizaje, se aplicó el instrumento al inicio y al final del primer semestre de 2017 [52, 54, 55], teniendo en cuenta que un grupo de estudiantes que compartan el mismo aula, no inician y finalizan con el mismo nivel de aprendizaje, objeto de estudio de éste artículo en términos de la Arquitectura Sostenible.

III. RESULTADOS

La validez del contenido por pregunta se hizo en SPSS, para lo cual, se tomaron las medidas descriptivas de *media* y *la desviación* con el fin de observar la amplitud de la campana de gauss y la dispersión de los datos. La marca de clase que se utilizó fue 3, bajo preguntas categorizadas entre 1 y 5 (Ver anexo 2 online). Además, para la evaluación y ajuste texto del instrumento, se tuvo en cuenta que la pregunta validada tuviera un coeficiente de asimetría negativo y una curtosis positiva, para concluir se seleccionaron las preguntas para el instrumento definitivo si discriminaban, es decir si su asimetría era derecha y leptocúrticas (ver tabla III).

TABLA III
CÁLCULOS EN SPSS

Pregunta	Prueba antes				Prueba después				Diferencia	Componente	Variable	Tipo de Pregunta
	Media	Dev. tip.	Asimetría	Curtosis	Media	Dev. tip.	Asimetría	Curtosis				
1	9411	18640	-3,077	8,477	9447	18688	-3,042	8,837	0,0096	Bioclimático	Solar	Conocimiento
2	5781	33907	-0,84	9,977	5939	32822	-1,06	9,82	0,0159	Bioclimático	Clima	Conocimiento
3	6511	30307	-0,82	1,254	6519	31521	-1,19	-1,312	0,0007	Bioclimático	Clima	Conocimiento
4	7350	36793	-9,46	-6,36	7643	35428	-1,107	-3,303	0,0294	Bioclimático	Solar	Resolución de Problemas
5	6390	48099	-5,81	-1,672	6819	46639	-7,85	-1,392	0,0430	Bioclimático	Clima	Resolución de Problemas
6	9405	19753	-3,417	11,130	9398	18462	-3,158	9,666	-0,0007	Autosuficiente	Solar	Conocimiento
7	4133	29878	6,54	-1,83	3890	28307	7,57	1,98	-0,0244	Autosuficiente	Solar	Conocimiento
8	5088	37093	2,88	1,387	4731	37849	4,18	1,385	-0,0227	Autosuficiente	Agua	Conocimiento
9	1490	35660	1,980	1,911	2262	49232	1,458	1,29	0,0573	Autosuficiente	Agua	Resolución de Problemas
10	3926	48902	4,42	-1,815	4011	49083	4,05	-1,846	0,0086	Autosuficiente	Solar	Resolución de Problemas
11	5509	36519	-0,07	-1,307	5788	35793	-1,33	-1,205	0,0279	Autosuficiente	Clima	Resolución de Problemas
12	8130	28862	-1,80	1,04	7944	30823	-1,129	-0,96	-0,0186	Ecológico	Topografía	Conocimiento
13	6218	36828	-3,11	-1,287	5580	36164	-0,10	-1,301	-0,0038	Ecológico	Vegetación	Conocimiento
14	6086	24829	-7,34	-4,88	6659	25844	-1,090	1,177	0,0573	Ecológico	Topografía	Conocimiento
15	3302	30385	8,23	0,8	3961	34479	6,88	-7,12	0,0602	Ecológico	Vegetación	Resolución de Problemas
16	3152	46526	-7,99	-1,399	3238	46859	-7,56	-1,438	0,0086	Ecológico	Topografía	Resolución de Problemas

Fuente. Los autores

Se aplicó una prueba de correlación bivariada en SPSS, con el fin de comprobar que el aprendizaje al finalizar el curso, no depende de los conocimientos previos del estudiante (fig. 2).

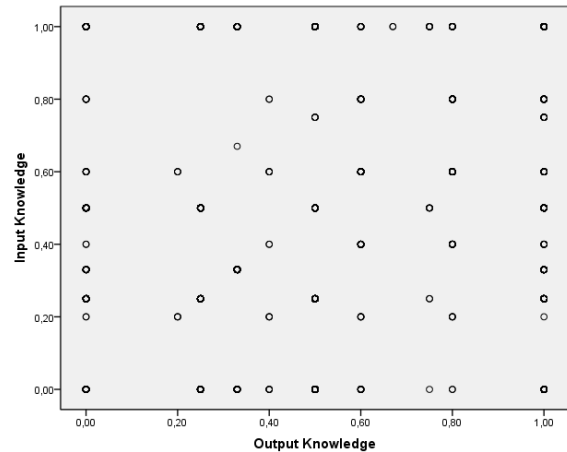


Fig. 1 Correlación bivariada conocimiento al finalizar el curso vs inicio de curso.

