

# GEOMETRIZACIÓN DE INDICADORES URBANOS

Estrategia pedagógica en matemáticas desde una  
mirada de la socioepistemología

Julio Alfredo Delgado Rojas  
Jhan Piero Rojas Suárez  
Mawency Vergel Ortega



Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Vigilada Mineducación





**GEOMETRIZACIÓN DE  
INDICADORES URBANOS:  
ESTRATEGIA PEDAGÓGICA  
EN MATEMÁTICAS DESDE  
UNA MIRADA DE LA  
SOCIOEPISTEMOLOGÍA**

JULIO ALFREDO DELGADO ROJAS  
JHAN PIERO ROJAS SUÁREZ  
MAWENCY VERGEL ORTEGA

Delgado Rojas, Julio Alfredo

Geometrización de indicadores urbanos: estrategia pedagógica en matemáticas desde una mirada de la socioepistemología / Julio Alfredo Delgado Rojas, Jhan Piero Rojas Suárez, Mawency Vergel Ortega. -- 1a. ed. -- Bogotá : Ecoe Ediciones; Cúcuta : Universidad Francisco de Paula Santander, 2019.

142 p. -- (Educación y pedagogía. Pedagogía)

Incluye bibliografía.

ISBN 978-958-8489-89-6

1. Diseño arquitectónico - Enseñanza superior 2. Urbanismo – Investigaciones 3. Desarrollo urbano – Investigaciones I. Vergel Ortega, Mawency II. Rojas Suárez, Jhan Piero III. Título IV. Serie

CDD: 729.07 ed. 23

CO-BoBN– a1042901

---



**Colección:** Educación y pedagogía

**Área:** Pedagogía



**Universidad Francisco  
de Paula Santander**

Vigilada Mineducación

- ▶ Julio Alfredo Delgado Rojas
- ▶ Jhan Piero Rojas Suárez
- ▶ Mawency Vergel Ortega

© Ecoe Ediciones Limitada.  
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 248 14 49  
Bogotá, Colombia

© Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Avenida Gran Colombia  
No. 12E-96 Barrio Colsag  
San José de Cúcuta - Colombia  
Teléfono (057)(7) 5776655

**Primera edición:** Bogotá, julio de 2019

**ISBN:** 978-958-8489-89-6

Coordinación editorial: Angélica García Reyes  
Corrección de estilo: Andrea Gaitán  
Diagramación: Magda Barrero  
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz  
Impresión: La Imprenta Editores  
Calle 77 # 27 A - 39

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio  
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

*Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados*

## ***Agradecimientos***

A la Universidad Francisco de Paula Santander por la financiación de los proyectos de investigación: “Modelo de ecuación estructural para evaluar el desarrollo del pensamiento matemático en ecuaciones diferenciales”, contrato de cofinanciación No. 020-2017, y “Análisis de necesidades del Espacio público y calidad de vida de los habitantes de la Avenida Guaimaral”, contrato de cofinanciación No. 027-2015 del Fondo de Investigación y extensión de la Universidad Francisco de Paula Santander FINU 025-2015, que dieron lugar a la realización del proyecto de investigación modalidad tesis “Geometrización de indicadores urbanos, una estrategia pedagógica para el desarrollo de competencias en estudiantes de arquitectura”.



# CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b> .....	XIII
<b>RESUMEN</b> .....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XVII
<b>CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA</b> .....	1
1.1 Título.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Justificación .....	4
<b>CAPÍTULO 2: HORIZONTE TEÓRICO</b> .....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Marco contextual .....	9
2.3 Marco conceptual.....	10
2.4 Marco teórico .....	12
2.4.1 Teorías relacionadas con sistemas y lenguajes de información	13
2.4.2 Productos arquitectónicos a partir de análisis y cálculo geométrico de sistemas de datos.....	18