En una tercera fase, se usa la metodología propuesta por Trujillo en [54-57], en la cual la prueba de medias para k muestras independientes es la Kruskal Wallis, debido a que se desconoce la normalidad de los datos en la mayor parte de las preguntas, campos y áreas. La hipótesis nula es si el conjunto de niveles para la variable de respuesta (aprendizaje) difieren en sus medias, luego se hace subgrupos con la prueba de Tuckey y Sheffé [52, 54, 55], con el fin de encontrar aprendizajes similares por semestres (ver tabla IV).

TABLA IV
CÁLCULOS EN SPSS

Nivel	Puntaje Entrada	Puntaje Salida	Datos estadísticos	Análisis
Semestre (1...10) KW	No es homogénea	No es homogénea	Grupo 1 (1, 2, 3, 5, 6) (MA=0,53-0,6028). Grupo 2 (4, 7, 9, 10) (MA=0,6064-0,67)	La media del aprendizaje en sostenibilidad aumenta con el pasar de los semestres.
Campo de conocimiento KW Bioclimático, Autosuficiente Ecológico	No es homogénea	No es homogénea	Autosuficiente Media Armónica=0,49; Ecológico MA=0,5465; Bioclimático= 0,72	El aprendizaje por componente se diferencia claramente; destacándose el componente bioclimático
Área de conocimiento KW	No es homogénea	No es homogénea	Solar 0,3397 (Grupo 1) Clima 0,4742 (Grupo 2) Agua 0,5947 (Grupo 3) Topografía 0,6266 (Grupo 3) Vegetación 0,6878 (Grupo 4)	Los estudiantes tienen dificultades para apropiar conceptos solares, climáticos y de agua.

Tipo de pregunta: Prueba T, muestras independientes	Por conocimiento, media 0,6742 Por resolución de problemas 0,4445	Por conocimiento, media 0,6679 Por resolución de problemas 0,4781		La estrategia de aprendizaje que se les facilita a los estudiantes es la conceptual, más no la de aplicación en el contexto.
--	---	---	--	--

Por último, para observar el impacto de la formación antes y después de la formación, se aplica en SPSS una prueba t para muestras relacionadas, manteniendo la misma población de entrada con la de salida y controlando el sesgo de la selección. La prueba de hipótesis se presenta a continuación:

Ho: El nivel de aprendizaje de la sostenibilidad en los estudiantes de Arquitectura de una universidad ubicada en Bogotá – Colombia, no difiere después de la formación.

H1: El nivel de aprendizaje de la sostenibilidad estudiantes de Arquitectura de una universidad ubicada en Bogotá - Colombia, difiere después de la formación.

Después de aplicar prueba t para muestras relacionadas en SPSS, el p-value de 0,04 indica que con un nivel de confianza del 95% se debe rechazar la hipótesis nula, por tanto, para lo cual se concluye que la formación si tiene impacto positivo en los conocimientos que los estudiantes adquieren de Arquitectura Sostenible.

IV. CONCLUSIONES

Al observar el desempeño de las preguntas de algunos estudiantes de Arquitectura, se presenta la diversificación en la forma de aprender, algunos aprenden mejor cuando escuchan, otros cuando ven y otros partir del sistema de representación kinestésico, dentro de los resultados de la prueba se observa que el estudiante de Arquitectura promedio, responde positivamente a las preguntas de conocimiento, para lo cual la apropiación del conocimiento o de solución de problemas se le dificulta mucho más.

Esta investigación permitió evaluar la apropiación del conocimiento para los estudiantes de Arquitectura en los semestres desde primero a decimo para el campo de la Arquitectura Sostenible, teniendo en cuenta diferentes estilos cognitivos *activos y reflexivos* para resolver problemas o por asignación de conocimiento magistral *sensitivo e intuitivo*.

El instrumento que se diseñó como parte de ésta investigación y adjunto a éste artículo, se puede replicar en cualquier contexto, universidad o programa, al igual que su metodología. Éste permite identificar las competencias adquiridas después de la formación, en términos de competencias y de estilos cognitivos. Las dos herramientas, aportan al estado del arte en éste tipo de estudios en educación superior, especialmente, en Arquitectura Sostenible.

Después de analizar los resultados obtenidos del aprendizaje por semestres, se esperaría que curricularmente se diseñe una materia dedicada a la Arquitectura Sostenible, bajo un modelo

por competencias, con el fin de poder aplicar el instrumento y la metodología para medir el impacto de la formación antes y después en una sola materia que consolide todos los conocimientos de la Arquitectura Sostenible, y no dispersa para los 10 semestres.

IV. PERSPECTIVAS

Se espera que se aplique el instrumento de medición del aprendizaje en Arquitectura Sostenible y que se replique ésta metodología para cualquier tipo de programa o universidad, usando los mismos u otros componentes [58], lo anterior debido a que a simple vista algunas variables, que pueden no ser identificadas fácilmente pueden impactar directamente el aprendizaje después de la formación, como por ejemplo: la metodología de enseñanza del profesor, el tipo de muestreo, la cantidad de estudiantes por curso, semestre del estudiante, tipo de componente de la Arquitectura Sostenible, regularidad en la asistencia al seminario de formación. Dado lo anterior, se podría proponer una metodología de diseño factorial y el análisis de sus contrastes.

REFERENCIAS

- [1] MINEDUCACION. (2016). *Población Estudiantil - Inscritos*. Available: <https://www.mineducacion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas#>
- [2] MINEDUCACION. (2015). *Observatorio Laboral para la Educación*. Available: <http://bi.mineducacion.gov.co:8380/eportal/web/men-observatorio-laboral/ubicacion-geografica>
- [3] UNAL. (2016). *La arquitectura tiene el reto de adaptarse y trasformar*. Available: <https://medellin.unal.edu.co/noticias/374-la-arquitectura-tiene-el-reto-de-adaptarse-y-trasformar.html>
- [4] M. Valadez H., "Estilos de aprendizaje y estilos de pensamiento: precisiones conceptuales.," *Revista de Educación y Desarrollo*, vol. Octubre-diciembre, 2009.
- [5] S. A. Perea R., *Eco-Pedagogía. Didáctica de la educación ambiental en arquitectura*. Bogotá-Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2012.
- [6] I. Tumini, "Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid.," presented at the Sustainable Building conference. , 2010.
- [7] H. B. Akbari, R; Cole, D; Este, M; Hesiler, G, Hitchcick, D; Johnson, B; Lewis, M; MacPherson, G; Oke, T; Parker, D; Perrin, A; Rosenthal, J; Sailor, D; Samenow, J; Taha, H; Voogt, J; Winner, D; Wolf, K; Zalph, B, "Reducing Urban Heat Island: Compendium of Strategies," S/F.
- [8] H. B. Aguado, J., *Understanding weather and climate*. Mexico: Prentice-Hall, Inc., 2001.
- [9] H. Roy, Bacon, J. Beckmann, B., Harrower, C., Hill, M., Isaac, N., Preston, C., Rathod, B., Rorke, S. . (2012, Non-native species in Great Britain: establishment, detection and reporting to inform effective decision making. Available: <http://www.nonnativespecies.org/downloadDocument.cfm?id=753>
- [10] F. J. Valera. *Clima y Zonas Bioclimáticas*. . *Revista Contraclave, Multimedia*. Available: <http://www.contraclave.es/geografia/tiempoclima.PDF>
- [11] IDEAM, *Atlas climático de Colombia*. Bogotá-Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2005.
- [12] E. Sanz, *Hidráulica Subterránea Aplicada*. . España: Colegio de Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos., 2004.
- [13] V. Olgay, *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas*. . Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1998.
- [14] J. Van Lengen, *Manual del Arquitecto Descalzo*. . México: Editorial PAX, 2002.
- [15] I. Bentley, *Entornos vitales; hacia un diseño urbano y arquitectónico más humano: Manual práctico*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1999.