2.4.3 Posturas pedagógicas para la construcción de conocimiento desde lo contextual y social .....	19
2.5 La enseñanza de la arquitectura en Colombia.....	22
2.6 Competencias y habilidades en estudiantes de arquitectura .....	23
2.7 Marco legal .....	39
<b>CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>41</b>
3.1 Enfoque y tipo de investigación .....	41
3.2 Nivel y diseño.....	42
3.3 Población y muestra.....	43
3.4 Fases de la investigación .....	43
3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	53
3.6 Procedimiento de recolección de información .....	53
3.7 Triangulación de métodos .....	55
3.8 Validez de instrumentos .....	56
<b>CAPÍTULO 4: ESTRATEGIA PEDAGÓGICA.....</b>	<b>65</b>
4.1 Estrategia pedagógica GeoDat@Urbano .....	65
4.1.1 Presentación de la estrategia pedagógica .....	66
4.1.2 Contextualización del curso.....	66
4.1.3 Objetivos general y específicos .....	67
4.1.4 Enfoque pedagógico y metodología.....	67
4.1.5 Metodología .....	67
4.1.6 Contenidos básicos .....	73
4.1.7 Saberes orientados al aprendizaje.....	73
4.1.8 Desarrollo de las actividades de clase .....	74
4.1.9 Aportes a la formación investigativa y a la proyección social..	76
4.1.10 Enfoque evaluativo y estrategias de evaluación .....	76
4.1.11 Recursos.....	78
4.1.12 Bibliografía y cibergrafía .....	79
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
5.1 Análisis cualitativo .....	81
5.2 Análisis cuantitativo.....	101
5.3 Análisis de instrumentos.....	112
5.4 Discusión y confrontación teórica .....	125
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>139</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Antecedentes y bases teóricas .....	12
FIGURA 2.	El triángulo didáctico de la socioepistemología.....	20
FIGURA 3.	Nube de análisis semántico-frecuencia de palabras .....	81
FIGURA 4.	Estructura semántica - importancia de la geometrización.....	83
FIGURA 5.	Adaptación propuesta sistema informático de geometrización.....	84
FIGURA 6.	Sentimiento percibido frente a implementación parametrización .....	84
FIGURA 7.	Categorías emergentes - importancia y factores asociados a uso de herramientas metodológicas de análisis de datos.....	85
FIGURA 8.	Nodos y paradigma emergente. Porcentaje de palabras más representativas impacto parametrización .....	86
FIGURA 9.	Red neuronal de nodos emergentes.....	87
FIGURA 10.	Relaciones entre categorías emergentes .....	88
FIGURA 11.	Categorías emergentes entrevista a estudiantes .....	89
FIGURA 12.	Red neuronal de nodos.....	90
FIGURA 13.	Marca de nube Nvivo palabras frecuentes trabajo de campo.....	91
FIGURA 14.	Marca de nube Nvivo palabras frecuentes geometrización .....	92
FIGURA 15.	Red circular de relaciones emergentes .....	93
FIGURA 16.	Red de conglomerados general.....	94
FIGURA 17.	Conglomerado 1 .....	95
FIGURA 18.	Conglomerado 2.....	95
FIGURA 19.	Conglomerado 3.....	96
FIGURA 20.	Conglomerado 3 adicional.....	96
FIGURA 21.	Conglomerado 4.....	97
FIGURA 22.	Diagrama de dispersión.....	97
FIGURA 23.	Triangulación métodos ensayo entrevista.....	98
FIGURA 24.	Red neuronal impacto metodológico .....	99
FIGURA 25.	Relaciones categorías emergentes impacto de la metodología en el currículo y aprendizaje.....	100
FIGURA 26.	Diagrama de cajas componentes.....	102
FIGURA 27.	Diagrama de cajas desempeños.....	103
FIGURA 28.	Diagrama de calor resultados .....	104
FIGURA 29.	Diagrama de calor componentes.....	104
FIGURA 30.	Factor 1 .....	105
FIGURA 31.	Factor 2.....	105
FIGURA 32.	Factor 3.....	106
FIGURA 33.	Factor 4.....	106
FIGURA 34.	Dendograma de conglomerados .....	107
FIGURA 35.	Dendograma de árbol.....	107
FIGURA 36.	Análisis de cuadrantes por componentes.....	108

FIGURA 37. Posición y distancia de estudiantes .....	109
FIGURA 38. Distribución acumulada de componentes .....	109
FIGURA 39. Rangos de la media .....	110
FIGURA 40. Dendograma de resultados .....	111
FIGURA 41. Diagrama de calor de relaciones .....	112