- [16] P. Bardou, *Sol y arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1980.
- [17] R. Mius, *El hábitat bioclimático: de la concepción a la construcción*. México: Gustavo Gilli, 1983.
- [18] A. Deffis, *La casa ecológica autosuficiente para climas templado y frío*. México: Arbol, 1994.
- [19] E. Higuera, *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gilli, 2006.
- [20] G. Neila, *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, 2004.
- [21] R. Serra, *Arquitectura y climas*. Barcelona: Gustavo Gilli, 2000.
- [22] E. B. Aguado, J., *Understanding Weather and Climate*. México: Prentice-Hall, Inc., 2001.
- [23] L. Marrero, *La Tierra y sus Recursos*. Venezuela: Mediterráneo, 1971.
- [24] UPME, *Energías Renovables, descripción, tecnologías y usos finales*. Colombia: Ministerio de Minas y Energía, 2003.
- [25] F. Bastida, *Geología. Una Visión Moderna de las Ciencias de la Tierra* vol. 2. Barcelona: Ediciones Trea S.L., 2005.
- [26] E. Ramírez, Moreno, V. , "Análisis de Parámetros Meteorológicos utilizando el Modelo de la Roza de los Vientos. ," presented at the Memorias en Extenso del Congreso Regional, México, 2007.
- [27] M. Rodríguez, *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México: Editorial Limosa S.A., 2001.
- [28] ETESA. *Empresa de Transmision Eléctrica Panameña*. Available: <http://www.etsa.com.pa/>
- [29] H. G. Rodríguez, F. , *Manual de Radiación solar en Colombia* vol. I. Bogotá, 1992.
- [30] DRAE. (2001). *Diccionario de la lengua Española (22 ed.)*. Available: <http://lema.rae.es/drae/?val=bioclimatica>
- [31] S. S. M.Sala; G. Alcamo; L.Ceccherini Nelli, *Manuale multimediale dell'Architettura Bioclimatica* vol. Volumen 6: Campu Architecttura Sostenibile., 2000.
- [32] G. L. Cireli, *Il Trattamenti Naturali delle Acque Reflue Urbane*. Napoli: Sistemi editoriali, 2003.
- [33] I. Eraso, *Ecoaldea: Hábitat Sostenible para el Consejo Comunitario de Chansara*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, In press.
- [34] *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000*, S. B. y. A. Dirección de Agua Potable, 2005.
- [35] Whitton, 1984.
- [36] *Manual de Silvicultura Urbana*. Bogotá, 2004.
- [37] J. Osorio, Uribe, E & Molina, L.F. , *Las Flores de los Jardines de Santa Fe de Bogotá*. Bogotá: DAMA, 1998.
- [38] S. S. D. d. Ambiente, *Arbolado urbano de Bogotá. Identificación, descripción y base para manejo*. Bogotá-Colombia: Alcaldía Mayo de Bogotá, 2010.
- [39] N. P. Society. (2001). *Defining Native Plant for Purposes of Restoration, Revegetation and Landscaping*. Available: <http://www.conps.org/pdf/Horticulture%20&%20Restoration/nativeplantdef.PDF>
- [40] UNLPam, "Title," unpublished].
- [41] A. Morales. (2009). *Los estilos de aprendizaje desde el taller de arquitectura: Evaluación y propuesta*. Available: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S071872622009000100003&script=sci_arttext&tng=es (February 13, 2014).
- [42] K. Curione, M. Miguez, C. Crisci, and A. Maiche, "Estilos cognitivos, motivación y rendimiento académico en la universidad," *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 3, Noviembre 2010.
- [43] *Proyecto Tuning América Latina. Meta-perfiles y perfiles. Una nueva aproximación para las titulaciones en América Latina.*, 2014.
- [44] S. P. J. M. Velez, RM; Caldana, V; Simonetta, FV; Hernandez OE, *Tuning Educación Superior en América Latina: Reflexiones y Perspectivas en arquitectura*. Bilbao-España: Universidad de Deusto, 2013.
- [45] J. W. González, R. (2009). *Una introducción a Tuning Educational Structures in Europe. La contribucion de las universidades al Proceso de Bolonia*. Available: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/55611>
- [46] R. S. Felder, L. "Learning and teaching styles in engineerign education," *Engineering Education*, vol. 78, pp. 674-681, 1988.
- [47] A. Ventura, "Estilos de aprendizaje y prácticas de enseñanza en la universidad: Un binomio que sustenta la calidad educativa," *Perfiles Educativos*, vol. XXXIII, pp. 142-54, 2011.
- [48] F. Hénard, "Aprendámos la lección. Un repaso a la calida de la enseñanza en la educación superior," *Perfiles Educativos*, vol. XXXII, pp. 164-173, 2010.
- [49] M. V. González C, "Estilos de aprendizaje: su influencia para aprender a aprender," *Revista Estilos de Aprendizaje*, vol. Abril, 2011.
- [50] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and P. B. Lucio, *Metodología de la Investigación*: Mc. Graw Hill, 1997.
- [51] M. Vivanco, *Muestreo Estadístico: Diseño y Aplicaciones*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2005.
- [52] D. C. Montgomery, *Diseño y análisis de experimentos*: Limusa - Willey, 2002.
- [53] A. M. Law and W. D. Kelton, *Simulation Modelling and Analisis* vol. III: Mc. Graw Hill, 2000.
- [54] J. Trujillo, E. Gonzalez, and A. Velásquez, *Hybrid Model for Making Tactical and Operational Decisions in Land Transportation for the Case of a Perishable Supply Chain* vol. 1: Siskos Y., Matsatsinis N., Psarras J., 2014.
- [55] J. Trujillo, J. Vallejo, and M. Becerra, "Metodología para la simulación de centros de llamadas-Caso de estudio," *Studiositas*, vol. 5, 2010.
- [56] J. T. Díaz and R. G. G. Cáceres, "Metodología para la selección de transportadores en una Cadena de Suministro Colombiana de Café Verde usando el método PROMETHEE Sorting methodology to select carriers in a Colombian Green Coffee Supply Chain using PROMETHEE method."
- [57] J. Trujillo-Díaz, "Sorting methodology using PROMETHEE method to consolidate, load and transport goods Metodología para la clasificación, selección de la modalidad del transporte y la consolidación de carga usando PROMETHEE."
- [58] B. L. Ruiz R., J. Trillos G., and J. Morales A., "Estilos de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes universitarios.," *Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación - España*, vol. 13, 2006.

COMPONENTE ECOLÓGICO

Evaluación

1. El factor orográfico mide la presencia o ausencia de barreras montañosas. Su efecto más inmediato es la alteración de la circulación de los vientos, en ocasiones incluso de la circulación general de la atmósfera...

Table with 4 columns: A Meseta, B Cordillera, C Llanura, D Cuenca. Contains text about relief and vegetation.

2. Algunas plantas son introducidas en Colombia, provocando un desequilibrio, y por ende una nueva adaptación de estas en el territorio...

Table with 4 columns: A Caduca, B Perenne, C Exótica, D Autofloreal/Local. Contains text about plant characteristics.

3. Dentro de las denominadas 'Maravillas del Mundo', encontramos: las del mundo antiguo que eran un conjunto de obras arquitectónicas que los hebreos, consideraban dignas de ser visitadas...



Table with 5 columns: A Pirámide de Giza, B Pirámide de Chichén Itzá, C Jardines Colgantes de Babilonia, D Petra, E El Taj Mahal. Contains descriptions of each wonder.

COMPONENTE ECOLÓGICO

4. La vegetación constituye un componente fundamental, con funciones específicas en la satisfacción de necesidades ambientales...

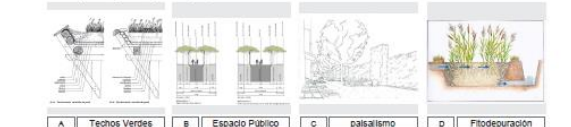
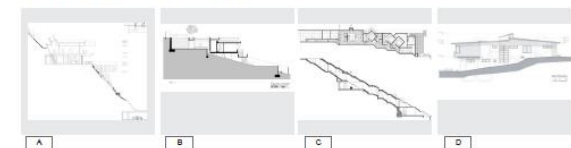


Table with 4 columns: A Techos Verdes, B Espacio Público, C paisajismo, D Fitodepuración. Contains text about plant species and their uses.

5. En algunos casos la implantación de proyectos arquitectónicos, en terreno inclinado, se ejecuta como si fuese terreno plano...



BIBLIOTECA DEL ACADÉMICO. Aguilar, S. del. (2003). Introducción a la arquitectura. México: Prentice-Hall. 184 p. ISBN: 970-716-000-0. ...

Form with fields for Estudiante, Docente, Código, Asignatura/Semestre, Fecha, and Grupo.