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. SIG raster y vectorial.....	17
IMAGEN 2. Evidencias fase 1 de la estrategia pedagógica GeoDat@Urbano.....	44
IMAGEN 3. Evidencias fase 2 de la estrategia pedagógica GeoDat@Urbano.....	45
IMAGEN 4. Evidencias fase 3 de la estrategia pedagógica GeoDat@Urbano.....	47
IMAGEN 5. Evidencias fase 4 de la estrategia pedagógica GeoDat@Urbano.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Competencias y habilidades emergentes.....	24
TABLA 2. Acciones del proceso analizar e interpretar .....	28
TABLA 3. Acciones del proceso conceptualizar y argumentar .....	29
TABLA 4. Acciones del proceso proponer y desarrollar .....	30
TABLA 5. Perfil y competencias arquitecto UFPS frente a problemas nacionales y regionales .....	32
TABLA 6. Competencias generales y específicas del arquitecto UFPS.....	36
TABLA 7. Comparativo competencias del arquitecto UFPS contextualizadas desde la UNESCO .....	38
TABLA 8. Estructura metodológica de la investigación.....	53
TABLA 9. Batería de instrumentos de recolección de información .....	55
TABLA 10. Validación de instrumentos .....	56
TABLA 11. Resumen del procesamiento de los casos.....	58
TABLA 12. Contingencia Evaluador * Ítems.....	58
TABLA 13. Contingencia Evaluador *Presentación.....	58
TABLA 14. Contingencia Evaluador *Pertinencia .....	59
TABLA 15. Contingencia Evaluador *Claridad.....	59
TABLA 16. Contingencia Evaluador *Relevancia .....	59
TABLA 17. Contingencia Evaluador *Factibilidad .....	60
TABLA 18. Notas tablas de contingencia .....	60
TABLA 19. Resumen del procesamiento de los casos.....	61
TABLA 20. Contingencia Evaluador 1 * Evaluador 2 .....	61
TABLA 21. Medidas simétricas.....	61

---

TABLA 22. Contingencia Evaluador 1 * Evaluador 3 .....	62
TABLA 23. Medidas simétricas.....	62
TABLA 24. Contingencia evaluador 2 * evaluador 3 .....	62
TABLA 25. Medidas simétricas.....	63
TABLA 26. Índice de Kappa general .....	63
TABLA 27. Resumen de competencias institucionales.....	72
TABLA 28. Contenidos básicos estrategia GeoDat@Urbano .....	73
TABLA 29. Saberes orientados al aprendizaje GeoDat@Urbano .....	73
TABLA 30. Desarrollo de las actividades de clase.....	74
TABLA 31. Formato de evaluación de proyectos institucional .....	77
TABLA 32. Escala de valoración de competencias.....	78
TABLA 33. Categorías emergentes importancia geometrización .....	82
TABLA 34. Factores en los cuales incide el uso de TIC en el aprendizaje y en la geometrización .....	86
TABLA 35. Resultados formato de evaluación de proyectos .....	101
TABLA 36. Porcentajes por componentes.....	108
TABLA 37. Correlaciones entre componentes.....	110
TABLA 38. Análisis del ensayo y entrevista .....	113
TABLA 39. Análisis documental de las bitácoras.....	119
TABLA 40. Cuadro comparativo de competencias .....	126





## PRÓLOGO

Los contenidos que trata este libro parten de una investigación pedagógica que responde a la búsqueda de estrategias en aula para fomentar el desarrollo de competencias en estudiantes de educación superior, específicamente en los estudiantes de los programas académicos de arquitectura; con miras a desarrollar en ellos las habilidades necesarias para proponer proyectos urbano-arquitectónicos que impacten en la solución de los problemas de la realidad actual de las ciudades latinoamericanas; además de fortalecer competencias para la presentación de las pruebas de Estado Saber Pro (ECAES).

Esta propuesta pedagógica se fundamenta en la importancia del análisis profundo de la lectura de la ciudad, en todas sus dimensiones urbanas, cuyos indicadores y cálculos permiten argumentar técnicamente las ideas de diseño arquitectónico de los proyectistas en torno a las problemáticas detectadas en el trabajo de campo; siendo este un método de lectura del contexto en donde se implantarían los proyectos en los que el investigador juegue un papel fundamental como actor en la toma de decisiones desde el control y descripción técnica de sus análisis cuantitativos y cualitativos de la realidad urbana.

En este sentido, se plantea la estrategia pedagógica denominada GeoDat@Urbano como herramienta didáctica para el desarrollo de competencias en estudiantes de arquitectura. Esta estrategia comprende un proceso de cuatro fases que parte de las visitas a los sectores objeto de estudio dentro de la ciudad, con instrumentos

de recolección y sistematización de los datos urbanos desde las diferentes variables halladas en las dinámicas urbanas. Luego sigue un riguroso análisis matemático, con diferentes herramientas tecnológicas y software especializado, para la definición y construcción de indicadores urbanos desde la geometrización de la información previamente recolectada, cuyo cálculo genera una serie de criterios de diseño para la formulación de proyectos arquitectónicos coherentes con el escenario urbano investigado.

La aplicación de la estrategia GeoDat@Urbano en estudiantes del programa de Arquitectura de la Universidad Francisco de Paula Santander arroja como resultado el desarrollo de competencias específicas a la hora de elaborar un estudio de proyecto arquitectónico, tales como: el análisis y la interpretación de la información y la conceptualización y argumentación a la hora de justificar los criterios de diseño en solución a las problemáticas de la ciudad para la proposición de proyectos de arquitectura. Además, se evidenció en la investigación la participación activa de los estudiantes en la toma de decisiones proyectuales, donde es importante el cooperativismo dentro de los equipos de trabajo, puesto que supone el acompañamiento a las visitas de campo y el compartir de información real y veraz entre los mismos, demostrándose así el estímulo a otras dimensiones en el ser tales como las habilidades interpersonales e intrapersonales, que obligan a interactuar a los estudiantes entre pares para el cumplimiento de objetivos comunes; siendo estas fundamentales en la formación de profesionales para un futuro próximo, donde el ser humano juega un papel importante en un contexto de la evolución de tecnologías avanzadas.

Lo anterior, confirma las relaciones existentes con los postulados teóricos de la socioepistemología matemática, por sus aportes en la construcción social del conocimiento con la valoración de los aportes individuales a constructos colectivos, fundamentados en representaciones de la realidad urbana, para la argumentación de propuestas con posturas críticas los fenómenos detectados. A su vez, esta argumentación se cimenta en la conformación de sistemas de información de obligatoria actualización como evidencia de los datos urbanos del entorno, generando así confiabilidad en los proyectos de arquitectura o urbanismo planteados al servicio de las instituciones académicas o gubernamentales para la toma de decisiones en favor del mejoramiento integral de la calidad de vida de las personas y la construcción de sociedad.



## RESUMEN



El impacto del crecimiento poblacional ha generado nuevas lecturas de las ciudades con información cambiante que debe registrarse para ser actualizada y utilizada en la toma de decisiones profesionales. Las universidades deben garantizar en estudiantes de arquitectura el desarrollo de competencias para la formulación de proyectos de investigación a partir de fuentes de información con datos reales del entorno. La importancia de prácticas pedagógicas con metodologías generadoras de proyectos arquitectónicos, que nacen del análisis de datos urbanos actualizados, reside en que permiten desarrollar competencias en los estudiantes para interpretar, argumentar y proponer críticamente sus ideas. Por ello se plantea una estrategia pedagógica que parta de la geometrización de sistemas de datos y del cálculo de indicadores urbanos para desarrollar nuevas competencias en estudiantes de arquitectura. Las bases teóricas se fundamentan en los postulados de la socioepistemología matemática y de teorías sobre los sistemas y lenguajes informacionales. La metodología empleada desde el paradigma mixto con tipo de investigación acción participativa (cualitativo) e investigación descriptiva (cuantitativo). Las técnicas utilizadas son: opinión (entrevista ensayo), análisis documental (bitácoras), ficha de observación (formato de evaluación) y el conteo (ficha de caracterización). Los resultados obtenidos a partir del análisis de los instrumentos aplicados definen lo siguiente: los estudiantes de arquitectura perciben que el uso de sistemas de datos, el análisis de información obtenida en sus visitas de campo, la comprensión geométrica de los códigos urbanos, el cálculo de los indicadores urbanos a partir de patrones de cambio morfológicos de las ciudades

y el uso de herramientas tecnológicas para diagramar y representar información, generan competencias interpretativas y argumentativas para proponer un proyecto urbano-arquitectónico coherente con el contexto. Se concluye que la estrategia pedagógica planteada desde la geometrización de sistemas de datos e indicadores urbanos desarrolla competencias en los estudiantes de arquitectura tales como: análisis e interpretación de información contextual, conceptualización, justificación y argumentación con criterios técnicos basados en instrumentos de recolección de información, comunicación gráfica (competencia intrapersonal e interpersonal), sistematización de datos, trabajo cooperativo y diálogo crítico entre pares. Estas cimentan habilidades para proponer y desarrollar proyectos de arquitectura implantados y contextualizados bajo un sistema urbano de datos.

**Palabras clave:** Geometrización, estrategia pedagógica, competencias, cálculo urbano, socioepistemología, enseñanza, arquitectura y diseño de proyectos.



# INTRODUCCIÓN

Las ciudades latinoamericanas, en el contexto de los procesos de globalización contemporáneos, están sujetas a cambios sociales y políticos que evidencian modificaciones en la lectura de su urbanismo y sus límites geográficos (Vergel, Paz y Rojas, 2018). Con el aumento progresivo de la población y con ello de las necesidades físicas o humanas, es un reto para el gobierno y sus políticas generar estrategias para la cobertura de servicios y derechos públicos en busca de aumentar los mínimos índices de calidad de vida de todos los habitantes.

Cúcuta, ciudad de atención nacional para Colombia por su condición binacional con Venezuela, considerada como la frontera más activa de Sudamérica, no se aleja de la realidad global y de los cambios urbanísticos y económicos que, por el tránsito masivo de personas en busca de mejoras laborales, familiares o habitacionales, la obligan a estar preparada para satisfacer las necesidades de las mismas. Al respecto, Montoya afirma la necesidad de detallar más en las dinámicas de las ciudades y sus consecuencias urbanas, así como su articulación con los agentes regionales y locales, reconociendo la importancia de entender los sistemas urbanos de hoy en el contexto de una dinámica global/local (Zafra, Vergel, Martínez, 2014, p. 55).

En este sentido, es importante que tanto las autoridades administrativas como académicas de la ciudad de Cúcuta y su área metropolitana estén atentas a estos cambios y cuenten con registros actualizados e información estadística de las realidades físicas, geométricas, sociales, ambientales y perceptuales de los habitantes y su territorio, cuyos análisis y comprensiones, geometrizadas por profesionales,

sirvan como determinantes en la producción y diseño de proyectos urbano- arquitectónicos o en la toma de decisiones en políticas de gobierno para proyectos de inversión pública.

La información estadística recolectada en la lectura de la ciudad debe contener datos coherentes con la dinámica urbana real, desde una metodología científica, donde las instituciones académicas de nivel superior juegan un papel fundamental para la producción intelectual de indicadores urbanos o rurales, acreditada por programas académicos, que evidencien análisis matemáticos y estadísticos, cuyos cálculos permitan la comprensión e inferencia de nuevas geometrías en la región con participación de la comunidad educativa local; todo esto para la formulación de nuevos proyectos de impacto urbano y social.

La propuesta de investigación, como aspirante al master en educación matemática, se enfoca en el tema expuesto anteriormente para la generación de conocimiento sobre la importancia de ahondar en estudios que involucren el análisis detallado de los cambios en la trama urbana de la ciudad de Cúcuta; cuya geometrización y comprensión resultan pertinentes en la educación superior como antecedentes y marco teórico de una estrategia pedagógica que desarrolle competencias durante el proceso de diseño, para la producción de proyectos de investigación en estudiantes de programas de pregrado y posgrado de arquitectura, ingenierías o afines.

El proyecto de investigación está enmarcado en la línea de investigación de Competencias Matemáticas del programa de maestría en Educación Matemática, parte de la participación en el grupo Euler, en su rama de matemáticas aplicadas (estadística y calidad) y fue desarrollado con apoyo de las asignaturas Taller de Diseño y Matemáticas, Geometría y Arquitectura del programa de pregrado de Arquitectura de la Universidad Francisco de Paula Santander.

En el presente documento se encuentra la propuesta de investigación estructurada en seis capítulos: el primer capítulo contiene el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación. El segundo capítulo lo conforman los antecedentes de la investigación, el esquema conceptual y las bases conceptuales que sustenta la propuesta, a la vez, las bases legales y definición de términos relacionados con el tema. En el capítulo tres está señalada la metodología a emplear para el logro de los objetivos de la investigación, definiendo el tipo, el diseño, la justificación, la población y la muestra a trabajar, indicando las técnicas e instrumentos para la recolección de la información durante los encuentros con la muestra objeto de estudio. El capítulo cuatro contempla la estrategia pedagógica planteada denominada GeoDat@Urbano con cada uno de sus componentes. El quinto capítulo contiene el análisis y los resultados obtenidos en la aplicación de la estrategia, para luego ser confrontado teóricamente. Finalmente, en el capítulo seis se encuentran las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes a la investigación.